



**МАШИНЫ
И АГРЕГАТЫ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ
ЗАВОДОВ**

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Том 2

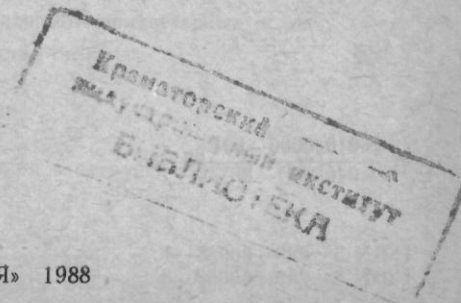
Машины и агрегаты сталеплавильных цехов

Издание второе,
переработанное и дополненное

Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
для студентов в качестве учебника
металлургических и машиностроительных
специальностей вузов



МОСКВА «МЕТАЛЛУРГИЯ» 1988



А. И. ЦЕЛИКОВ, П. И. ПОЛУХИН, В. М. ГРЕБЕНИК,
Ф. К. ИВАНЧЕНКО, М. А. ТЫЛКИН, А. А. КОРОЛЕВ,
В. П. ПОЛУХИН, Д. А. СТОРОЖИК, Б. А. ПАВЛЕНКО,
А. А. ЦЕЛИКОВ, И. М. ЕЛИНСОН, В. И. ЗЮЗИН

Рецензент — кафедра механического оборудования металлургических заводов Уральского политехнического института им. С. М. Кирова

УДК 669.02/09 (075)

Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3-х томах. Т. 2. Машины и агрегаты сталеплавильных цехов. Учебник для вузов/Целиков А. И., Полухин П. И., Гребеник В. М. и др. 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Металлургия, 1988. 432 с.

Первое издание вышло в 1978 г. В настоящей книге рассмотрены конструкции машин и агрегатов для подготовки шихты к плавке, кислородно-конвертерных, электросталеплавильных и мартеновских цехов. Особое внимание уделено анализу конструкций машин непрерывного литья заготовок, а также машинам и агрегатам специальной металлургии. Приведены методы расчета основных механизмов и машин. Показаны перспективы развития сталеплавильного производства и совершенствования машин и агрегатов.

Учебник предназначен для студентов металлургических и машиностроительных вузов и факультетов, обучающихся по специальностям «Механическое оборудование заводов черной металлургии», «Автоматизированные металлургические машины и агрегаты», «Металлургия черных металлов».

Ил. 241. Табл. 1. Библиогр. список: 15 назв.

М $\frac{2601020000-001}{040(01)-88}$ 33-38

ISBN 5-229-00035-X
ISBN 5-229-00036-8

© Издательство «Металлургия», 1988

Предисловие	7
Введение	9
Глава I. Машины и агрегаты для переработки металлического лома	11
1. Способы переработки лома	11
2. Машины и агрегаты для дробления стружки	12
Стружкодробилки	12
Стружкодробильный агрегат непрерывного действия	17
3. Прессы для брикетирования стружки	19
Гидравлические брикетировочные прессы	19
Двухвалковый пресс и агрегат горячего брикетирования	24
4. Машины и агрегаты для разделки легковесного крупногабаритного лома	25
Агрегат для дробления и сортировки лома	26
Агрегаты для дробления автомобильного и бытового лома	28
Агрегат криогенной переработки лома	30
5. Ножницы и агрегаты для разделки крупногабаритного лома	31
Аллигаторные ножницы	31
Гидравлические ножницы	33
Агрегат для разделки крупных изделий	37
6. Прессы для пакетирования металлического лома	38
Характеристика прессов	38
Гидравлические пакетировочные прессы	40
Пакетировочные прессы зарубежных фирм	46
Агрегаты для непрерывного уплотнения стального лома	47
Расчет усилий прессования	48
7. Агрегат для сортировки лома	49
Глава II. Миксеры	52
1. Способы хранения и доставки чугуна в сталеплавильные цехи	52
2. Устройство миксерного отделения	54
3. Конструкция стационарных миксеров	56
4. Механизм поворота миксера и его расчет	58
5. Машины для скачивания шлака	71
Глава III. Машины и агрегаты кислородно-конвертерных цехов	73
1. Кислородно-конвертерное производство стали	73
2. Грузопотоки и устройство цехов	76
Основные грузопотоки цеха	76
Устройство конвертерных цехов	79
3. Шихтовые отделения цехов	87
4. Машины систем доставки, дозирования и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов	91
Оборудование конвейерного тракта	92
Перегрузочные узлы	93
Системы дозирования и загрузки материалов	94
Питатели, грохоты и весовые дозаторы	100

5. Машины для доставки и загрузки металлолома и заливки чугуна в конвертеры	102
Загрузочные машины	102
Скраповозы	112
Чугуновозы для подачи жидкого чугуна к конвертерам	113
6. Конструкция кислородных конвертеров и механизмов поворота	113
Конструкция конвертеров и их узлов	113
Приводы механизмов поворота конвертеров и их расчет	131
7. Машины для подачи кислорода в конвертер	137
Конструктивные особенности машин	137
Расчет механизмов машины	145
8. Машина для замера температуры и взятия проб металла в конвертере	147
9. Машины для уборки продуктов плавки (стали и шлака)	150
10. Механизация ремонта конвертеров	153
Машины для ремонта футеровки	153
Машины для ломки футеровки	156
Машины для установки конвертера	163
Машины для торкретирования футеровки конвертеров	166
11. Механизация ремонта сталеразливочных ковшей	166
Машины для ломки и ремонта футеровки ковшей	175
Машина для сборки стопоров	176
12. Способы и машины внепечной обработки стали	176
Способы вакуумирования стали	176
Конструкция и расчет вакууматоров	178
Машины для обработки стали в ковше	184
13. Система дозирования и загрузки материалов в электропечь для выплавки синтетических шлаков	190

Глава IV. Машины непрерывного литья заготовок 191

1. Назначение и типы машин	191
Слябовые машины	193
Сортные машины	200
Горизонтальные МНЛЗ	203
2. Конструкция машин непрерывного литья заготовок	204
Сталеразливочные стелды	204
Тележки и столы для промежуточных ковшей	209
3. Кристаллизаторы	214
Конструкция кристаллизаторов	214
Механизмы качания кристаллизатора	217
4. Электромагнитное перемешивание жидкой фазы литого слитка	222
5. Роликовые проводки	222
Неприводные роликовые проводки	223
Приводные роликовые проводки	225
6. Машины и механизмы для перемещения и ввода затравки в кристаллизатор	233
7. Машины для резания слябов	238
Машины газовой резки	239
Гидравлические ножницы	241
8. Расчеты механизмов МНЛЗ	244
Механизм качания кристаллизатора	244
Приводная роликовая проводка	248
Приводы тянущих клетей	252

Глава V. Машины для разливки стали в изложницы 255

1. Способы разливки стали и сталеразливочные ковши	255
2. Затворы сталеразливочных ковшей	257
Стопорные затворы	257

Скользящие затворы	258
Расчет шиберных затворов	260
3. Толкатели составов тележек с изложницами	261
4. Разливочные краны	262
Разливочные краны грузоподъемностью 450 + 100/20 т	263
Зарубежные разливочные краны	269
Особенности расчета разливочных кранов	270

Глава VI. Машины для раздвигания слитков и подготовки изложниц 273

1. Краны для раздвигания слитков	273
Трехоперационный стрипперный кран 250—50/25	274
Расчет механизмов стрипперного крана	282
2. Стационарные машины для выталкивания слитков	284
3. Механизация чистки и смазки изложниц	286
Машины для чистки изложниц	286
Машины для смазки изложниц	290
Механизация работ по подготовке составов с изложницами	292

Глава VII. Машины и агрегаты электросталеплавильных цехов 294

1. Общие сведения и классификация дуговых электросталеплавильных печей	294
2. Устройство и грузопотоки цехов	299
3. Конструкция электропечей и их механизмов	304
Дуговая электропечь ДСП-100	304
Дуговая электропечь ДСП-200	313
Дуговые электропечи нового поколения	315
Дуговые электропечи с поворачивающимся сводом и гидравлическими приводами	325
Агрегаты для прямого получения железа из металлизированных окатышей	327
Электропечи для выплавки синтетических шлаков	328
Устройство для улавливания и очистки газов дуговых электропечей	329
Механизм для подачи кислородной фурмы	330
Электросталеплавильные печи за рубежом	331
4. Регуляторы перемещения электродов дуговых электропечей	332
Расчеты механизмов электропечей	333
Механизм наклона печи	333
Мощность электродвигателя механизма подъема свода	337
Механизм поворота свода	337
Механизм поворота корпуса печи	338
Механизм перемещения электрода	339
5. Машины для загрузки и горячего ремонта электропечей	341
Крановые завалочные машины	341
Расчет механизмов крановой завалочной машины	344
Гидравлическая наполняющая завалочная машина	353
Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами	355
Расчет ленточного броскового механизма	359
Машины для горячего ремонта футеровки электропечей	363

Глава VIII. Машины и механизмы электропечей для получения ферросплавов и высококачественной стали 364

1. Устройство ферросплавных цехов	364
2. Машины и механизмы ферросплавных печей	367
Механизмы перемещения и перепуска электродов	367
Механизм вращения корпуса печи	370
Машины для загрузки шихты	371

3. Вакуумные индукционные электропечи	373
4. Вакуумные дуговые электропечи	378
5. Печи электрошлакового переплава металла	384
6. Электронно-лучевые печи	393
7. Плазменно-дуговые печи	398

Глава IX. Машины и агрегаты мартеновских цехов 400

1. Устройство мартеновского цеха	400
2. Машины печного пролета	403
3. Завалочные машины	404
Конструкция машин	404
Расчет механизмов	407
4. Заправочные машины	415
5. Механизация ремонта мартеновских печей	417
Машины для очистки поднасадочного пространства регенераторов	418
Универсальная машина для ремонта печей	419
Перспективы развития машин и агрегатов сталеплавильного производства	421
Рекомендательный библиографический список	424
Предметный указатель	427

ПРЕДИСЛОВИЕ

Создание материально-технической базы коммунизма неразрывно связано с внедрением в производство последних достижений науки, передовой технологии и новейшей техники, применением наиболее прогрессивных и производительных машин и агрегатов при комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов.

Больших успехов достигла наша страна в области применения новых технологических процессов производства стали и создания уникальных комплексов машин и агрегатов сталеплавильных цехов.

Сталь издавна была символом прочности, твердости, стойкости. И сейчас, в век машинной техники и научно-технического прогресса, и в будущем роль стали в укреплении экономической мощи страны остается решающей. По производству стали СССР прочно занимает первое место в мире. У нас в стране выплавляется около 20 % мирового производства стали.

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года указано на необходимость создавать и внедрять в производство принципиально новую технику, прогрессивную технологию, увеличивать выпуск машин и агрегатов большой единичной мощности и производительности при одновременном уменьшении металлоемкости и энергопотребления, осуществлять широкое техническое перевооружение предприятий черной металлургии.

Техническое перевооружение черной металлургии производится путем внедрения наиболее прогрессивных технологических процессов производства металла, создания нового высокопроизводительного оборудования. Наиболее важными особенностями технического перевооружения являются ускорение обновления машин, модернизация и создание новых комплексов машин.

Во втором томе учебника отражены последние достижения металлургического машиностроения в создании машин и агрегатов сталеплавильных цехов в СССР и за рубежом. В соответствии с программой курса рассмотрены основные сталеплавильные цехи и агрегаты, принцип действия и особенности технологических машин и механизмов, их взаимосвязь в цехах и на участках, приведен анализ кинематических схем прогрессивных конструкций машин, их технико-экономических показателей, изложены основы теории и расчета машин, а также принципы выбора их основных параметров. Даны перспективы дальнейшего развития машин и агрегатов сталеплавильного производства.

3. Вакуумные индукционные электропечи	373
4. Вакуумные дуговые электропечи	378
5. Печи электрошлакового переплава металла	384
6. Электронно-лучевые печи	393
7. Плазменно-дуговые печи	398

Глава IX. Машины и агрегаты мартеновских цехов 400

1. Устройство мартеновского цеха	400
2. Машины печного пролета	403
3. Завалочные машины	404
Конструкция машин	404
Расчет механизмов	407
4. Заправочные машины	415
5. Механизация ремонта мартеновских печей	417
Машины для очистки поднасадочного пространства регенераторов	418
Универсальная машина для ремонта печей	419
Перспективы развития машин и агрегатов сталеплавильного производства	421
Рекомендательный библиографический список	424
Предметный указатель	427

ПРЕДИСЛОВИЕ

Создание материально-технической базы коммунизма неразрывно связано с внедрением в производство последних достижений науки, передовой технологии и новейшей техники, применением наиболее прогрессивных и производительных машин и агрегатов при комплексной механизации и автоматизации всех производственных процессов.

Больших успехов достигла наша страна в области применения новых технологических процессов производства стали и создания уникальных комплексов машин и агрегатов сталеплавильных цехов.

Сталь издавна была символом прочности, твердости, стойкости. И сейчас, в век машинной техники и научно-технического прогресса, и в будущем роль стали в укреплении экономической мощи страны остается решающей. По производству стали СССР прочно занимает первое место в мире. У нас в стране выплавляется около 20 % мирового производства стали.

В Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года указано на необходимость создавать и внедрять в производство принципиально новую технику, прогрессивную технологию, увеличивать выпуск машин и агрегатов большой единичной мощности и производительности при одновременном уменьшении металлоемкости и энергопотребления, осуществлять широкое техническое перевооружение предприятий черной металлургии.

Техническое перевооружение черной металлургии производится путем внедрения наиболее прогрессивных технологических процессов производства металла, создания нового высокопроизводительного оборудования. Наиболее важными особенностями технического перевооружения являются ускорение обновления машин, модернизация и создание новых комплексов машин.

Во втором томе учебника отражены последние достижения металлургического машиностроения в создании машин и агрегатов сталеплавильных цехов в СССР и за рубежом. В соответствии с программой курса рассмотрены основные сталеплавильные цехи и агрегаты, принцип действия и особенности технологических машин и механизмов, их взаимосвязь в цехах и на участках, приведен анализ кинематических схем прогрессивных конструкций машин, их технико-экономических показателей, изложены основы теории и расчета машин, а также принципы выбора их основных параметров. Даны перспективы дальнейшего развития машин и агрегатов сталеплавильного производства.

При изложении материала авторы стремились отразить требования перестройки высшей школы, направленной на повышение качества подготовки специалистов, усиление творческой самостоятельной работы студентов для овладения последними достижениями науки и техники в своей области. В учебнике подробно (для лучшей самостоятельной проработки) изложены прогрессивные комплексы машин, приведен анализ их качества и на конкретных примерах показаны достоинства и недостатки отдельных механизмов и машин, указаны пути создания наиболее прогрессивных и экономичных конструкций. Все это, по мнению авторов, будет способствовать повышению творческого научного подхода специалистов к созданию оборудования с высокими технико-экономическими параметрами.

ВВЕДЕНИЕ

В сталеплавильном производстве за последнее время произошли коренные качественные изменения в связи с заменой мартеновского способа кислородно-конвертерным, созданием крупных конвертерных агрегатов, мощных электросталеплавильных печей и новых установок по специальной металлургии, разработкой и широким внедрением машин непрерывного литья заготовок.

В увеличении объема производства и улучшении качества стали исключительно важная роль принадлежит кислородно-конвертерному производству, имеющему высокие технико-экономические показатели — высокую производительность при меньших капитальных затратах по сравнению с мартеновским способом, более благоприятные условия для автоматизации. Производительность одного 400-т конвертера превышает производительность целого мартеновского цеха с 8—10 печами вместимостью 600 т каждая.

Век научно-технического прогресса особо важную роль играет производство высококачественных сталей, обладающих большой удельной прочностью. Повышение энергосиловых параметров машин и оборудования, уменьшение их металлоемкости требуют выпуска специальных и особо чистых сталей. Для производства специальных сталей построены электросталеплавильные цехи с электропечами вместимостью 200 т с комплексной механизацией и широким применением автоматизации.

Сравнительно новой отраслью металлургии является специальная электрометаллургия, которая призвана обеспечить космическую технику, авиацию, атомную энергетику сталью и сплавами высокого качества, способными работать в условиях высоких температур и нагрузок, агрессивных сред и при радиоактивном излучении, глубоком холоде и высоких разрежениях.

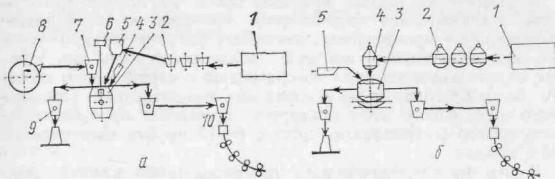
Созданы новые технологические процессы электрошлакового, плазменно-дугового и электронно-лучевого переплава для получения слитков с требуемыми физическими и механическими свойствами. Особое внимание обращается на повышение качества металла путем внепечной обработки стали вакуумом, синтетическими шлаками, инертными газами и широкое применения специальных переплавных процессов.

Важнейшая тенденция развития металлургического машиностроения связана с переходом на непрерывные процессы производства металла — от выплавки чугуна до получения готового проката.

В зависимости от технологии выплавки стали сталеплавильные цехи делятся на конвертерные, электросталеплавильные и мартеновские, а также цехи специальной металлургии и ферросплавов.

Все технологическое оборудование основных сталеплавильных цехов сосредоточено на двух основных линиях: 1) подготовки, подачи и загрузки шихтовых материалов в сталеплавильные агрегаты; 2) выдачи и обработки готовой продукции.

В конвертеры (рисунок а) загружают металлический лом, жидкий чугун, сыпучие шлакообразующие материалы и подают кислород. Лом из цеха переработки 1 транспортируют в специальные отделения конвертерного цеха железнодорожными составами 2. С помощью загрузочных машин 4 и конвейеров с бункерами 5 его подают в конвертер 3. Жидкий чугун из стационарных 8 или



Схемы подачи шихтовых материалов и выдачи готовой продукции в цехах: а — конвертерном; б — электросталеплавильном

передвижных миксеров ковшем 7 заливают в конвертер. Кислород подается с помощью специальной машины 6 с фурмами. Готовую сталь выпускают в сталеразливочный ковш 9 и разливают двумя способами — на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) 10 или с помощью литейного крана в изложницу.

Из цеха переработки 1 в электросталеплавильный цех (рисунок, б) шихта доставляется железнодорожными составами, засыпается в бункера, а отсюда с помощью крана в саморазгружающихся бадьях 2 загружается в электропечь 3. Шлакообразующие материалы подают в печь крановой машиной 5. Разливка стали осуществляется теми же способами, что и при конвертерном производстве.

В мартеновскую печь жидкий чугун подают из стационарных миксеров, шихтовые материалы загружают напольными завалочными машинами. Сталь разливают в изложницы.

В соответствии со спецификой сталеплавильных цехов в книге рассмотрен комплекс машин и механизмов, обслуживающих сталеплавильные агрегаты — грузовые потоки по подготовке, доставке и загрузке шихтовых материалов, выдаче и переработке готовой продукции — стали.

Глава I

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА

1. СПОСОБЫ ПЕРЕРАБОТКИ ЛОМА

Вторичные черные металлы (металлические лом и отходы производства) широко используют при выплавке стали. При производстве стали в конвертерах и мартеновских печах содержание лома в шихте составляет 48 %, в электросталеплавильных печах — до 95 %. Вторичные черные металлы являются более дешевым сырьем, чем чугун. Чтобы выплавить 1 т стали, необходимо 1,2 т металлолома, стоимость которого в 10—12 раз ниже, чем выплавка 1 т чугуна.

Металлический лом в большом количестве образуется на металлургических предприятиях: в виде отходов сталеплавильного и доменного производства — скрапа, «закозленного» металла, литников, недоливков при разливке стали в изложницы и т. д.; в прокатных, прессовых и кузнечных цехах — в виде обрезки металла, не поддающейся исправлению бракованных слитков и прокатных изделий, отходов при зачистке и отделке проката. Количество лома этого вида в общей массе составляет 25—30 % и постепенно сокращается вследствие улучшения технологических процессов в черной металлургии.

Металлические отходы и лом, поступающие от машиностроительных предприятий, состоят в основном из обрезки листового и сортового металла, стальной и чугунной стружки, бракованных изделий и т. д.

Большой удельный объем (с тенденцией на увеличение) приходится на долю лома, образующегося в результате физического и морального старения металлоконструкций строительных сооружений, кораблей, железнодорожного подвижного состава, автомашин, металлообрабатывающего и кузнечно-прессового оборудования, сельскохозяйственной, горнодобывающей и бытовой техники и т. д.

Крупногабаритный стальной и чугунный лом подвергают копровой разбивке, резке на ножницах, ломке на гидравлических прессах, огневой резке и взрывной разделке; стальную стружку — дроблению, брикетированию, пакетированию; чугунную стружку — брикетированию; стружку из легированной стали переплавляют; легковесный лом (кровельные отходы, листовую обрезь, проволоку и другие отходы) подвергают пакетированию.

Использование подготовленного металлического лома (в виде пакетов или порезанного на куски и обладающего повышенной насыпной плотностью) сокращает продолжительность завалки шихты на 10—11 %, повышает производительность сталепла-

вильных агрегатов на 8—10 % и увеличивает выход годного металла на 1 % вследствие уменьшения его утара.

Наличие на ломе немагнитических покрытий, масел и нефти, а на стружке смазочно-охлаждающих эмульсий отрицательно сказывается на ведении сталеплавильных процессов и стойкости футеровки.

Крупный резерв повышения производительности сталеплавильных агрегатов — использование лома определенного химического состава. Для этого необходимо разделять лом по видам — стальной, чугунный и высоколегированный и отделять цветные металлы.

Ломоперерабатывающая промышленность за последние 20 лет превратилась в мощную подотрасль металлургии, оснащенную высокопроизводительным оборудованием.

2. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ СТРУЖКИ

Ежегодно в СССР образуется около 8 млн. т стальной стружки. Она отличается большой неоднородностью по твердости, наличием оксидных пленок, охлаждающей жидкости, абразивной пыли и посторонних примесей. Дробление стальной стружки осуществляется двумя способами: непосредственно на металлорежущих станках и на специальных машинах — стружкодробилках. Первый способ является более прогрессивным и экономичным, так как позволяет перерабатывать стружку сразу в момент ее образования.

Стружкодробилки

Длина стружки, поставляемой металлургическим предприятиям для сталеплавильных агрегатов, не должна превышать 100, а для брикетировочных прессов 50 мм. Стружку дробят в стружкодробилках трех основных типов: конусных, молотковых и валково-рыхляющих.

Конусные и валковые дробилки работают по принципу резания стружки между вращающимися и неподвижными ножами. Молотковые дробилки измельчают стружку ударами молотков, насаженных на быстро вращающийся ротор.

На рис. 1.1 представлена конструкция конусной фрезерной стружкодробилки СК-2М, получившей широкое распространение.

Стружкодробилка состоит из основания 5, кольцевого корпуса 2, конической загрузочной воронки 1, вертикального вала 6 пуса 2, конической головкой и привода. Ножевая головка приводится в движение от электродвигателя 4 через клиноременную 3 и коническую зубчатую 11 передачи. Ведомый шкив клиноременной передачи служит маховиком и снабжен срезными пальцами, предохраняющими дробилку от поломок. Эту же задачу выполняет пружинное предохранительное устройство, расположенное между

коническим и цилиндрическим дробителями и обеспечивающее их свободное проворачивание.

Ножевая головка состоит из конического 8 и цилиндрического 10 дробителей. Конический дробитель снабжен одним длинным и двумя короткими ножами, а цилиндрический — шестью прямыми ножами. Ножевая головка вращается внутри цельнолитой конической воронки, на внутренней поверхности которой расположены в два ряда спиральные ножи 7 и 9.

Стружка проходит три зоны дробления. Верхнюю зону дробления составляют верхний ряд спиральных ножей и длинный

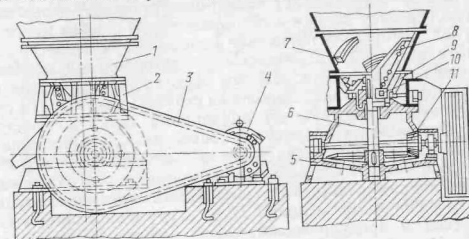


Рис. 1.1. Фрезерная стружкодробилка СК-2М

нож конического дробителя; среднюю зону образуют средний ряд спиральных ножей и конический дробитель с тремя ножами. Нижняя зона дробления образуется цилиндрическим дробителем с прямыми ножами и охватывающим его кольцом со спиральными ножами, расположенными на внутренней поверхности. Кольцо выполнено из двух половин, соединенных болтами.

Измельченная стружка выводится из нижней зоны дробления наружу и по наклонному желобу подается на конвейер или сыпается в корб.

Техническая характеристика конусной фрезерной стружкодробилки СК-2М

Производительность, т/ч	1,6—2,0
Частота вращения вертикального вала, об/мин	32,5
Мощность электродвигателя, кВт	28
Средняя длина дробленной стружки, мм	75
Масса стружкодробилки, кг	5385

Недостатки конусных стружкодробилок — низкая степень дробления и использование ручного труда при загрузке. На заводах, где применяют брикетирование стружки на прессах, конусные дробилки используют для предварительного дробления, осуществляя окончательное измельчение стружки в молотковых стружкодробилках.

Молотковые стружкодробилки используют для дробления стружки из малопластичных углеродистых и легированных сталей.

Составной корпус молотковой стружкодробилки СМ-2 (рис. 1.2) состоит из сварно-литого основания 7 и сварного кожуха 6, защищенных изнутри плитам 8 из износостойкой марганцевой стали. Сверху на кожухе закреплен закрытый бункер 10 с приемным лотком 14 для стружки. Ротор выполнен из посаженных на вал 20 отдельных дисков 24, между которыми на осях 25 расположены в четыре ряда десять фигурных молотков 26. Вал ротора установлен на двух опорах 1 с роликовыми подшипниками. Вращение ротора осуществляет электродвигатель 21 через клиноременную передачу 22, ведомый шкив которой служит маховиком. Снизу под ротором установлена колосниковая решетка 23 из отдельных колосников, набранных в дугообразной обойме.

Стружка измельчается ударами молотков, движущихся с окружной скоростью 35 м/с. Дробленая стружка просыпается сквозь колосниковую решетку и по наклонному лотку 27 поступает в короб или на ленту уборочного конвейера. Случайно попавшие в стружку детали или куски металла выбрасываются молотками ротора в карман 19, закрываемый крышкой и разгружаемый по мере наполнения. Закрытая конструкция приемного бункера, установка поворотной заслонки 11 на загрузочном окне и отбойных щитков 9 предупреждают вылет наружу дробных кусков стружки.

Загрузочное устройство дробилки представляет собой конвейер 17, звенья которого снабжены зубьями 18 разной высоты. Выступая из паза в днище лотка 14, движущиеся зубья захватывают, растаскивают и перемещают стружку к загрузочному окну.

Корпуса 2 подшипников приводной 12 и холостой 16 звездочек помещены в направляющие 13 и 15, закрепленные на бункере снизу днища лотка, и могут перемещаться по оси конвейера винтовыми механизмами. Этим обеспечивается регулировка натяжения цепи и положения конвейера по отношению к загрузочному отверстию. Приводная звездочка получает вращение от электродвигателя 5 через цилиндрический зубчатый редуктор 4 и цепную передачу 3.

Техническая характеристика молотковой стружкодробилки СМ-2

Производительность, т/ч	1,5—2
Частота вращения ротора, об/мин	750
Мощность электродвигателя, кВт	75
Масса стружкодробилки, кг	7840

Применяемые на молотковых дробилках загрузочные устройства грабелевого и цепного типов не обеспечивают бесперебойной и равномерной подачи стружки, требуют использования ручного труда и снижают эффективность работы дробилки. Неадежно

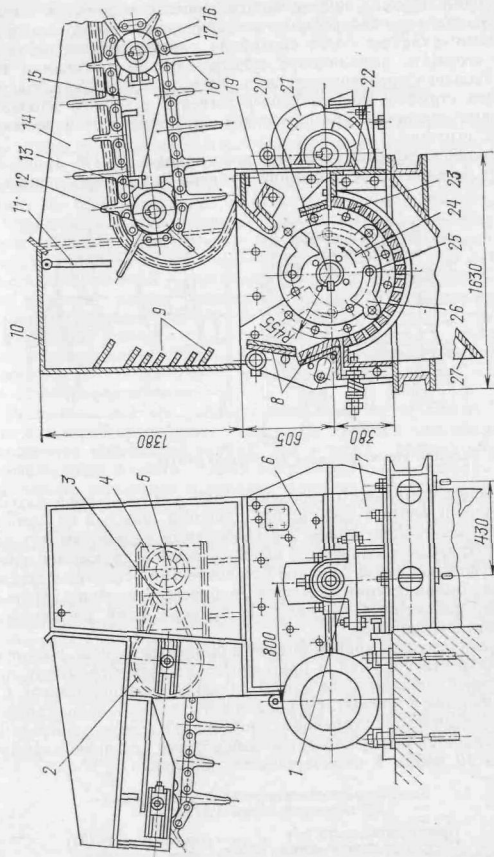


Рис. 1.2. Молотковая стружкодробилка СМ-2

работает устройство для улавливания кусков металла, из-за чего происходит поломка колосниковых решеток и деталей ротора.

Валковые стружкодробилки по сравнению с конусными и молотковыми отличает более спокойная работа, лучшее растаскивание стружки, выполняемое непосредственно дробящими валками, большая производительность, возможность подачи больших массовых стружки крапом непосредственно в бункер дробилки. Валковые дробилки предназначены для переработки выюнообразной стружки.

Валковая стружкодробилка конструкции УЗТМ (рис. 1.3) состоит из корпуса 8, приемного бункера 7, трех дробящих вал-

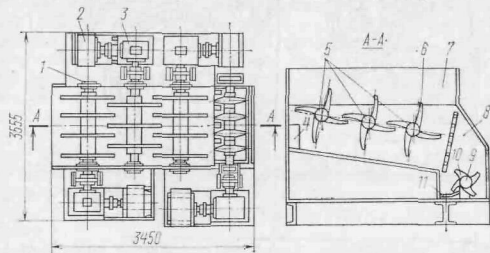


Рис. 1.3. Валковая стружкодробилка конструкции УЗТМ

ков 5 предварительного дробления, валка 9 окончательного измельчения и четырех однотипных приводов, каждый из которых снабжен электродвигателем 2 и глобидным червячным редуктором 3. Приводы соединены с валками компенсирующими зубчатыми муфтами. Опоры 1 валков установлены в усиленных стенках бункера. Валки состоят из отдельных ножевых головок с четырьмя ножами, посаженных на валы. В бункере ножи расположены в шахматном порядке.

Массив стружки крапом подают в приемный бункер, в котором стружка растаскивается и предварительно дробится между вращающимися ножами 6 валков 5, а также вращающимися 6 и неподвижными 4 ножами. По наклонному днищу бункера стружка перемещается в зону вторичного дробления, в которой измельчение осуществляется между неподвижными ножами 11 и вращающимися ножами 10 валка 9 окончательного дробления.

Техническая характеристика четырехвалковой стружкодробилки УЗТМ

Производительность, т/ч	<10
Частота вращения валков, об/мин	32,3
Мощность электродвигателя, кВт	30
Масса стружкодробилки, кг	5700

Недостаток валковых стружкодробилок — большой разброс фракционного состава дробленой стружки. Обычно стружку сортируют барабанным грохотом и крупную фракцию направляют на доизмельчение.

Стружкодробильный агрегат непрерывного действия

Необходимость повышения производительности стружкодробильных машин, облегчения и исключения ручного труда потребовала создания стружкодробильных агрегатов непрерывного действия. Отечественная промышленность выпускает такие агрегаты, созданные на базе молотковых и валковых стружкодробилок.

Стружкодробильный агрегат СДА-7 предназначен для дробления выюнообразной стружки из углеродистых и низколегированных сталей до крупности не более 50 мм. Стружка проходит две стадии дробления — предварительную и окончательную. В состав агрегата входят разрывная машина, молотковоножевая стружкодробилка и ленточный конвейер.

Разрывная машина снабжена двумя дробящими валками и предназначена для разрывания и растаскивания массива стружки, предварительного дробления ее и равномерной подачи в молотковую стружкодробилку.

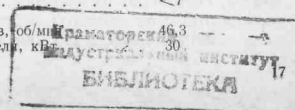
Разрывная машина работает по такому же принципу, что и валковая стружкодробилка — стружка дробится как между вращающимися ножами на валках, так и между вращающимися и неподвижными ножами. Валки образованы соответственно тремя и четырьмя ножевыми головками с восемью ножами в каждой, посаженными на вал. Вращение валков осуществляется индивидуальными сдвоенными электроприводами реверсивного типа. Изменение направления вращения каждого из валков позволяет получить требуемую гибкость работы при разрывании массивов стружки.

Ленточный конвейер предназначен для подачи предварительно дробленной стружки от разрывной машины к молотковой стружкодробилке и для отбора с ленты недробимых тел.

Отличительные особенности молотковоножевой стружкодробилки — как ударное, так и режущее воздействие молотков на стружку, применение дробящих профильных плит (дробителей), расположенных сбоку и под ротором, использование системы выброса недробимых кусков металла через верхний патрубок наружу в приемный короб.

Техническая характеристика стружкодробильного агрегата СДА-7

Производительность, т/ч	<7
Разрывная машина:	
частота вращения валков, об/мин	46,3
мощность электродвигателя, кВт	30



Молотковая стружкодробилка:	
частота вращения ротора, об/мин	750
мощность электродвигателя, кВт	75
Масса агрегата, т	17,2

На рис. 1.4 показан стружкодробильный агрегат УДСВ-12 с пятивалковой стружкодробильной машиной, предназначенный для измельчения вьюнообразной стружки из углеродистых сталей. В основу агрегата положен принцип промежуточного грохочения и возврата недоизмельченной стружки в стружкодробильную машину.

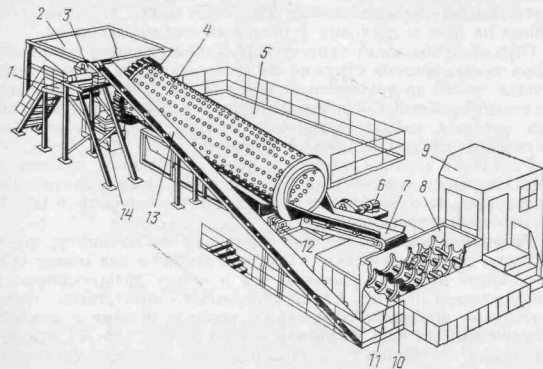


Рис. 1.4. Стружкодробильный агрегат УДСВ-12

В состав агрегата входят стружкодробильная машина 8, конвейер 13 сортировки дробленой стружки, промежуточный бункер 2, барабанный грохот 4, конвейер 7 возврата недоизмельченной стружки и пульт управления 9.

Стружкодробильная машина по устройству и принципу работы подобна четырехвалковой стружкодробилке. Для лучшего растаскивания стружки и равномерного нагружения дробильных валков 11 ножевые головки 10 имеют различный диаметр.

Наклонные ленточные конвейеры 13 и 7 и их приводы 3 и 6 имеют обычную конструкцию. Для отбора недобитых тел с конвейеров и обслуживания приводов предусмотрены площадки 1.

Грохот рассева дробленой стружки снабжен вращающимся на четырех опорных роликах 12 барабаном с отверстиями и приводом 14, состоящим из электродвигателя, цилиндрического редуктора и открытой зубчатой передачи. Горловина приемного бункера для дробленой стружки входит в загрузочное отверстие

барабана. Для создания поступательного движения стружки вдоль грохота его барабан наклонен в сторону стружкодробильной машины на 5°.

Принцип работы агрегата следующий. Большой массив стружки многоочередным грейфером или электромагнитом, перемещаемым мостовым краном, укладывают в приемный бункер стружкодробильной машины 8, в которой стружка подвергается дроблению. Дробленая стружка конвейером 13 подается в промежуточный бункер 2, а из него в барабанный грохот 4. Стружка требуемой крупности просыпается сквозь отверстия в барабане и по наклонному лотку поступает в короб, устанавливаемый в приемке 5. Крупная фракция стружки конвейером 7 направляется в стружкодробильную машину на доизмельчение.

Техническая характеристика стружкодробильного агрегата УДСВ-12

Производительность, т/ч	10—12
Размеры дробленой стружки, мм	≤50
Стружкодробильная машина:	
частота вращения валков, об/мин	45
мощность электродвигателя, кВт	30
Барабанный грохот:	
диаметр барабана, мм	1600
длина барабана, мм	7000
частота вращения барабана, об/мин	6—8
мощность электродвигателя, кВт	5,5
Масса агрегата, т	26,0

3. ПРЕССЫ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ СТРУЖКИ

По способу брикетирования различают прессы для холодного и горячего прессования стружки, по конструкции — горизонтальные и вертикальные, по типу привода — гидравлические и электромеханические.

Гидравлические брикетировочные прессы

Наибольшее распространение получили горизонтальные гидравлические брикетировочные прессы усилием 2,5—12,5 МН для холодного брикетирования стальной и чугуной стружки. Масса брикетов составляет 2—45 кг; производительность прессов 1,1—8,0 т/ч.

Техническая характеристика современных гидравлических брикетировочных прессов горизонтального типа

Модель пресса	Б-6234	Б-6238	Б-6241
Усилие пресса, МН	2,5	6,3	12,5
Ход поршня главного цилиндра, мм	350	500	720
Размеры стального брикета, мм:			
диаметр	120	170	260
высота	30	80—120	150

Масса брикетов, кг:			
стального	2	13	45
чугунного	2,5	12	—
Производительность пресса, т/ч:			
по стальной стружке	1,1	2,5—3,5	7—8
по чугунной стружке	1,5	4,0—4,5	—
Рабочее давление масла в гидросистеме, МПа	20	16	16
Мощность электродвигателей, кВт	30,8	111,8	285
Масса пресса, т	8,7	28	92

Конструкция горизонтального гидравлического брикетировочного пресса Б-6241 усиленным прессования 12,5 МН приведена на рис. 1.5. На прессе брикетируют стружку черных металлов

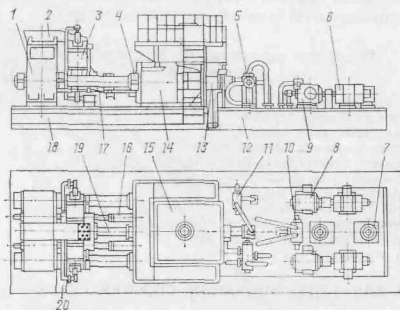


Рис. 1.5. Гидравлический брикетировочный пресс Б-6241

в брикеты массой до 45 кг с плотностью 5,6 кг/дм³ при давлении до 240 МПа.

Пресс состоит из следующих основных узлов: станины 18, главного 14 и ускорительного 13 гидроцилиндров перемещения пресс-штемделя 19, передней траверсы 1, связанной стяжными болтами 4 с главным цилиндром, подвижного контейнера 3 с гидротрамбовками, механизма горизонтального перемещения контейнера с четырьмя гидроцилиндрами 16 и бака 15 наполнения главного цилиндра. Масло к гидроцилиндрам трамбовок, расположенных на подвижном контейнере, подводится телескопическими маслопроводами 17.

Насосная станция и гидроаппаратура управления смонтированы в баке 12 для рабочей жидкости и включают в себя два радиально-поршневых насоса высокого давления 8 и 9 со встроенными шестеренными насосами для системы управления, два лопастных насоса 7 низкого давления и распределительные клапаны 5, 10 и 11. Насосы высокого давления приводятся электро-

двигателями горизонтального исполнения 6 ($P = 125$ кВт, $n = 1000$ об/мин), насосы низкого давления — вертикальными (фланцевыми) электродвигателями ($P = 17$ кВт, $n = 1000$ об/мин). Выполнение насосной станины в виде отдельного блока позволяет разместить ее в изолированном помещении и тем самым резко понизить уровень шума в прессовом отделении.

Стружку подают в контейнер пресса лотковым вибропитателем 2 из стационарного бункера, расположенного над прессом. Приемный бункер контейнера снабжен вибратором, исключающим зависание стружки. Готовый брикет падает на наклонный лоток 20 и отводится в сторону для уборки от пресса.

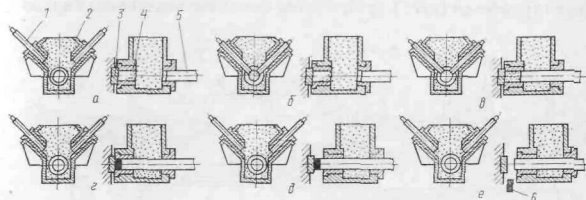


Рис. 1.6. Последовательность операций брикетирования стружки

Процесс брикетирования стружки на прессе полностью автоматизирован. Производительность вибропитателя регулируют изменением угла наклона лотка.

Последовательность операций при брикетировании стружки на прессе показана на рис. 1.6.

Перед началом прессования (рис. 1.6, а) контейнер 2 смещен влево до упора кольцевой матрицы 4 в пресс-шайбу 3, закрепленную в передней траверсе пресса. Пресс-штемпель 5 отведен в правое исходное положение, а трамбовки 1 разведены.

Цикл работы пресса начинается с движения трамбовок (рис. 1.6, б), которые под действием гидроцилиндров движутся навстречу друг другу, осуществляя предварительное уплотнение стружки, а при смыкании отсекают определенный ее объем от общей массы в контейнере. При движении пресс-штемделя стружка заталкивается в матрицу. Гидросистема пресса по командам с пульта управления автоматически выполняет от трех подпрессовок стружки в матрице (в зависимости от насыпной плотности стружки) трамбовками и пресс-штемпелями.

После подпрессовок стружки начинается операция формирования брикета (рис. 1.6, в). Сначала пресс-штемпель перемещается справа налево ускорительным гидроцилиндром с повышенной скоростью, проталкивая последнюю порцию стружки в матрицу и предварительно формируя брикет в прессовой камере, образованной матри-

дей и пресс-шайбой. Когда сопротивление прессуемой стружки повысит давление масла, гидросистема вводит в действие главный гидроцилиндр большого диаметра, осуществляющий окончательное прессование брикета. На конечной стадии движения пресс-штемпеля давление в гидроцилиндрах перемещения контейнера снижается и матрица, увлекаемая силами трения на внутренней поверхности, движется навстречу пресс-шайбе, брикет сжимается пресс-штемпелем. Создается схема двустороннего прессования в «плавающей матрице», позволяющая получать брикеты повышенной плотности и прочности.

Процесс освобождения готового брикета начинается с разделения трамбовок (рис. 1.6, г), а затем смещения контейнера вправо

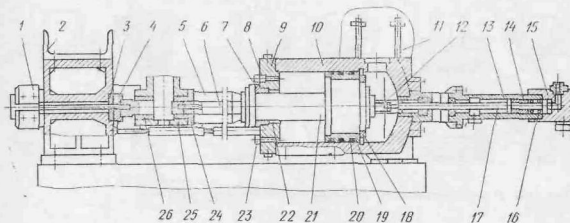


Рис. 1.7. Механизм брикетирования стружки

(рис. 1.6, д), в результате чего матрица стягивается с брикета, зажатого между пресс-штемпелем и пресс-шайбой. С началом движения пресс-штемпеля брикет 6 освобождается (рис. 1.6, е) и падает на приемный лоток, после чего инструмент пресса под действием гидроприводов занимает исходное положение для следующего цикла работы.

Конструкция механизма брикетирования стружки показана на рис. 1.7.

Главный гидроцилиндр 10 и передняя траверса 2 установлены на станине пресса и связаны между собой стяжками 5, воспринимающими усилие прессования. Разрезные гайки 1 стягиваются по разному болтами, что обеспечивает их стопорение. Каналы в крышке 9 и корпусе гидроцилиндра 10 служат для подвода и отвода рабочей жидкости к гидроцилиндрам перемещения контейнера и трамбовок. Поршень 19 главного гидроцилиндра снабжен уплотнительными кольцами 20, посажен на штоке 21 и закреплен гайкой 18. В передней крышке цилиндра установлены направляющая втулка 22 для пресс-штемпеля с манжетным уплотнением 23 и разгрузочный клапан 8, предохраняющий крышку от упора в нее поршня. Перед направляющей втулкой установлен грязесъемник 7. К штоку главного цилиндра прикреплен пресс-

штемпель 6, а к поршню — гайкой 12 шток 17 ускорительного цилиндра. Снаружи к корпусу главного гидроцилиндра прикреплены клапан наполнения 11 и ускорительный гидроцилиндр 13. В крышке 15 выполнены каналы для подвода масла и соединения с гидравлическим демпфером, предупреждающим удар в конце холодного хода, а снаружи прикреплены два плунжерных гидроцилиндра перемещения контейнера. Поршень 14 ускорительного гидроцилиндра снабжен поршневыми кольцами 16 и закреплен на штоке гайкой.

В корпусе подвижного контейнера 25 с одной стороны установлена кольцевая матрица 26, а с другой — направляющая втулка 24 для пресс-штемпеля.

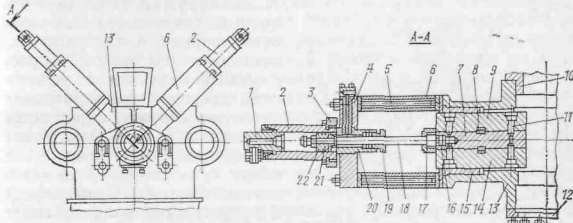


Рис. 1.8. Контейнер и механизм перемещения трамбовок

Составная пресс-шайба 4 вместе с основанием 3 закреплена на траверсе стяжной шпилькой. Любые поверхности пресс-шайбы и пресс-штемпеля сделаны сферическими, чем достигается повышение плотности и прочности брикета.

Устройство контейнера и механизма перемещения трамбовок показано на рис. 1.8.

В центральную расточку корпуса 13 контейнера с одной стороны устанавливают стакан 10 под направляющую втулку пресс-штемпеля, а с другой стороны — матрицедержатель с матрицей, фиксируемый в осевом направлении крышкой 12. Сверху на корпус закрепляют стойки 6 с траверсами 4, стягивая их шпильками 5. К каждой траверсе на фланце 3 крепят гидравлический цилиндр перемещения трамбовки, состоящий из гильзы 2, поршня 21 с уплотнительными кольцами 22, передней 20 и задней 1 крышек. К последней присоединены патрубок для подвода рабочей жидкости и демпфер, тормозящий трамбовку в конце холодного хода. Для уплотнения штока 18 применено многорядное манжетное уплотнение 19.

Тело трамбовки выполнено составным из трех частей — двух боковин 9 и 14 и основания 7, скрепленных между собой болтами 11 и шпонками 8. Шток гидроцилиндра соединяют с основанием на резьбе, закрепляя хвостовик 16 фигурной контргайкой 17.

Трамбовка перемещается по направляющим вкладышам 15, закрепленным в корпусе контейнера.

Механизм перемещения контейнера состоит из четырех гидродлиндров одностороннего действия, попарно расположенных с обеих сторон контейнера. Плунжеры гидродлиндров закреплены в боковых расточках корпуса контейнера.

Двухвалковый пресс и агрегат горячего брикетирования

За рубежом для брикетирования чугунной стружки применяют двухвалковые брикетировочные прессы (рис. 1.9). Брикеты формируются обжатием в валках 2 и 3, вращающихся по направлению подачи стружки. Последняя непрерывно поступает в загрузочную воронку 6 из приемного бункера с дозатором. Подпрессовочный механизм с коническим шнеком 7 предварительно уплотняет стружку перед прессованием в валках. Один валок установлен на неподвижной опоре 1, а второй — на плавающей опоре 4. Гидроцилиндр 5 предохраняет валки от перегрузок и поломок.

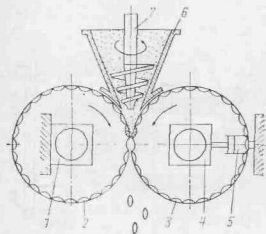


Рис. 1.9. Принципиальная схема двухвалкового брикетировочного пресса

В СССР разработаны и получили промышленное применение агрегаты горячего брикетирования чугунной и стальной дробленой стружки, которые делятся на два основных типа — динамического и статического брикетирования. При динамическом брикетировании брикет получают в пресс-форме ударами бойка молота, при статическом — сжатием стружки в пресс-форме штемпелем гидравлического пресса.

В агрегат динамического брикетирования, разработанный Новочеркасским политехническим институтом, входят приемный бункер для стружки с питателем, подающий наклонный конвейер, барабанная вращающаяся печь, пневматический дозатор нагретой стружки, механизм подачи контейнера, пневматический молот, выталкиватель брикета и скребковый уборочный конвейер. Стружку из бункера питателем выдают на наклонный конвейер, которым загружают ее в печь. Нагретая стружка при вращении печи накапливается в приемнике огневой коробки и периодически загружается в контейнер пневматическим дозатором. Контейнер вместе с пресс-формой пневматическим механизмом подачи задают под молот. После нескольких ударов стружка переходит из контейнера в пресс-форму и уплотняется. Готовый брикет выдавливают из пресс-формы штемпелем пневматического выталкивателя и убирают от агрегата скребковым конвейером. Получаемые бри-

кеты отличаются высокой плотностью, доходящей до 5,5—6,5 кг/дм³.

Агрегат для статического брикетирования, разработанный институтом «ВНИПИлом», состоит из валковой и молотковой стружкодробилки, барабанной вращающейся печи, горизонтального брикетировочного пресса, приемных и расходных бункеров и системы конвейеров.

Стружку мостовым краном загружают в валковую стружкодробилку для предварительного измельчения, а затем конвейером подают в промежуточные бункера, в которых создают запас для непрерывной работы агрегата. Далее стружку загружают краном в приемный бункер молотковой стружкодробилки, где она дробится до крупности не более 100 мм. Бункер снабжен виброгрохотом, который равномерно подает стружку в стружкодробилку и одновременно отсеивает мелкую фракцию. Дробленая стружка и предварительно отделенная мелкая фракция поступают на наклонный ленточный конвейер и загружаются в расходный бункер нагревательной печи. Подачу стружки в печь осуществляют толкателем, расположенным под горловиной бункера. Проходя вращающуюся печь, стружка нагревается до температуры 600—700 °С. При этом происходит испарение смазочно-охлаждающих жидкостей и влаги, имеющихся на стружке. Нагретая стружка из печи поступает в приемник огневой коробки, а затем в брикетировочный пресс. В агрегате применен типовой горизонтальный брикетировочный пресс усиленным 6,3 МН с измененным прессующим механизмом и с дополнительным дозатором нагретой стружки и контейнером с вертикальным подпрессовочным механизмом. Готовые брикеты от пресса убираются пластинчатым конвейером. Плотность брикета 5,0—6,0 кг/дм³, масса 12—15 кг. Производительность агрегата 2,5—3,0 т/ч.

4. МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ РАЗДЕЛКИ ЛЕГКОВЕСНОГО КРУПНОГАБАРИТНОГО ЛОМА

В стране резко увеличилось количество легковесного крупногабаритного лома со значительным содержанием цветных металлов, состоящего в основном из кузовов и узлов автомобилей, сельскохозяйственной и бытовой техники, металлической тары и т. п.

Повышенные требования, предъявляемые к качеству металлической шихты для электросталеплавильного и конвертерного производств, потребовали создания новых способов разделки такого лома с отделением цветных металлов и неметаллических покрытий. К прогрессивным способам разделки легковесного крупногабаритного лома следует отнести его дробление мощными молотковыми и валковыми дробителями и резку на ножницах. Особое значение приобретают вопросы полной механизации работ при разделке и сортировке металлолома.

Агрегат для дробления и сортировки лома

На рис. 1.10 показан агрегат для дробления и сортировки крупногабаритного легковесного лома толщиной до 6 мм с отделением цветных металлов и неметаллических покрытий. Кроме того, в назначение агрегата входят уплотнение лома и придание ему плоской формы для улучшения сыпания его при загрузке в конвертеры и электросталеплавильные печи.

Агрегат состоит из разрывной машины 1, молоткового дробителя 3, барабанных грохотов 5 и 11, барабанной обжиговой печи 9, подпрессовочной машины 14 и системы подающих и уборочных конвейеров 2, 4, 6, 7, 8, 10, 13 и 15.

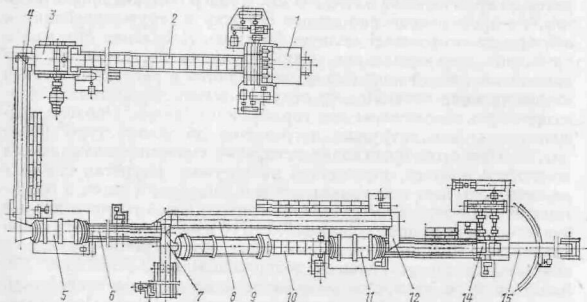


Рис. 1.10. Агрегат для дробления и сортировки крупногабаритного легковесного лома

Агрегат работает следующим образом. Лом магнитно-грейферным краном подают в загрузочный лоток разрывной машины 1, в которой он проходит первую стадию разделки на куски размером не более 800 мм. Затем по наклонному лотку лом поступает на пластинчатый конвейер 2 и загружается в молотковый дробитель 3, осуществляющий вторую стадию разделки — дробление. После этого лом ленточным конвейером 4 подается в барабанный вращающийся грохот 5, в котором из лома удаляются мелкие частицы неметаллических покрытий и грязи. Мусор из-под грохота по лотку сыпается в короба, которые убирают мостовым краном. Из барабанного грохота лом поступает на ленточный конвейер 6 с электромагнитным шкивом, который разделяет лом на магнитную и немагнитную части. Отделенную немагнитную часть лома, содержащую крупные частицы лакокрасочных и неметаллических покрытий, стекло и т. д., поперечным ленточным конвейером 7 сбрасывают в короб, убираемый мостовым краном.

Дальнейшая обработка лома зависит от наличия на его поверхности масла и неотделившихся лакокрасочных и неметаллических покрытий.

«Чистый» лом подают ленточными конвейерами 8 и 13 в двухвалковую подпрессовочную машину 14 для уплотнения. С одного конвейера на другой лом перегружают по наклонному лотку 12. В результате уплотнения (прокатки) лома между вращающимися валами подпрессовочной машины повышается его насыпная плотность и вместо отдельных кусков неправильной конфигурации образуются компактные массивы плоской формы. Последние поворотным ленточным конвейером 15 подают на склад. Применение конвейера, поворачивающегося в горизонтальной плоскости, позволяет увеличить фронт разгрузки и снизить интенсивность использования уборочных кранов склада.

Лом, на поверхности которого осталось масло или неметаллические покрытия, после конвейера 6 направляют по течке во вращающуюся обжиговую печь 9, работающую по принципу противотока. В разгрузочной головке печи установлены горелки, работающие на природном газе. Выгорание масла и термическое разрушение неметаллических покрытий происходит при нагреве лома до температуры 700 °С. Дальнейшее движение лома к подпрессовочной машине и на склад аналогично ранее рассмотренному.

Разрывная машина (рис. 1.11) состоит из сварного корпуса 5 разъемного типа, трех рабочих валов 7, с разрывными звездочками (фрезами) 8 и двух приводов, расположенных по обеим сторонам машины. На верхнем валу закреплены пять фрез, на нижних — по четыре. Фрезы выполнены с пятью затывованными зубьями повышенной высоты. В опорах валов применены подшипники скольжения 6. Нижний передний вал получает вращение от индивидуального привода, верхний и задний нижний валы — от группового. В каждом из приводов установлены одноступенные электродвигатели 1 и цилиндрические редукторы 2 и 3. Групповой привод снабжен дополнительной шестеренной коробкой 4 для передачи вращения двум валам.

При принятой схеме расположения и вращения валов легковесный лом затягивается в машину и одновременно разрывается фрезами на крупные части.

Молотковый дробитель (рис. 1.12) осуществляет дробление легковесного лома на куски размерами не более 150 мм. Основные

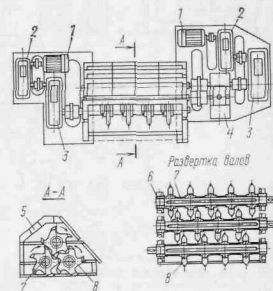


Рис. 1.11. Разрывная машина

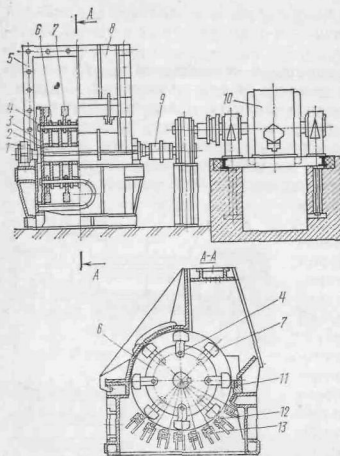


Рис. 1.12. Молотковый дробитель

Отбойный брус 11, установленный со стороны загрузочного окна, предупреждает затягивание крупных кусков лома между ротором и колосниковой решеткой. Износ колосников решетки компенсируют установкой прокладок 13. Для удобства проведения работ по замене молотков и ротора предусмотрена откидная крышка 8.

*Техническая характеристика агрегата
для дробления и сортировки легковесного лома*

Производительность, т/ч	30
Годовой объем переработки, тыс. т	60
Мощность электродвигателей, кВт	1200
Масса оборудования, т	200

Агрегаты для дробления автомобильного и бытового лома

В ФРГ для дробления кузовов автомобилей применяют агрегаты с молотковыми дробителями производительностью 25—120 кузовов в час. Кузов подают в дробитель гидравлическим заталкивателем. Лом подвергают грохочению для отделения мусора, который затем направляют на магнитную сепарацию для извлечения частиц металла.

узлы дробителя — сварной разъемный корпус 5, ротор 3 с молотками, колосниковая решетка 12 и привод 10.

Ротор представляет собой ряд дисков 6, закрепленных на валу 2, между которыми на осях 4 свободно посажены молотки 7. Вал ротора установлен на двух опорах 1, снабженных подшипниками качения. Ротор приводится во вращение от электродвигателя через клиноременную передачу с $u = 1$ и предохранительную муфту 9. Применение клиноременной передачи резко снижает ударные нагрузки, воспринимаемые деталями привода и электродвигателем.

Недостатки этих агрегатов заключаются в повышенном удельном расходе электроэнергии, большой установочной мощности электродвигателей дробителей и в значительных простоях, связанных с обслуживанием и ремонтом оборудования.

Более совершенным является агрегат (Франция) для дробления автомобильного и бытового лома (рис. 1.13) размером $1,85 \times 1,85 \times 4,5$, который состоит из пяти основных узлов: загрузочного устройства, дробилки, магнитного сепаратора, устройства для отсасывания пыли и системы конвейеров.

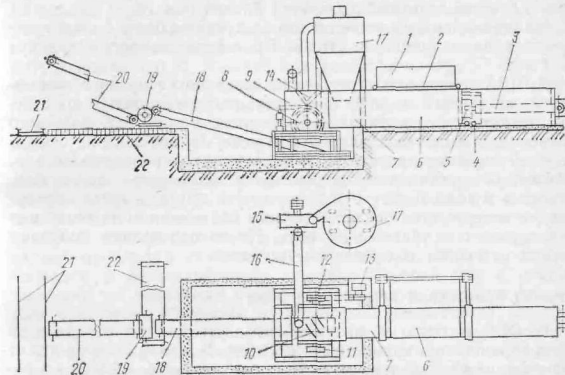


Рис. 1.13. Агрегат для дробления автомобильного и бытового лома

Металлолом подается в приемную воронку 1 загрузочного устройства, откуда через отверстие 2 поступает в камеру 6, снабженную штепелем 5, перемещаемым на роликах 4 с помощью гидроцилиндра 3, который предназначен для подпрессовки лома и подачи его в приемное устройство 7 дробилки. Дробилка состоит из корпуса 9, в котором смонтирован ротор 8 диаметром 1,4 м. Привод барабана осуществляется от электродвигателя 13 через клиноременную передачу 12. Для снижения мощности двигателя и обеспечения более равномерной скорости вращения предусмотрен маховик 11 массой 2 т.

На поверхности ротора 8 закреплены двенадцать спиральных ножей 10, расположенных по трем сторонам с шагом $1/5$ длины ротора. С помощью U-образной отражательной плиты 14 переработанный лом возвращается на повторную обработку.

Вдоль образующей ротора расположены по четыре верхние и нижние плиты с неподвижными ножами. Плиты наклоняются с помощью качающихся гидроцилиндров.

Пыль, образовавшаяся при дроблении лома, удаляется эксгаустером 15 со всасывающим и нагнетательным патрубками 16. Из эксгаустера воздух с пылью поступает в циклон 17, из которого периодически пыль удаляется. Крупные куски лома после сжатия штампом 5 захватываются ножами 10 и измельчаются между неподвижными и подвижными ножами. Измельченный лом (<70мм) проваливается через колосниковую решетку и транспортируется конвейером 18 в магнитный сепаратор 19. Отсортированный магнитный лом конвейером 20 подается на склад или на погрузочный путь 21, а немагнитный удаляется конвейером 22.

На установке измельчается лом на куски не более 5 мм и прессуется в шары диаметром 70 мм. Производительность установки 5—7 т/ч.

В США предложен агрегат для переработки кузовов автомобилей, состоящий из двух параллельных разборочных конвейеров, обжимного механизма, загрузочного устройства, бадьевого подъемника и шахтной плавильной печи. На конвейерах с автомобилей снимают двигатели, медные и никелированные детали. Обжимным механизмом одновременно обжимают два кузова. Обжатые кузова вместе с известняком и другими шлакообразующими материалами подают бадьевым подъемником на колосник и загружают в плавильную печь. После переплавки получают металл с низким содержанием примесей.

Агрегат криогенной переработки лома

В ФРГ и Бельгии разработаны агрегаты для переработки легковесного лома криогенным способом. В основе способа лежит охлаждение металлолома до низких температур (-120°C), в результате чего повышается хрупкость металла и облегчается его дробление.

Принципиальное устройство агрегата криогенной переработки лома показано на рис. 1.14. В состав агрегата входят пакетировочный пресс 1, камеры 3 и 4 предварительного и окончательного охлаждения пакетов, станция 6 подачи жидкого азота, подающий

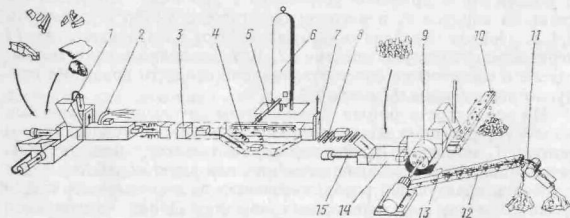


Рис. 1.14. Агрегат криогенной переработки лома

рольганг 8, приемный короб 14 с толкателем 15, молотковый дробитель 9, грохот 13, уборочные конвейеры 10 и 12 для цветного и черного лома, магнитный сепаратор 11. Легковесный лом (как правило, с неметаллическими покрытиями) — кузова автомобилей, бытовая техника, отходы листов, легковесные пакеты и т. д. — подают в мощный гидравлический пакетировочный пресс 1 с целью получения большемерных плотных пакетов. Пакеты толкателем задают в камеру 3 предварительного охлаждения газообразным азотом до температуры минус 7 °С. Газообразный азот выходит из камеры через патрубок 2. При дальнейшем движении пакеты частично погружаются в ванну с жидким азотом, находящуюся в камере 4 окончательного охлаждения, и охлаждаются до температуры минус 120 °С. Жидкий азот подают в камеру от станции 6 по трубопроводу 5 через коллектор с рядом форсунок. Выдачу пакета из камеры осуществляют через шиберный затвор (шлюз) 7. Охлажденный пакет рольгангом 8 транспортируют к наклонному лотку, по которому он поступает в приемный короб 14, а отсюда гидравлическим толкателем 15 — в молотковый дробитель 9. Дробленный продукт поступает на грохот 13, который разделяет его на две фракции — крупную и мелкую. Поскольку цветной лом обладает повышенной вязкостью и не так разрушается, как стальной, он переходит в крупную фракцию. В мелкую фракцию входят дробленный стальной и чугуный лом, кусочки цветных металлов и неметаллические частицы. Цветной лом с грохота поступает на уборочный конвейер 10. Мелкую фракцию наклонным конвейером 12 подают на магнитный сепаратор 11, который отделяет от лома черных металлов цветные металлы и мусор.

Достоинства криогенного способа переработки лома — высокая степень дробления и насыпная плотность (до 3 т/м³), снижение мощности дробителей на 65—80 % и увеличение их производительности в 3,5 раза по сравнению с обычными условиями работы.

5. НОЖИЦЫ И АГРЕГАТЫ ДЛЯ РАЗДЕЛКИ КРУПНОГАБАРИТНОГО ЛОМА

Холодная резка металла ножницами — экономичный и высокопроизводительный процесс разделки крупногабаритного лома.

Для резки металлолома в основном применяют аллигаторные и гидравлические ножницы с верхним режем.

Аллигаторные ножницы

Машиностроение поставляет в цехи и на предприятия по переработке лома аллигаторные ножницы трех типоразмеров: Н-2228, Н-2230 и Н-2231, отличающиеся повышенной прочностью и надежностью работы. Все отечественные ножницы по своему принципиальному устройству однотипны.

Техническая характеристика аллигаторных ножиц

Модель	H-2228	H-2230	H-2231
Размеры сечения разрезаемого металла, мм:			
сторона квадрата	50	90	120
диаметр круга	60	100	130
Длина ножей, мм	500	600	1000
Число ходов ножа в 1 мин	40	22	16
Мощность электродвигателя, кВт	12,5	21	39,9
Масса ножиц (без ролъганга), т	10,5	10,0	23,0

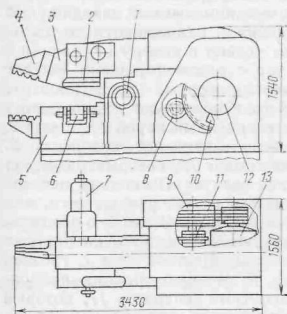


Рис. 1.15. Аллигаторные ножицы H-2230

Устройство аллигаторных ножиц H-2230 показано на рис. 1.15. К основным узлам ножиц относятся станина, режущий механизм, привод и упор.

Литая станина *б* ножиц выполнена с двумя массивными стойками, в которых расположены опоры *1* качающейся челюсти *3* и подшипниковые узлы *11* коленчатого вала и зубчатых передач. В передней части станины закреплен нижний нож.

Режущий механизм состоит из качающейся челюсти с закрепленным на ней верхним ножом, шатуна и коленчатого вала *12* и по кинематической структуре представляет собой шарнирный четырехзвенный механизм. Коленчатый вал приводится во вращение от электродвигателя *13* через клиноременную *9* и две понижающие зубчатые передачи *8*. Для предохранения ножиц от поломок при перегрузках установлена фрикционная муфта предельного момента *10*. Большой шкив клиноременной передачи выполняет в приводе роль маховика. Включают и выключают ножицы муфтой с поворотной шпонкой, смонтированной в ступицу зубчатого колеса последней передачи. Управление муфтой осуществляют ножной педалью через рычажную систему. Предусмотрена возможность управления ножицами переносной электрической педалью. Для остановки челюсти в крайнем верхнем положении на коленчатом валу установлен тормоз периодического действия с эксцентрично закрепленным шкивом.

Подвижная и неподвижная губки *4* позволяют обжимать трубы перед резанием. Щека *2* прижимает лом, а упор *7* препятствует его переосу в процессе резания. Станционный ролик *6* облегчает подачу лома в зев ножиц.

Крупный недостаток резки лома на аллигаторных ножицах — значительные затраты ручного труда на вспомогательных операциях.

Гидравлические ножицы

В ковровых цехах применяют отечественные гидравлические ножицы пяти моделей: H-2335 и H-2338 с усилием резания соответственно 3,15 и 6,3 МН и H-302 и HO-340 с усилием резания 10 МН, а также новые ножицы H-1600 с усилием 16 МН.

Технические характеристики ножиц

Модель	H-2335	H-2338	H-302	HO-340	H-1600
Максимальное усилие резания, МН	3,15	6,3	10	10	16
Усилие прижима, МН	1,2	3×0,8	4	4	4
Усилие толкания подающего механизма, кН	100	200	320	320	—
Длина ножей, мм	1400	1850	2000	2100	2200
Наибольший ход ножа, мм	650	950	1200	1250	1400
Ход механизма подачи, мм	5000	7000	12 000	12 000	12 000
Число резов в 1 мин	6	3	3	1,5	3
Производительность, т/ч	5	До 10	10—20	10—20	—
Размеры сечения разрезаемого металлолома:					
диаметр круга, мм	90	140	190	190	220
размеры полосы, мм	50×750	50×1200	70×1850	70×1850	70×2000
Мощность электродвигателей, кВт	250	658	708,8	660	900
Масса ножиц с гидроприводом, т	70	175	207	390	600

Главные преимущества гидравлических ножиц перед аллигаторными — применение комплекса вспомогательных механизмов, обеспечивающих полную механизацию работ при резке лома, большая сила резания и повышенная производительность. Ножицы позволяют разрезать смешанный крупногабаритный лом, состоящий из различных металлоконструкций, деталей вагонов, транспортной и сельскохозяйственной техники и т. д., который ранее подвергали разделке огнем способом.

В последних моделях мощных ножиц HO-340 и H-1600 учтены конструктивные недостатки, выявленные в процессе эксплуатации ножиц H-302, и применены подпрессовочный механизм и крышка для перекрытия приемного желоба.

Общее устройство ножиц HO-340, относящихся в типу ножиц с верхним резом, показано на рис. 1.16. Ножицы состоят из станины *1* с режущим *12* и прижимным *11* механизмами, подпрессовочного механизма *10*, загрузочного короба *8* с механизмом наклона, приемного желоба *9*, крышки желоба *2* с механизмом поворота *3* и толкателя лома *4*.

Режущий и подпрессовочный механизмы с нижним расположением рабочих гидроцилиндров и гидроцилиндров обратного хода

установлены в станине ножиц. Механизм прижима осаживает разрезаемый лом и прижимает его в вертикальном направлении к нижней траверсе ножиц, в результате чего уменьшается перекос лома при резке и снижается распорное усилие. Подпрессовочный механизм снабжен двумя штемелями, перемещаемыми гидроцилиндрами, и осуществляет сжатие лома перед ножицами в горизонтальном направлении перпендикулярно оси подачи.

Поворотная крышка желоба осаживает и сминает лом сверху и предотвращает его вслущивание в желобе у ножиц при подаче толкателем. Механизм поворота крышки снабжен качающимся гидроцилиндром двойного действия. Загрузочный короб для лома шарнирно соединен со стенкой желоба и наклоняется на угол 75° двумя качающимися гидроцилиндрами.

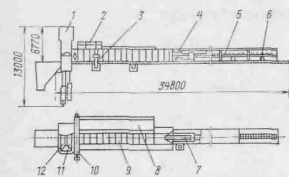


Рис. 1.16. Гидравлические ножицы НО-340 для резки лома

Толкатель (механизм подачи лома) состоит из штемеля, помещенного в приемный желоб, штанги 5, опирающейся на стационарные опорные ролики 6, и гидроцилиндра 7 двойного действия с упором. К штанге прикреплены гребенка и зубчатая рейка. Рабочий ход толкателя осуществляет гидроцилиндр, который периодически упором захватывает зуб гребенки и перемещает штангу на расстояние подачи. Ход гидроцилиндра (в диапазоне 300—800 мм) регулируют переключением шести путевых выключателей, введенных в электрогидравлическую схему управления механизмами ножиц. Возвращение штемеля в первоначальное положение выполняют реечным зубчатым механизмом с отдельным электроприводом, отключаемым при рабочем ходе электромагнитной муфтой.

Ножицы могут работать как в автоматическом режиме, так и на ручном управлении. Короб ножиц заполняют ломом, используя краны с электромагнитами или многочелюстными грейферами. Механизмом наклона короб поворачивают на угол 75° , в результате чего лом сыпается в приемный желоб. При пуске ножиц в автоматическом режиме работы включается гидропривод толкателя, и металлолом при открытом зеве ножиц перемещается в желоб на расстояние подачи. Затем последовательно срабатывают механизмы прижима и резания. После их возврата в верхнее исходное положение цикл вновь повторяется.

Механизм поворота крышки желоба включается при вслущивании лома, подпрессовочный механизм — при необходимости обжатия и ориентировки лома. Работой обоих механизмов управляют операторы.

Устройство режущего и прижимного механизмов мощных гидравлических ножиц в основном одинаковое. На рис. 1.17

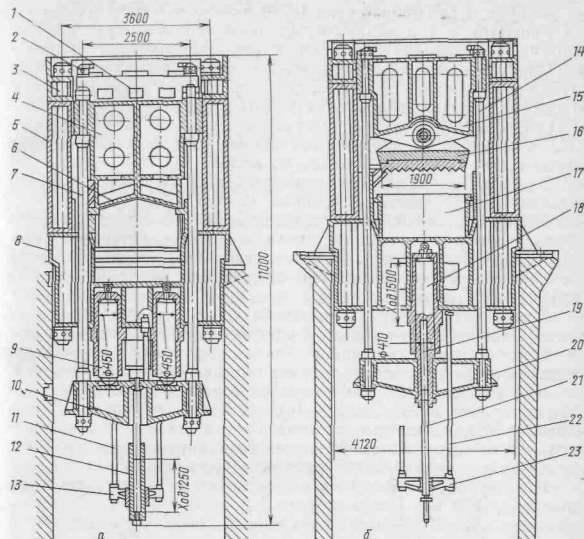


Рис. 1.17. Механизмы резания (а) и прижима (б) гидравлических ножиц Н-302

приведены конструкции механизмов резания и прижима ножиц Н-302.

Составная станина выполнена из пяти частей — основания 8, двух стоек 5 и двух траверс 1. Стойки соединены с основанием колоннами 3, а траверсы со стойками — стяжными болтами 2.

Механизм резания (рис. 1.17, а) состоит из суппорта 4 с верхним ножом 6, тяг 7, двух рабочих гидроцилиндров 9 плунжерного типа, подвижной траверсы 10 и гидроцилиндра обратного хода 12. Суппорт установлен в вертикальных направляющих станины. Между плунжерами рабочих гидроцилиндров и подвижной траверсой установлены сферические подпятники. Гидроцилиндр обратного хода закреплен в неподвижной траверсе 13, связанной с основанием штангами 11. У верхнего ножа предусмотрен двойной скос от середины к краям, что обеспечивает центрирование разрезаемого металлолома и устраняет горизонтальные усилия в плоскости ножа. Нижний прямой нож закреплен в основании.

Механизм прижима (рис. 1.17, б) включает в себя ползун 15, помещенный в направляющие станины, прижим 16, тяги 14, подвижного траверсы 20, рабочий гидроцилиндр 18 и гидроцилиндр обратного хода 19. Шарнирное соединение прижима с ползуном обеспечивает его самоустановление при прижатии лома. Плунжер рабочего гидроцилиндра одновременно служит корпусом гидроцилиндра обратного хода, плунжер которого 21 закреплен в траверсе 23, соединенной тягами 22 с основанием. Лом подают к ножицам толкателем по желобу 17.

За рубежом для разделки крупногабаритного лома применяют гидравлические ножицы усилием 12 МН.

Общий недостаток всех гидравлических ножиц заключается в том, что при резке длинные куски выпадают из режущего механизма и размеры значительной части (до 40 %) порезанного лома больше требуемых. Вследствие этого после резки необходимо вручную сортировать лом.

В условиях ломоперерабатывающих цехов гидравлические ножицы устанавливают в середине крановой эстакады, а лом подают и убирают мостовыми кранами. Такая схема движения и складирования лома не отвечает требованиям поточного производства.

Для резки лома и его машинной сортировки ВНИПИломом спроектирован агрегат (рис. 1.18), состоящий из ножиц 1 усилием 10 МН, наклонного пластинчатого конвейера 3, направляющего 2 и загрузочного 4 лотков, барабанного сортировочного грохота 5 и магнитной сепарационной установки 8.

Подача лома к ножицам осуществляется так же, как и на ножицах НО-340. После ножиц 1 порезанный лом по направляющему лотку 2 подается на наклонный пластинчатый конвейер 3 и сбрасывается в загрузочный лоток 4 барабанного грохота 5. Грохот (его конструкция будет рассмотрена ниже) отсеивает

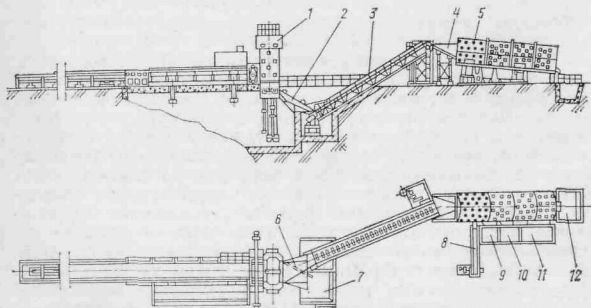


Рис. 1.18. Агрегат для резки и сортировки лома

мусор и разделяет лом по трем группам крупности. Мусор по наклонной телке поступает на ленточный магнитный сепаратор 8, отделяющий его металлическую часть. Лом, разделенный по крупности, сбрасывается в приямки 9, 10 и 11, негабаритный — в приямок 12. Подвижные направляющие линейки 6, расположенные в лотке 2, позволяют подавать отдельные виды лома непосредственно в приямки 7. Предусмотрена возможность транспортирования лома от агрегата системой ленточных уборочных конвейеров.

Агрегат для разделки крупных изделий

Разделку крупных чугуных изделий и изложниц на ряде предприятий Союзвторчермета проводят на агрегатах с мощными гидравлическими прессами. Наиболее мощный агрегат такого типа (рис. 1.19) состоит из двух прессов: главного 8 (усилием 50 МН) и вспомогательного 12 (усилием 16 МН), продольного 6 и поперечных 1, 4 и 9 толкателей реечного типа, поворотного стола 7, главного 10 и вспомогательного 2 конвейеров. Чугунный массив ломают на прессах между призмой-опорой, установленной на подвижном столе, и клином, закрепленном на верхней неподвижной траверсе пресса. Вспомогательное оборудование осуществляет транспортирование, подачу и ориентацию кусков лома в процессе разделки. Толкатели 6 и 1 главного и вспомогательного прессов при перемещении столов совершают качательное движение, толкатели 4 и 9 установлены неподвижно. Управляют агрегатом операторы с пультов 3 и 13.

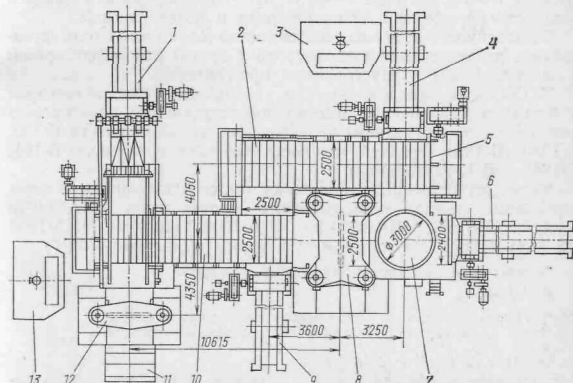


Рис. 1.19. Агрегат для разделки крупных чугуных изложниц и изделий

Агрегат работает следующим образом. Чугунный массив кра-
ном устанавливают на стол 7 и толкателем 6 задают в главный
пресс 8. После первичной разделки на этом прессе куски лома
конвейером 10 перемещают к вспомогательному прессу 12 и
подают в него толкателем 1. Габаритный лом, прошедший вторич-
ную разделку, сбрасывают в короб 11. Разделка тяжелых поддо-
нов и изложниц часто требует возврата их крупных частей под
главный пресс. В этом случае крупные куски толкателем 9 пере-
дают на вспомогательный конвейер 2, перемещают до упора 5,
передают толкателем 4 на поворотный стол 7 и задают в главный
пресс.

По сравнению с копровыми установками для разделки круп-
ных чугунных массивов, поддонов и изложниц агрегаты с гидрав-
лическими прессами отличает высокая производительность, полная
механизация всех работ и меньшие капитальные и эксплуатацион-
ные затраты.

6. ПРЕССЫ ДЛЯ ПАКЕТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ЛОМА

Характеристика прессов

Гидравлические пакетировочные прессы — это основное обо-
рудование для переработки легковесного лома в пакеты плотностью
1,2—2,87 т/м³. В зависимости от усилия на последней ступени
прессования их делят на три группы: малой, средней и большой
мощности. Прессы малой мощности развивают усилие 1—2,5,
средней 3—6,5, мощные 8—31,5 МН. Прессы малой и средней
мощности изготавливают стационарными и передвижными.

В зависимости от схемы сжатия пакета (одним или двумя штем-
пелями, действующими навстречу друг другу) различают прессы
с односторонним и двусторонним прессованием.

В СССР на предприятиях по переработке лома используют
в основном современные высокопроизводительные пакетировоч-
ные прессы отечественного производства: малой мощности Б-132,
Б-1330, Б-1334, средней мощности БА-1338 и мощные Б-101,
Б-1642 и Б-1345 (таблица).

Кроме отечественных, применяют также гидравлические пакети-
ровочные прессы чехословацкого производства ЧПА-400-2а
усилием 2950 кН, ЧПА-1000-1 и ЧПА-1000-2 (10 МН), ЧПА-1250
(12 МН) и прессы усилием 8 МН фирмы «Линдеман» (ФРГ).

Часовая производительность пакетировочного пресса, т:

$$P = 3600Q/t_{\text{п}},$$

где Q — масса пакета, т; $t_{\text{п}}$ — время получения одного пакета, с.
Время $t_{\text{п}}$ зависит от продолжительности отдельных операций

$$t_{\text{п}} = t_1 + \sum t_2 + t_3 + \sum t_4,$$

здесь t_1 — продолжительность загрузки скрапа в камеру; $\sum t_2$ — суммарное
время последовательно совершаемых операций закрывания крышки, движения

Техническая характеристика пакетировочных прессов отечественного производства

Параметр	Модель пресса							
	Б-132	Б-1330	Б-1334	БА-1338	Б-101	Б-1642	Б-1642	Б-1345
Усилие на последней ступени прессования, МН	1	1	2,5	6,3	15	16	16	31,5
Вместимость прессовой камеры при открытой крышке, м ³	0,63	0,43	2,9	11,0	24,5	24,5	21,5	34,0
Средние размеры пакета, см	30×40×65	28×50	36×36×50	50×50×80	70×100×200	70×100×200	70×100×200	70×100×200
Объем пакета, м ³	0,078	0,040	0,065	0,2	1,4	1,4	1,4	1,4
Масса пакета, кг	100—120	50—80	170	450—550	3000—3500	3100—3600	3100—3600	4000—4500
Наибольшая толщина прессуемого материала, мм	3	3	4	6	10	12	12	15
Давление на последней ступени прессования, МПа	8,3	12,7	19,3	25,3	21,4	22,5	22,5	45
Плотность пакетов, т/м ³	1,17—1,4	1,15—1,8	2,4	2,07—2,53	1,97—2,3	2,03—2,37	2,03—2,37	2,64—2,95
Производительность пресса, т/ч	1,0	3,0	6,0	15	35—55	40—55	30—50	—
Мощность электродвигателей, кВт	17	84	133	176	750	750	800	—
Масса пресса, т	8,1	26,2	72	250	615	595	864	—

штемпелей 1-й, 2-й, ..., n -ной ступеней прессования; t_3 — время выдачи пакета из камеры; Σt_4 — суммарное время операций возврата механизмов в исходное положение.

Гидравлические пакетировочные прессы

Гидравлические пакетировочные прессы Б-101 и Б-1642 с усилием на последних ступенях прессования соответственно 15 и 16 МН в основном однотипны и относятся к числу наиболее мощных. Они предназначены для прессования крупногабаритного лома

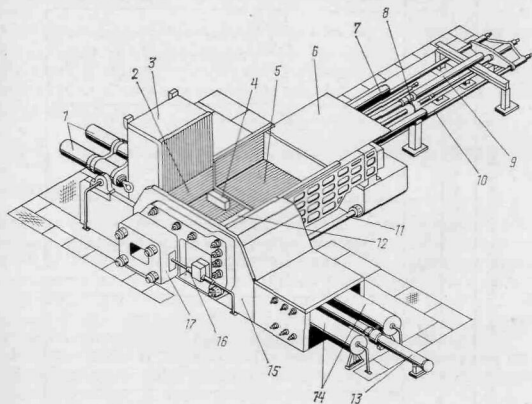


Рис. 1.20. Пакетировочный пресс Б-101

из мягкой стали толщиной до 10—12 мм в пакеты размерами $700 \times 1000 \times 2000$ мм и массой 3,5—3,6 т. Большие размеры прессовой камеры позволяют наполнять ее крупным ломом: кузовами автомашин и сельскохозяйственной техники, бочками, баллонами, резервуарами и т. д. Использование получаемых на этих прессах пакетов большой плотности в конвертерном и мартеновском производствах сокращает продолжительность загрузки сталеплавильных агрегатов, а следовательно, увеличивает их производительность.

Принципиальное устройство гидравлического пакетировочного прессы Б-101 показано на рис. 1.20. При изготовлении пакета лом уплотняют последовательно механизмами четырех ступеней прессования.

Пресс состоит из сборной станины 15, части которой связаны между собой колоннами 11 и стяжными болтами, прессовой ка-

меры 2, загрузочного короба 5, механизма первой ступени прессования со штемпелем 6, двумя рабочими 7 и одним возвратным 9 гидроцилиндрами, крышки 3 с механизмом поворота, состоящим из двух качающихся гидроцилиндров 1 (вторая ступень прессования), механизма третьей ступени прессования со штемпелем 12, двумя рабочими 14 и одним возвратным 13 гидроцилиндрами, механизма четвертой ступени прессования со штемпелем 4, рабочим 8 и двумя возвратными 10 гидроцилиндрами, шиберного затвора 17 с гидроцилиндром 16, механизма выдачи пакета, а также насосной установки с электрогидравлической аппаратурой управления.

Насосная установка снабжена тремя двухпоршневыми насосами высокого давления для подачи рабочей жидкости в гидроприводы механизмов пресса и шестеренным насосом для питания командных цепей. Гидроэлектрическая схема прессы позволяет устанавливать ручной и полуавтоматический режимы работы. В первом случае работой всех механизмов управляет оператор. Во втором случае после загрузки лома в приемный короб и пуска прессы последовательная работа всех механизмов, вплоть до выдачи готового пакета, происходит автоматически.

Металлолом подают в загрузочный короб 5 мостовым краном с электромагнитом или многочелюстным грейфером либо конвейером.

Работа прессы в полуавтоматическом режиме происходит следующим образом. Штемпель первой ступени прессования перемещается рабочими цилиндрами 7 и сбрасывает лом в прессовую камеру 2, одновременно обжимая куски лома с размерами, большими ширины камеры. Затем качающиеся гидроцилиндры 1, опускают массивную крышку 3, которая прессует металлолом сверху, обрезая при этом ножами куски, выходящие за пределы прессовой камеры. В период цикла прессования крышка остается постоянно прижатой. После опускания крышки штемпель возвращается гидроцилиндром обратного хода 9 в исходное положение, освобождая загрузочный короб 5 для следующей порции лома. Прессование пакета на третьей ступени осуществляется штемпелем 12, перемещаемый рабочими гидроцилиндрами 14. Окончательно формирует пакет штемпель 4 четвертой ступени прессования под действием рабочего гидроцилиндра 8. После определенной выдержки времени, необходимой для получения плотного пакета, гидроцилиндр 16 открывает шиберный затвор 17. Штемпель 4 под воздействием плунжера гидроцилиндра выталкивания, встроенного в плунжер рабочего гидроцилиндра, выдает готовый пакет из прессовой камеры наружу. После этого крышка 3 поднимается, а штемпели 12 и 4 возвращаются в исходное положение гидроцилиндрами обратного хода 13 и 10. Затвор 17 закрывается, и пресс готов к следующему циклу прессования. Готовый пакет убирают от прессы краном или конвейером.

Поперечный и продольный разрезы пресса, приведенные на рис. 1.21, дают представление о конструкции и компоновке узлов и механизмов.

Рабочие поверхности прессовой камеры 21, загрузочного кобоба 13, крышки 8 и штемпелей 5 и 22 для защиты от истирания о лом облицованы сменными рифлеными плитами из износостойкой марганцевой стали. Лобовая стенка прессовой камеры усилена накладной плитой 12, к которой прикреплена болтами рама 11 шибберного затвора.

Механизм первой ступени прессования (рис. 1.21, б) состоит из штемпеля 14, двух рабочих гидроцилиндров плунжерного типа 17 диаметром 320 мм, гидроцилиндра обратного хода 19 и двух направляющих штанг. Гидроцилиндры закреплены в траверсе 15, установленной в станине 6 пресса. На конце плунжера обратного хода предусмотрена каретка с роликами, перемещающаяся по направляющим. Ход штемпеля 3200 мм. Гидроцилиндры сверху защищены от ударов падающего лома подвижным листом 16, прикрепленным к штемпелю. Крайние положения штемпеля контролируются конечными выключателями, входящими в схему электрогидроавтоматики.

Механизм поворота крышки (вторая ступень прессования) показан на рис. 1.21, а. Крышка 8 массой 30 т закреплена на шарнире 7 в станине пресса и поворачивается двумя качающимися гидроцилиндрами 10 диаметром 420 мм. Гидроцилиндры заключены в обойму 9, установленную в станине на подшипниках. Штоки гидроцилиндров защищены от попадания абразивных частиц гофрированными рукавами. Крайние положения крышки контролируются конечными выключателями.

Механизм третьей ступени прессования (см. рис. 1.21, а) состоит из штемпеля 5, двух рабочих гидроцилиндров 2 диаметром 550 мм и одного гидроцилиндра обратного хода 1, связанных штангой 3. На конце плунжера возвратного гидроцилиндра закреплена поддерживающая каретка. Корпуса рабочих гидроцилиндров изготовлены из труб с вставными крышками, закрепленными разрезными конусными кольцами. Плунжеры соединены со штемпелем сферическими шарнирами 4 для того, чтобы исключить изгиб плунжеров при перекосах и обеспечить нормальную работу уплотнений.

Штемпель 22 механизма четвертой ступени прессования (рис. 1.21, б) приводится в движение одним рабочим гидроцилиндром 26 диаметром 820 мм с пустотелым плунжером 25, служащим одновременно корпусом гидроцилиндра выталкивания пакета. Плунжер 23 выталкивающего гидроцилиндра соединен со штемпелем и осуществляет его перемещение, когда плунжер рабочего цилиндра находится в крайнем положении прессования. В исходное положение штемпель возвращают два гидроцилиндра обратного хода. Их плунжеры соединены между собой траверсой 20, которая тягой 18 связана с плунжером рабочего гидроцилиндра,

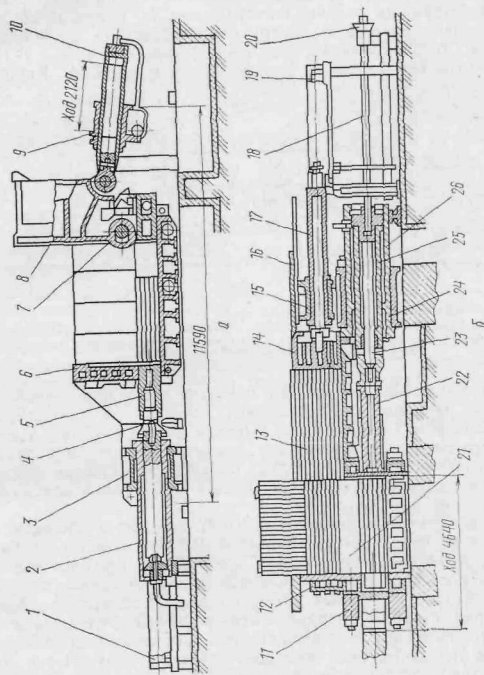


Рис. 1.21. Поперечный (а) и продольный (б) разрезы пакетировочного пресса В-101

Рабочий и возвратные гидроцилиндры закреплены в траверсе 24.

Пресс Б-1642 (рис. 1.22) представляет собой улучшенную модификацию пресса Б-101, сохраняющую его основную конструкцию. Увеличение усилия прессования на последней ступени с 15 до 16 МН достигнуто повышением мощности гидропривода. Основное конструктивное отличие состоит в том, что механизм сбрасывания лома в прессовую камеру с поступательно движущимся штемпелем (первая ступень прессования) заменен в прессе Б-1642 загрузочным механизмом с наклоняющимся коробом. Короб 2

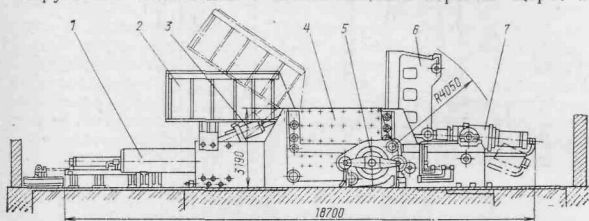


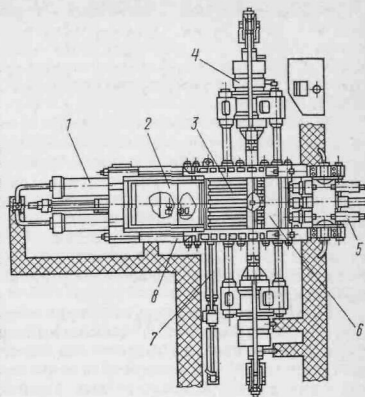
Рис. 1.22. Гидравлический пакетировочный пресс Б-1642:

1 — механизм второй ступени прессования; 2 — загрузочный короб; 3 — гидроцилиндр наклона короба; 4 — прессовая камера; 5 — механизм третьей ступени прессования; 6 — крышка; 7 — гидроцилиндр механизма поворота крышки

загружают, как обычно, ломом с помощью крана или конвейера. Механизм наклона короба снабжен качающимся плунжерным гидроцилиндром 3. Кроме того, в прессе вместо горизонтального шибера затвора применен вертикальный с нижним расположением гидроцилиндра. Поскольку сила тяжести шибера направлена вниз и способствует его опусканию, резко сократились случаи заедания затвора.

Пакетировочные гидрокрессы БА-1642 и Б-1345 с усилиями на последних ступенях прессования 16 и 31,5 МН одностипны. Особенности принципа действия этих прессов: двустороннее прессование на последней (третьей) ступени (можно получать плотные и прочные пакеты больших размеров); выдача пакета через боковую стенку станины гидравлическим выталкивателем, не связанным со штемпелем последней ступени прессования; отодвигание пакета от лобовой стенки прессовой камеры к окну выдачи осуществляется электромагнитом, вмонтированным в переднюю стенку штемпеля второй ступени прессования, при возврате штемпеля в исходное положение; применение в механизмах третьей ступени прессования блоков рабочих и возвратных гидроцилиндров (минимальные габариты механизмов и простота устройства); установка в механизме поворота крышки двух рабочих и одного возвратного гидроцилиндров одностороннего дей-

Рис. 1.23. Гидравлический пакетировочный пресс БА-1642



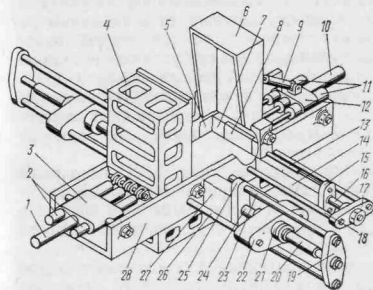
ствия (повышение надежности его работы). Расположение окна выдачи в менее нагруженной боковой стенке прессовой камеры должно исключить разрушение лобовой части станины из-за ее ослабления окном, как это наблюдается на прессах других типов.

Конструкция гидравлического пакетировочного пресса БА-1642 показана на рис. 1.23.

Формирование пакета происходит на трех ступенях прессования.

Пресс состоит из станины 8 сборной конструкции, прессовой камеры 3, загрузочного короба 2 с механизмом наклона, крышки 6 с механизмом поворота 5 (первая ступень прессования), механизма 1 второй ступени прессования, двух одностипных механизмов 4 третьей ступени прессования, выталкивателя пакетов 7, насосной станины и гидроэлектрической системы управления прессом. Последняя позволяет задавать два режима работы — ручной и полуавтоматический.

Принципиальное устройство механизмов пакетировочных прессов БА-1642 и Б-1345 показано на рис. 1.24.



Короб 6 с ломом наклоняют механизмом с качающимся гидроцилиндром 9 двойного действия. В механизме поворота крышки применены три плунжерных гидроцилиндра (два рабочих 2 и один возвратный 1), которые заключены в поворотную обойму 3. Плунжеры гидроцилиндров шар-

Рис. 1.24. Принципиальное устройство пакетировочных прессов БА-1642 и Б-1345

нирами соединены с крышкой 4, поворачивающейся в опорах бокови 28 станины. Механизм второй ступени прессования, снабженный двумя рабочими 11 и одним возвратным 10 гидроцилиндрами, закрепленным в траверсе 12, конструктивно не отличается от аналогичного механизма пакетировочного пресса Б-101.

Прессование на третьей ступени осуществляют два однотипных механизма, каждый из которых снабжен рабочим 21 и возвратным 20 гидроцилиндрами, объединенными в общий блок. Возвратный гидроцилиндр закреплен на крышке рабочего. Корпус рабочего цилиндра установлен в траверсе 22, связанной колоннами 26 с боковиной станины, а плунжер 24 соединен с подвижной траверсой 25 и штемпелем 27. Между собой подвижные траверсы 25 и 19 связаны тягами 23. Такая конструкция позволила расположить механизмы на станине и избежать крепления на фундаменте.

В штемпель 7 механизма второй ступени прессования вмонтирован электромагнит 8, выключаемый при обратном ходе штемпеля. Будучи связан со штемпелем электромагнитом, пакет отодвигается от стенки прессовой камеры и устанавливается напротив окна выдачи, имеющего шиберный затвор 5.

Механизм выталкивания пакета снабжен одним рабочим гидроцилиндром и двумя гидроцилиндрами обратного хода. Корпус 14 рабочего гидроцилиндра выполнен в форме параллелепипеда и одновременно является штемпелем выталкивателя, а плунжер 16 соединен с неподвижной траверсой 17, в свою очередь связанной колоннами 18 со станиной. Корпуса гидроцилиндров 13 обратного хода закреплены в станине, а плунжеры соединены с подвижной траверсой 15 штемпеля.

Пакетировочные прессы зарубежных фирм

За рубежом лом пакетируют на гидравлических прессах усилием 1—16 МН. Прессы малой мощности используют в основном на машиностроительных заводах, мощные — на ломоперерабатывающих предприятиях. Значительное внимание уделяют созданию высокопроизводительных прессов с повышенным объемом прессовой камеры для пакетирования кузовов автомобилей способом двукратного и однократного прессования и передвижных агрегатов для переработки лома в местах его образования, состоящих из ножиц и пакетировочного пресса.

Прессы чехословацкого производства типа ЧПА выполнены по широко распространенной схеме и принципиально не отличаются от мощных отечественных прессов Б-101 и Б-1642. На всех прессах лом загружают в прессовую камеру наклоняющимся коробом.

В последнее время имеется тенденция к увеличению массы пакетов, которые по габаритам и форме соответствуют грузоз-

емкостям (мульда, совков), а также межэлектродному пространству электропечи.

Вместо традиционной бадьевой загрузки в электропечах Японии практикуют загрузку пакетами большой массы (до 100 т), по форме соответствующими внутреннему пространству электропечи. Такие пакеты получают в специальных пакетир-прессах с циклической порционной загрузкой металлолома и предварительным его уплотнением. Цикл загрузки и уплотнения повторяется до требуемой массы пакетов. Готовый пакет убирается специальным подъемником.

Применение нового способа подготовки лома для электропечей способствовало уменьшению продолжительности завалки до 20 %, экономии огнеупоров до 20 % и электроэнергии до 15 %, уменьшению площади складов до 70 %.

Фирма «Линдман» (ФРГ) выпускает агрегат, состоящий из гидравлического пресса непрерывного пакетирования и ножиц.

Производительность пакетировочных прессов в значительной мере зависит от длительности вспомогательных операций по доставке и загрузке лома и уборке пакетов. Недостаточная эффективность системы подачи лома в пакетировочные прессы и уборки пакетов потребовала создания дополнительных устройств порционной доставки и загрузки лома в прессы — опрокидывающихся коробов, переносимых кранами или подаваемых тележками. Поскольку для получения полновесных пакетов и предупреждения перегрузки пресса требуется загрузка определенной порции (по массе) лома, разработаны и внедряются весы-дозаторы различных типов. Перспективно использование в пакетировочных отделениях конвейерных систем подачи лома и уборки пакетов.

За рубежом наметилась тенденция располагать пакетировочные отделения вблизи металлообрабатывающих цехов. Так, в США в металлостамповочном цехе установлена конвейерная система уборки отходов металла от 100 прессов. Отходы металла попадают на поперечные конвейеры, перегружаются на продольный оборотный конвейер, расположенный вдоль цеха, а затем двумя наклонными конвейерами передаются в пакетировочное отделение, оборудованное четырьмя высокопроизводительными пакетировочными прессами. Из прессов пакеты выдают прямо на железнодорожные платформы и отправляют потребителям.

Агрегаты для непрерывного уплотнения стального лома

Весьма актуальной проблемой является дальнейшее развитие непрерывных процессов подготовки металлолома большой плотности (до 5000—7000 кг/м³) путем его прокатки в холодном и горячем состоянии.

Агрегат включает (рис. 1.25) грузозачное и нагревательное устройства, прокатный стан, ножицы для резания на мерные длины.

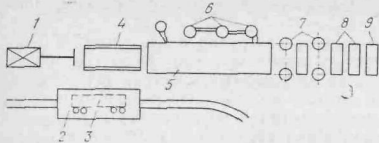


Рис. 1.25. Агрегат для непрерывного уплотнения стального лома

Металлолом в вагонах 3 подается в опрокидыватель 2 и загружается в приемный бункер 4. Толкатель 1 подает лом в нагревательную печь 5, куда подается подогретый до температуры 800—900 °С воздух от воздушнонагревателей 6. После нагревания металлолом поступает в формирующие 7 и рабочие 8 клетки прокатного стана, где уплотняется и разрезается механическим 9 или огневым способами на мерные длины.

Расчет усилий прессования

Большая разнородность прессуемого лома по габаритам и механическим свойствам, неопределенность внутреннего трения между частями материала и внешнего трения его о стенки камеры значительно затрудняют установление закономерностей процесса пакетирования. По мере уплотнения лома необходимо увеличивать усилия прессования.

Продольное усилие в любом поперечном сечении пакета на расстоянии x от штемпеля можно определить по формуле

$$F_x = Fe^{-\mu\lambda \frac{C}{S} x} \quad (1.1)$$

где F — сила действующая на пакет со стороны штемпеля; λ — коэффициент пропорциональности между продольными и поперечными напряжениями; согласно опытам $\lambda = 0,28 \div 0,36$; μ — коэффициент трения между материалом и стенками камеры, можно принимать среднее значение $\mu = 0,25$; S — площадь поперечного сечения камеры; C — периметр камеры в поперечном сечении.

Усилие со стороны задней стенки камеры

$$F_1 = Fe^{-\mu\lambda \frac{C}{S} l}$$

Среднее продольное напряжение в пакете

$$\sigma_{x \text{ ср}} = \frac{F}{\mu\lambda Cl} (1 - e^{-\mu\lambda Cl/S}) \quad (1.2)$$

где l — расстояние от штемпеля до задней стенки камеры.

Зная $\sigma_{x \text{ ср}}$, можно определить силу, действующую на боковую стенку камеры прессования:

$$Q = \sigma_{x \text{ ср}} \lambda S_{\text{б}}, \quad (1.3)$$

где $S_{\text{б}}$ — площадь боковой стенки камеры.

По величине силы Q рассчитывают конструкцию пресс-камеры на прочность.

Усилие выталкивания пакета, когда он находится у задней стенки камеры:

$$F_n = (0,6 \div 0,8) F \left(1 - e^{-\mu\lambda \frac{C}{S} l}\right).$$

По этим усилиям рассчитывают мощность гидронасосов, а также основные параметры гидроцилиндров.

7. АГРЕГАТ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ЛОМА

В общем объеме лома, поступающего в копровые цехи и на предприятия Союзвторчермета, доля смешанного по крупности и видам составляет около 40 %. Намеченные на ближайшие годы мероприятия по упорядочению сбора, хранения и отгрузки лома, по организации его первичной переработки на промышленных предприятиях и стройках должны сократить поступление смешанного лома.

Большое значение приобретает вопрос полной механизации тяжелых, опасных и малопроизводительных работ при разборке и сортировке смешанного лома по крупности и видам, которые в настоящее время ведут вручную (с использованием кранов с различными грузовыми захватами).

ВНИПИломом спроектирован агрегат для сортировки смешанного лома по крупности с отделением лома цветных металлов, чугуна и высоколегированных сталей, полностью исключаящий ручной труд.

Техническая характеристика агрегата для сортировки

Барабанный грохот для предварительной сортировки:	
диаметр барабана, мм	3 000
длина барабана, мм	12 000
частота вращения, об/мин	3—6
угол наклона барабана, град	3—5
производительность по смешанному лому, т/ч	15
мощность электродвигателя привода барабана, кВт	20
Машина для отбора цветного, легированного и чугуниного лома из стального:	
производительность, т/ч	10
частота вращения сортировочного стола (регулируемая), об/мин	0,5—2,0
диаметр стола, мм	6000

Агрегат (рис. 1.26) состоит из магнитного сепаратора 1, барабанного грохота предварительного сортирования 2, пластинчатого 3 и ленточных 4 и 7 конвейеров, карусельной машины 6 для отделения цветного, чугуниного и стального легированного лома, барабанного грохота 8 окончательной сортировки стального лома по группам крупности, системы лотков и приемков. Предусмотрена следующая организация работ по сортировке лома. Смешанный лом, подаваемый в цех железнодорожным или автомобильным транспортом, разгружают кранами на сортировоч-

ную площадку. В процессе разгрузки отделяют особо крупные куски металла длиной более 2 м и легковесный лом. Крупногабаритный лом направляют на огневую разделку или резку на ножницах, легковесный лом — на пакетирование, а оставшийся смешанный — на сортировочный агрегат. Агрегат работает по следующей технологической схеме. Смешанный лом подают в приемный лоток, который его направляет в барабанный грохот 2, разделяющий лом на негабаритный и габаритный с размерами кусков не более $800 \times 500 \times 500$ мм. Одновременно осуществляется отделение мусора. Негабаритный лом по наклонному лотку сбрасывается в приемок 5 и его периодически направляют на огневую

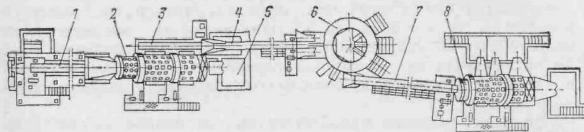


Рис. 1.26. Агрегат для сортировки лома по видам и крупности

или ножничную резку. Мусор непрерывно поступает на ленточный магнитный сепаратор 1, осуществляющий отделение магнитных частиц и кусочков металла. Габаритный лом по наклонному лотку под грохотом поступает на пластинчатый конвейер 3, а затем ленточным конвейером 4 подается на вращающийся дисковый стол карусельной машины 6. Оператор, управляя тремя пневматическими стационарными сталкивателями, сбрасывает со стола в три короба отдельные куски металлолома, состоящие из чугуна, цветных металлов и высоколегированных сталей. Рядовой стальной лом сбрасывается со стола плужковым сбрасывателем в лоток и ленточным конвейером 7 подается в барабанный грохот 8, осуществляющий окончательное разделение лома по трем группам крупности соответственно для вагранок, электроплавильных печей и конвертеров.

По принципу действия и основному конструктивному решению барабанные грохоты агрегата одинаковы. На рис. 1.27 показан барабанный грохот для окончательного разделения габаритного лома по трем группам крупности.

Основные узлы и детали грохота — барабан 3, сварная рама 10, звукоизолирующий кожух 1, опорно-поворотная часть, двоярный привод вращения барабана, загрузочный 4 и разгрузочные 9 и 11 лотки.

Барабан устанавливают под углом $3-7^\circ$ к горизонтالي, что обеспечивает перемещение лома по его оси. Внутри барабан разбит на три зоны, в которых происходит разделение лома по крупности соответственно для вагранок, электропечей и конвертеров. В каждой зоне закреплены трехзакходные винтовые пороги 2 и

сделаны квадратные отверстия для выхода габаритного лома. Шаг винтовых порогов и размеры отверстий одинаковы для каждой зоны, но увеличиваются от первой зоны к третьей. Пороги последней зоны выходят из барабана в осевом направлении на три четверти шага. С наружной стороны барабана под выходными отверстиями приварены патрубки 12, боковые стенки которых перпендикулярны оси барабана, задние стенки направлены радиально, а передние установлены под углом 10° к радиусу для первой и под углом 30° для второй и третьей зон разделения. Установка патрубков исключает случайный выход негабаритных по длине кусков лома 13.

Кондиционный лом, разделенный по трем группам крупности, поступает по наклонным лоткам 9 в короба или на уборочные конвейеры. Негабаритный лом проходит по длине барабана и сбрасывается по наклонному лотку 11 в короб, установленный в приемке.

Опорно-поворотная часть грохота снабжена восемью пневматическими роликами 8, попарно установленными на раме 10. Применение таких роликов обеспечивает надежный фрикционный привод барабана и амортизирует ударные нагрузки при работе грохота. Приводные опорные ролики получают вращение от электродвигателей 7 через цилиндрические редукторы 6 и цепные передачи 5.

Принцип разделения лома по крупности барабанным грохотом заключается в следующем. Куски лома неправильной конфигурации находятся во вращающемся барабане в неустойчивом состоянии. Это облегчает ориентирование отдельных кусков лома вдоль ручья, образованного двумя соседними винтовыми порогами. При хаотическом движении лома внутри барабана в ручьи попадают только те куски, поперечные размеры которых меньше ширины ручья. Ориентированные куски смещаются вдоль ручья и выпадают через отверстия в барабане под действием силы тяжести. Габаритные размеры куска металла, выходящего из барабана в соответствующей зоне разделения, определяются размерами выходного отверстия и углом наклона передней стенки патрубка.

Карусельная машина (рис. 1.28) для отбора цветного чугуна и легированного стального лома состоит из дискового стола 3, опорно-поворотной части 8, сварного основания, механизма вра-

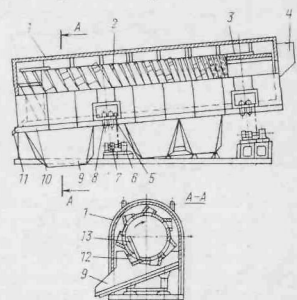


Рис. 1.27. Барабанный грохот для разделения лома по крупности

шения стола 1, пневматических стalkerов 5 для различных видов металлолома, плужкового сбрасывателя 10 для стального лома и пульта управления 4.

Стол опирается круговым рельсом на шесть опорных роликов с ребордами, установленных в отдельных тумбах, и приводится во вращение от электродвигателя через цилиндрический редуктор 2 и вращеную передачу 9, колесо которой прикреплено к столу снизу.

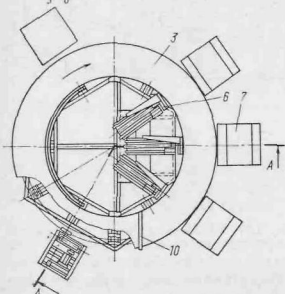
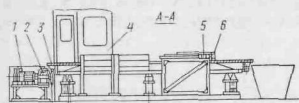


Рис. 1.28. Карусельная машина для отбора лома

В центре машины на раме установлены под углом друг к другу три пневматических стalkerов 5 для различных видов металлолома. Штампели 6 стalkerов расположены выше уровня стола, что обеспечивает сбрасывание лома в корба 7. Стальной лом сбрасывается с вращающегося стола на ленту уборочного конвейера плужковым сбрасывателем 10.

Пневмоэлектрическая схема управления стalkerами снабжена запоминающим устройством, что позволяет оператору, определив визуально положение сбрасываемой части металлолома на столе, подачей сигнала с пульта управления зафиксировать его в запоминающем устройстве. Стalker работает автоматически в тот момент времени, когда подлежащий сбросу определенный вид лома попадает при вращении стола в зону действия стalkerа.

В будущем карусельные отборочные машины намечено снабдить бесконтактными датчиками для определения вида лома, что позволит полностью автоматизировать их работу.

Глава II МИКСЕРЫ

1. СПОСОБЫ ХРАНЕНИЯ И ДОСТАВКИ ЧУГУНА В СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫЕ ЦЕХИ

Применяются два способа хранения и транспортировки жидкого чугуна в сталеплавильных цехах:

чугуновозами небольшой вместимости (до 140 т) от доменного в сталеплавильные цехи на небольшие расстояния к стационарным миксерам большой вместимости (до 2500 т);

передвижными миксерами большой (до 600 т) вместимости, транспортирующими жидкий металл на большие расстояния (даже между городами).

Применение стационарных миксеров было вызвано необходимостью усреднения состава и температуры жидкого чугуна, а также создания его запасов (буфера между доменным и сталеплавильными цехами).

С ростом единичной мощности агрегатов (объема доменных печей до 5000 м³, садки конвертеров до 350—400 т) вместимость обычных чугуновозных ковшей начала сдерживать их производительность.

Так, для разового выпуска чугуна из доменной печи объемом 3400 м³ требуется подавать до 4—6 ковшей одновременно, а для цеха с четырьмя доменными печами таких подач необходимо от 19 до 21 в сутки. Вместе с тем дальнейшее увеличение вместимости чугуновозных ковшей открытого типа невозможно из-за большой потери тепла, ограничений по габаритам и динамике движения при большой площади зеркала жидкого металла, образования настилей и др.

Выдача чугуна из стационарного миксера вместимостью 2500 т не должна превышать 7500 т в сутки, иначе он теряет роль усреднителя чугуна по температуре и химическому составу. Современному кислородно-конвертерному цеху с производительностью 27 000 т стали в сутки для обеспечения нормальной работы требуется 4 таких стационарных миксера, строительство которых экономически нецелесообразно. Эти обстоятельства и привели к созданию передвижных миксеров.

До недавнего времени передвижные миксеры применяли в США, Канаде и Бельгии. В настоящее время они получили распространение почти во всех странах мира. Так, в Бельгию жидкий чугун перевозят из Франции и ФРГ на расстояние 200—300 км. Чугун находится в миксере 40 ч, а при перевозках на 100 км внутри страны 12 ч. Чугун при этом остывает на 4—5 °С в час. Передвижные миксеры, транспортирующие чугун между городами, вмещают от 100 до 175 т. Они снабжены специальными экранами и другими устройствами, обеспечивающими безопасность движения, и не требуют специальной железнодорожной колес.

С увеличением объема металлургического производства грузоподъемность передвижных миксеров выросла до 600 т, но предназначены они только для внутривоздских перевозок.

В Советском Союзе первый большегрузный передвижной миксер создан для Западно-Сибирского металлургического комбината для подачи чугуна в мощный конвертерный цех с конвертерами вместимостью 300—350 т. Одновременно сооружен и специальный транспортный комплекс, включающий передвижные миксеры грузоподъемностью 150 и 420 т, сливные устройства и специальный железнодорожный путь.

Проект первого отечественного передвижного миксера разработан ВНИИ металлургического машиностроения (ВНИИметмаш), ВНИИвагоностроения, Стальпроектom. Изготовлен миксер Новокраматорским машиностроительным заводом.

Использование передвижных миксеров, помимо решения чисто транспортных проблем, дает значительный экономический эффект благодаря сокращению капиталовложений в основные сооружения, так как отпадает необходимость постройки миксерных отделений. Кроме того, внедрение такого способа перевозки жидкого чугуна позволяет значительно улучшить организацию производства, сократить потребность в подвижном составе, снизить потери тепла при перевозке чугуна в открытых ковшах, сократить количество переливов, улучшить условия труда рабочих литейного двора доменного цеха.

2. УСТРОЙСТВО МИКСЕРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ

Стационарный миксер предназначен для временного (7—9 ч) хранения запасов жидкого чугуна, благодаря чему создаются независимые от хода доменных печей условия для работы конвертеров и мартеновских печей. В миксере выравниваются химический состав и температура чугуна, а также частично удаляются вредные примеси. Для поддержания необходимой температуры чугуна миксеры обогревают с помощью горелок.

В мощных сталеплавильных цехах устанавливают два миксера в отдельных зданиях, расположенных с обоих торцов главного корпуса, или в одном здании, но с двумя кранами для заливки чугуна.

На рис. П.1.1 приведены план и разрез миксерного отделения с двумя миксерами вместимостью по 2500 т, входящего в состав кислородно-конвертерного цеха с 350-т конвертерами. В миксерном отделении установлено следующее оборудование — два миксера 5 и 10 с механизмами их поворота и открывания крышек заливочных отверстий и сливных носков, два миксерных (заливочных) крана 1 и 11, машины 15 для скачивания шлака из миксеров, расположенные напротив сливных носков, машина 8 для скачивания шлака из чугуновозных ковшей, установки 16 для улавливания графита, весы 2 для взвешивания жидкого чугуна, стелды 7 для шлаковых ковшей и тельфер 17 для проведения ремонтных работ. Система улавливания графита снабжена зондами, расположенными над заливочными отверстиями и сливными носками миксеров. Железнодорожные пути 3 и 4 служат для подачи чугуновозов 14, прибывающих из доменного цеха. Рельсовые пути 12 и 13 широкой колеи предназначены для передвижения самоходных чугуновозов 9, доставляющих чугун к конвертерам.

Чугун доставляют в миксерное отделение составами чугуновозов, вместимостью 140 т каждый. Поочередный слив чугуна из чугуновозных ковшей в миксер производят миксерным краном

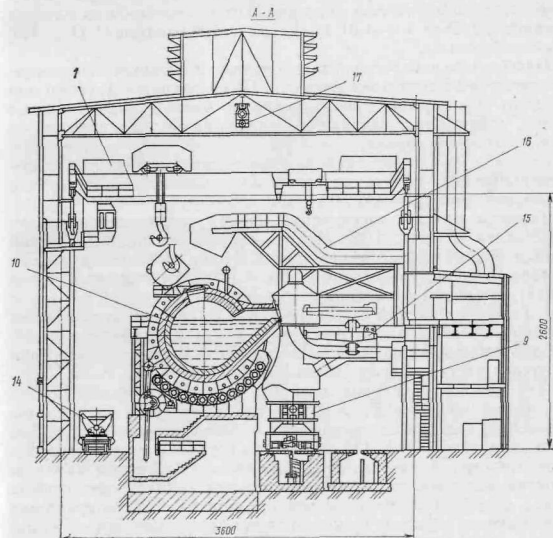
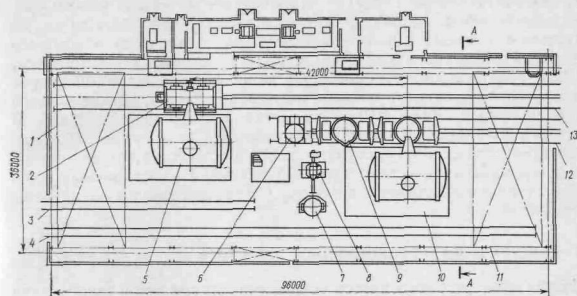


Рис. П.1.1. Миксерное отделение

закрепленные на железобетонном фундаменте. Механизм поворота миксера двухреечного типа.

Крышки заливочного отверстия и сливного носка миксера открываются специальными механизмами.

На опорных металлоконструкциях смонтированы буферные устройства, ограничивающие обратный ход корпуса, стопорное устройство для фиксации корпуса при ремонтах или смене футеровки и защитные кожухи для предохранения роликовых обойм от брызг жидкого металла.

Для ограничения поворота миксера применяют пружинные демпферы, основной недостаток которых — наличие значительной отдачи, и гидравлические, обеспечивающие постоянное замедление поворота миксера и остановку без отдачи.

Принцип действия гидродемпфера основан на том, что в момент приложения нагрузки к штоку масло перетекает из поршневого полости гидроцилиндра в штоковую. Возврат штока в исходное положение осуществляется пружиной.

Замена футеровки миксера — трудоемкая операция, занимающая продолжительное время. Один из факторов, увеличивающих срок службы футеровки, — обеспечение плавности возврата корпуса в исходное положение.

Техническая характеристика стационарных миксеров

Вместимость, т.	600	1 300	2 500
Наружный диаметр кожуха, мм.	6300	7 640	9 400
Длина по торсовым днищам, мм.	8270	10 700	14 072
Угол поворота миксера, град:			
при полном сливе чугуна	47	45	48
эксплуатационный	25	30	30
Глубина ванны, мм	3540	4 490	5 250
Мощность привода, кВт:			
наклона	33	50	90
открывания крышки заливочного окна	5	5	5
открывания заслонки сливного носка	2,2	2,2	2,2
Масса без футеровки, т	189	330	951

4. МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА МИКСЕРА И ЕГО РАСЧЕТ

К механизмам поворота миксера предъявляются следующие основные требования: высокая эксплуатационная надежность, простота конструкции, удобство и безопасность обслуживания и ремонта, возможность самостоятельного возврата повернутого миксера в исходное положение в случае аварии.

В качестве механизма поворота миксера наиболее широко используют реечный механизм с электроприводом; гидравлический привод в настоящее время не применяется.

Рычажно-реечный механизм поворота миксера вместимостью 2500 т показан на рис. 11.3, а. В механизме два узла — приводной и реечный, соединенные между собой промежуточным валом 3 с зубчатыми муфтами. Приводной узел состоит из двух реверсив-

ных электродвигателей 1 постоянного тока, двухступенчатого редуктора 2 и двух тормозов.

Реечный узел включает в себя цилиндрический одноступенчатый редуктор 4 специальной конструкции и две приводные шестерни 6, смонтированные в качающихся обоймах 5. Рейки 7 верхними концами шарнирно соединены с проушинами на кожухе миксера.

Поворотный механизм установлен на массивной раме, расположенной под миксером. При вращении приводных шестерен рейки перемещаются вверх или вниз и поворачивают миксер на роликовых опорах. Электродвигатели и редуктор расположены в стороне от миксера,

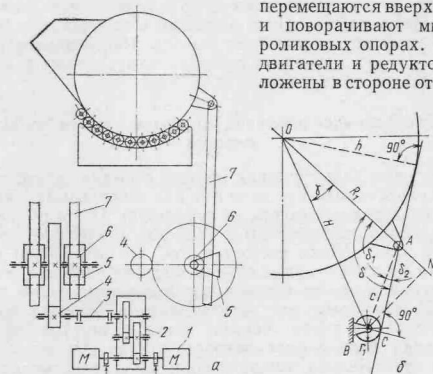


Рис. 11.3. Рычажно-реечный механизм поворота миксера вместимостью 2500 т: а — кинематическая схема; б — расчетная схема

в безопасном месте, удобном для обслуживания и ремонта. Установка двух электродвигателей, работающих на один редуктор, вызвана требованиями повышенной надежности работы механизма; в случае выхода из строя одного электродвигателя работу миксера обеспечивает второй (резервный) электродвигатель. Привод механизма поворота имеет командоаппараты, ограничивающие предельные углы наклона. Смазка механизма поворота и опорно-ходовой части миксера централизованная.

Опорно-поворотная часть и привод миксера вместимостью 1300 т такие же, как показано на рис. 11.3. Отличие привода состоит в применении одной зубчатой рейки.

Общее передаточное число механизма поворота миксера согласно схеме на рис. 11.3, б

$$u = u_1 h / r_1,$$

где u_1 — передаточное число зубчатых передач; h — плечо рейки, m ; r_1 — начальный радиус приводной шестерни.

Привод механизма поворота миксера создает крутящий момент, равный сумме следующих составляющих моментов: от веса жидкого металла и порошка миксера, от веса подвижных роликовых обойм, от сил трения в роликовых опорах и динамических моментов в периоды неустановившегося движения привода.

К расчету действующих нагрузок, мощностей привода и прочностных деталей механизма поворота предъявляются повышенные требования, что вызвано необходимостью обеспечить надежность и безопасность работы такого ответственного агрегата с большим объемом жидкого металла, как миксер. Неправильное решение задач по расчету механизма поворота может привести к аварии с тяжелыми последствиями.

Опрокидывающие моменты, создаваемые весом жидкого металла

Универсальных аналитических методов решения задачи по определению опрокидывающих моментов для заполненных жидкостью сосудов произвольной формы не существует. Поэтому при расчетах пользуются приближенными графоаналитическими методами. Сущность этих методов состоит в том, что весь объем металла разделяют на элементарные объемы, находят значения и координаты центров тяжести объемов для различных углов наклона сосуда. Затем, пользуясь уравнениями, известными из курса теоретической механики, находят центр тяжести всего объема металла при данном угле поворота сосуда. Опрокидывающие моменты относительно оси вращения, обусловленные весом металла, определяют как произведение веса металла на расстояние от центра тяжести объема до оси вращения.

Из всех графоаналитических методов наибольшее практическое применение получили универсальные методы проф. Д. А. Завдичкова и проф. П. Н. Аксенова. Эти методы позволяют рассчитать опрокидывающие моменты для сосудов любой формы, заполненных жидкостью. Однако для сосудов, в которых объем жидкости при повороте приобретает несложную и симметричную конфигурацию, расчеты можно выполнить более точно и быстро без применения графоаналитических методов.

Определим опрокидывающие моменты от веса жидкого металла аналитическим методом. Разобьем объем металла в миксере на три основные части: объем в цилиндрическом корпусе, сферическом днище и сливном носке. Задачу можно упростить, заменив сферическое днище равновеликим по объему цилиндром длиной L_2 с диаметром, равным внутреннему диаметру бочки миксера. Полная приведенная длина внутренней цилиндрической части $L = L_1 + L_2$, где L_1 — длина внутренней цилиндрической части бочки миксера; L_2 — приведенная длина двух сферических днищ.

В дальнейшем будем оперировать двумя геометрическими элементами — приведенным объемом цилиндрической части и объемом металла в носке. Формулы для нахождения опрокидывающего момента от веса жидкого металла в цилиндрической части получим, рассмотрев сечение миксера по сливному носку (рис. 11.4, а). Параметры миксеров выбирают такими, чтобы расстояние от центра миксера до порога сливного носка было равным или близ-

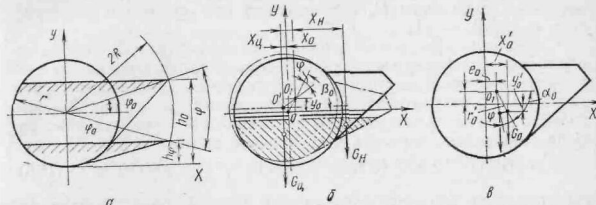


Рис. 11.4. Расчетные схемы к определению моментов от жидкого металла в миксере

ким двум радиусам внутренней цилиндрической части. Глубина ванны металла h_ϕ в зависимости от угла поворота миксера ϕ

$$h_\phi = 2r \sin(\varphi_0 - \varphi) + r, \quad (11.1)$$

где r — радиус внутренней цилиндрической части миксера; φ_0 — угол наклона радиуса-вектора $2r$ к горизонтали для начального положения миксера.

Уравнение окружности с началом координат O , совпадающим с центром, имеет вид $x = \sqrt{2ry - y^2}$.

Площадь, ограниченная дугой окружности и прямой $y = h_\phi$, в общем виде

$$F = 2 \int_0^{h_\phi} \sqrt{2ry - y^2} dy.$$

После интегрирования и преобразований получим

$$F = 2 \left[(yr/2) \sqrt{2ry - y^2} + (r^2/2) \arcsin(yr/r) \right] \Big|_0^{h_\phi} = \\ = 2r^2 \left[\sin(\varphi_0 - \varphi) \sqrt{1 - 4 \sin^2(\varphi_0 - \varphi)} + \right. \\ \left. + [\arcsin 2 \sin(\varphi_0 - \varphi)]/2 + \pi/4 \right]. \quad (11.2)$$

Формула, определяющая изменение веса металла в цилиндрической части от угла поворота миксера, примет вид

$$G_{ц} = 2r^2 \left[\sin(\varphi_0 - \varphi) \sqrt{1 - 4 \sin^2(\varphi_0 - \varphi)} + \right. \\ \left. + [\arcsin 2 \sin(\varphi_0 - \varphi)]/2 + \pi/4 \right] L \rho, \quad (11.3)$$

где ρ — плотность чугуна.

При известных координатах x_0 и y_0 смещенного центра вращения миксера O_1 (рис. 11.4, б) угол наклона β_0 между радиусом-вектором r_0 и горизонталью находим из выражения $\operatorname{tg} \beta_0 = y_0/x_0$.

Опрокидывающий момент от веса металла в цилиндрической чаше миксера, кН·м

$$M_{\text{ц}} = G_{\text{ц}}x_{\text{ц}} = G_{\text{ц}}r_0 \cos(\beta_0 - \varphi), \quad (11.4)$$

где $x_{\text{ц}}$ — плечо силы $G_{\text{ц}}$ относительно оси вращения миксера, $x_{\text{ц}} = r_0 \cos(\beta_0 - \varphi)$.

Сложная конфигурация сливного носка требует для получения аналитических формул упрощения формы металла. Однако так как вес металла в носке не превышает 2,5 % от веса металла в миксере, то на основе результатов экспериментальных исследований зависимость веса металла в носке $G_{\text{н}}$ в функции угла наклона миксера φ на слив можно записать в следующем виде:

$$G_{\text{н}} = G_{\text{н}0}(1 - 2,552 \cdot 10^{-2}\varphi + 3,053 \cdot 10^{-4}\varphi^2 - 5,267 \cdot 10^{-6}\varphi^3), \quad (11.5)$$

где $G_{\text{н}0}$ — вес металла в носке при номинальном заполнении миксера.

В этом же случае расстояние $x_{\text{н}}$ от центра тяжести металла в носке до оси вращения миксера определяют по следующим формулам:

для миксера НКМЗ

$$x_{\text{н}} = r(1,45 + 0,00867\varphi - 0,0003\varphi^2) - r_0 \cos(\beta_0 - \varphi); \quad (11.6)$$

для миксера УЗТМ

$$x_{\text{н}} = r(1,3 + 0,00682\varphi - 0,00033\varphi^2) - r_0 \cos(\beta_0 - \varphi). \quad (11.7)$$

Вес металла в носке после наклона миксера на слив и возврата в исходное положение определяется следующими выражениями: для миксера НКМЗ

$$G_{\text{н}} = G_{\text{н}0}0,2536h_{\text{п}}^{3,66}; \quad (11.8)$$

для миксера УЗТМ

$$G_{\text{н}} = G_{\text{н}0}0,2489h_{\text{п}}^{3,555}. \quad (11.9)$$

Плечо действия силы от веса металла в носке относительно оси вращения миксера для рассматриваемого случая находят по формуле

$$x'_{\text{н}} = r(0,436 + 1,655h_{\text{п}} - 0,664h_{\text{п}}^2) - r_0 \cos \beta_0. \quad (11.10)$$

Значение $h_{\text{п}}$ определяют по формуле (11.1)

Опрокидывающий момент от веса металла в сливном носке

$$M_{\text{н}} = G_{\text{н}}x'_{\text{н}}. \quad (11.11)$$

Полный опрокидывающий момент от веса жидкого металла

$$M_{\text{ж}} = M_{\text{ц}} - M_{\text{н}}.$$

Опрокидывающие моменты, создаваемые весом порожнего миксера

Общий вес порожнего миксера складывается из веса металлического корпуса и веса огнеупорной футеровки. Для нахождения опрокидывающих моментов от веса порожнего миксера необходимо знать вес отдельных частей миксера и координаты их центров тяжести. Тогда координаты общего центра тяжести миксера определяют известными из теоретической механики аналитическими или графическими методами при помощи веревочного многоугольника.

Опрокидывающий момент, создаваемый весом порожнего миксера, определяют относительно оси вращения O_1 (рис. 11.4, в)

$$M_0 = G_0 r'_0 \cos(\alpha_0 + \varphi), \quad (11.12)$$

где G_0 — вес порожнего миксера; r'_0 — радиус-вектор центра тяжести миксера; α_0 — угол между радиусом-вектором и горизонтальной осью миксера; φ — угол поворота миксера.

Радиус-вектор находят через координаты центра тяжести порожнего миксера в начальном положении

$$r'_0 = \sqrt{(x'_0 - e_0)^2 + (y'_0 + c_0)^2}, \quad (11.13)$$

где x'_0, y'_0 — координаты центра тяжести порожнего миксера; e_0, c_0 — координаты действительной оси вращения миксера в ненаклонном положении.

Момент, создаваемый весом подвижных роликовых обойм

При повороте миксера на угол φ роликовые обоймы переместятся на угол $\varphi/2$. Смещение центра тяжести роликовых обойм относительно оси вращения миксера создаст момент, который в функции угла поворота миксера можно представить в следующем виде:

$$M_{\text{р}} = G_{\text{р}}R_{\text{р}} \cos(\beta + \varphi/2), \quad (11.14)$$

где $G_{\text{р}}$ — вес обойм с роликами; β — угол между радиусом-вектором центра тяжести роликовой обоймы и горизонтальной осью; $R_{\text{р}}$ — расстояние от центра тяжести роликовой обоймы до оси вращения миксера ($R_{\text{р}}$ можно найти аналитически или графически, определив положение центра тяжести обоймы).

Рассматривая роликовую обойму как часть кругового сегмента с центральным углом 2ψ , находим расстояние от оси вращения миксера до центра тяжести кольца

$$R_{\text{р}} = (2/3) [(R_1^3 - R_2^3)/(R_1^2 - R_2^2)] (\sin \psi)/\psi, \quad (11.15)$$

где R_1, R_2 — наружный и внутренний радиусы роликовой обоймы. Момент сил сопротивления от трения скольжения в цапфах роликов обойм

$$M_{\text{тр1}} = G_{\text{р}} \cdot \int R_2 d\eta / D_{\text{р}}, \quad (11.16)$$

где $G_{p,0}$ — общий вес роликовых обойм; d_n — диаметр цапфы ролика; D_p — диаметр ролика; f — коэффициент трения в цапфах роликов.

Расчет усилий на ролики и момента сил сопротивления от трения в роликовых обоймах

Общая нагрузка Q , действующая на роликовые опоры миксера, складывается из веса порожнего миксера, веса металла и шлака в нем. Нагрузки по отдельным роликам распределяются неравномерно. Наибольшую нагрузку несет тот ролик, который находится

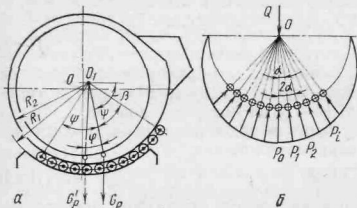


Рис. 11.5. Схемы к определению нагрузок в опорно-поворотной части миксера: а — нахождение момента от веса роликовых обойм; б — график распределения усилий на ролики

в самом нижнем положении, т. е. на линии действия силы Q . По мере удаления роликов от вертикальной оси нагрузки на ролики убывают (рис. 11.5, б).

Считая законы распределения усилий, действующих на ролики, и деформаций последних косинусоидальными, находим следующее выражение для усилий, действующих на ролики:

$$P_i = P_0 \cos i\alpha, \quad (11.17)$$

где P_0 — сила, действующая на самый нижний ролик; α — угол между смежными роликами; i — номер ролика, считая от вертикальной оси.

Исходя из условий равновесия сил, действующих на обойму, напомним равенство

$$Q = P_0 + 2P_1 \cos \alpha + 2P_2 \cos 2\alpha + \dots + 2P_n \cos n\alpha,$$

$$\text{или } Q = P_0 (1 + 2\cos^2 \alpha + 2\cos^2 2\alpha + \dots + 2\cos^2 n\alpha). \quad (11.18)$$

$$\text{Отсюда усилие, действующее на наиболее нагруженный ролик: } P_0 = Q / (1 + 2\cos^2 \alpha + 2\cos^2 2\alpha + \dots + 2\cos^2 n\alpha). \quad (11.19)$$

Момент, необходимый для преодоления силы сопротивления при качении роликов в обойме, можно представить следующим выражением:

$$M_{\text{тр}} = k (1 + D_0/D_p) \left(P_0 + 2 \sum_{i=1}^n P_i \right), \quad (11.20)$$

где D_0 — диаметр беговой дорожки бандажа миксера, м; D_p — диаметр ролика, м; k — коэффициент трения качения роликов, м; $P_0 + 2 \sum_{i=1}^n P_i$ — арифметическая сумма реакций на ролики от полной нагрузки, здесь

$$2 \sum_{i=1}^n P_i = 2P_0 \cos \alpha + 2P_0 \cos 2\alpha + \dots + 2P_0 \cos n\alpha.$$

Тогда $M_{\text{тр}} = P_0 (1 + D_0/D_p) k (1 + 2 \cos \alpha + 2 \cos 2\alpha + \dots + 2 \cos n\alpha).$ (11.21)

Поставив в это уравнение значение P_0 , выраженное через Q по формуле (11.19), получим

$$M_{\text{тр}} = Qu (1 + D_0/D_p) \xi, \quad (11.22)$$

где

$$\xi = \frac{1 + 2 \cos \alpha + 2 \cos 2\alpha + \dots + 2 \cos n\alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha + 2 \cos^2 2\alpha + \dots + 2 \cos^2 n\alpha} = \frac{1 + 2 \sum_{i=1}^n \cos i\alpha}{1 + 2 \sum_{i=1}^n \cos^2 i\alpha}. \quad (11.23)$$

После выполнения операций суммирования, принимая $\cos(\alpha/2) \approx 1$, получим

$$\xi = 4 \sin [(n + 1/2) \alpha] / (2(n + 1) \sin \alpha + \sin (2n + 1) \alpha). \quad (11.24)$$

Так как $(2n + 1) = z$ (общему числу роликов в обойме), то ξ можно выразить следующей более простой формулой:

$$\xi = 4 \sin (z\alpha/2) / (z \sin \alpha + \sin z\alpha). \quad (11.25)$$

Момент сил сопротивления при качении роликов в обойме с учетом трения в ребордах

$$M_{\text{тр}2} = Q\xi k (1 + D_0/D_p) k_p, \quad (11.26)$$

где k_p — коэффициент, учитывающий трение в ребордах роликов. Суммарный момент трения в роликовых опорах миксера

$$M_{\text{тр}} = M_{\text{тр}1} + M_{\text{тр}2}. \quad (11.27)$$

Построение графика слива металла из миксера и нагрузочной диаграммы электропривода

Для определения опрокидывающих моментов необходимо знать вес металла, оставшегося в миксере после каждого поворота, и

как он распределяется между бочкой и носком. В связи с тем, что вес металла в носке и длина плеча приложения его центра тяжести в исходном и повернутом положениях миксера неодинаковы, расчет веса металла проводим для момента конца поворота миксера на слив и при возврате его в исходное положение. На рис. II.6 приведен график уменьшения веса металла при сливе его из миксера в функции угла поворота $G_m = f(\varphi)$.

Зная вес металла в отдельных частях миксера для принятых углов наклона, а также длины плеч приложения сил, находим опрокидывающие моменты для различных режимов работы миксера

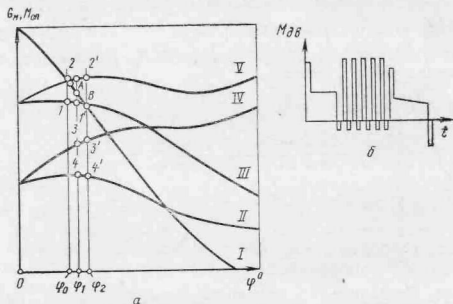


Рис. II.6. Графики нагрузок для расчета привода механизма поворота миксера:
а — комплексный график слива металла и опрокидывающих моментов;
б — нагрузочная диаграмма электродвигателя

при сливе металла и возврате миксера в исходное положение. При расчете следует обращать внимание на знаки составляющих моментов. Знаки моментов берут в зависимости от направления вращения миксера.

Полный опрокидывающий момент определяют для следующих периодов работы миксера:
начало наклона на слив

$$M_{оп} = M_{ц} - M_{н} + M_0 - M_p + M_{тр}; \quad (II.28)$$

конец наклона на слив

$$M_{оп} = M_{ц} - M_{н} + M_0 - M_p + M_{тр}; \quad (II.28')$$

начало возврата в исходное положение

$$M_{оп} = -(M_{ц} - M_{н} + M_0) + M_p + M_{тр}; \quad (II.29)$$

конец возврата в исходное положение

$$M_{оп} = -(M_{ц} - M_{н} + M_0) + M_p + M_{тр}. \quad (II.29')$$

Для нахождения момента на приводной реечной шестерне необходимо знать плечо h усилия в рейке, которое может быть найдено графическим или аналитическим способом. Воспользуемся вторым способом.

Длину рейки l от шарнира A до точки C касания с приводной шестерней определим из $\triangle OAB$ и $\triangle ABC$ (см. рис. II.3,б):

$$R_1^2 + H^2 - 2R_1H \cos \gamma = c^2; \quad r_1^2 + l^2 = c^2.$$

Приравняв левые части уравнений, получим

$$l = \sqrt{R_1^2 + H^2 - r_1^2 - 2R_1H \cos(\gamma + \varphi_1)}, \quad (II.30)$$

где γ — угол наклона коромысла к линии центров OB ; R — длина коромысла; H — расстояние между осями коромысла и реечной шестерни.

Угол между направлением рейки и коромыслом $\delta = \delta_1 + \delta_2$ находим из прямоугольных треугольников ABN и ABC , определяющие углы:

$$\delta_1 = \arctg \frac{H \sin(\gamma + \varphi_1)}{R_1 - H \cos(\gamma + \varphi_1)}, \quad (II.31)$$

где φ_1 — угол поворота миксера для наполнения ковша;

$$\delta_2 = \arctg r/l. \quad (II.32)$$

Плечо действия силы вдоль рейки

$$h = R_1 \sin [180 - (\delta_1 + \delta_2)]. \quad (II.33)$$

Усилие на рейку

$$P = M_{оп}/h. \quad (II.34)$$

Момент на валу приводной реечной шестерни

$$M_{ш} = Pr_1,$$

где r_1 — начальный радиус шестерни.

Этот момент можно найти сразу, не определяя силу P

$$M_{ш} = M_{оп}r_1/h.$$

Статический момент, приведенный к валу электродвигателя

$$M_{пр} = M_{оп}/(u_0 \eta_m); \quad (II.35)$$

$$u_0 = u_1 h / r_1, \quad (II.36)$$

где u_1 — передаточное число зубчатых передач привода; η_m — полный к. п. д. передаточного механизма.

Значения опрокидывающих моментов $M_{оп}$ берут из комплексного графика (рис. II.6, а).

Для построения комплексного графика строят графики моментов для начала III и конца V поворота миксера на слив металла и для начала IV и конца II поворота назад; сюда же наносится кривая слива металла I из миксера. На графиках показан пример

определения опрокидывающих моментов миксера при сливе металла в два ковша.

Точки 1, 2, 3, 4 соответствуют величинам моментов в начале и конце поворота на слив и в начале и конце возврата при сливе в первый ковш и 1', 2', 3', 4' соответственно при сливе чугуна во второй ковш. Точки А и В на кривой слива соответствуют количеству оставшегося в миксере металла после слива в первый и второй ковши. Углы φ_0 , φ_1 , φ_2 соответствуют повороту миксера для начала слива, после слива в первый и второй ковши. По графикам можно определить количество металла в миксере при данном угле наклона и количестве слитого в ковш металла, а также значения опрокидывающих моментов при сливе металла в ковши.

Продолжительность работы электропривода по периодам определяется по следующей методике.

Средние установившиеся частота и скорость вращения миксера

$$n_m = n_{дв}/(u_1 u_p); \quad \omega_m = \pi n_m / 30,$$

где $u_p = h/r_1$ — среднее значение передаточного числа между миксером и зубчатой рейкой.

Угловые ускорения миксера:

$$\text{при пуске } \varepsilon_n = \omega_m / t_n;$$

$$\text{при торможении } \varepsilon_\tau = \omega_m / t_\tau.$$

Углы поворота миксера:

$$\text{при пуске } \varphi_n = \varepsilon_n t_n^2 / 2;$$

$$\text{при торможении } \varphi_\tau = \varepsilon_\tau t_\tau^2 / 2;$$

при установившемся движении $\varphi_y = \varphi_1 - (\varphi_n + \varphi_\tau)$, где φ_1 — угол поворота миксера, соответствующий наполнению чугуном первого ковша.

Время поворота миксера:

$$\text{при установившемся движении } t_y = \varphi_y / \omega_m;$$

$$\text{до начала слива металла } t_1 = t_n + t_y + t_\tau.$$

Учитывая, что в период слива металла привод миксера работает в повторно-кратковременном режиме (разгон — торможение — пауза), определим время работы двигателя при повороте миксера от φ_1 до φ_2 :

$$t_{1,2} = 2(\varphi_2 - \varphi_1) / \omega_m,$$

где φ_2 — угол поворота миксера, соответствующий наполнению второго ковша.

Полное время работы привода за период наполнения ковша

$$t_k = t_1 + t_{1,2}.$$

Время слива металла в ковш $t_{сл}$.

Продолжительность пауз во время слива металла в ковш

$$t_{01} = t_{сл} - t_{1,2}.$$

Время возврата миксера в нормальное положение при номинальной скорости вращения

$$t_{в1} = [\varphi_2 - (\varphi_n + \varphi_\tau)] / \omega_m.$$

Время возврата миксера в исходное положение

$$t_{в} = t_n + t_{в1} + t_1.$$

Учитывая, что в процессе слива металла осуществляют z_b включений двигателя, определяем продолжительность каждого включения:

$$t_{вк} = t_{1,2} / z_b = t_{2,3} / z_b.$$

Время пауз между каждым включением t_0 .

Динамические моменты при пуске и торможении

$$M_{дин} = J_{пр} \omega / t_{пр}, \quad (II.37)$$

где ω — угловая скорость вращения двигателя, c^{-1} .

Приведенный к двигателю момент инерции масс, $кг \cdot м^2$

$$J_{пр} = 2(J_y + J_m + J_{мех} + J_{мик}) / u_1^2 u_p^2, \quad (II.38)$$

где 2 — число электродвигателей в приводе; J_y , J_m , $J_{мик}$ — моменты инерции якоря электродвигателя, муфты, миксера соответственно; $J_{мех}$ — момент инерции передаточного механизма, $J_{мех} = 0,2(J_y + J_m)$.

При графическом суммировании кривых $M_c = f_1(t)$ и $M_{дин} = f_2(t)$ получим нагрузочную диаграмму двигателя $M_{дв} = f(t)$ (рис. II.6, б).

Эквивалентный момент электродвигателя в рабочий период, $кН \cdot м$

$$M_э = \sqrt{\sum M_i^2 t_i / (t_y + 0,75 t_n)}, \quad (II.39)$$

где t_y — время установившегося движения привода за цикл; t_n — время неустановившегося движения; 0,75 — коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения при неустановившемся движении привода.

Мощность двигателя, кВт

$$P_э = M_э \omega. \quad (II.40)$$

Фактическая продолжительность включения, %

$$ПВ_{ф} = (\sum t_p / T) 100,$$

где $\sum t_p$ и T — общее время работы двигателя и время цикла при сливе металла в два ковша.

Мощность электродвигателя с учетом стандартной продолжительности включения по каталогу ПВ_к

$$P_k = P_э \sqrt{ПВ_{ф} / ПВ_k}. \quad (II.41)$$

По условиям безопасности эксплуатации миксера устанавливают два двигателя, каждый на полную расчетную мощность.

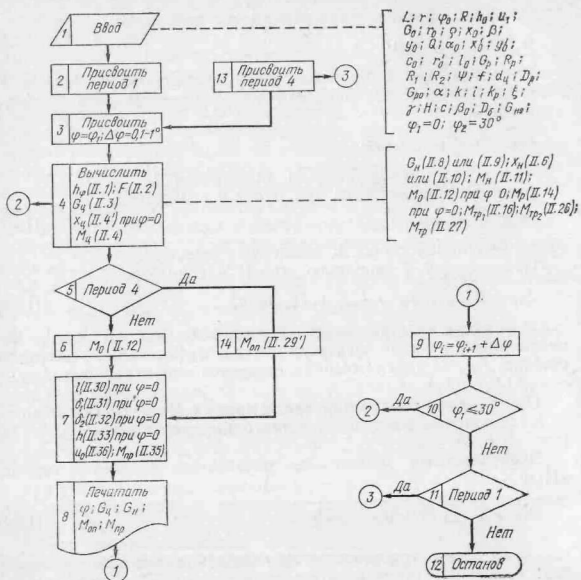
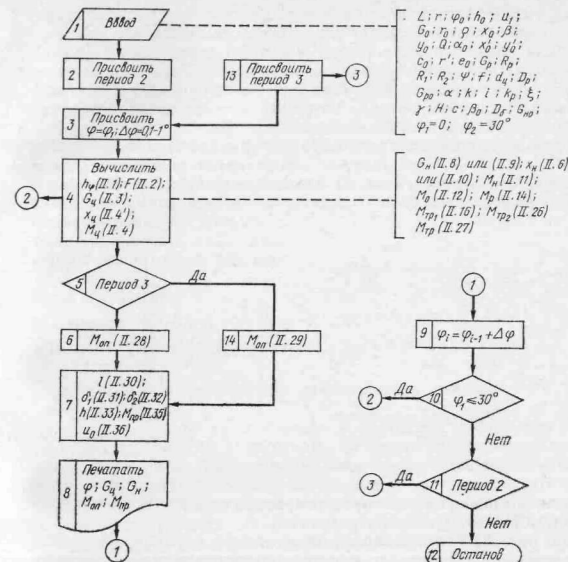


Рис. 11.7. Алгоритм расчета опроки



двух моментов миксера

Практически расчеты опрокидывающих моментов целесообразно производить на ЭВМ для рассмотренных четырех периодов работы (II.28) — (II.29').

Рекомендуемый порядок расчета:

1. Определить все исходные данные.
2. Рассчитать с шагом $\Delta\varphi = 0,1 - 1^\circ$ суммарные опрокидывающие моменты в пределах максимальных углов наклона: рабочего $\varphi_1 = 30^\circ$, при полном сливе металла $\varphi_2 = 50^\circ$. В блоках алгоритма рядом с определяемой величиной указан номер расчетной формулы.

Алгоритмы расчета для 1, 4 периодов и 2, 3 периодов работы миксера представлены соответственно на рис. 11.7. При расчете опрокидывающих моментов 1 и 4 периодов следует иметь в виду, что ввод цикла $\varphi_i = \varphi_{i-1} + \Delta\varphi$ необходим для определения количества металла, остающегося в миксере после каждого слива, а

моменты находят для нормального положения миксера, когда угол поворота $\varphi = 0$.

С целью упрощения алгоритмы разделены на схемы решения каждой задачи в отдельности. При необходимости получения общих моментов схемы алгоритмов следует соединить.

3. Построить графики изменения опрокидывающих моментов и веса металла в функции угла наклона миксера.

5. МАШИНЫ ДЛЯ СКАЧИВАНИЯ ШЛАКА

Повышение качества металла неразрывно связано с необходимостью удаления шлака из ковшей и миксера. Длительное пребывание чугуна в контакте со шлаком и попадание последнего в сталеплавильный агрегат приводят к тому, что сера из шлака переходит в металл. При скачивании шлака улучшаются условия десуль-

фации чугуна, повышаются стойкость футеровки и продолжительность кампании миксера и чугуновозных ковшей.

Шлак скачивают из миксера и ковшей перед сливом чугуна в миксер. Для скачивания шлака из миксера применяют машины винтового, кривошипно-ползунового и реечного типов с поступательным движением гребка, который сгребаёт шлак с поверхности чугуна через сливную носок миксера.

Несмотря на попытки улучшить конструкции этих машин, работают они пока неэффективно, не обеспечивают полного удаления шлака, что объясняется малой площадью шлака в зоне гребка и низкой надежностью самой машины. Более эффективно удаление шлака из чугуновозных ковшей. Для этого применяют машины конструкции Укрги-

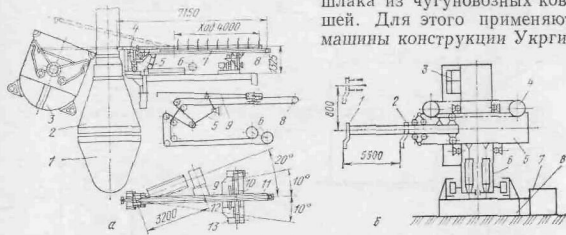


Рис. 11.8. Машины для скачивания шлака из ковшей

промеза и Проектно-конструкторского и технологического института (ПКТИМО, Днепропетровск).

На рис. 11.8, а приведена машина конструкции Гипромеза канатного типа. Ковш 3 с чугуном подают миксерным краном к месту обработки и наклоняют вспомогательным подъемом так, чтобы поверхность шлака находилась на уровне сливного носка.

Шлак скачивают гребком, укрепленным на штанге 9, в шлако-вый ковш 1, над которым находится вытяжной зонд 2. Рама 11 канатной лебедки 12 поворачивается относительно опоры 4 по платформе 10 от среднего своего положения на угол 10° в обе стороны для скачивания шлака со всей поверхности. Канатная лебедка 6 с раздельным вращением барабанов перемещает каретку 7 с закрепленным на ней гребком. При движении штанги вперед канат, огибающий блок 8 и блок двуплечего рычага 5, натяжением поворачивает рычаг, поднимая штангу с гребком. При рабочем движении гребка (назад) канат, огибающий блок двуплечего рычага, ослабляется и штанга под действием собственного веса опускается; при этом шлак скачивается. Для предохранения штанги от поломок поворот рамы ограничен путевыми выключателями 13.

Более совершенной является машина конструкции ПКТИ с гидравлическими приводами (рис. 11.8, б). Она состоит из станины 8,

поворотной колонны 6, каретки 5, стрелы 2 с гребком 1. Для поворота колонны и вертикального перемещения каретки применены гидравлические цилиндры, а для передвижения стрелы — цепной привод с гидравлическими двигателями 4. На машине установлена маслостанция 7; пульт управления 3 смонтирован на поворотной колонне.

Находят применение также машины фирмы «Гервин Гольтман» (ФРГ) с цельнотянутой стрелой квадратного сечения, передвигаемой электроприводом с предохранительной муфтой. Вместо вертикального перемещения каретки здесь принято ее качание с помощью гидроцилиндра. Поворот колонны осуществляется также гидроцилиндром.

Глава III

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНЫХ ЦЕХОВ

1. КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО СТАЛИ

Впервые в мировой практике продувка чугуна кислородом была осуществлена инж. Н. И. Мозговым на машиностроительном заводе «Большевик» в г. Киеве в 1933 году. В период 1937—39 гг. в АН УССР была проведена серия опытов по продувке кислородом чугуна в ковшах с целью снижения содержания кремния, марганца и углерода. В 1944 г. продували чугун кислородом в конвертерах на Мытищинском машиностроительном заводе «Динамо», а за период 1944—52 годы экспериментировали продувку кислородом конвертеров вместимостью до 12,5 т различными способами: боковым, донным и подачей сверху. В 1945 г. был пущен первый кислородный конвертер на Тульском машиностроительном заводе, а в 1955—1957 гг. введены в строй конвертерные печи на Днепропетровском и Криворожском металлургических заводах.

Большой вклад в развитие кислородного способа производства стали внес коллектив ЦНИИЧМ под руководством акад. И. П. Бардина. В зарубежной практике начали применять кислород в конвертерном производстве в Австрии (фирма «Фёст») с 1949 г.

В последние годы кислородно-конвертерный способ получения стали стал ведущим, вытеснив ранее господствовавший мартеновский способ, и обеспечивает вылавку большей части мирового производства стали.

Первоначально предполагалось выплавливать в кислородных конвертерах рядовые углеродистые стали, в основном низкоуглеродистые для производства тонкого листа. Теперь этим способом выплавливают высокоуглеродистые и легируемые стали, не усту-

пающие мартеновской соответствующих марок. Он развивается такими прогрессирующими темпами, которых не знала сталелитейная промышленность.

Увеличение производства стали будет происходить и дальше благодаря строительству новых мощных кислородно-конвертерных и электросталеплавильных цехов при полном прекращении строительства мартеновских печей.

Такое изменение структуры сталеплавильного производства диктуется значительными технико-экономическими преимуществами кислородно-конвертерного способа выплавки стали по сравнению с мартеновским: более высокая производительность на единицу выплавляемой стали, меньшие капитальные затраты, более благоприятные условия для механизации и автоматизации производственных процессов и совмещения процесса выплавки стали с ее непрерывной разливкой.

Развитие конвертерного способа производства стали идет по пути увеличения единичной вместимости конвертеров с одновременным повышением интенсификации работы и расширением сортамента выплавляемой стали.

Производительность большегрузного кислородного конвертера в несколько раз превышает производительность самых мощных мартеновских печей; например, производительность одного конвертера вместимостью 400 т превышает производительность 600-т мартеновской печи в 8—10 раз. Современный конвертерный цех с тремя-четырьмя конвертерами вместимостью по 400 т каждый, два-три из которых работают непрерывно, при автоматизации и механизации производства может выдавать плавки с циклом 35—40 мин, что соответствует производительности 12—20 млн. т в год.

При создании мощных кислородно-конвертерных цехов важно выбрать оптимальную вместимость агрегата, что решается технико-экономическими расчетами. С увеличением вместимости конвертеров показатели работы цеха улучшаются, что видно из следующих данных.

Вместимость конвертера, т	200	300	400
Капиталовложения, % *	90	80	75
Производительность труда, % *	125	165	190
Себестоимость стали, % *	99,3	98,4	97,8
Расходы по переделу, % *	96,1	90,7	86,7

* За 100 % приняты показатели до 150-т конвертера.

Как видим, лучшими технико-экономическими показателями обладают конвертеры вместимостью 400 т. Дальнейшее повышение вместимости конвертеров будет зависеть в значительной степени от создания высокопроизводительных машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

В металлургии применяют несколько способов подачи кислорода в конвертер и ведения технологического процесса.

Способ продувки ванны кислородом сверху получил название кислородно-конвертерного; в настоящее время он применяется наиболее широко и обладает большой технологической гибкостью. Шихту (лом и жидкий чугун), загруженную в конвертер, подвергают продувке технически чистым кислородом через фурму, которая вводится сверху по оси конвертера. Изменением положения фурмы и давления кислорода можно в широких пределах управлять процессами расплавления шихты, усвоения кислорода расплавом, окисления фосфора и углерода, шлакообразования. Эффективность кислородно-конвертерного процесса зависит от решения следующего комплекса вопросов: улучшение подготовки лома и ускорение его завадки; сокращение длительности цикла плавки; интенсификация продувки с применением многоструйных фурм; освоение передела низкомарганцовистого чугуна; широкое применение систем автоматического управления плавкой и пехом в целом; усовершенствование газоочистки. К недостаткам способа относится невозможность увеличения доли металлолома в шихте, большой угар (до 13—19 %) и дымообразование при продувке.

Технологический процесс производства стали в кислородных конвертерах требует большого количества мягкообожженной извести. Ее расход составляет порядка 80 кг на 1 т стали. Обжиг известняка с целью получения конвертерного известия производят в обжиговых печах трех типов — шахтных, вращающихся барабанных и кипящего слоя. Для мощных кислородно-конвертерных цехов известь производят в специализированных известково-обжигательных отделениях, оснащенных вращающимися и шахтными обжиговыми печами.

Кратко рассмотрим другие кислородно-конвертерные процессы, имеющие ограниченное применение.

В процессе «Роторерт» кислород подается фурмой, направленной на верхнюю часть параболоида поверхности ванны, а массоперенос в ванне обеспечивается вращением конвертера вокруг вертикальной оси с частотой до 85 об/мин. Процесс пока не получил промышленного применения.

Роторный процесс предусматривает подачу кислорода двумя фурмами через отверстие в торце медленно вращающегося вокруг горизонтальной оси сталеплавильного агрегата (частота вращения до 4 об/мин). Применения этот способ не получил из-за низкой производительности.

Процесс Кал — До осуществляется в конвертере, вращающемся вокруг наклоненной под углом 17—20° к горизонту оси с частотой до 40 об/мин. Водоохлаждаемая фурма для подачи кислорода наклонена к зеркалу расплава под углом 3—5°. Широкое применение процесс не получил по причине малой производительности, повышенного расхода кислорода и больших капитальных затрат.

Кислородно-конвертерный процесс с донным дутьем заключается в продувке расплава через фурмы, установленные в днище

конвертера, струями кислорода, окруженными кольцевыми струями защитного газа. Преимущество этого процесса заключается в повышении допускаемого содержания лома в шихте, увеличении выхода годного и, что самое главное, возможности установки этих конвертеров в существующих зданиях мартеновских и томасовских цехов при низких капиталовложениях. Недостатки конвертеров с донным дутьем: низкая стойкость футеровки днищ, невозможность остановить продувку на заданном содержании углерода, сложность конструкции днищ, удорожание эксплуатации.

Производительность конвертерного цеха

При установке трех конвертеров, из которых два постоянно работают, а один в ремонте, продолжительность работы одного конвертера составит $k_k = 365,0,66$ сут в год.

Годовое количество плавов одного конвертера $n_k = 1440 t_k / t_{\text{п}}$ (1440 — число минут в сутках).

Продолжительность плавки $t_{\text{п}}$ ориентировочно (принимая в зависимости от вместимости от конвертера

$Q, \text{ т}$	400	300	200	160
$t_{\text{п}}, \text{ мин}$	36	34	33	32

Годовая производительность двух работающих конвертеров, т

$$P = 2 \cdot 1440 t_k Q k_p / t_{\text{п}},$$

где k_p — коэффициент, учитывающий потери жидкой стали в процессе разливки (при разливке на МНЛЗ $k_p = 0,95$).

2. ГРУЗОПОТОКИ И УСТРОЙСТВО ЦЕХОВ

Основные грузопотоки цеха

В системе грузопотоков конвертерного цеха различают следующие основные линии: подачи и загрузки лома в конвертер; доставки и заливки жидкого чугуна; подачи, дозирования и загрузки сыпучих шлакообразующих материалов; подачи кислорода; доставки, дозирования, нагрева и подачи ферросплавов в сталеразливочные ковши; приема, транспортирования и разливки стали; уборки и переработки шлака.

Схема основных грузопотоков конвертерного цеха показана на рис. III.1. Металлом подают железнодорожным транспортом в отделение I магнитных материалов и загружают в приемные бункера. Совки заполняют металлоломом магнитограферными кранами 28. Грузные совки взвешивают и устанавливают на скраповоз I, подающий их на рабочую площадку или в загрузочный пролет. Завалку металлолома в конвертер 3 осуществляют загрузочной машиной 4.

Подачу и заливку жидкого чугуна в конвертер производят двумя способами, определяющимися типом применяемых миксеров — стационарных или передвижных.

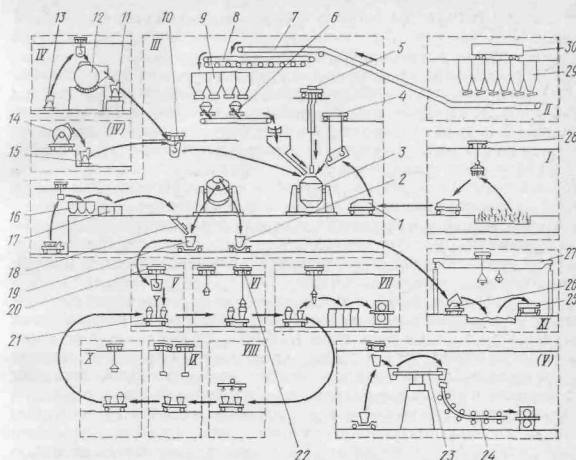


Рис. III.1. Схема грузопотоков современного кислородно-конвертерного цеха

В первом случае чугун доставляют в ковшах чугуновозов 13 из доменного цеха в миксерное отделение IV и краном сливают в стационарный миксер 12. При необходимости чугун выдают из миксера в ковш самоходных чугуновозов 11, транспортирующих его в загрузочный пролет к конвертерам. Заливку чугуна производят заливочным краном 10. Во втором случае чугун подают передвижными миксерами 14 в отделение перелива IV, в котором осуществляют заполнение заливочных ковшей. Транспортирование ковшей в главный корпус производят самоходными чугуновозами 15, заливку чугуна — заливочными кранами 10.

Сыпучие материалы доставляют в шихтовое отделение 11 немагнитных материалов железнодорожным или автомобильным транспортом. Материалы из железнодорожных полувагонов 30 разгружают в приемные бункера 29 с последующей выдачей электровибрационными питателями. Подачу материалов в расходные бункера 9 конвертерного корпуса III осуществляют наклонными конвейерным трактом 7 и реверсивными передвижными конвейерами 8. Система 6 весового дозирования и подачи, состоящая из вибропитателей, весовых дозаторов, конвейеров, промежуточных бункеров и течек, обеспечивает загрузку определенных порций шлакообразующих материалов в конвертер в процессе плавки.

Подачу технически чистого кислорода в конвертер производят машиной 5 через кислородную фурму. Снабжение осуществляется по магистральной из кислородного цеха.

Доставку ферросплавов в главный корпус цеха осуществляют автомобильным или железнодорожным транспортом в контейнерах либо используют конвейерный тракт подачи сыпучих материалов. В первом случае контейнеры с ферросплавами разгружают краном в расходные бункера 16. Взвешенные порции ферросплавов нагревают в камерных печах 17 и по тещке 18 подают в сталеразливочный ковш на сталевозе. Во втором случае ферросплавы поступают в железнодорожных вагонах в отделение ферросплавов, непосредственно примыкающее к отделению сыпучих материалов. Из приемных бункеров ферросплавы выдают на ленточные конвейеры тракта подачи сыпучих материалов, заполняющие расходные бункера в главном корпусе.

В конвертерных цехах применяют два основных способа разлива — в изложницы, установленные на тележках, и на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Во всех случаях сталь сливают из конвертера в сталеразливочный ковш, установленный на сталевозе 19. По первому способу ковш со сталью передают сталевозом в отдельное разливное отделение V или в разливные пролеты, примыкающие к главному корпусу. Изложницы заполняют жидким металлом из ковша, перемещаемого разливочным краном 20 над составом 21 с изложницами. После затвердевания и полной кристаллизации слитков составы с изложницами подают локомотивом в стрипперное отделение VI для снятия избыточных надставок и подрыва слитков с уширением сверху. Изложницы с уширением книзу снимают с тележек и направляют на подготовку к следующему наливу. Все операции выполняют стрипперным краном 22. Затем состав подают в нагревательное отделение VII обжимного стана, в котором слитки устанавливают в нагревательные колодцы, а состав с изложницами направляют на душирующую установку VIII. После охлаждения изложницы подают в отделение IX чистки и смазки, а затем в отделение X подготовки составов, где осуществляют уборочные работы и установку на тележки подвонов, центровых, прибыльных надставок и т. д. Подготовленные составы вновь подают в разливное отделение. Изложницы совершают замкнутый цикл работы и подготовки.

По второму способу сталеразливочный ковш подают сталевозом в отделение V непрерывного литья и устанавливают разливочным краном на стэнд 23. Заготовки, получаемые на МНЛЗ 24, поступают в прокатный цех.

Шлак из конвертера сливают в ковш самоходного шлаковоза 2 и передают сначала в шлаковый пролет главного корпуса для перестановки чаши на уборочный шлаковоз 26, а затем направляют в шлаковое отделение XI для охлаждения и последующего дробления ударами бабы, поднимаемой краном 27. Переработанный шлак отгружают в отвал думпкарами 25.

Устройство конвертерных цехов

Рассмотрим конвертерный цех с двумя конвертерами вместимостью 300—350 т. В состав такого цеха входят главный (конвертерный) корпус и ряд отделений, тесно связанных с ним единым технологическим процессом и расположенных в отдельных зданиях. К ним относятся отделения: перелива чугуна, металлошихтовое, разливное, шлаковое и дымососное. Кроме того, цех обслуживают вспомогательные отделения — разделение слитков, охлаждения, чистки и смазки изложниц, подготовки составов.

Жидкий чугун поступает в конвертерный цех в передвижных миксерах вместимостью 420 и 150 т. Первые служат для доставки чугуна по внутризаводским путям из доменного цеха в конвертерный, вторые — по железнодорожной магистрали с соседнего завода. В отделении перелива чугуна из миксеров сливается в заливные ковши, которые самоходными чугуновозами грузоподъемностью 350 т по чугуновозной траншее подают в главный корпус. Здесь же выполняются вспомогательные операции — взвешивание металла на платформенных весах, взятие проб и замер температуры жидкого чугуна. Отделение оборудовано системами удаления газов и графита. Помимо специализированного отделения, в главном корпусе предусмотрен участок перелива чугуна из передвижных миксеров в заливные ковши.

Шихтовое отделение магнитных материалов предназначено для приема и хранения шестисуточного запаса лома, заполнения совков, их взвешивания и установки на скраповоз. Лом доставляют железнодорожным транспортом и разгружают в пять приемных бункеров. Разгрузочные и погрузочные операции выполняют чистыми магнито-грейферными кранами грузоподъемностью 15/15 т, перемещение совков — краном грузоподъемностью 180/50 т, разворот порожних и груженых совков — краном с поворотной тележкой грузоподъемностью 190 т. Взвешивают лом на двух платформенных весах. Шихтовое отделение связано с главным корпусом скраповозной эстакадой закрытого типа, по которой скраповоз доставляет груженные совки непосредственно на рабочую площадку конвертеров.

Отделение сыпучих материалов представляет собой приемно-загрузочную станцию конвейерного тракта подачи шлакообразующих материалов в главный корпус. Материалы доставляют в отделение автосамосвалами и разгружают в восемь приемных бункеров вместимостью 116 м³ каждый. Наклонный конвейерный тракт, по которому материалы поступают из шихтового отделения в расходные бункера главного корпуса, образован двумя параллельными ленточными конвейерами длиной по 48 м, помещенными в закрытую галерею. Для уменьшения выделения пыли при транспортировании извести предусмотрен предварительный отсев мелочи. Отделение снабжено системой удаления пыли и сбора мелочи и пыли в отдельный бункер с их отгрузкой цементовозом.

План и разрез главного корпуса цеха с двумя конвертерами вместимостью 300—350 т приведены на рис. III.2.

Корпус разделен на семь пролетов: конвертерный I, загрузочный II, шлаковый III, подготовки ковшей IV, сыпучих материалов V, котлов-охладителей VI и энергетический VII. В конвертерном пролете выделен технологический участок IX подготовки ферросплавов, а в загрузочном пролете — участок VIII перелива чугуна.

Самоходные чугуновозы 16 перемещаются по двум параллельным путям чугуновозной траншеи, идущей из отделения перелива чугуна в загрузочный пролет II главного корпуса. Подачу заливочных ковшей вместимостью 350 т и слив чугуна в конвертер 13 осуществляют заливочными кранами 6 грузоподъемностью 400 + 100/20 т. Переливать из передвижного миксера в заливочный ковш можно непосредственно в загрузочном пролете на участке VIII, для чего предусмотрен тупиковый железнодорожный путь 29, стенд 4 для заливочного ковша и передвижной вытяжной зонт 5.

Скраповоз 10 перемещается по рельсовому пути, проложенному по скраповозной эстакаде 9 и по рабочей площадке конвертерного пролета I. Снятие груженых совков со скраповоза, их установку на стеллаж, перемещение и загрузку лома в конвертер выполняют загрузочными машинами 7 полупортального типа, захватывающими одновременно два совка вместимостью по 50 м³ каждый. Грузоподъемность машины составляет 2 × 130 т.

Сыпучие материалы подаются из шихтового отделения в верхнюю часть пролета V двумя наклонными конвейерами 32 и распределяются по расходным бункерам 35 двумя передвижными реверсивными конвейерами 34. Система дозирования и загрузки 36 обеспечивает подачу взвешенных порций различных шлакообразующих материалов в конвертер по ходу плавки. Кислород подается в конвертер с помощью машины 30, снабженной двумя кислородными фурмами. Ремонтные работы обслуживает мостовой кран 31.

Плавки из конвертеров выдаются в сталеразливочные ковши, установленные на сталевазах 26, которые по путям, уложенным в сталевазных траншеях, перемещаются в разливное отделение. Шлак из конвертера сливается в ковши самоходных чугуновозов 15 и передается в шлаковый пролет III, в котором ковши со шлаком переставляются на уборочные шлаковозы, подаваемые локомотивом в шлаковое отделение. Для замены самоходных чугуновозов и сталевазов предусмотрена передаточная тележка 24. Основное оборудование шлакового пролета — краны 27 литейного типа грузоподъемностью 180/50 т и стенды 17 для установки шлаковых ковшей.

Технологией производства предусмотрена подача в сталеразливочные ковши ферросплавов в твердом нагретом и жидком состояниях. Ферросплавы готовят на специализированном участке IX.

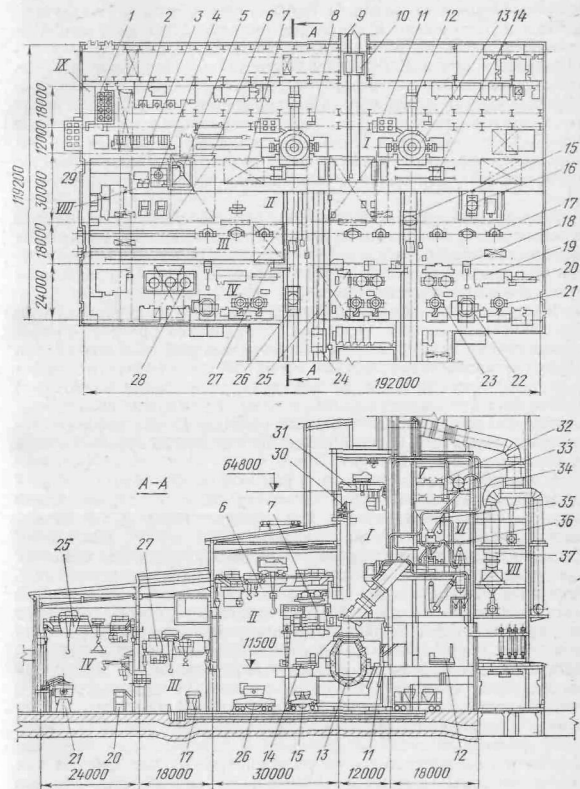


Рис. III.2. План (а) и разрез (б) кислородно-конвертерного цеха с двумя конвертерами вместимостью 300—350 т

В главный корпус ферросплавы определенной кусковатости подают автомобильным транспортом в саморазгружающихся контейнерах. Мостовым краном через окно в рабочей площадке контейнеры поднимают и разгружают в расходные бункера 1, попарно снабженные весовыми дозаторами. Расплавляют ферросплавы в трех индукционных печах 2. Жидкие ферросплавы выпускают из печи в ковш тележки, снабженной весоизмерительным устройством, транспортируют к конвертеру и сливают по футерованной трубке в сталеразливочный ковш. Твердые ферросплавы нагревают в восьми нагревательных печах 3 вместимостью 3 т каждая и транспортируют автопогрузчиком к весам-дозаторам. Весовую порцию ферросплавов направляют в сталеразливочный ковш по системе текучек 11.

Для расплавления алюминия, подаваемого в сталеразливочный ковш, используют индукционные печи 8. Для обслуживания сталевыпускного отверстия и взятия проб металла из конвертера служат самоходные площадки 12 и 14, перемещающиеся по рельсовым путям на рабочей площадке.

В пролете IV подготовки ковшей ремонтируют футеровку сталеразливочных ковшей. Основное оборудование пролета — механизированные стелды 22 для поворота ковшей, машины 18 для ломки футеровки, трехместный стелд 28 для ремонта и кладки футеровки, стелды 23 и 17 для установки сталеразливочных, заливочных и шлаковых ковшей, стелды 21 для сушки сталеразливочных ковшей, механизированный стелд 19 для сборки стопоров и сушило 20. Пролет обслуживают краны 25 литейного типа грузоподъемностью 125/30 т.

В пролете VI расположены котлы-охладители отходящих конвертерных газов 33 с системой трубопроводов, в энергетическом пролете VII — оборудование для очистки газов 37 и панели систем управления электроприводами.

Здание разливочного отделения разделено на два однотипных разливочных пролета, в которых сталь разливают в изложницы, установленные на тележках. Подачу сталеразливочных ковшей со сталью на сталевозах из конвертерного корпуса осуществляют по двум сталевозным трамваям, проложенным перпендикулярно пролетам. Для ведения разливки вдоль каждого пролета устроены разливочные площадки, оборудованные передвижными консольно-поворотными кранами. В каждом пролете установлено по два разливочных крана грузоподъемностью 450 + 100/20 т. Для подачи и отправки составов с изложницами вдоль пролетов проложены рельсовые пути с торцовыми и центральными въездами в здание. Вспомогательное оборудование состоит из стенов для установки шлаковых и сталеразливочных ковшей, установок для разогрева и охлаждения ковшей.

В шлаковом отделении осуществляют первичную переработку конвертерного шлака. Состав чугуновозов подают локомотивом на эстакаду и кантованием ковшей шлак выливают на открытые

площадки. После охлаждения водой шлак разрабатывают рыхлителями и бульдозерами на базе гусеничных тракторов. Для погрузки и транспортирования шлака в отвал используют экскаваторы и автосамосвалы.

В цехе с конвертерами вместимостью 300—350 т в системе подачи чугуна применяются передвижные миксеры и самоходные чугуновозы, широко используется автомобильный транспорт для транспортирования сыпучих материалов, ферросплавов и применяются автоматизированные системы управления технологическим процессом и производством — АСУ ТП и АСУП.

Кислородно-конвертерный цех завода «Азовсталь» с конвертерами вместимостью 350 т оборудован стационарными миксерами и машинами непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Отличительной особенностью цеха является: вынос операций по скачиванию шлака из чугуновозных ковшей в специальное шлакооткачивающее отделение; использование конвейерного тракта для доставки сыпучих материалов и ферросплавов; наличие участка внепечной обработки стали. Предусмотрена возможность установки на второй очереди строительства еще одного конвертера и двух МНЛЗ.

Планировка цеха обеспечивает независимость и исключает пересечение основных грузопотоков, осуществляемых цеховыми рельсовыми машинами, кранами и железнодорожным транспортом.

Представляет интерес устройство шихтовых отделений и конвейерная система. Шихтовое отделение немагнитных материалов имеет в своем составе три взаимосвязанных отделения: сыпучих материалов, ферросплавов и дробильное. Материалы поступают в отделения в железнодорожных полувагонах по сквозному и двум тупиковым путям и разгружаются в приемные бункера. Ферросплавное и дробильное отделения связаны конвейерами, обеспечивающими подачу ферросплавов на дробление и последующую загрузку расходных бункеров дроблеными ферросплавами. Сушку ферросплавов производят в барабанных сушилах. Отделения сыпучих материалов и ферросплавов обслуживаются мостовыми кранами. Подача сыпучих материалов и ферросплавов из шихтового отделения немагнитных материалов в расходные бункера главного корпуса цеха осуществляется конвейерным двухниточным трактом, состоящим из горизонтальных ленточных конвейеров, перегрузочных узлов и наклонных конвейеров. Участок внепечной обработки стали в ковшах оснащен порционным вакууматором, электропечью для выплавки синтетических шлаков с системой подачи и дозировки плавильных материалов, комплексными установками для внепечной обработки стали, каждая из которых состоит из машин для продувки стали аргоном, подачи металлической сечки с целью охлаждения металла и устройств для замера температуры и набрасывания теплоизоляционного материала на поверхность металла в ковше. Вакууматор обслуживает отдельный сталевоз.

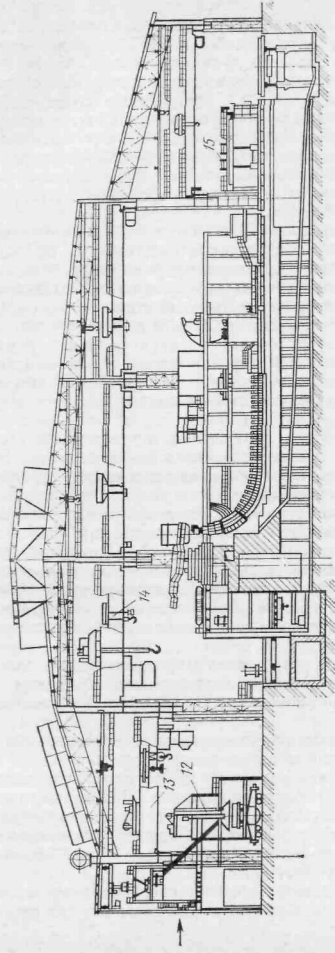
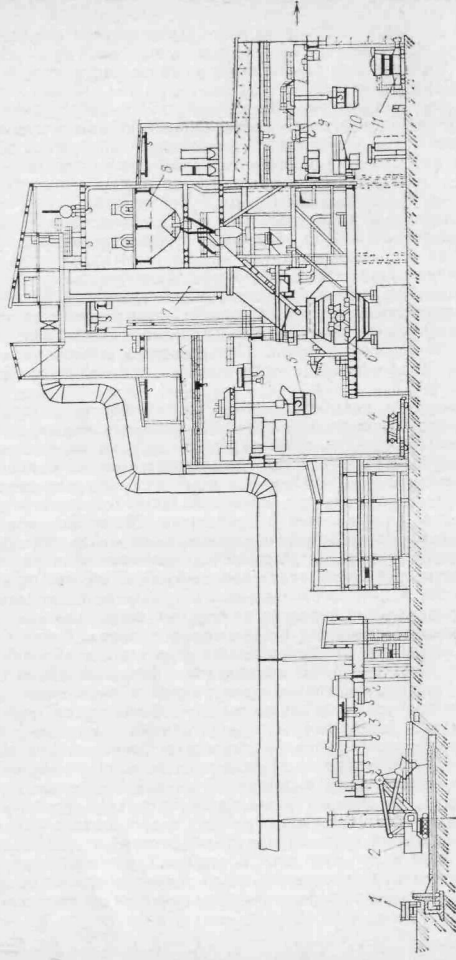


Рис. III.3. Разрез конвертерного цеха с МНДЗ Череповецкого металлургического комбината:
 1 — автокран; 2 — экскаватор; 3 — мостовой кран; 4 — самоходный шлаковоз; 5 — залповый кран; 6 — концентр; 7 — охлажда-
 тель отходящих газов; 8 — бункер для сыпучих материалов; 9 — мостовой кран; 10 — консольный кран; 11 — самоходный стелаж;
 12 — установка стабилизации и доводки металла в ковше; 13, 14 — разноплечные краны; 15, 16 — роулинг-тележка

В отделении непрерывного литья заготовок (ОНЛЗ) параллельно расположены три слябовые МНЛЗ криволинейного типа. Ковши со сталью после внепечной обработки подаются и устанавливаются на сталеразливочные стелды литейными кранами грузоподъемностью 450 + 100/20 т. Полученные слябы частично складываются на стеллажах уборочными кранами, а основная масса подается тележкой-рольгангом к приемным рольгангам отделения отделки и складирования слябов. Отделение оборудовано машинами огневой и выборочной зачистки слябов, системой рольгангов, стеллажами, манипулятором-кантователем, раскладчиком и т. д.

В новом конвертерном цехе Череповецкого металлургического комбината (ЧерМК) с агрегатами вместимостью 350 т оригинальным является линейное размещение конвертерного цеха и прокатного широкополосного стана горячей прокатки 2000, представляющих собой единый производственный комплекс (рис. III.3).

Центральное расположение МНЛЗ в пролете позволяет разместить основное оборудование участка ремонта промежуточных ковшей вне зоны транспортировки ковшей с жидкой сталью и шлаком, улучшить условия доставки материалов и уборки отходов производства, а также упростить подачу любых заготовок на склад широкополосного стана.

Чугун из доменного цеха в конвертерный подают в 600 т ковшах миксерного типа по железнодорожным путям. Заливающие ковши установлены на две самоходные тележки, передвигающиеся по железнодорожным путям.

Участок перелива чугуна изолирован от загрузочного пролета и оборудован системой графитоулавливания, что способствует обеспечению нормальных условий труда рабочих. Металлолом доставляют железнодорожным транспортом. Самосвалы разгружаются в совки. Для подачи скрапа в конвертеры используют совки вместимостью 100 м³. Для уборки шлака от конвертеров от отделения первичной переработки используют самоходные тележки с ковшами 29 м³.

Подача сыпучих материалов и ферросплавов в конвертерный цех осуществляется автотранспортом до приемных бункеров, а затем системой ленточных конвейеров — в расходные бункера.

Ферросплавы после прокалывания в печи по течкам поступают в сталеразливочный ковш или конвертер.

Процессом плавки управляет ЭВМ с использованием показателей, получаемых от системы датчиков. Для подготовки сталеразливочных ковшей к плавке в ковшевом пролете предусмотрены установки («Орбита») для набивки ковшей, устройства для сушки и торкретирования футеровки ковшей, а также выделен участок сборки шибрных затворов.

Отличительной особенностью нового конвертерного цеха является широкое применение автомобильного транспорта, позво-

ляющего интенсифицировать перевозку груза. Технологическая схема цеха обеспечивает гибкую перестройку производства при освоении новых процессов выплавки стали.

3. ШИХТОВЫЕ ОТДЕЛЕНИЯ ЦЕХОВ

Способ доставки магнитных и немагнитных материалов в шихтовые отделения кислородно-конвертерного цеха посредством железнодорожного или автомобильного транспорта зависит от места расположения предприятий Вторчермета, копрового цеха и известково-обжигательного отделения, наличия общезаводской станции централизованной разгрузки сыпучих материалов, развитости сети и схемы грузопотоков внутризаводского транспорта, наличия свободных подъездов к кислородно-конвертерному цеху, экономической целесообразности и ряда других факторов. Примером современного скрапного отделения с железнодорожной доставкой металлолома служит отделение конвертерного цеха комбинатов «Азовсталь» и ЧерМК.

На рис. III.4 показано устройство скрапного отделения конвертерного цеха ЧерМК с доставкой металлолома автомобильным транспортом. Вдоль однопролетного здания скрапного отделения проложены в железобетонной траншее два тупиковых пути 4 для самоходных скраповозов 3. Металлолом, прибывающий в автосамосвалах 2, разгружают непосредственно в совки, вместимостью 100 м³. Кроме того, предусмотрена подача части металлолома в железнодорожных полувагонах 6. Перенос совков 5 осуществляется главной тележкой специального крана 1 грузоподъемностью 200 + 32 т с подъемной траверсой с четырьмя крюками. Разгрузочно-погрузочные операции производятся электромагнитным вспомогательной тележкой. Для хранения ограниченного запаса металлолома предусмотрены ямные бункера. Звешивание металлолома в совках выполняется на платформенных весах. Совки устанавливаются на специально отведенные стеллажи.

Отделения сыпучих материалов и ферросплавов могут быть подобны скрапным отделениям с автотранспортной или железнодорожной доставкой материалов. Отделения первого типа снабжены бункерами ограниченной вместимости для расходного запаса материалов и представляют собой приемно-загрузочное устройство конвейерного тракта подачи сыпучих материалов и ферросплавов в главное здание кислородно-конвертерного цеха.

На металлургическом комбинате «Азовсталь» построено комбинированное отделение с железнодорожной доставкой — склад сыпучих материалов и ферросплавов. В состав склада входят четыре отделения — сыпучих материалов, разгрузочное, ферросплавов и дробильное. Первые три отделения расположены в трехпролетном здании, дробильное отделение — в отдельном. Три отделения — разгрузочное (отделение разгрузочных бункеров), дробильное и ферросплавов входят в комплекс склада ферросплавов.

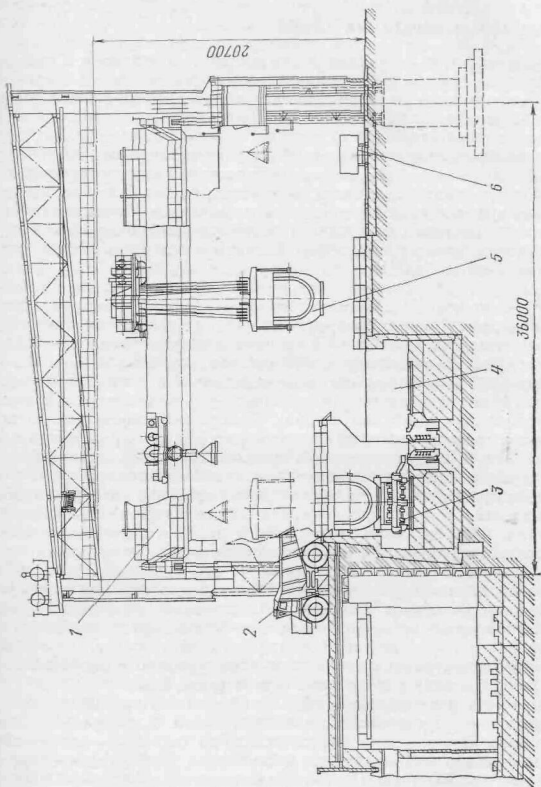


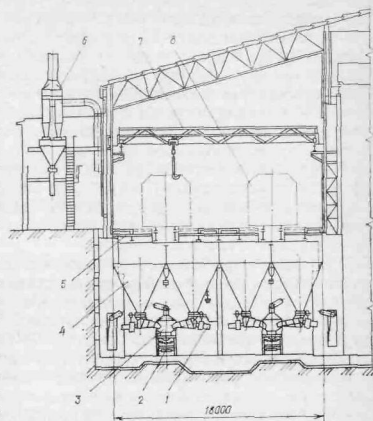
Рис. III.4. Складное отделение с доставкой металлолома автомобильным транспортом

Рис. III.5. Отделение сыпучих материалов

Отделение сыпучих материалов (рис. III.5) предназначено для приема и хранения материалов с последующей их выдачей на главный конвейерный тракт кислородно-конвертерного цеха. В пролете длиной 90 м и шириной 18 м расположены в два ряда шестнадцать больших приемных бункеров для известки, известняка, агломерата (окатышей), железной руды и кокса и в четыре ряда — шестнадцать малых бункеров 4 для подготовленных к использованию ферросплавов, шлакообразующих материалов и утеплителей. Сверху на бункерах установлены предохранительные решетки 5 и проложены два сквозных рельсовых пути для подачи в отделение железнодорожных полувагонов 8 с сыпучими материалами. Для поднятия люков полувагонов после разгрузки используют локоподъемник, навешиваемый на крюк подвесного однобалочного крана 7 грузоподъемностью 5 т. В подбункерном пространстве проложены два продольных ленточных конвейера 2, входящих в конвейерный тракт доставки сыпучих материалов в главное здание конвертерного цеха. Выдачу материалов из бункеров производят электровибрационными питателями 1, расположенными под горловинами бункеров. Перекрытие горловины при ремонтных работах осуществляется затворами шибера типа. Для предупреждения зависания сыпучих материалов в бункерах предусмотрена установка на их стенках электровибраторов. Система аспирации 6 производит удаление пыли через вытяжные зонды 3, расположенные над носками электровибрационных питателей. Уборка пыли с пола подбункерного помещения выполняется самоходным пылеуборщиком.

Разгрузочное, дробильное и ферросплавное отделение склада ферросплавов предназначены соответственно для приема, дробления, хранения и сушки ферросплавов различных видов. Помимо того, предусмотрены хранение и переработка плавикового шпата и шунгизита.

В разгрузочном отделении длиной 48 м и шириной 8,5 м расположены семь бункеров общей вместимостью 385 м³. Подачу же-



лезнодорожных вагонов под разгрузку производят по тупиковому пути, проложенному по верхнему строению бункеров. Перемещение полувагонов вдоль отделения при маневровых работах осуществляют транспортным электрошпидем. Очистку полувагонов от остатков материалов выполняют посредством люковибратора и накладного вибратора, устанавливаемого на полувагон мостовым краном грузоподъемностью 5 т. Для подъема люков полувагонов используют навесной люкоподъемник. Разгрузочные бункера снабжены пластинчатыми питателями, обеспечивающими выдачу и перегрузку материалов на продольный оборочный конвейер отделения ферросплавов. Последний транспортирует материалы в отделение дробления и осуществляет их подачу в приемные бункера дробилок.

В здании дробильного отделения длиной 24 м и шириной 9 м установлены приемные бункера с питателями и три щековые дробилки. Распределение материалов по бункерам осуществляется сбрасывающей тележкой, установленной на оборочном конвейере. Материалы, дробленные до фракции 40—60 мм, поступают на ленту подающего конвейера, связывающего дробильное отделение с отделением ферросплавов и идущего по всей длине последнего. В случае, когда в разгрузочное отделение доставляют в железнодорожных вагонах предварительно подготовленные материалы, то они, минуя дробилки, перегружаются в дробильном отделении с оборочного конвейера на подающий и поступают в перегрузочные бункера отделения ферросплавов. Ремонтные и вспомогательные работы в дробильном отделении выполняют с использованием подвешенного однобалочного крана грузоподъемностью 5 т.

Отделение ферросплавов занимает пролет основного здания длиной 126 м и шириной 24 м. Оно снабжено закромками и перегрузочными бункерами для различных видов ферросплавов, плавикового шпата и шунгезита, двумя барабанными сушилами и системой продольных и поперечных конвейеров. Сушке подвергаются материалы, содержащие более 0,5 % влаги. Главные ленточные конвейеры отделения — оборочный и подающий — снабжены сбрасывающими тележками. Над лентой подающего конвейера установлена передвижная загрузочная воронка. С подающего конвейера материалы могут поступать либо в закрома для длительного хранения, либо в перегрузочные бункера, в которых набирают расходный запас материалов, либо в приемные бункера барабанных сушил. Просушенные материалы подаются в перегрузочные бункера по обводной конвейерной системе, состоящей из двух продольных и поперечного конвейеров. Загрузочный конвейер этой системы расположен над бункерами и снабжен сбрасывающей тележкой. В случаях доставки материалов из закромов в перегрузочные бункера или в приемные бункера сушил используют рейферный кран грузоподъемностью 10 т, который через передвижную загрузочную воронку осуществляет подачу материалов на ленту главного загрузочного конвейера. Воронку при этом

предварительно устанавливает механизм передвижения напротив разгружаемого закрома. Ферросплавы в таре подают на специализированный участок отделения для растаривания и погрузки в саморазгружающиеся совковые контейнеры. Последние мостовым краном грузоподъемностью 20/5 т транспортируют к передвижной перегрузочной воронке, через которую ферросплавы поступают сначала на ленту подающего конвейера, а затем — в перегрузочные бункера.

Отделение ферросплавов связано с отделением сыпучих материалов двумя поперечными конвейерами, которые передают ферросплавы, плавиковый шпат и шунгезит из перегрузочных бункеров на конвейеры тракта подачи сыпучих материалов в главное здание конвертерного цеха.

4. МАШИНЫ СИСТЕМ ДОСТАВКИ, ДОЗИРОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ И ФЕРРОСПЛАВОВ

Доставка, дозирование и подача сыпучих материалов и ферросплавов в конвертеры и сталеразливочные ковши осуществляются независимыми или комбинированными транспортно-дозировочно-загрузочными системами.

Независимые системы для сыпучих материалов и ферросплавов применены в кислородно-конвертерных цехах с конвертерами малой и средней вместимости 50—160 т. Если в таких цехах системы для сыпучих материалов выполнены с конвейерной доставкой и загрузкой расходных бункеров, с автоматизированными линиями для дозирования и подачи, то системы для ферросплавов предусматривают поступление ферросплавов в саморазгружающихся контейнерах автомобильным или железнодорожным транспортом, крановую или тельферную загрузку расходных бункеров и печей прокаливания, взвешивание порций ферросплавов на платформенных весах, доставку и подачу ферросплавов в сталеразливочные ковши самоходными тележками или совками, переносимыми кранами.

Недостатки независимых систем — относительно низкий уровень механизации транспортных и загрузочно-разгрузочных операций, затрудненность автоматизации работы систем, использование ручного труда, стеснение грузопотоков на рабочей площадке и т. д.

Комбинированные системы применяются в цехах с конвертерами вместимостью 300—350 т. Такие системы обеспечивают конвейерную доставку, точное весовое дозирование порций и загрузку в конвертеры сыпучих материалов — извести, плавикового шпата, агломерата (окатышей или железной руды) и коксика, а в сталеразливочные ковши — различных видов ферросплавов, известковой мелочи и легирующих добавок. Кроме того, предусмотрена подача ферросплавов непосредственно в конвертеры. В состав комбинированной системы входят — общий конвейерный тракт

доставки материалов с перегрузочными узлами и разгрузочными машинами и две подсистемы для дозирования и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов, снабженных расходными бункерами, вибропитателями и виброгрохотами, весовыми дозаторами, течками, промежуточными конвейерами и бункерами и т. д.

Оборудование конвейерного тракта

Доставка сыпучих материалов и ферросплавов из шихтовых отделений в главный корпус конвертерного цеха осуществляется двух-ленточным наклонным конвейерным трактом. По устройству кон-

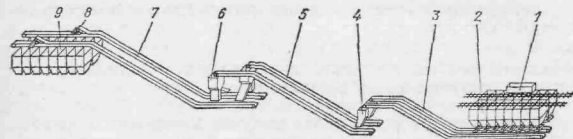


Рис. III.6. Схема конвейерного тракта доставки сыпучих материалов и ферросплавов

вейерные тракты большинства современных кислородно-конвертерных цехов подобны. Различие между ними заключается в общей длине и числе наклонных конвейеров линий, в устройстве загрузочной части, в числе и месте расположения перегрузочных узлов, в типе разгрузочных машин, осуществляющих сбрасывание материалов с главных ленточных конвейеров в расходные бункера системы дозирования и загрузки сыпучих материалов.

Принципиальное устройство конвейерного тракта кислородно-конвертерного цеха комбината «Азовсталь» приведено на рис. III.6. В каждой линии тракта установлено по три наклонных конвейера с углом наклона $8-10^\circ$, которые обеспечивают подъем материалов на высоту 46 м. В состав тракта входят приемные конвейеры 3, расположенные в отделении сыпучих материалов, перегрузочный узел 4 с однорукавными течками, промежуточные конвейеры 5, перегрузочный узел 6 с двухрукавными течками, главные конвейеры 7 и сбрасывающие тележки 8. Как указывалось выше при рассмотрении шихтовых отделений, сыпучие материалы из железнодорожных полувагонов 1 разгружаются в приемные бункера 2, а затем направляются на ленты приемных конвейеров. Ферросплавы, прошедшие подготовку, внутренней конвейерной системой отделения ферросплавов подаются на эти же приемные конвейеры. Разгрузка главных конвейеров и избирательная подача различных видов сыпучих материалов в расходные бункера 9 главного корпуса цеха осуществляется сбрасывающими тележками или, как это принято в ряде других цехов, посредством передвижных реверсивных конвейеров.

Применение в тракте перегрузочных узлов позволяет использовать укороченные ленточные конвейеры, обладающие повышен-

ными эксплуатационными качествами. Перегрузочный узел с двумя двухрукавными течками обеспечивает переброску потока материалов с одной линии конвейеров на другую и значительно повышает надежность работы и пропускную способность конвейерного тракта при выходе из строя оборудования одной из линий. Конвейеры линий попарно помещены в закрытых галереях, исключая их воздействие атмосферных осадков.

Перегрузочные узлы

Конструкция перегрузочного узла с двумя двухрукавными течками показана на рис. III.7. К помещению перегрузочного узла с двух противоположных сторон примыкают на разных уровнях закрытые галереи 15 и 6 промежуточных и главных ленточных

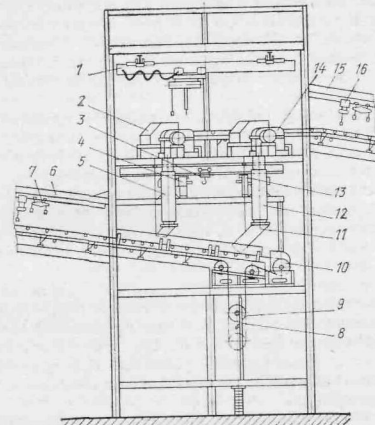


Рис. III.7. Перегрузочный узел конвейерного тракта

конвейеров. На верхней площадке узла расположены приводные станции 1 и 2 промежуточных конвейеров, а на нижней площадке — загрузочные части 10 главных конвейеров и их грузоподъемные устройства 9. В нижней части узла установлены направляющие 8 для подвижных грузов натяжных устройств. Двухрукавные течки 12 и 5 введены в приемные лотки 11 главных конвейеров. Перекидные шибры течек поворачиваются для изменения направления движения материала посредством исполнительных механизмов 13 и 4 с электроприводами. Ремонтные

работы на узле проводят, используя кран-балку 1 грузоподъемностью 10 т и таль 3. Тали 16 и 7, установленные на наклонных монорельсовых путях галерей, применяют при ремонтах конвейерных роликкоопр.

Устройство перегрузочного узла с двумя одиорукавными тещами аналогично рассмотренному.

Системы дозирования и загрузки материалов

Принцип работы и компоновка отечественных комбинированных систем доставки, дозирования и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов разработаны Укринпрометом и они в своей основе однотипны. В системах предусмотрено предварительное прокаливание части ферросплавов в газовых печах перед их подачей в сталеразливочные ковши. Имеющий ряд достоинств способ ввода ферросплавов в расплавленном виде не получил распространения в заводской практике. Известь перед подачей в конвертеры подвергают грохочению с целью отделения мелочи, забивающей газотводящий тракт, а затем подают в сталеразливочные ковши на сталевазах.

На рис. III.8 показано принципиальное устройство комбинированной системы дозирования и загрузки сыпучих материалов и ферросплавов для двух конвертеров вместимостью 350 т кислородно-конвертерного цеха ЧерМК. Рассматриваемая дозирочно-загрузочная система состоит из двух основных подсистем — для сыпучих материалов и ферросплавов при общем конвейерном тракте доставки материалов. К ним примыкает третья подсистема дозирования и подачи легирующих добавок в сталеразливочные ковши.

Особенность концевой части конвейерного тракта доставки сыпучих материалов и ферросплавов состоит в том, что в качестве главных применены два горизонтальных продольных конвейера 39 и 40 со сбрасывающими тележками 32. Их загрузка осуществляется поперечными наклонными конвейерами через двухрукавные тещи с перекидными заслонками, служащими для изменения направления потока материала.

Как и во всех современных кислородно-конвертерных цехах, в рассматриваемой системе дозирования и подачи сыпучих материалов и ферросплавов предусмотрена установка на каждый конвертер группы расходных бункеров, обеспечивающих прием всех требуемых материалов. При этом в каждой группе выделены две группы дублирующих бункеров со своими линиями дозирования и подачи, расположенных слева и справа от конвертера. Такое устройство повышает надежность дозирочно-загрузочной системы, так как позволяет производить подачу материалов в конвертер или в сталеразливочный ковш на сталевазе из каждой подгруппы бункеров независимо друг от друга. Кроме того, дозирочные линии извести обоих конвертеров связаны между собой

реверсивным конвейером, что в комплексе с двухрукавными тещами обеспечивает переброску порций извести от одного конвертера к другому в случае возникновения аварийной ситуации.

Расходные бункера в большинстве спарены. Исключение составляют однокамерные бункера для агломерата. Два бункера, смежных в поперечном направлении, предназначены для приема одного вида материала. В состав каждой подгруппы входят бункера для извести И, агломерата А, плавленого штата П и ферросплавов различных видов Ф. В группе бункеров два бункера выделены для кокса К, который используют для нагрева футеровки конвертера после ремонта.

В подсистеме сыпучих материалов для каждой подгруппы бункеров предусмотрена установка отдельных дозирочных линий для плавленого штата, агломерата, извести и кокса и по одной загрузочной линии для конвертера и сталеразливочного ковша. Подсистема ферросплавов имеет на подгруппу бункеров дозирочную и дозирочно-прокалочную линии и отдельные линии для загрузки ферросплавов в сталеразливочный ковш и конвертер.

В состав дозирочных линий сыпучих материалов для подгруппы бункеров входят: для плавленого штата — электровибрационные питатели, расположенные под горловинами бункеров 21, приемная воронка 19, трубчатая тещка 18 и весовой дозатор (бункерные весы) 16; для агломерата-электровибрационный питатель 22 под горловиной бункера 23, весовой дозатор 20 и приемная воронка с тещкой 17; для извести — электровибрационные грохоты-питатели 25, весовой дозатор 26 для кондиционной извести, приемная воронка 24 с двухрукавной тещкой 15, приемная бункера для известковой мелочи с трубчатыми тещками 29, виброконвейер 13 и весовой дозатор 9 известковой мелочи. Линия дозирования кокса включает в себя электровибрационные питатели 35 под горловинами бункеров 33, трубочки 34 и 31 и весовой дозатор 37 правой подгруппы бункеров, в обычных условиях используемый для дозирования агломерата.

Каждая из двух линий загрузки конвертера сыпучими материалами состоит из бункера-накопителя 11, снабженного секторным затвором, приемной воронки 10 и двухсекционной трубчатой тещки 7, входящей в кесон 6 над горловиной конвертера 4. Сверху в бункер-накопитель введены носок электровибрационного питателя весового дозатора 16 для плавленого штата, тещки 17 и 15 дозирочных линий для агломерата и извести и лоток 14 загрузочной коробки реверсивного конвейера 13. Бункер-накопитель предназначен для приема либо одной весовой порции материала одного вида, либо нескольких весовых порций различных сыпучих материалов (подачи) и обеспечивает их ускоренную загрузку в конвертер, независимую работу дозирочных линий, создает возможность гибкого варьирования набором подачи и ее корректирования путем ввода добавочных порций.

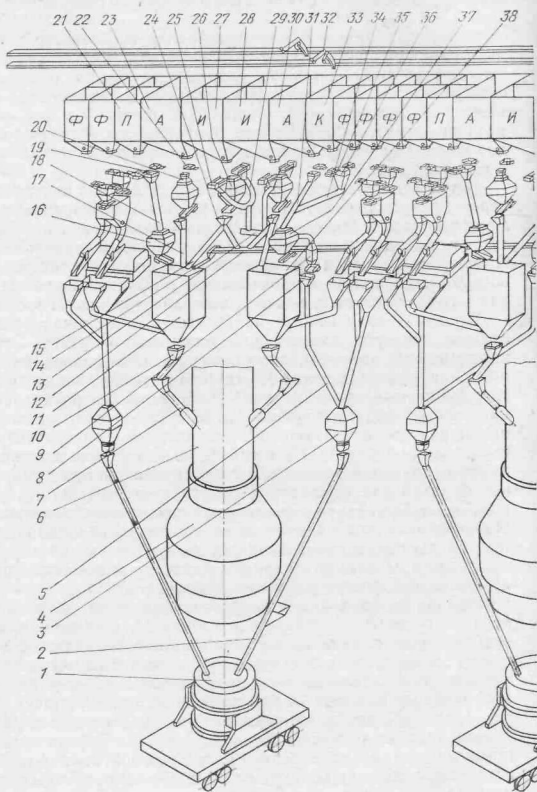
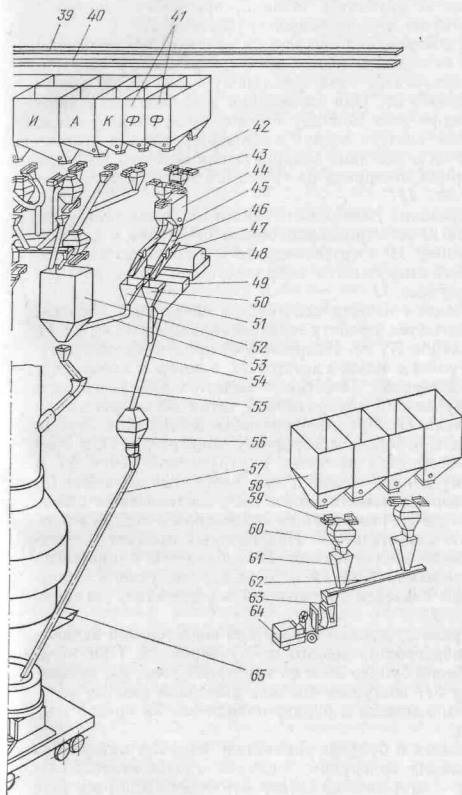


Рис. III.8. Комбинированная система дозирования и



загрузки сыпучих материалов и ферросплавов

Линия загрузки известковой мелочи в сталеразливочный ковш 1, установленная на каждую подгруппу бункеров, состоит из приемной воронки 8, трубчатой течи 5, приемного бункера 3 с секторным затвором и подводящей трубчатой течи 2.

Работа линии дозирования агломерата происходит следующим образом. Схемой автоматики дается импульс на работу электровибрационного питателя 22 и материал из бункеров 23, 30 поступает в весовой дозатор 20. При достижении заданной массы весовая система дозатора дает команду на остановку виброаппарата. Если по программе следует подача в конвертер порции агломерата, то включается в действие вибропитатель весового дозатора и взвешенная порция материала по трубчатой течи 17 поступает в бункер-накопитель 11.

В линии дозирования плавикового шпата материал также выдается из бункера 21 электровибрационным питателем и направляется через воронку 19 и трубчатку 18 в весовой дозатор 16. Взвешенная порция выгружается вибропитателем дозатора в общий бункер-накопитель 11.

Линия дозирования известки действует в следующей последовательности. Включается в работу электровибрационный питатель 25 одного из бункеров 27, 28. Надрешетный продукт (кондиционная известь) поступает в весовой дозатор 26, в котором набирается весовая порция материала. Последняя выдается вибропитателем дозатора и по рукаву 15 двухрукавной течи 24 направляется в бункер-накопитель 11. При необходимости взвешенная порция известки может быть передана к соседнему конвертеру. При этом переключается поворотная заслонка двухрукавной течи 24 и известь по второму рукаву подается на реверсивный конвейер 12. В свою очередь порция известки может быть доставлена от смежного конвертера этим же реверсивным конвейером и подана в бункер-накопитель по трубчатке 14. Подрешетный продукт (известковая мелочь) после виброаппаратов 25 собирается в приемных бункерах, снабженных течками 29, и по стояку поступает в закрытый вибрационный конвейер 13, который осуществляет загрузку весового дозатора 9.

Кокс для нагрева футеровки конвертера подается при включении в работу виброаппарата одного из бункеров 33. При этом, кокс через проходной бункер 36 и по трубчатой течи 34, врезанной в трубчатку 31, поступает сначала в весовой дозатор агломерата 37, а затем выдается в бункер-накопитель 38 правой подгруппы бункеров.

Подача набранных в бункере-накопителе сыпучих материалов по загрузочной линии подгруппы бункеров осуществляется следующим образом — открывается затвор бункера-накопителя 11 и материал через приемную воронку 10 по трубчатке 7, введенной в кессон 6, поступает в конвертер 4.

Линия загрузки известковой мелочи в сталеразливочный ковш работает по следующему принципу. Взвешенная порция известко-

вой мелочи вибропитателем весового дозатора 9 выдается в направляющую воронку 8, из которой материал по трубчатке 5 поступает в приемный бункер 3. При необходимости открывается затвор этого бункера, направляя известковую мелочь по трубчатке 2 в сталеразливочный ковш 1, установленный на сталеозове. Для подсистемы ферросплавов в каждой подгруппе бункеров установлено по четыре бункера для ферросплавов различных видов — ферромарганца, ферросилиция и др. В дозирочно-прокалочную линию ферросплавов (рассматриваем линию для крайней правой подгруппы бункеров второго конвертера) входят электровибрационные питатели 42, расположенные под горловинами бункеров 41, два весовых дозатора 43 также с разгрузочными электровибрационными питателями, двухрукавная течка 44 с трубчатыми рукавами 45 и 46, два поворотных лотка 47 и газовая прокалочная печь 48. Последняя снабжена механизмами поворота крышки и наклона подины, используемыми соответственно при загрузке и выгрузке ферросплавов. Подача взвешенных порций ферросплавов по левому или правому рукавам двухрукавной течи устанавливается управляемой поворотной заслонкой. Поворотные лотки, расположенные под рукавами, служат для направления ферросплавов либо в прокалочную печь, либо в проходные бункера 50 и 51.

Линия загрузки ферросплавов в сталеразливочный ковш включает в себя проходные бункера 49 и 50, предназначенные соответственно для приема прокаленных и непрокаленных ферросплавов, трубчатку 54, приемный бункер 56 с секторным затвором и направляющую трубчатку 57. Для внутренней подгруппы бункеров подача ферросплавов в ковш производится через приемный бункер 3 известковой мелочи и направляющую трубчатку 6.

Линия загрузки ферросплавов в конвертер снабжена проходным бункером 51 и трубчаткой 53, введенной в бункер-накопитель 52 загрузочной линии сыпучих материалов.

Работа линий дозирования и загрузки при подаче прокаленных ферросплавов в сталеразливочный ковш происходит следующим образом. Включается в работу электровибрационный питатель 42 одного из четырех бункеров 41 и в одном из двух весовых дозаторов 43 набирается порция ферросплава одного вида. При включении электровибрационного питателя весового дозатора ферросплав поступает в двухрукавную течку 44, а из нее по проходному рукаву на один из двух поворотных лотков 47. Для загрузки прокалочной печи 48 поворотные лотки наклоняются в ее сторону, предварительно открывается крышка печи. В период загрузки лоткам сообщается качательное движение, обеспечивающее равномерное распределение ферросплавов по подине. По истечении времени, необходимого для прокалывания, подина печи наклоняется и весовая порция ферросплава выдается в проходной бункер 49, из которого она по трубчатке 54 поступает в приемный бункер 56. В последнем может быть набрано несколько весовых

порций различных ферросплавов. При открывании затвора приемного бункера в требуемый момент времени ферросплав по трубопроводке 65 направляются в сталеразливочный ковш на сталевозе. Схема автоматик предусматривает периодическое включение привода на открытие и закрытие затвора приемного бункера с целью порционной подачи ферросплавов в ковш по мере его заполнения сталью.

Подсистема дозирования и загрузки ферросплавов предусматривает возможность подачи непрокаленных ферросплавов как в сталеразливочный ковш, так и в конвертер.

В первом случае правую поворотную тележку 47 устанавливают с наклоном в сторону проходного бункера 50. Путь движения ферросплавов следующая — весовые дозаторы 43, двухрукавная тележка 44 с действующим рукавом 46, правый лоток 47, проходной бункер 50, трубопроводка 54, приемный бункер 56, направляющая трубопроводка 57 и сталеразливочный ковш.

Во втором случае левый поворотный лоток 47 переводят в положение с наклоном в сторону проходного бункера 51. Схема движения ферросплавов следующая — весовые дозаторы 43, двухрукавная тележка 44 с проходным рукавом 45, левый поворотный лоток 47, проходной бункер 51 и далее по участку загрузочной линии сыпучих материалов — бункер-накопитель 52, трубчатая тележка 55 и через кессон загрузка в конвертер.

Подсистема дозирования и загрузки легирующих добавок в сталеразливочный ковш состоит из расходных бункеров 58, снабженных электровибрационными питателями 59, весовых дозаторов 60 с секторными затворами, загрузочных воронок 61 и ленточного конвейера 62. Доставка весовых порций легирующих материалов от дозирочно-смесительной линии к загрузочному лотку осуществляется самоходной безрельсовой электротележкой 63 в контейнерах 64, оснащенных затворами. Применение двух весовых дозаторов с загрузочными воронками позволяет производить послышную укладку различных видов добавок и получать их улучшенное смешивание. Добавки в сталеразливочный ковш подают по лотку 65, врезанному в тележку 57.

Система дозирования и загрузки сыпучих материалов обеспечивает подачу в конвертер за период продувки не менее пяти порций.

Питатели, грохоты и весовые дозаторы

Электровибрационные питатели и грохоты получили широкое применение в различных дозирочных, загрузочных и транспортирующих линиях сыпучих и кусковых материалов вследствие простоты конструкции, надежности работы и удобства обслуживания, относительно малых габаритов и массы, удобства ввода привода в схемы автоматического управления. Помимо своих основных функций — выдачи материала из бункера и грохочения,

они одновременно служат бункерными затворами, так как в нерабочем состоянии материал располагается в лотке под углом естественного откоса и его сыпание не происходит. Конструкция электровибрационных питателей и грохотов одинакова, отличие состоит в устройстве дна лотка, которое выполнено у питателей сплошным, а у грохотов — в виде колосниковой решетки. По способу установки различают питатели и грохоты подвесного и напольного типов.

Электровибрационный питатель подвесного типа (рис. III.9) состоит из сварного лотка 3 со сплошным дном 4 из износостойкой стали, электровибратора 1 и стержневой подвески с амортизационными пружинами 2. Вибратор включает в себя корпус, обойму с пластинчатой рессорой, сердечник (стартер) с восемью

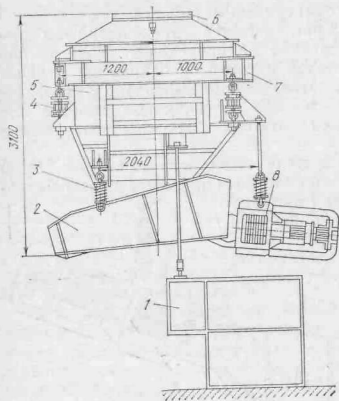


Рис. III.9. Электровибрационный питатель

катушками, расположенными по четыре с каждой стороны, и два якоря, установленных с противоположных сторон сердечника и связанных между собой скобой, а с рессорой — промежуточной балкой. Корпус вибратора прикреплен к обойме рессоры, а лоток — непосредственно к рессоре в ее средней части. Элементы грохота образуют колебательную двухмассовую систему, в которой рессора является упругой связью. Катушки, расположенные с противоположных сторон сердечника, получают питание постоянным и переменным токами. Взаимодействие постоянного и переменного магнитных полей создает пульсирующий магнитный поток и возмущающую силу, под воздействием которой питатель приходит в колебательное движение. Система подвески состоит из штанг с четырьмя амортизационными пружинами, уменьшающими силовое воздействие питателя при колебаниях на несущую металлоконструкцию.

Настройку питателя на околорезонансный режим работы производят изменением жесткости рессоры, уменьшая или увеличивая число пластин пакета. Производительность питателя регулируют изменением амплитуды колебаний и угла наклона лотка, в первом случае задавая необходимую силу тока, а во втором — регулируя длину штанг подвески винтовыми стяжками. Частота колебаний лотка в минуту для всех питателей принята равной 3000. Для различных типоразмеров питателей основные параметры находятся

Рис. III.10. Весовой дозатор



подвешен к опорному кольцу 7 на трех тензومترическими датчиками, введенными в электронную весоизмерительную систему. Электровибрационный питатель связан с корпусом дозатора четырьмя пружинно-стержневыми подвесками 3, шарнирно прикрепленными к лотку 2 и электровибратору 8 питателя. Весоуправляющее устройство 1 связано двумя тягами с корпусом дозатора и позволяет нагружать тензومترические датчики заданными силами, производя тарирование весоизмерительной системы.

5. МАШИНЫ ДЛЯ ДОСТАВКИ И ЗАГРУЗКИ МЕТАЛЛОЛОМА И ЗАЛИВКИ ЧУГУНА В КОНВЕРТЕРЫ

Для механизации загрузки шихтовых материалов — завалки металлолома, заливки жидкого чугуна, загрузки сыпучих и кусковых материалов — применяют комплексы специальных машин.

С увеличением вместимости конвертеров большой экономический эффект дает сокращение продолжительности завалки шихтовых материалов: уменьшение времени завалки только на 1 мин при цикле плавки 35 мин дает дополнительно около 100 тыс. т стали в год при годовой производительности цеха 4 млн. т.

Загрузочные машины

Загрузочные машины выполняют операции по транспортированию груженого совка от скраповоза к конвертеру и по загрузке в него металлолома. Загрузку осуществляют наклоном совка, предвари-

тельно введя его носок в горловину наклоненного конвертера. Для совковой подачи металлолома используют загрузочные машины двух типов — крановые и напольные (рельсовые). С целью сокращения длительности периода загрузки стремятся применять односовковую или, что хуже, двухсовковую подачи.

В первых отечественных цехах с конвертерами вместимостью 100—130 т был применен способ доставки металлолома к конвертерам на загрузочных тележках, снабженных поворотными мульдами. Составы тележек транспортировались по рабочей площадке толкателем. Наклон мульт для сбрасывания металлолома в конвертер осуществлялся стационарным реечным кантователем, установленным напротив конвертера. Такому способу присущ крупный недостаток, заключающийся в длительном времени загрузки и, как следствие, в снижении производительности конвертеров, вследствие чего его заменили более прогрессивными способами загрузки с применением напольных или крановых машин. Машины первого типа проще использовать в цехах с конвертерами вместимостью 100—130 т, как так не требуются существенные переделки и значительные капитальные вложения на реконструкцию линии скрапоподачи.

В одном из цехов применили доставку груженого совка на специальной тележке в загрузочный пролет локомотивом с последующим поворотом совка на тележке и выполнением загрузки посредством заливочного крана, используя его главный и вспомогательный подъемы и применяя специальную траверсу. Такой способ позволил осуществить односовковую загрузку металлолома в конвертер.

Напольные машины требуют расположения рельсового пути на рабочей площадке конвертерного пролета, что вызывает необходимость усиления ее несущей конструкции. Использование рабочей площадки для обслуживания конвертеров и для работы загрузочных машин создает на ней стесненные условия работы. В случае, когда транспортное положение груженых совков (вдоль пути) не совпадает с загрузочным (перпендикулярно пути), то напольные машины приходится оборудовать механизмом поворота совка, что усложняет их конструкцию, либо устанавливать в торце конвертерного пролета поворотный стол в комплексе со специальным перестановочным краном, либо применять специальные мостовые краны с поворотной платформой на тележке, служащие для разворота совков и их установки на загрузочную машину. Отмеченные недостатки напольных машин определили использование в новых кислородно-конвертерных цехах загрузочных машин кранового типа, обеспечивающих минимальное время загрузки металлолома и упрощающих систему скрапоподачи.

При реконструкции ряда кислородно-конвертерных цехов напольные машины заменили мостовыми крановыми машинами с поворотной платформой на тележке, обеспечивающими как загрузку конвертера металлоломом, так и перевод груженых совков

из транспортного положения в загрузочное. Машинны такого типа позволили оставить без изменений существующую систему скраподачи.

Крановые загрузочные машины выполняют двух основных типов — мостовыми и полупортальными. При использовании мостовых загрузочных машин (скрапозавалочных кранов) груженные совки доставляют скраповозом в загрузочный пролет, расположенный параллельно конвертерному пролету и примыкающий к нему. При этом пути скраповозов устанавливают на уровне пола цеха в направлении, перпендикулярном загрузочному пролету.

При установке в цехе полупортальных загрузочных машин груженные совки подают на рабочую площадку либо с торца конвертерного пролета, либо перпендикулярно к нему. В первом случае необходимо устанавливать поворотный стол и перестановочный кран, необходимые для поворота совков из транспортного положения в загрузочное, и во втором — применять эстакаду, связывающую рабочую площадку со скрапным отделением. Поскольку нога полупортала машины перемещается по рельсу на рабочей площадке, то ее выполняют усиленной конструкции. Все это требует дополнительных капитальных затрат и указывает на преимущества использования мостовых загрузочных машин. К этому еще следует добавить, что конструкция полупортальных машин несколько сложнее и менее надежна, чем машин мостового типа.

Мостовая загрузочная машина грузоподъемностью 2×200 т (рис. III.11), обслуживающая конвертеры вместимостью 350—400 т, производит загрузку металлолома последовательно двумя совками вместимостью по 50 м^3 и выполняет следующие операции: перемещение тележек с совками в направлении, перпендикулярном движению машины, вертикальные перемещения совков и их кантование.

В состав машины входят мост 5 с кабиной 2 машиниста и панелями управления, ходовая часть с механизмом 6 передвижения и две тележки 4 с грузозахватными устройствами 1 для совков. Мост сварной сплошной конструкции выполнен из четырех жестких продольных и двух концевых балок. На продольных балках уложены два рельсовых пути для тележек. Каждая концевая балка 7 моста шарнирно связана с главным балансиром 8, а последний — шарнирами с четырьмя двухколесными балансирными тележками 11. Такая конструкция ходовой части моста создает статически определяемую систему и равномерность нагружения ходовых колес пары балансирных тележек. Из шестнадцати ходовых колес 10 моста четыре являются приводными. Механизм передвижения моста снабжен четырьмя индивидуальными приводами, каждый из которых состоит из электродвигателя переменного тока, тормоза и трехступенчатого вертикального редуктора. Последний соединен с валом приводного ходового колеса посредством двух зубчатых муфт и промежуточного вала. Подвод

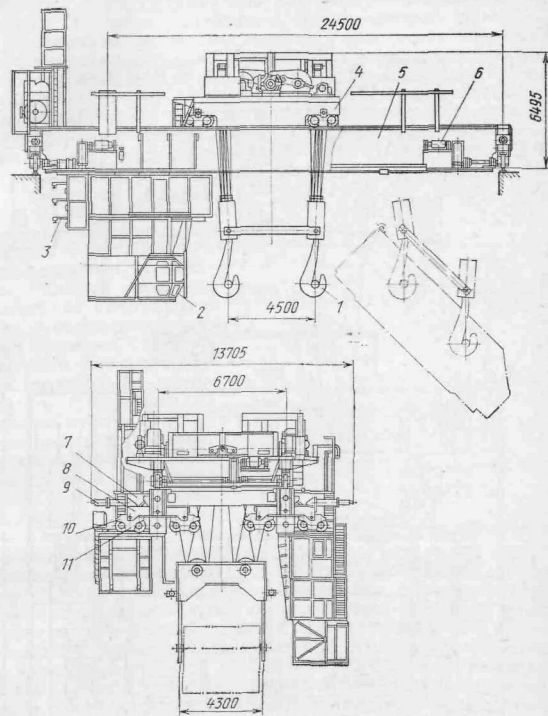


Рис. III.11. Мостовая загрузочная машина грузоподъемностью 2×200 т

электропитания осуществлен троллеями 3. Для смягчения ударов при наезде крана на тупиковые упоры на мосту установлены пружинно-гидравлические буферы 9.

Тележка (рис. III.12) состоит из ходовой части с восемью колесами 11, расположенными попарно в балансире, шарнирно связанных с рамой 5. Механизм передвижения тележки включает электродвигатель 1, тормоз и вертикальный трехступенчатый редуктор 2, соединенный промежуточными валами 4 и зубчатыми

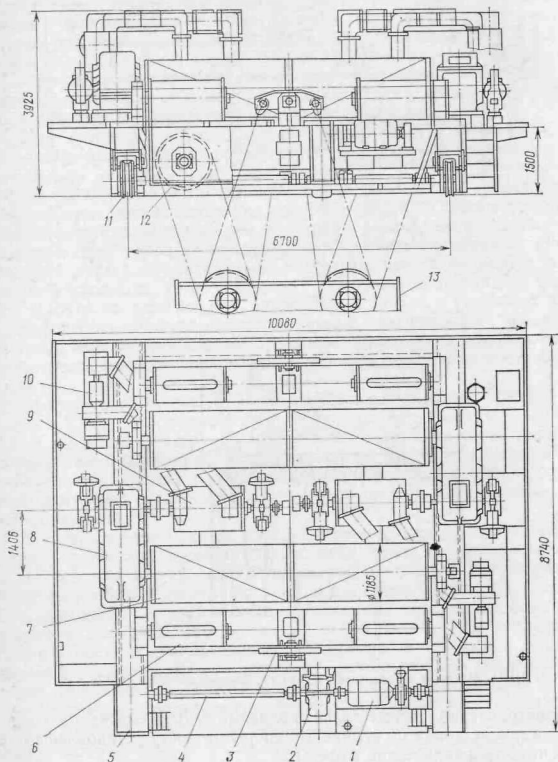


Рис. III.12. Тележка загрузочной машины

муфтами с двумя ходовыми колесами с противоположных сторон тележки. На раме расположены два независимых привода 8 двухбарабанного механизма подъема и кантования совка. По обе стороны от барабанов 7 установлены качающиеся траверсы 6, несущие на себе верхние блоки 12 полиспастов и уравнивательные траверсы 3. Нижние блоки полиспастной системы закреплены в грузозахватном устройстве 13. Электродвигатели 9 приводов барабанов имеют принудительное охлаждение воздухом, подаваемым по воздухопроводам от центробежных вентиляторов 10.

В механизм подъема и кантования совка (рис. III.13) входят два однотипных канатных механизма, связанных с грузозахватным устройством. Каждый механизм состоит из электродвигателя 9 постоянного тока, двух тормозов, двухступенчатого цилиндрического редуктора 10, соединенного с барабаном 11 зубчатой муфтой, и сдвоенного полиспаста с тяговыми канатами 8 и 4. Верхние блоки 6 полиспаста закреплены на качающейся траверсе 7, а нижние 3 — в грузовой траверсе 2. Последняя оснащена двумя шарнирно подвешенными крюками 1. Грузозахватное устройство образовано двумя грузовыми траверсами, связанными с двух сторон продольными тягами 13 на шарнирах. Барабаны выполнены с двумя участками с левой и правой нарезками для канатов полиспаста. Уравнивательная траверса 5, шарнирно закрепленная на качающейся траверсе, обеспечивает выравнивание натяжений тяговых канатов. Установка верхних блоков полиспаста в качающейся траверсе предупреждает выход канатов из ручьев блоков при их наклоне в случае кантования совка. Для контроля положений канатных механизмов применена сельсинная система, сельсинь-датчики которой соединены с валами барабанов, а сельсинь-приемники установлены в кабине машиниста. Крайние положения грузозахватного устройства ограничиваются командо-аппаратами, а тележки — конечными выключателями. Захват совка производится одновременно четырьмя крюками за цапфы, расположенные попарно с его боковых сторон. Вертикальные перемены совка осуществляются совместным вращением барабанов 11 и 12 на подъем или опускание, кантование — при остановлен-

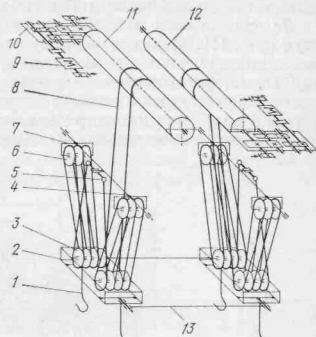


Рис. III.13. Кинематическая схема механизма подъема и кантования совка

муфтами с двумя ходовыми колесами с противоположных сторон тележки. На раме расположены два независимых привода 8 двухбарабанного механизма подъема и кантования совка. По обе стороны от барабанов 7 установлены качающиеся траверсы 6, несущие на себе верхние блоки 12 полиспастов и уравнивательные траверсы 3. Нижние блоки полиспастной системы закреплены в грузозахватном устройстве 13. Электродвигатели 9 приводов барабанов имеют принудительное охлаждение воздухом, подаваемым по воздухопроводам от центробежных вентиляторов 10.

ном переднем барабане 11 и работе заднего барабана 12 на подъем.

Полупортальная загрузочная машина обеспечивает захват и транспортирование двух груженых совков с последующей очередной загрузкой металлолома из них в конвертер. Подъемнотранспортные операции и кантование совков осуществляют подробно машине мостового типа. В отечественных кислородно-конвертерных цехах используют полупортальные загрузочные машины грузоподъемностью 2×90 т и 2×130 т, обслуживающие соответственно конвертеры вместимостью 250 и 300—350 т.

Полупортальная загрузочная машина грузоподъемностью 2×130 т (рис. III.14) состоит из полупортала 3 решетчатой конструкции с ходовой частью и механизмом передвижения и двух тележек 11, 12, установленных на верхней площадке 8 полупортала и оснащенных грузозахватными устройствами 4 для совков. Полупортал 3 опирается на два рельса, проложенные на рабочей площадке и подкрановых балках. Ходовая часть машины состоит

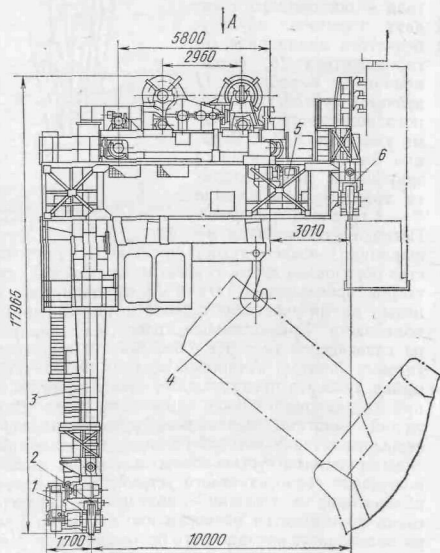
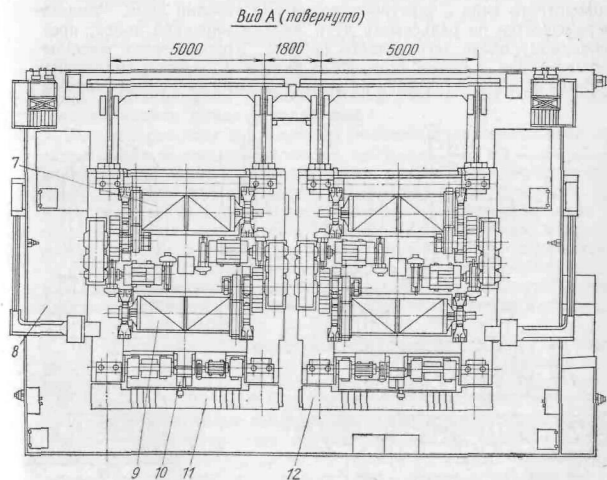


Рис. III.14. Полупортальная машина грузоподъем-

из четырех двухколесных балансирных тележек 2 и 6, установленных попарно на двух уровнях. Каждая балансирная тележка имеет одно приводное ходовое колесо. Приводы 5 верхних балансирных тележек расположены на платформе полупортала. Каждый из приводов состоит из электродвигателя, тормоза, вертикального трехступенчатого редуктора и соединен с ходовым колесом промежуточным валом с двумя зубчатыми муфтами. Все четыре привода механизма передвижения машины оснащены однотипными узлами и электродвигателями. Отличие между верхними и нижними 1 приводами состоит в том, что последние смонтированы непосредственно на балансире.

Тележки 11 и 12 левого и правого исполнений. Ходовая часть и механизм передвижения 10 тележки состоят из двух приводных и двух неприводных колес, трехступенчатого вертикального редуктора, тормоза, электродвигателя и промежуточных валов с зубчатыми муфтами, соединяющих привод с ходовыми колесами. Тележка снабжена двухбарабанным канатным механизмом подъема и кантования совка, включающим в себя два однотипных независимых привода барабанов 7 и 9. Каждый привод оснащен элек-



нью 2×130 т для завалки лома в конвертер

тродвигателем, двумя тормозами, двухступенчатым редуктором и открытой зубчатой передачей.

Техническая характеристика крановых загрузочных машин

	Мостовая	Полупортальная
Грузоподъемность, т	2×200	2×130
Скорость, м/мин:		
передвижения машины	95	50
передвижения тележки	39	30
подъема	9	9,8
Мощности электродвигателей, кВт, механизмов:		
передвижения машины	4×37	4×30
передвижения тележки	37	22
подъема	2×250	2×160
Масса машины, т	326,8	359

Напольные рельсовые машины используют в основном для загрузки конвертеров вместимостью до 100—160 т. На машине устанавливают от одного до трех совков. В зависимости от типа привода механизма наклона совков различают машины с электроприводом и гидравлические.

На рис. III.15 показана отечественная машина наклонно-поворотного типа с электроприводом для завалки лома. Машина перемещается по рельсовому пути железнодорожной колеи, проложенному вдоль загрузочного пролета. Ходовая часть машины четырехосная с одним приводным скатом 1. Привод механизма передвижения 2 установлен на льюлке 3, которая с одной стороны

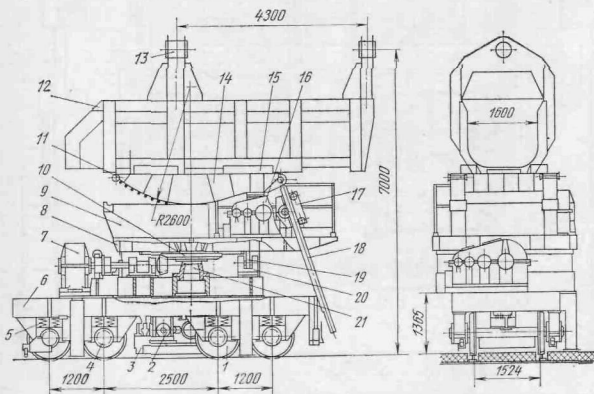


Рис. III.15. Машина наклонно-поворотного типа для завалки лома

опирается подшипниками на ось приводного ската, а с другой через пружинную подвеску соединена к раме машины. В состав привода входят электродвигатель, тормоз и цилиндрический редуктор. Между рамой машины 6 и буксами 4 установлены батареи рессорных пружин 5. Поворотная платформа 8 опирается на ролики 19, заключенные в обоймы 20. Горизонтальные нагрузки воспринимаются центральной осью 21. Привод 7 механизма поворота платформы состоит из электродвигателя ($P = 11$ кВт), тормоза, трехступенчатого цилиндрического редуктора и открытой конической передачи 10, колесо которой соединено с поворотной платформой. Сверху на платформе расположены две опорные балки 9, на которые своими сегментами 14 опирается льюлка 15.

Привод механизма 16 наклона льюлки также установлен на поворотной платформе и состоит из электродвигателя ($P = 11$ кВт), тормоза, трехступенчатого редуктора и речной передачи 18. Зубчатая рейка шарнирно соединена с льюлкой и заключена в качающуюся обойму 17 с ограничительными роликами. Обойма обеспечивает нормальное зацепление речной пары при различных наклонах рейки. При включении привода под воздействием рейки происходит качение сегментов льюлки по опорным балкам. Совок 12 ($V = 15$ м³), устанавливаемый на льюлку, совершает сложное движение — качательное и одновременно поступательное. При этом носок совка приближается к горловине конвертера. Для предупреждения прокаливания в опорно-поворотной части льюлки сегменты снабжены шипами 11, а в опорных балках сделаны соответственные отверстия. Управление механизмами машины дистанционное. Поворот платформы и наклон льюлки ограничиваются командоаппаратами.

Машина работает в следующей последовательности. Совок 12 захватывает мостовым краном за проушины 13, устанавливает на льюлку и машиной транспортирует к конвертеру. Механизмом поворота совка разворачивают в горизонтальной плоскости на угол 90°, а затем перемещением машины ось совка совмещают с осью горловины конвертера. Включением механизма наклона льюлку вместе с совком кантуют и ссыпают лом в конвертер.

Достоинство машины — возможность загрузки полной порции лома одним совком, что резко сокращает продолжительность завалки. Недостатки состоят в сложности конструкции и проведения ремонтных работ.

За рубежом в кислородно-конвертерных цехах для загрузки металлолома в конвертер применяют как крановые (мостовые и полупортальные), так и напольные машины, отдавая предпочтение первым. В США получили распространение комбинированные загрузочно-заливные машины, осуществляющие последовательно односовковую загрузку металлолома и одноразовую заливку чугуна в конвертер из чугуновозного ковша. Комбинированные машины выполняют мостового и полупортального типов с установой на их параллельных путях двух тележек — загру-

зочной и заливочной. Загрузочные тележки по устройству и принципу работы подобны тележкам рассмотренных отечественных загрузочных машин кранового типа. Заливочные тележки по конструкции аналогичны главным тележкам мостовых заливочных (литейных) кранов, но на них дополнительно установлен механизм вспомогательного подъема, используемый для кантования ковша. В некоторых полупортальных комбинированных машинах загрузочная тележка заменена поворотным столом и канатным механизмом для кантования груженого совка.

На ряде зарубежных заводов применяют самоходные завалочные машины фирмы «Кальдерон». Лом доставляется в загрузочный пролет скраповозом в совках вместимостью 20—65 т, которые краном поочередно устанавливаются на машину. При опрокидывании совка механизмом наклона лом по поперечному лотку поступает в конвертер. Малотоннажные конвертеры загружают ломом из одного совка, большегрузные — из нескольких.

Скраповозы

Скраповозы предназначены для транспортировки совков с ломом из шихтового отделения магнитных материалов в загрузочный пролет конвертерного цеха (грузоподъемностью 260 и 350 т). Грузенные совки устанавливаются на скраповоз краном с поворотной тележкой; лом можно перевозить и в нагретом состоянии (при температуре до 600 °С).

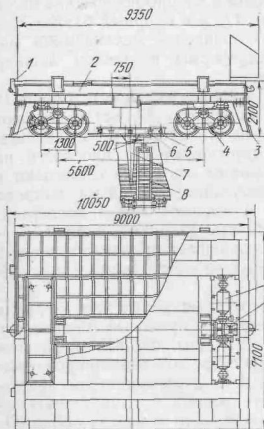


Рис. III.16. Самоходный скраповоз грузоподъемностью 350 т

Скраповоз грузоподъемностью 350 т (рис. III.16) состоит из сварной рамы 2, хвостовой части с четырьмя скатами 4, двух механизмов передвижения и токосъемного устройства. Для правильной установки совков на верхнем поясе рамы приварено десять упоров 1. В состав механизма передвижения входят электродвигатель 9, редуктор 10 и тормоз. Токосъемное устройство прикреплено к тележке снизу и состоит из бугеля 7 с кареткой 8, на которой установлены токосъемники. Для обеспечения устойчивости каретки на ней предусмотрены опорные нижние ролики, перемещающиеся по рельсу, два верхних и четыре

нижних боковых упорных ролика. Щель троллейного тоннеля перекрыта металлической лентой 5, для укладки которой предусмотрено специальное устройство 6. Для очистки рельсов от мусора, брызг металла и шлака установлены четыре скребка 3.

Скраповоз оборудован системой централизованной густой смазки. Управление скраповозом дистанционное.

Чугуновозы для подачи жидкого чугуна к конвертерам

Как было указано, чугун из доменного цеха в конвертерный можно доставлять в передвижных миксерах или в чугуновозах от стационарных миксеров. Чугуновозы бывают самоходные и несамоходные (транспортируемые тепловозом). Чугуновозы первого типа используют в конвертерных цехах для доставки чугуна из отделения перелива в конвертерный пролет.

Самоходный чугуновоз грузоподъемностью 450 т с ковшем вместимостью 350 т (рис. III.17) состоит из сварной рамы, опирающейся на балансиры, двух механизмов передвижения с двигателями мощностью 2×38 кВт, скребкового и токоприемного устройств. Верхнюю поверхность рамы чугуновоза футеруют огнеупорным кирпичом для защиты от вытекания жидкого металла. Управление чугуновозом дистанционное.

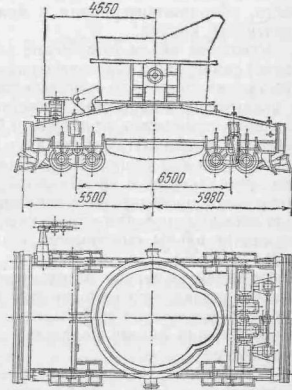


Рис. III.17. Самоходный чугуновоз с ковшем вместимостью 350 т

6. КОНСТРУКЦИЯ КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ И МЕХАНИЗМОВ ПОВОРОТА

Увеличение вместимости конвертеров повышает технико-экономические показатели кислородно-конвертерного производства стали.

В настоящее время в СССР находятся в эксплуатации конвертеры вместимостью 50, 100, 130, 250, 300—350 и 350—400 т. В ближайшем будущем намечается вводить в действие кислородно-конвертерные цеха с конвертерами еще большей вместимости.

Создание конвертеров большой вместимости потребовало решения ряда конструктивных и технологических проблем, к числу которых относятся выбор оптимальных параметров и формы корпуса, создание принципиально новых конструкций узлов крепления корпуса к опорному кольцу, опорно-поворотной части и привода.

Конвертеры большой вместимости отличаются крупными габаритами корпуса (высота до 12 м, диаметр до 8 м), большой массой, достигающей 2000—2500 т, тяжелыми условиями работы механизма поворота и опорных узлов, подверженных действию больших статических и динамических нагрузок, высокой и неравномерной температурой нагрева корпуса и опорного кольца, большими силовыми и температурными напряжениями в элементах металлоконструкций и привода и т. д.

Современные конвертеры состоят из цилиндрической средней части, сферического днища и концентричной горловины в виде усеченного конуса.

Удельный объем (отношение внутреннего объема к массе металла) для мощных конвертеров находится в пределах $0,7—1,1 \text{ м}^3/\text{т}$. Исходя из того, что уменьшение удельного объема приводит к увеличению количества выбросов, для новых конвертеров его значение принимают примерно $0,9 \text{ м}^3/\text{т}$. Отношение высоты конвертера к его диаметру составляет $1,8—1,2$; для крупнотоннажных конвертеров оно равно $1,3$. Глубина ванны металла для конвертеров, находящихся в эксплуатации, составляет $1,6—1,9$ м. Новые конвертеры проектируют с ваннами глубиной около $1,8$ м. Удельную площадь поверхности ванны, т. е. отношение площади поверхности ванны вместимости конвертера выбирают в пределах $0,12—0,18 \text{ м}^2/\text{т}$.

При заливке чугуна, загрузке лома, взятии проб металла, сливе стали и шлака, при ремонте футеровки конвертер поворачивают. С целью улучшения работы подшипников опор и равномерного распределения смазки конвертер периодически поворачивают несколько раз.

Современные конвертеры снабжены механизмами поворота с электроприводами. С целью повышения надежности работы приводы делают многодвигательными. Применяют приводы конвертеров трех основных типов: стационарные, полунравесные и навесные. В зависимости от того, одна или обе цапфы приводные, приводы подразделяют на односторонние и двусторонние.

Конструкция конвертеров и их узлов

На рис. III.18 показана конструкция конвертера вместимостью 250 т со стационарным двусторонним приводом. Корпус 1 конвертера глухой, сварной конструкции, на горловине закреплен водоохлаждаемый сменный шлем. Крепление корпуса в опорном кольце 3 осуществлено шестнадцатью кронштейнами, прива-

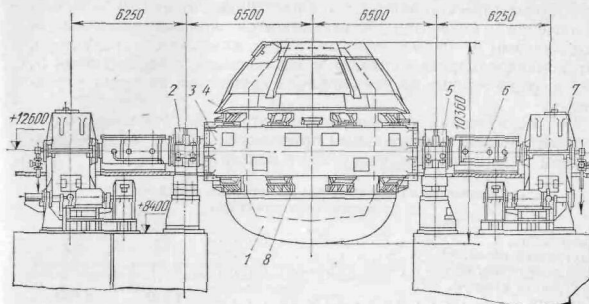


Рис. III.18. Конвертер вместимостью 250 т со стационарным двусторонним приводом

рными к корпусу сверху и снизу опорного кольца. Верхними кронштейнами 4 корпус опирается на верхний пояс опорного кольца. Нижние кронштейны 8 выполнены с наклонными плоскостями и находятся в контакте с угловыми башмаками, приваренными к опорному кольцу. Правильный выбор угла наклона контактных поверхностей нижних опорных узлов (он зависит от коэффициента трения и тепловых деформаций) должен обеспечить надежность крепления и независимость деформаций опорного кольца и корпуса конвертера при их нагревании. Узлы крепления закрыты от попадания металла и шлака кожухом. Опорное кольцо составное. Цапфовые плиты прикреплены к полукольцам шпильками. Опоры конвертера 2 и 5 установлены на сварных станциях. В подшипниковых узлах использованы специальные сферические и конические роликоподшипники. Одна опора — фиксированная, другая — плавающая. Такое устройство опорно-поворотной части обеспечивает компенсацию перекоса и осевого смещение цапф при тепловых и силовых деформациях опорного кольца. Приводы 7 механизма поворота конвертера установлены на отдельных рамах и соединены с цапфами опорного кольца универсальными шпильками 6, выполняющими роль компенсирующих соединительных муфт.

Каждый привод (рис. III.19) снабжен двумя электродвигателями постоянного тока 2, двумя тормозами 3, двумя быстроходными двухступенчатыми редукторами 1, тихоходным двухступенчатым редуктором 4 с двумя ведущими валами и универсальными шпильками 9, обеспечивающими нормальную работу подшипников тихоходного редуктора при перекосе приводной цапфы 10 и деформации металлоконструкций. Требуемая частота вращения конвертера поддерживается тахогенератором 8, включенным в схему управления электроприводом и соединенным через одноступенча-

тый кинематический редуктор 7 с электродвигателем. В заданных положениях конвертер останавливается командоаппаратом 6, соединенным с промежуточным валом тихоходного редуктора. От командоаппарата приводится во вращение сельсин-датчик 5, передающий данные об угле наклона конвертера на пульт управления.

В эксплуатации находятся конвертеры вместимостью 130 т с односторонним стационарным приводом по конструкции и параметрам аналогичным приводу 250-т конвертера.

Техническая характеристика кислородных конвертеров со стационарными приводами

Вместимость, т	130	250
Внутренний объем, м ³	108	250
Удельный объем, м ³ /т	0,83	0,82
Внутренние размеры, мм:		
диаметр	4 820	6 600
высота	7 660	8 825
Габаритные размеры, мм:		
длина	18 920	28 000
ширина	8 170	10 900
Масса без футеровки, т	585	1292
Масса футеровки, т	303	—
Масса днища, т	467	—
Частота вращения, об/мин:		
номинальная	1,0	1,0
минимальная	0,1	0,1
Схема привода	Односторонний	Двусторонний
Электродвигатели:		
мощность, кВт	2×135	2×2×135
частота вращения, об/мин	470	470
Передаточные числа:		
быстроходного редуктора	26,9	26,9
тихоходного редуктора	19,75	17,5
общее	531,275	470,75

Полунавесные многодвигательные приводы позволяют уменьшить размеры тихоходной передачи вследствие уменьшения модуля зацепления, увеличить число электродвигателей привода без особого усложнения конструкции и, следовательно, значительно повысить надежность механизма поворота.

На рис. III.20 показана кинематическая схема полунавесного четырехдвигательного привода отечественного конвертера с навесным тихоходным редуктором и стационарными быстроходными редукторами. Электродвигатели 1, тормоза и быстроходные редукторы 2 расположены на раме попарно на двух уровнях. Тихоходный редуктор 5 посажен на приводную цапфу конвертера 6. Специальное буферное устройство предупреждает поворот корпуса относительно фундаментной рамы. Приводные шестерни 4 тихоходного редуктора связаны с ведомыми валами быстроходных редукторов универсальными шпинделями 3.

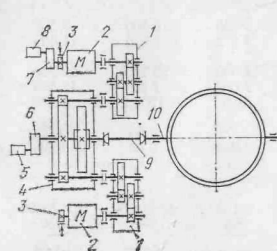


Рис. III.19. Кинематическая схема механизма поворота конвертера вместимостью 250 т со стационарным приводом (с одной стороны)

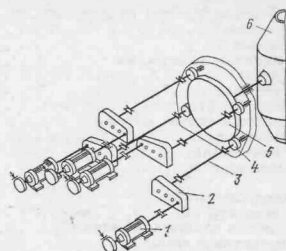


Рис. III.20. Кинематическая схема полунавесного четырехдвигательного привода

Привод такой конструкции обладает рядом преимуществ перед стационарным, однако не лишен главного недостатка, заключающегося в значительной длине валопроводов и большом количестве соединений.

Поскольку стационарные и полунавесные приводы представляют собой многомассовые системы с упругими связями и зазорами в соединениях, при работе в переходных периодах возникают большие динамические нагрузки и раскачивание корпуса. Коэффициенты динамичности нагрузки (по результатам исследований приводов конвертеров в СССР и за рубежом) составляют 1,5—4,0. Из-за указанных недостатков эти приводы не применяют на отечественных конвертерах.

Применение в механизмах поворота конвертеров *приводов навесного типа* резко уменьшило их динамическую нагруженность и раскачивание корпуса, повысило эксплуатационную надежность, значительно уменьшило массу и габариты механизма. В СССР навесными приводами оборудованы конвертеры вместимостью 50, 100, 160, 300—350 и 350—400 т.

Конструкции узлов крепления корпуса в опорном кольце, опор приводов механизма поворота конвертеров имеют много общего. Конвертер вместимостью 100 т имеет односторонний восьми-двигательный навесной привод, а конвертеры вместимостью 160, 300—350 и 350—400 т — однотипные навесные приводы с одинаковыми параметрами: 160-т — односторонний шестидвигательный, 300—350 и 350—400-т — двусторонний двенадцатидвигательный.

Техническая характеристика кислородных конвертеров с навесными многодвигательными приводами

Вместимость, т	160	300—350	350—400
Внутренний объем, м ³	135	267,8	320
Удельный объем, м ³ /т	0,84	0,89	0,9—0,8

Внутренние размеры по футеровке, мм:			
диаметр	5 450	6 600	7 000
высота	7 275	9 570	11 050
Габаритные размеры, мм:			
длина	14 000	20 730	22 700
ширина	7 680	7 680	12 400
Масса без футеровки, т	926	1204,2	1 225
Частота вращения, об/мин:			
номинальная	1,09	1,03	1,03
минимальная	0,026	0,04	0,04
Схема привода			
	Односторонний	Двусторонний	
Электродвигатели:			
мощность, кВт	6×60	6×2×60	6×2×60
частота вращения, об/мин	950	950	950
Передаточные числа:			
быстроходного редуктора	92,25	92,25	92,25
тихоходного редуктора	10	10	10
общее	922,5	922,5	922,5

Устройство конвертера с навесным двусторонним приводом, конструкцию его узлов и механизма поворота рассмотрим на примере конвертера вместимостью 350—400 т (рис. III.21).

Симметричный сварной корпус 1 конвертера со вставным днищем 10 внутри футерован моноклитной кладкой из смоло-магнезитовых блоков. Корпус соединен с опорным кольцом 2 шарнирной системой, обеспечивающей независимость их тепловых расширений. Узлы крепления и опорное кольцо закрыты от попаданий металла и шлака защитным кожухом, приваренным к корпусу.

Из двух опор 5 конвертера одна фиксированная, другая — плавающая; обе цапфы приводные. Механизм поворота конвертера снабжен двумя одинаковыми шестидвигательными приводами навесного типа. Каждый привод состоит из тихоходного редуктора 6, посаженного на цапфу 3, шести быстроходных навесных редукторов 7 с электродвигателями 4, качающейся рамы 11 тихоходного редуктора и систем фиксации тихоходного и быстроходных редукторов с пружинными буферами 9 и 8.

Корпус 2 конвертера (рис. III.22) сварен из нескольких обечайек, полученных гибкой и штамповкой из листового металла, — конических в верхней части, цилиндрических в средней и сферической в нижней. Горловина конвертера усилена литой конической обечайкой, к которой болтами крепят массивный литой шлем 1. Отсутствие выступающих частей на шлеме и обечайке облегчает удаление настывшей. Опыт эксплуатации водоохлаждаемых шлемов не показал их преимуществ перед цельнолитыми. Цилиндрическая часть корпуса усилена приваренным несущим поясом 8, состоящим из подвесок, связанных двумя рядами верхних и нижних дугообразных ребер жесткости. В сферическую обечайку вварено опорное литое кольцо, служащее для крепления вставного днища клиньями. Последнее отсоединяют от корпуса при проведении ремонта с целью облегчения ломки и удаления выгорев-

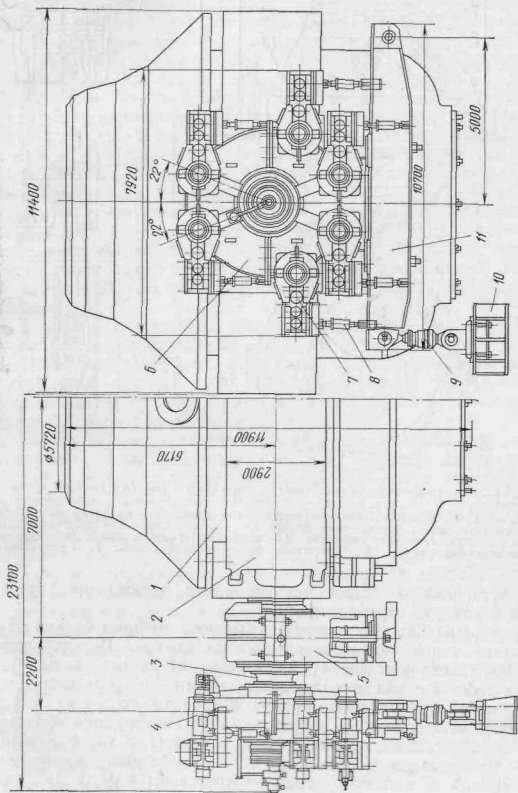


Рис. III.21. Конвертер вместимостью 350—400 т с двусторонним навесным приводом

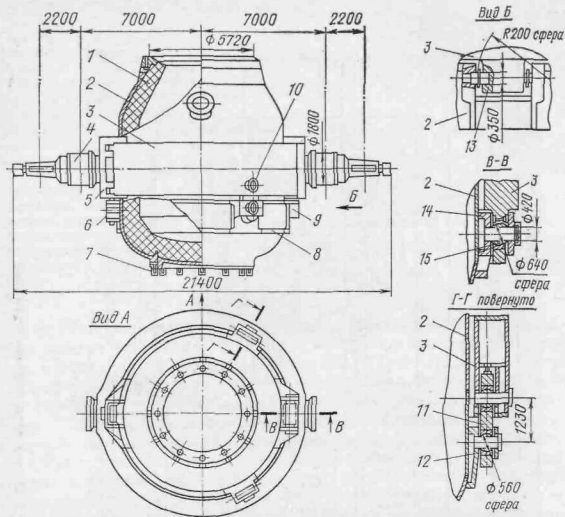


Рис. 111.22. Корпус конвертера вместимостью 350—400 т с опорными кольцом и узлами крепления: 1 — шлем; 2 — корпус; 3 — опорное кольцо; 4 — цапфа; 5 — цапфовая плита; 6 — фиксированная опора; 7 — вставное днище; 8 — несущий пояс; 9 — упор; 10 — шарнирная подвеска; 11 — тяга подвески; 12 — шаровой шарнир подвески; 13 — сферическое подпятники упора; 14 — кронштейн фиксированной опоры; 15 — сферический шарнир опоры

шей футеровки, а также для ускорения охлаждения корпуса подачи воздуха вентиляторами.

В современных конвертерах применяют опорные кольца двух основных типов: цельносварные и составные. Цельносварное опорное кольцо (см. рис. 111.22) выполняют из двух литых цапфовых плит 5 с запрессованными цапфами 4 и двух сваренных между собой при монтаже секторов 3 коробчатого сечения с внутренними вертикальными ребрами. Такая конструкция представляет собой статически неопределимую систему, в которой возникают значительные напряжения от неравномерного распределения усилий и нагрева кольца. В составном кольце цапфовые плиты соединены со сварными секторами цилиндрическими шарнирами, образуя статически определяемую систему. Температурные и механические напряжения в элементах кольца при этом резко снижаются.

Цапфу обычно запрессовывают в цапфовую плиту, предварительно охлаждая ее в жидком азоте или нагревая плиту. Болтовое крепление в настоящее время не применяют из-за вытяжки болтов при нагреве. Учитывая снижение несущей способности цапф при нагреве, их делают водоохлаждаемыми. Опорные кольца водой не охлаждают из-за опасности близкого соседства больших масс воды и расплавленного металла. Известны случаи применения принудительного воздушного охлаждения.

Большие нагрузки, действующие на опоры конвертера, требуют использования в ряде случаев крупногабаритных подшипников качения с внутренним диаметром, большим посадочного диаметра цапфы по условиям прочности. Для того чтобы не увеличивать диаметр цапфы и не создавать резких переходов, напрессовывают переходные втулки.

Большое влияние на прочность и надежность узлов конвертера (корпуса, опорного кольца, опор и привода) оказывает способ крепления корпуса в опорном кольце. Поскольку тепловые расширения корпуса и опорного кольца неодинаковы, система крепления должна обеспечить независимость их температурных деформаций.

Первые отечественные конвертеры вместимостью 100—130 т были без опорного кольца, его роль выполнял пояс усиления, приваренный к корпусу. При такой конструкции наблюдались разрушения сварных швов, трещины в корпусе и недопустимо большой перекос цапф. Приваренные к корпусу опорные кольца также не дали положительного результата.

На нескольких отечественных конвертерах применена система крепления, в которой опорное кольцо охватено двумя рядами верхних и нижних кронштейнов, приваренных к корпусу. Для исключения радиального смещения корпуса контактные поверхности нижних кронштейнов и башмаков на опорном кольце сделаны наклонными. Такая конструкция частично решила задачу независимости температурных расширений корпуса и опорного кольца, но создала статически неопределимую систему, работоспособность которой в значительной степени зависит от точности изготовления и монтажа крепления корпуса и кольца, состояния контактных пар и т. д. Опыт эксплуатации показал, что такая система крепления работает неудовлетворительно.

Все отечественные конвертеры имеют шарнирные статически определенные системы крепления корпуса в опорном кольце, впервые разработанные в СССР. В конвертерах вместимостью 100, 160, 300—350 и 350—400 т применены системы крепления, отличающиеся числом шарнирных подвесок и устройствами упоров.

Система крепления 300—350-т конвертера (рис. 111.23, а) состоит из трех подвесок, расположенных под углом 120° друг к другу, и двух упоров, установленных под цапфами. Тяги подвесок 5 и 6 соединены с корпусом 1 и опорным кольцом 3 сферическими шарнирами. Фиксированная подвеска 2 снабжена допол-

нительным цилиндрическим шарниром, ликвидирующим степень свободы корпуса в плоскости, проходящей через ось цапф. Этим исключается раскачивание конвертера при продувке металла кислородом. Упоры 4 и 7 воспринимают усилия при наклоне конвертера и одновременно предупреждают раскачивание корпуса под воздействием колебаний жидкого металла. В вертикальном положении конвертера нагрузка от силы тяжести футерованного корпуса и жидкого металла передается опорному кольцу только тремя подвесками.

В системе крепления, принятой для 350—400-т конвертера (рис. III.23, б), применены две подвески 2 и 5 со сферическими

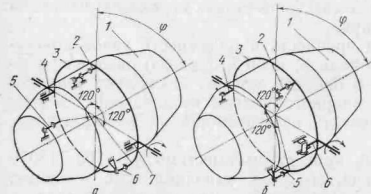


Рис. III.23. Системы крепления корпуса конвертера в опорном кольце

шарнирами, упор 6 и фиксированная опора 4 с одним сферическим шарниром. Опора и упор расположены под цапфами. Подвески смещены в обе стороны от опоры на угол 120° и образуют вместе с ней систему, передающую вертикальные нагрузки опорному кольцу. Упор с двумя сферическими подпятниками фиксирует корпус 1 в опорном кольце 3 со стороны одной цапфы и предупреждает его раскачивание при продувке металла и наклоне. Нагрузки, возникающие при повороте конвертера, воспринимаются всей системой крепления — подвесками, опорой и упором. Конструкция узлов крепления корпуса в опорном кольце для конвертера вместимостью 350—400 т показана на рис. III.22.

Вторая система крепления обладает некоторыми преимуществами перед первой: вместо пяти узлов крепления установлены четыре, более надежная конструкция узлов, воспринимающих нагрузки при наклоне конвертера и предупреждающих раскачивание корпуса.

Основные достоинства рассмотренных систем крепления корпуса в опорном кольце — их статическая определенность, самоуправливаемость корпуса, независимость температурных деформаций корпуса и опорного кольца и, как следствие, отсутствие дополнительных напряжений, расположенные узлы крепления в зоне наименьшего нагрева, надежная работа в любом положении конвертера без смещений и ударов.

В конвертере вместимостью 350—400 т применен механизм поворота с двусторонним приводом навесного типа. Преимуще-

ства двустороннего привода перед односторонним — уменьшение в два раза крутящих моментов, подводимых к цапфе и опорному кольцу. В периоды пуска и установившегося режима работы крутящие моменты на цапфах могут несколько отличаться, однако на прочность опорного кольца более существенное влияние оказывает крутящий момент при одностороннем приводе. Кинематические схемы механизма поворота, систем фиксации тихоходного и быстроходных редукторов и опор конвертера приведены на рис. III.24.

Привод, установленный с каждой стороны конвертера, состоит из одноступенчатого навесного тихоходного редуктора 1, шести

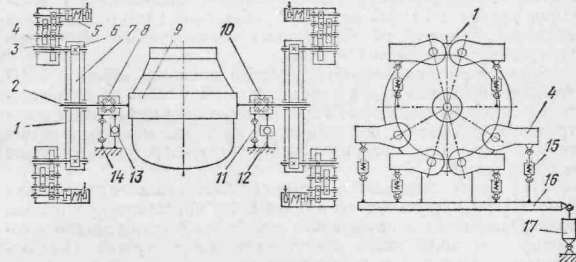


Рис. III.24. Кинематическая схема механизма поворота с двусторонним приводом, системы фиксации тихоходного и быстроходных редукторов и опор конвертера вместимостью 350—400 т

трехступенчатых быстроходных редукторов 4 навесного типа, шести электродвигателей 5 со встроенными тормозами и систем фиксации тихоходного и быстроходных редукторов с пружинными демпферами.

Тихоходный редуктор с шестью приводными валами-шестернями 6 втулкой колеса 7 посажен на коническую шейку 2 цапфы опорного кольца 9. Корпус редуктора соединен с качающейся рамой 16, которая через гидравлический демпфер 17 связана с основанием. Такая конструкция предупреждает поворот корпуса под действием реактивного опрокидывающего момента и гасит динамические нагрузки, возникающие в системе. Сферические шарниры в узлах крепления демпфера обеспечивают его самоуправление при перекосах.

Неподвижная 8 подшипниковая опора смонтирована на опорной колонне 14 с фиксатором 13, плавающая 10 — на колонне с подвижным фиксатором 12.

Быстроходные редукторы втулками 3 колес последних передач посажены на конические хвостовики валов-шестерен тихоходного

редуктора. Фиксирование редукторов выполнено пружинными демпферами 15 с винтовыми стяжками, связывающими корпусы редукторов с качающейся рамой или корпусом тихоходного редуктора.

Автоматическая остановка конвертера в заданных положениях осуществляется двумя командоаппаратами. Углы поворота конвертера регистрируются на пульте управления с помощью сельсинов.

Командоаппараты и сельсины-датчики приводятся от двух валов-шестерен тихоходного редуктора через кинематические редукторы. Скорость поворота конвертера измеряется и поддерживается посредством двух тахогенераторов, соединенных с ведущими валами двух быстроходных редукторов. Электродвигатели приводов питаются от тиристорных регулируемых источников постоянного напряжения — РИН.

Электродвигатели левого и правого приводов вместе с РИН выделены в группы по два и соединены между собой по последовательно-перекрестной схеме. Такое соединение силовых цепей электродвигателей позволяет уравнивать их крутящие моменты и значительно уменьшить уравнительный момент, передаваемый через опорное кольцо.

На литых корпусе и крышке быстроходного редуктора (рис. III.25) предусмотрены приливы для крепления кронштейна электродвигателя и пружинного демпфера. Электродвигатель соединен с ведущим валом редуктора зубчатой муфтой. Подшипниковые узлы валов снабжены коническими роликоподшипниками с централизованной подачей смазки. Колесо последней зубчатой передачи закреплено шпонкой на втулке, установленной в корпусе редуктора на подшипниках качения.

Быстроходный редуктор насаживают на конический хвостовик вала-шестерни тихоходного редуктора и снимают с него с помощью малой гидрошайбы, представляющей собой гидромомкрат с шестью гидроцилиндрами, расположенными в корпусе по окружности. Для соединения с гидрошайбой на выступающей части втулки редуктора нарезана наружная резьба.

Тихоходный редуктор (рис. III.26) разъемной конструкции изготовлен с литыми корпусом и крышкой, в которых по окружности расположены шесть гнезд под подшипниковые узлы приводных валов-шестерен. К корпусу прилиты лапы для его соединения с качающейся рамой. Зубчатое колесо посажено на шпонках на массивную втулку, установленную в центральном гнезде корпуса на двух роликоподшипниках. Внутри втулка расточена на конус для посадки редуктора на коническую шейку цапфы опорного кольца. Тихоходный редуктор напрессовывают на цапфу и снимают с помощью гидрошайбы (шестицилиндрового гидромомкрата), навинчиваемой на хвостовик втулки.

К достоинствам навесных многодвигательных приводов отно-

существенное повышение надежности работы механизма поворота конвертера, так как выход из строя части электродвигателей не приводит к отказу в работе:

устранение длинных валопроводов и применение демпферов в системах фиксирования тихоходного и быстроходного редукторов, что способствовало резкому снижению динамических нагрузок в приводе;

многопоточное разветвление мощности в тихоходном редукторе, которое позволило уменьшить нагрузки на зубья передачи, принять меньшую величину модуля и свести к минимуму габариты редуктора;

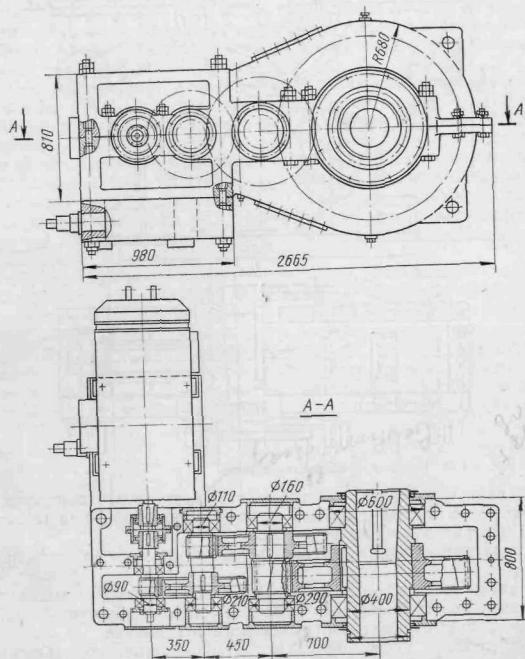


Рис. III.25. Навесной быстроходный редуктор

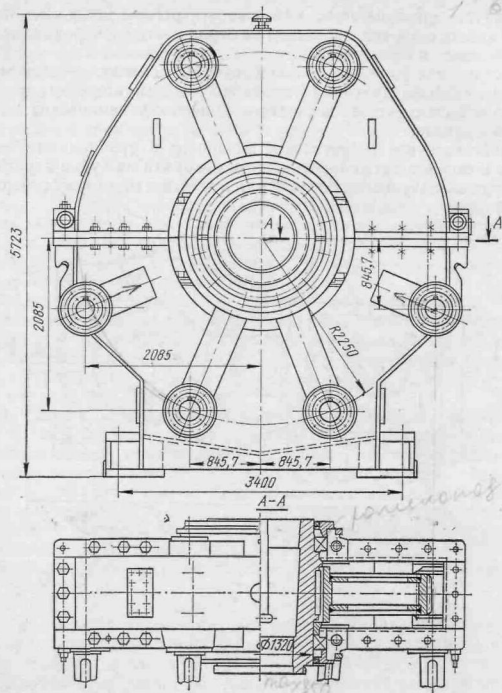


Рис. 111.26. Навесной тихоходный редуктор

применение навесных быстроходных редукторов, что позволило ускорить их замену и создать условия для организации поузлового централизованного ремонта;

отсутствие влияния перекаса цапф на работоспособность привода;

значительно меньшие общие габариты привода и масса по сравнению со стационарным приводом той же мощности; не требует специального массивного фундамента.

За рубежом также применяют стационарные, полунавесные и навесные многодвигательные приводы, отдавая предпочтение

последним. На рис. 111.27, а приведена конструктивная схема четырехдвигательного навесного привода с тихоходным редуктором 1, быстроходными редукторами 2 и двумя симметрично расположенными пружинными демпферами 3. В конструкции двухдвигательного привода (рис. 111.27, б) с навесным тихоходным редуктором 4 и стационарными быстроходными редукторами применены два горизонтальных демпфера 5, связанных с вертикальной балкой 6 тихоходного редуктора. Односторонние демпферы снабжены пакетами тарельчатых резиновых пружин. Подвеска тихоходного редуктора 7 (рис. 111.27, в) состоит из вертикальных рычагов 8 и коромысел 9, посаженных на вал 10, который установлен в подшипниках на фундаментной раме и нагружен уравновешивающим моментом. Устройство позволяет не только компенсировать перекас и осевое смещение тихоходного редуктора, посаженного на цапфу опорного кольца, но и уменьшает ударные нагрузки на подшипниковые опоры.

Опоры конвертера, помимо восприятия больших вертикальных и горизонтальных сил, должны компенсировать перекасы и значительные осевые перемещения цапф, вызванные тепловыми деформациями опорного кольца и погрешностями при изготовлении и монтаже. Опоры смонтированы на сварных рамах, закрепленных в фундаменте. Одна опора фиксированная, другая — плавающая, подвижная в осевом направлении. Опоры смонтированы на конических роликоподшипниках. Отечественная конструкция опорной системы конвертера (рис. 111.28) по надежности и долговечности превосходит зарубежные образцы.

Каждая опора кольца 4 корпуса конвертера состоит из обоймы 2, смонтированной на цапфе 3. Обойма опирается на две колонны 9 со сферическими подшипниками. Верхние подшипники 5 смонтированы на цапфах 7, нижние 11 на цапфах 10 станины. В нижней части обоймы установлен штырь 6, на котором находится сферическая втулка 8. На фиксированной опоре втулка помещена в цилиндрическое гнездо станины, на плавающей опоре — в гнездо 1 с пазом в направлении, параллельном оси цапф конвер-

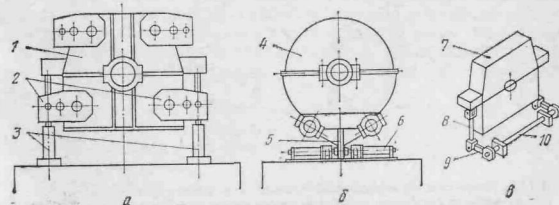


Рис. 111.27. Навесные и полунавесные приводы зарубежных конвертеров

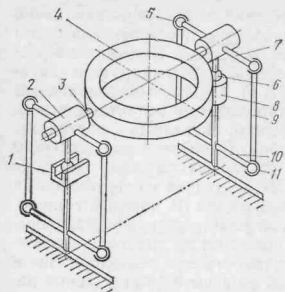


Рис. III.28. Схема компенсирующих опор конвертера

тера. Перекосы компенсируются шарнирным креплением обойм в стойках и стоек в станине, а осевые перемещения от термических деформаций опорного кольца — поворотом шарнирно закрепленных на корпусе стоек и осевым перемещением обоймы плавающей опоры со сферической втулкой в продольном пазе.

Работа пространственных шарнирных систем фиксированной и плавающей опоры при осевой перемещении показана на рис. III.29.

Конструкция опоры конвертера вместимостью 350—400 т приведена на рис. III.30.

Опора состоит из литого основания 8, корпуса 2 подшипников, крышки 1, двух конических роликоподшипников 3, двух опорных колонн 5 со сферическими пятнами 4 и фиксатора 7. Конические роликоподшипники посажены на промежуточную втулку, напрессованную на цапфу, и зафиксированы в осевом направлении кольцевой гайкой. Между внутренними и наружными кольцами роликоподшипников установлены распорные втулки. Торцовые крышки

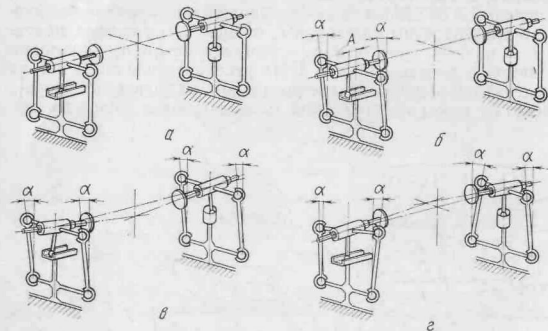


Рис. III.29. Схема смещения шарнирной системы опор конвертера:
а — при нормальном положении цапфы; б — при тепловом расширении опорного кольца;
а', б' — при перекосах цапф соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскостях

подшипникового узла снабжены лабиринтовыми и регулируемыми сальниковыми уплотнениями. Со стороны опорного кольца уплотнения закрыты кожухом, исключающим попадание металла и шлака. Смещение крышки по отношению к корпусу подшипника предупреждает закладной цилиндрический фиксатор. Закладные стержни 6 с молотковыми головками ограничивают наклон корпуса при поломке и заклинивании роликоподшипников. Корпус подшипников опирается на основание через опорные колонны с верхними и нижними сферическими пятнами.

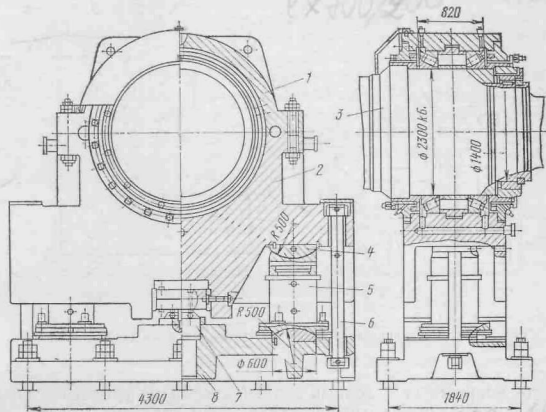


Рис. III.30. Опора конвертера вместимостью 350—400 т

Фиксированная и плавающая опоры отличаются конструкцией фиксаторов. В обеих опорах шип фиксатора закреплен в основании, а на его сферическую головку посажен разъемный сухарь, входящий в посадочное место корпуса подшипников, но в фиксированной опоре сухарь входит во втулку, закрепленную в гнезде корпуса, а в плавающей опоре — в продольный паз корпуса с боковыми накладками.

Кислородные конвертеры с донным дутьем, как правило, применяют при замене маргеновского, бессемеровского и томасовского способов производства стали конвертерным с использованием существующих зданий.

Для защиты от быстрого износа дна и фурм в реакционной зоне (зоне ввода кислорода) в конвертерах с донным дутьем используют углеводородсодержащий газ или жидкое топливо, пода-

ваемое по кольцевому каналу фурмы, образованному двумя металлическими трубами — центральной (для кислорода) и внешней. Вместе с кислородом по центральной трубе фурмы, как правило, подают порошковую известь. Так как реакция разложения топлива в зоне проникновения кислородной струи в металл эндотермическая, его температура относительно низка, топливная оболочка действует как охладитель, защищая фурменное устройство и днище от перегрева, разгара и разрушения. В последнее время были найдены радикальные меры по повышению надеж-

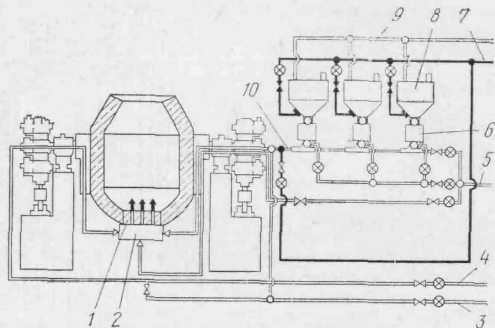


Рис. III.31. Принципиальная схема конвертера с донным газокислородным дутьем

ности конвертеров с донным дутьем: стойкость футеровки днищ увеличилась; выход годной стали повысился на 1,5—2,5 %; количество отходящих газов уменьшилось примерно в три раза; повысилась интенсивность продувки и появилась возможность переплавлять более крупные куски лома и др.

На рис. III.31 показана принципиальная схема конвертера вместимостью 300 т с донным газокислородным дутьем с системой подачи кислорода 5, природного газа 4, азота (аргона) 3, сжатого воздуха 7 и порошковой извести 9, 10. Кислород, газы и порошковая известь поступают в фурмы днища 1 через сверления в цапфах конвертера и коллектор 2. Загрузка порошковой извести в бункера 8 осуществляется пневмотранспортом 9. Из питателей 6 известь подается в трубопровод первичного кислорода и затем в конвертер.

Применение многоструйных фурм для подачи порошкообразных материалов способствует снижению температуры в реакционных зонах, уменьшению дымообразования и испарения железа, повышению стойкости фурм и увеличению выхода годного.

Приводы механизмов поворота конвертеров и их расчет

К приводам механизмов поворота предъявляют особо высокие требования надежности и безопасности работы, так как они предназначены для поворота агрегатов, содержащих расплавленный металл. Конвертеры имеют большие вращающиеся массы и их приводы подвержены действиям интенсивных переменных нагрузок.

Основное требование, предъявляемое к сосудам с жидким металлом — обеспечение их устойчивости при любых углах наклона, т. е. возврат в исходное положение. Для этого необходимо, чтобы, с одной стороны, опрокидывающий момент при повороте конвертера на любой угол был положительным, а с другой — чтобы максимальный опрокидывающий момент был по возможности небольшим, т. е. чтобы мощность двигателей была минимальной.

Привод работает в повторно-кратковременном режиме (ПВ = 15÷20 %); в течение одного цикла плавки (30—35 мин) конвертер поворачивают в обе стороны от вертикального положения около 20 раз (для загрузки, взятия проб металла, слива стали и шлака и т. д.) на углы от 15 до 180° при длительности работы привода 3—60 с на одной операции.

При сливе металла и шлака поворот конвертера осуществляется с малой скоростью, но с высокой точностью регулирования: частота вращения конвертеров средней вместимости $n = 0,1 \div 1,0$ об/мин, большой вместимости 0,04—0,1 об/мин. Точность поддержания частоты вращения не ниже 2 %. Пуск должен быть плавный, величина ускорения и замедления 0,3 об/мин/с, продолжительность пуска 3—4 с с плавным торможением.

Электрпривод должен обеспечить быстрый подъем конвертера с максимальной скоростью, если во время выпуска стали произошло какое-либо нарушение технологического процесса.

В кислородных конвертерах масса огнеупорной футеровки достигает 55 % от общей массы порожнего конвертера и поэтому составляющая крутящего момента от футеровки весьма велика. Вследствие износа футеровки смещается центр тяжести системы и возрастает крутящий момент. Так как обрушившаяся кладка накапливается в нижней части корпуса конвертера, то требуется большой крутящий момент, что следует учитывать при расчетах опрокидывающих моментов. В период неустановившегося движения возникают также динамические моменты, значения которых необходимо учитывать при построении нагрузочной диаграммы.

Расчет механизма поворота конвертера

Полный опрокидывающий момент при повороте конвертера с металлом можно представить суммой следующих составляющих:

$$M_{\text{он}} = M_{\text{к}} + M_{\text{м}} + M_{\text{тр}}, \quad (\text{III.1})$$

где $M_{\text{к}}$ — момент от веса порожнего конвертера, кН·м; $M_{\text{м}}$ — момент от веса жидкого металла, кН·м; $M_{\text{тр}}$ — момент трения в подшипниках опор конвертера, кН·м.

Момент от веса порожнего конвертера лучше определять раздельно: от металлического корпуса с опорным кольцом и от огнеупорной футеровки. Определение этих моментов сводится в основном к отыскиванию центров тяжести корпуса и футеровки.

Координаты центра тяжести корпуса относительно осей x_1 и y_1

$$x_k = (\sum G_i x_i) / (\sum G_i); \quad y_k = (\sum G_i y_i) / (\sum G_i), \quad (III.2)$$

где G_i — вес отдельных частей корпуса, кН; x_i, y_i — координаты их центров тяжести, м.

Аналогично определяют координаты центра тяжести футеровки x_ϕ, y_ϕ .

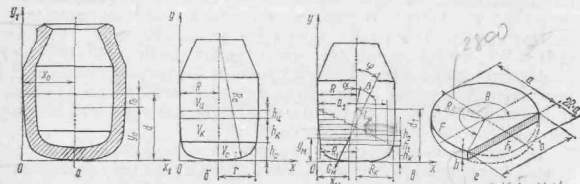


рис. III.32. Расчетные схемы к определению центра тяжести и опрокидывающих моментов конвертера с жидким металлом

Общие координаты центра тяжести порожнего конвертера (рис. III.32, а)

$$x_0 = (G_k x_k + G_\phi x_\phi) / (G_k + G_\phi), \quad y_0 = (G_k y_k + G_\phi y_\phi) / (G_k + G_\phi), \quad (III.3)$$

где G_k — вес металлического корпуса; G_ϕ — вес футеровки. Расстояние от центра тяжести порожнего конвертера до оси его вращения

$$r_0 = d - y_0, \quad (III.4)$$

где y_0 — ордината центра тяжести порожнего конвертера; d — ордината оси вращения конвертера.

Опрокидывающий момент от веса порожнего конвертера в функции угла поворота

$$M_k = G_0 r_0 \sin \varphi, \quad (III.5)$$

где φ — угол поворота, град; G_0 — общий вес порожнего конвертера.

При несимметричности горловины или опорного кольца центра тяжести будет смещен в сторону от оси y , и угол α_0 наклона радиуса-вектора r_0 к вертикали будет определяться выражением

$$\alpha_0 = \arctg [(x_0 - c) / (d - y_0)],$$

где c — абсцисса оси вращения конвертера.

В этом случае опрокидывающий момент

$$M_k = G_0 r_0 \sin (\alpha_0 + \varphi). \quad (III.6)$$

Задаваясь значениями угла φ , находят соответствующие значения опрокидывающих моментов от веса порожнего конвертера M_k .

Опрокидывающий момент от веса жидкого металла в конвертере для различных углов наклона определяют графоаналитическим способом по методу проф. П. Н. Аксенова. Для определения опрокидывающих моментов необходимо знать объем металла в конвертере и положение центра его тяжести при различных углах наклона.

Объем садки конвертера $V_M = G_M / \rho$, где G_M — масса садки; ρ — плотность жидкого металла ($\rho = 7000 \text{ кг/м}^3$).

Уровень металла при вертикальном положении конвертера (рис. III.32, б) определяется объемом металла в частях конвертера:

$$V_M = V_k + V_\kappa + V_0, \quad (III.7)$$

где V_k , V_κ , V_0 — объем металла в цилиндрической части, в усеченном конусе, в днище соответственно.

С некоторым приближением считаем днище сферическим. Тогда объем металла в сферическом днище можно определить по формуле

$$V_c = (\pi/3) h_c^2 (3R_c - h_c), \quad (III.8)$$

где h_c — высота сегмента; R_c — радиус сферы днища.

Объем металла в конической и цилиндрической частях определяют по известным формулам

$$V_k = (\pi/3) h_k (R^2 + Rr + r^2); \quad V_\kappa = \pi R^2 h_\kappa, \quad (III.9)$$

где h_k — высота усеченного конуса; R, r — радиусы большого и малого оснований конуса; h_κ — высота уровня металла в цилиндрической части

$$h_\kappa = (V_M - V_k - V_c) / \pi R^2. \quad (III.10)$$

Полная высота уровня металла в конвертере (уровень зеркала)

$$H_0 = h_k + h_\kappa + h_c. \quad (III.11)$$

Задаемся углами поворота конвертера через каждые $5-10^\circ$ и для этих положений находим координаты центров тяжести жидкого металла. Объем металла разбиваем плоскостями, перпендикулярными к оси конвертера, на ряд слоев (рис. III.32, в). С некоторым упрощением можно заменить слои сегментными цилиндрами с радиусами R_1, R_2, R_3, \dots и стрелками a_1, a_2, a_3, \dots (рис. III.32, в и г).

Толщины слоев принимают в зависимости от сложности формы металла в рассматриваемом положении конвертера. Уровень

Момент от веса порожнего конвертера лучше определять раздельно: от металлического корпуса с опорным кольцом и от огнеупорной футеровки. Определение этих моментов сводится в основном к отыскиванию центров тяжести корпуса и футеровки.

Координаты центра тяжести корпуса относительно осей x_1 и y_1

$$x_K = (\sum G_i x_i) / (\sum G_i); \quad y_K = (\sum G_i y_i) / (\sum G_i), \quad (III.2)$$

где G_i — вес отдельных частей корпуса, кН; x_i, y_i — координаты их центров тяжести, м.

Аналогично определяют координаты центра тяжести футеровки x_{Φ}, y_{Φ} .

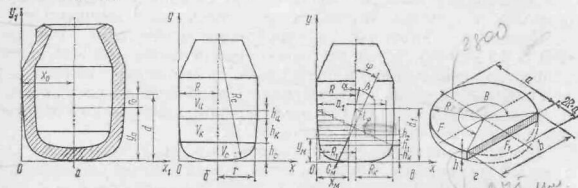


Рис. III.32. Расчетные схемы к определению центра тяжести и опрокидывающих моментов конвертера с жидким металлом

Общие координаты центра тяжести порожнего конвертера (рис. III.32, а)

$$x_0 = (G_K x_K + G_{\Phi} x_{\Phi}) / (G_K + G_{\Phi}), \quad y_0 = (G_K y_K + G_{\Phi} y_{\Phi}) / (G_K + G_{\Phi}), \quad (III.3)$$

где G_K — вес металлического корпуса; G_{Φ} — вес футеровки. Расстояние от центра тяжести порожнего конвертера до оси его вращения

$$r_0 = d - y_0, \quad (III.4)$$

где y_0 — ордината центра тяжести порожнего конвертера; d — ордината оси вращения конвертера.

Опрокидывающий момент от веса порожнего конвертера в функции угла поворота

$$M_K = G_0 r_0 \sin \varphi, \quad (III.5)$$

где φ — угол поворота, град; G_0 — общий вес порожнего конвертера.

При несимметричности горловины или опорного кольца центр тяжести будет смещен в сторону от оси y , и угол α_0 наклона радиуса-вектора r_0 к вертикали будет определяться выражением

$$\alpha_0 = \arctg [(x_0 - c) / (d - y_0)],$$

где c — абсцисса оси вращения конвертера.

В этом случае опрокидывающий момент

$$M_K = G_0 r_0 \sin (\alpha_0 + \varphi). \quad (III.6)$$

Задаваясь значениями угла φ , находят соответствующие значения опрокидывающих моментов от веса порожнего конвертера M_K .

Опрокидывающий момент от веса жидкого металла в конвертере для различных углов наклона определяют графоаналитическим способом по методу проф. П. Н. Аксенова. Для определения опрокидывающих моментов необходимо знать объем металла в конвертере и положение центра его тяжести при различных углах наклона.

Объем садки конвертера $V_M = G_M / \rho$, где G_M — масса садки; ρ — плотность жидкого металла ($\rho = 7000 \text{ кг/м}^3$).

Уровень металла при вертикальном положении конвертера (рис. III.32, б) определяется объемом металла в частях конвертера:

$$V_M = V_K + V_{\text{ц}} + V_c, \quad (III.7)$$

где $V_K, V_{\text{ц}}, V_c$ — объем металла в цилиндрической части, в усеченном конусе, в днище соответственно.

С некоторым приближением считаем днище сферическим. Тогда объем металла в сферическом днище можно определить по формуле

$$V_c = (\pi/3) h_c^2 (3R_c - h_c), \quad (III.8)$$

где h_c — высота сегмента; R_c — радиус сферы днища.

Объем металла в конической и цилиндрической частях определяют по известным формулам

$$V_K = (\pi/3) h_K (R^2 + Rr + r^2); \quad V_{\text{ц}} = \pi R^2 h_{\text{ц}}, \quad (III.9)$$

где h_K — высота усеченного конуса; R, r — радиусы большого и малого оснований конуса; $h_{\text{ц}}$ — высота уровня металла в цилиндрической части

$$h_{\text{ц}} = (V_M - V_K - V_c) / \pi R^2. \quad (III.10)$$

Полная высота уровня металла в конвертере (уровень зеркала)

$$H_0 = h_K + h_{\text{ц}} + h_c. \quad (III.11)$$

Задаемся углами поворота конвертера через каждые 5—10° и для этих положений находим координаты центров тяжести жидкого металла. Объем металла разбиваем плоскостями, перпендикулярными к оси конвертера, на ряд слоев (рис. III.32, в). С некоторым упрощением можно заменить слои сегментными цилиндрами с радиусами R_1, R_2, R_3, \dots и стрелками a_1, a_2, a_3, \dots (рис. III.32, в и г).

Толщины слоев принимают в зависимости от сложности формы металла в рассматриваемом положении конвертера. Уровень

металла в конвертере до начала слива определить непосредственно по формулам не представляется возможным из-за сложности формы металла. Поэтому приходится пользоваться методом последовательных приближений, для чего задаются уровнем металла и вычисляют его объем; если он окажется больше фактического, понижают уровень и вновь рассчитывают объем и т. д. — до тех пор, пока не добиваются совпадения объемов.

Площади отдельных сегментов f_1, f_2, \dots, f_n определяют по справочным таблицам в зависимости от значений стрелок, пересчитанных на единичный радиус: $a_1/R_1, a_2/R_2$ и т. д. Объем каждого цилиндрического сегмента находят по формуле для сегментов с центральным углом $\theta < 180^\circ$: $V = fR^2h$.

Расстояние от оси конвертера до центра тяжести сегмента определяют по формуле

$$x = b^3 R / (12f), \quad (III.12)$$

где b — хорда сегмента (находят по таблице). Величины b и f безразмерные.

Для сегментов с центральным углом $\theta > 180^\circ$ определяют стрелки дополнительных сегментов $2' - a/R$ и по таблице находят площади дополнительных сегментов f' .

Объем металла в этом случае

$$V' = (\pi - f') R^2 h. \quad (III.13)$$

Расстояние от оси конвертера до центра тяжести сегмента

$$x' = b^3 R / [12 (\pi - f')]. \quad (III.14)$$

Данные расчетов для каждого цилиндрического сегмента заносят в таблицу.

Координаты общего центра тяжести цилиндрических сегментов определяют по формулам

$$x_{л.с} = (\sum V_i x_i) / (\sum V_i); \quad y_{л.с} = (\sum V_i y_i) / (\sum V_i). \quad (III.15)$$

Эти координаты можно найти также графическим построением двух веревочных многоугольников.

Для определения опрокидывающего момента от веса жидкого металла необходимо знать плечо действия силы для каждого угла наклона относительно оси вращения конвертера:

$$M_{\text{м}} = G_{\text{м}} l_{\phi}. \quad (III.16)$$

Плечо l_{ϕ} проще всего находить графически как расстояние от оси вращения конвертера до перпендикуляра, опущенного из центра тяжести металла на его зеркало (рис. III.32, θ). Более точно l_{ϕ} можно определить аналитически в функции угла поворота конвертера. Для этого находят расстояние от центра тяжести металла для данного угла поворота ϕ до оси вращения конвертера:

$$r = \sqrt{(c_1 - x_{\text{м}})^2 + (d_1 - y_{\text{м}})^2}, \quad (III.17)$$

где c_1, d_1 — координаты оси вращения конвертера относительно системы XOY ; $c_1 = R$.

Угол между радиусом-вектором r и вертикальной осью конвертера $\alpha = \arctg [(c_1 - x_{\text{м}}) / (d_1 - y_{\text{м}})]$.

Из рис. III.32, θ следует, что

$$l_{\phi} = r \sin (\phi - \alpha). \quad (III.18)$$

Задаваясь разными значениями угла поворота конвертера, находят соответствующие значения опрокидывающих моментов $M_{\text{м}}$.

Момент от сил трения в опорах конвертера

$$M_{\text{тр}} = Q \mu r_{\text{ц}}, \quad (III.19)$$

где Q — сила давления на цапфы опорного кольца; μ — коэффициент трения в подшипниках; $r_{\text{ц}}$ — радиус цапфы.

Следует также учесть значения и направления усилий в зацеплениях зубчатых колес, установленных на цапфах конвертера.

Для всех заданных углов поворота конвертера ϕ строят графики изменения опрокидывающих моментов (рис. III.33).

Общий опрокидывающий момент от действия всех статических нагрузок получают графическим суммированием отдельных составляющих. Из условий устойчивости конвертера во избежание аварий кривая общего опрокидывающего момента не должна пересекать ось абсцисс.

Затем определяют значения статических моментов для одного электродвигателя $M_{\text{ст}}$.

Динамические моменты в периоды пуска и торможения двигателя

$$M_{\text{дин. п}} = J_{\text{пр}0} / t_{\text{п}}; \quad M_{\text{дин. т}} = J_{\text{пр}0} \omega / t_{\text{т}}, \quad (III.20)$$

где $J_{\text{пр}}$ — приведенный к электродвигателю момент инерции привода и конвертера; $t_{\text{п}}, t_{\text{т}}$ — время пуска и торможения двигателя; ω — угловая скорость двигателя.

Для построения нагрузочной диаграммы электродвигателя необходимо предварительно построить графики изменения угловой скорости и угла поворота конвертера во времени $\omega = f(t)$ и $\phi = f(t)$. Изменение угловой скорости от начала поворота до начала слива металла происходит по трапециевидному закону (рис. III.34, a). В период слива металла привод несколько раз включают на короткое время, чтобы поддержать скорость слива металла на постоянном уровне. В этих случаях угловая скорость изменяется по треугольному графику. Используя известные формулы для трапециевидного и треугольного графиков скоростей, строят по участкам график изменения угла поворота конвертера во времени $\phi = f(t)$ (рис. III.34, b). Для заданных углов поворота конвертера ϕ_1 по графику $\phi = f(t)$ находят соответствующее время t_1 .

Суммарные моменты по валу электродвигателя в различные периоды движения будут равны: при пуске $M_{дв} = M_{ст} + M_{длн.п.}$; при установившемся вращении $M_{дв} = M_{ст}$; при торможении $M_{дв} = M_{ст} - M_{длн.т.}$

На основании полученных значений $M_{дв}$ и t_i строят нагрузочную диаграмму электродвигателя $M_{дв} = f(t)$ (рис. III.34, а).

Эквивалентный момент двигателя из условий допустимого нагрева

$$M_э = \sqrt{(\sum M_i^2 t_i) / t_y + \beta_1 t_{пу} + \beta_2 t_{пз}}, \quad (III.21)$$

где M_i и t_i — значения моментов и времени для каждого из простых участков, на которые разбита нагрузочная диаграмма; t_y — время вращения электродвигателя с номинальной установившейся скоростью; $t_{пу}$ — суммарное время работы

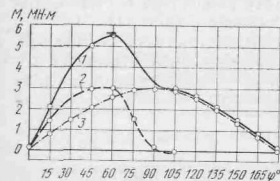


Рис. III.33. Графики опрокидывающих моментов конвертера вместимостью 350 т с жидким металлом: 1 — металл; 2 — от веса металла; 3 — от веса конвертера и трения в опорах

привода на неустановившейся скорости в периоды пусков и торможений; $t_{пз}$ — суммарное время пауз за цикл работы привода; $\beta_1 = 0,75$ и $\beta_2 = 0,5$ — коэффициенты, учитывающие ухудшение условий охлаждения электродвигателя на пониженной скорости и при остановках соответственно (при искусственной вентиляции электродвигателя $\beta_1 = \beta_2 = 1$).

Эквивалентная мощность электродвигателя по нагреву, кВт

$$P_э = M_э \omega. \quad (III.22)$$

По условиям допустимой перегрузки электродвигателя должно быть выдержано неравенство

$$M_{max} / M_n \leq \lambda, \quad (III.23)$$

где M_{max} — максимальный момент по нагрузочной диаграмме; M_n — номинальный момент электродвигателя; λ — коэффициент перегрузки.

7. МАШИНЫ ДЛЯ ПОДАЧИ КИСЛОРОДА В КОНВЕРТЕР

Конструктивные особенности машин

Машина для подачи кислорода предназначена для введения кислорода в конвертер через водоохлаждаемую фурму и для вертикального и горизонтального перемещений фурмы, связанных с подачей их внутрь конвертера и заменой вышедшей из строя фурмы резервной.

Машины для подачи кислорода в конвертер делятся на два основных типа — верхнего расположения и нижнего. Машины верхнего расположения могут быть стационарными, передвижными и поворотными. Машины нижнего расположения выполняются стационарными — консольно-поворотными или качающимися.

В современных мощных конвертерных цехах применяют машины верхнего расположения, которые размещают на специальных площадках над конвертерами. Машины нижнего расположения устанавливают на рабочей площадке, возле конвертеров, в цехах малой производительности (как правило, при замене бесемеровских конвертеров или мартеновских печей кислородными конвертерами с использованием существующих зданий малой высоты).

В зависимости от типа тягового органа фурменной каретки различают машины канатного и цепного типов. При выборе рабочего органа предпочтительнее отдавать канатному, так как контролировать состояние звеньев цепей очень трудно.

Все современные машины для подачи кислорода крупнотоннажных конвертеров снабжены двумя фурмами (рабочей и резервной) и двумя механизмами перемещения. Такая конструкция машины обеспечивает замену вышедшей из строя фурмы резервной с минимальной затратой времени.

Для передвижения машин используют в основном механизмы трех типов — реечные, винтовые и гидравлические. В отечественных машинах наиболее широко применяют реечные механизмы с электроприводом как наиболее надежные в работе.

Механизмы вертикального перемещения кислородных фурм выполняют без противовеса и с противовесами, которые частично уравновешивают массу каретки с фурмой. Отсутствие противовесов упрощает конструкцию и компоновку механизма, снижает массу машины. Однако в этом случае увеличивается мощность приводов механизмов перемещения фурм.

Совершенствование машин для подачи кислорода идет в направлении повышения надежности, долговечности и ремонтнопригодности, улучшения условий эксплуатации и обслуживания, повышения стойкости фурм.

Фурма служит для подачи технически чистого кислорода, создания и рассредоточения его струй в ванне конвертера. Интенсив-

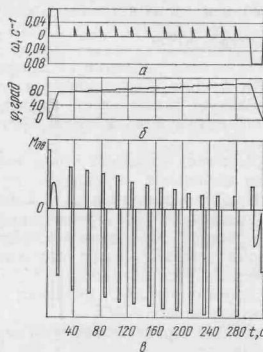


Рис. III.34. Графики скорости (а), угла поворота (б) и момента двигателя (в) в функции времени

ность подачи кислорода достигла 4,5—6,0 м³/(мин·т) и имеет тенденцию к увеличению.

Фурмы конвертеров делают многословными: для конвертеров вместимостью 100—160 т предусматривают 4—5 сопел с выходным диаметром 65—95 мм, для конвертеров большей вместимости 6—7 сопел диаметром 75—85 мм. Оси сопел располагают под углом 15—20° к оси фурмы. Конусность расширяющейся части сопла составляет 8—10°. Головку и тело фурмы охлаждаают проточной водой, температура которой по условиям стойкости фурмы не должна превышать 40 °С. Скорость движения воды

6,0 м/с и выше, что предотвращает ее закипание и образование накипи.

В зависимости от способа подвода кислорода и воды к головке различают фурмы двух основных типов: с центральным подводом кислорода и с центральным подводом воды для охлаждения. Наиболее широкое применение получили фурмы первого типа, обладающие большей ремонтоспособностью и технологичностью изготовления. Однако фурмы второго типа полнее обеспечивают интенсивную продувку металла, имеют лучшую систему циркуляции воды в головке; их размеры и масса меньше, чем у фурм первого типа.

На рис. III.35, *a* показано принципиальное устройство фурмы с центральным подводом кислорода. Тело фурмы изготовлено из трех концентрично расположенных труб 1, 3 и 4, снабженных патрубками 6 для присоединения металлоукавов, по которым осуществляют подачу кислорода, подвод и отвод воды для охлаждения головки фурмы. Коаксиальное положение труб обеспечивают продольные ребра, расположенные между ними в средней части тела фурмы. Кислород подают по центральной трубе 4, а воду — по внутреннему кольцевому каналу между трубами 4 и 3. После охлаждения головки вода изменяет направление движения и идет на слив по внешнему кольцевому каналу между трубами 3 и 1. Для снижения термических напряжений, возникающих в результате различного теплового расширения наружных и внутренних труб, установлены компенсаторы 2 сальфонного типа. Сальниковые уплотнения 5 между трубами обеспечивают относительное смещение труб при неодинаковых температурных удлинениях. Головки фурм могут быть сварными, коваными и литыми. Чаще всего применяют сварные головки, обеспечивающие более пол-

ный отвод тепла, кроме того, такие головки дешевле и для их изготовления требуется меньше меди. На рис. III.35, *b* показана конструкция сварной головки фурмы с центральным подводом кислорода. Основание 3 и сопла 1 сделаны из меди, штуцер 2, переходник 5 и сменная труба 4 — из стали. Сопла вваривают в основание головки и в штуцер, а к последнему приваривают переходник с наружной резьбой. При сборке фурмы переходник вворачивают на резьбе в центральную трубу, а основание приваривают к сменной трубе.

Серьезные недостатки сварных фурм — сложность и трудоемкость изготовления, нарушение плотности сварных швов из-за изменения структуры металлов при сварке. Пути повышения стойкости сварных фурм следует искать в изготовлении жидкоштампованных элементов головки и применении электронно-лучевого способа сварки.

Машины для подачи кислорода поворотного типа не нашли широкого применения, так как их опорно-поворотная часть значительно сложнее ходовой части рассмотренных.

В конструкции стационарной машины для подачи кислорода верхнего расположения, примененной для конвертеров вместимостью 160 т, вертикальное перемещение фурмы на определенном участке совмещено с горизонтальным движением. Принципиальная схема, показывающая устройство и принцип работы таких механизмов приведена на рис. III.36.

Каретка 1 снабжена двумя парами ходовых роликов 6, смещенных на разные расстояния от оси фурмы 8. Каждая пара роликов каретки помещена в отдельные направляющие 2 и 4, закрепленные на металлоконструкциях 3 и 7. Нижний прямолинейный участок направляющих обеспечивает движение фурмы по вертикальной оси конвертера 9. В верхней части профиль направляющих выбран таким, что создает плоско-параллельное движение каретки, в результате чего фурмы перемещаются по вертикали и по горизонтали. Замену вышедшей из строя фурмы резервной осуществляют подъемом одной каретки и опусканием другой.

Фурменные каретки перемещаются двумя отдельными механизмами канатного типа, каждый из которых состоит из лебедки, канатов, направляющих блоков 5 и уравнительного блока на подвеске каретки.

Устройство стационарной машины для подачи кислорода показано на рис. III.37. Достоинства этой машины — меньшая металлоемкость (по сравнению с машинами других типов), наличие только двух механизмов перемещения фурм, отсутствие передвижной или поворотной платформы, резкое уменьшение вибраций под действием струй кислорода вследствие верхнего и нижнего закрепления направляющих. Недостатки машины — необходимость установки двух направляющих для каждой фурменной каретки и их повышенный износ на криволинейных участках.

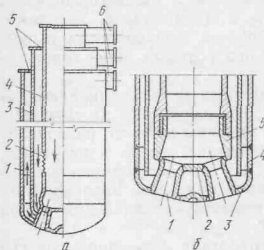


Рис. III.35. Кислородная фурма с центральным подводом кислорода:
a — принципиальное устройство фурмы;
b — конструкция сварной головки

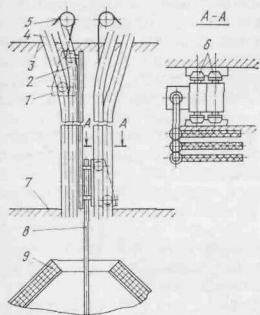


Рис. 11.36. Принципиальная схема стационарной машины для подачи кислорода

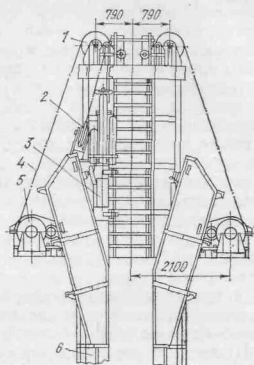


Рис. 11.37. Стационарная машина для подачи кислорода:
1 — направляющий блок; 2 — подвижный блок на каретке; 3 — каретка; 4 — канат; 5 — лебедка; 6 — направляющие

Доработка конструкции и повышение надежности узлов с учетом опыта эксплуатации позволят создать машину с большой перспективой.

Техническая характеристика стационарной машины для подачи кислорода

Масса фурмы, кг	1 520
Длина фурмы, мм	17 150
Полный ход фурмы, мм	16 100
Скорость передвижения фурмы, м/с	0,1—0,5
Канатная лебедка:	
диаметр барабана, мм	600
мощность электродвигателя, кВт	38
Масса машины, т	25,0

Большинство отечественных передвижных машин для подачи кислорода снабжено цепными механизмами перемещения кислородных фурм, противовесами и направляющими для кареток, прикрепленными к передвижным платформам.

Для подачи кислорода в конвертер вместимостью 350—400 т используют передвижную машину с верхним расположением и канатным механизмом вертикального перемещения фурмы (рис. 11.38). Основные узлы и механизмы машины — платформа 8, перемещающаяся на двух парах ходовых колес 5 и 7, реечный механизм передвижения платформы 6, две каретки 16 с фурмами 1,

и металлорукавами 3 для подвода кислорода и воды для охлаждения, два однотипных канатных механизма 11 вертикального перемещения кислородных фурм, подвижная 13 и неподвижная 4 направляющие кареток, контролирующая электроаппаратура — командоаппараты 14 и указатели 10 натяжения канатов.

Каждый механизм перемещения фурмы состоит из однобарабанной лебедки 9 и канатной системы с подвижным 15 и направляющим 12 блоками. Колеса машины опираются на ходовые балки 17, расположенные на двух уровнях. Для уменьшения колебаний фурмы предусмотрено закрепление ее нижней части стопорным механизмом 2.

Кинематическая схема механизмов машины приведена на рис. 11.39. Платформа 19 перемещается по ходовым балкам на четырех безбордных ходовых колесах. Левая пара колес 13 помещена в верхнюю швеллерообразную ходовую балку, образующую опорный 12 и контрольный 14 рельсы. Правой парой

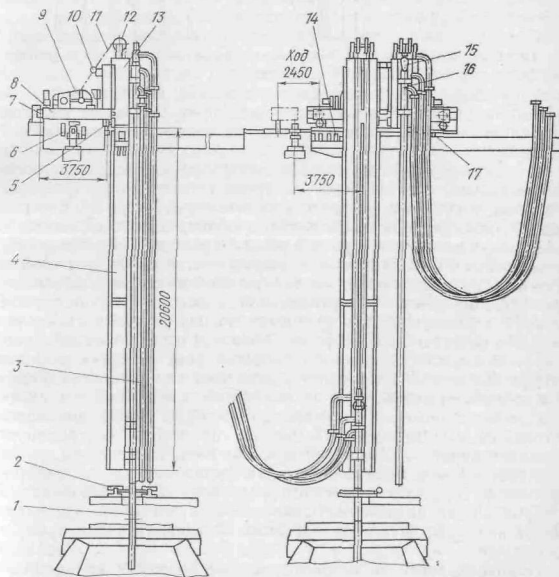


Рис. 11.38. Машина для подачи кислорода в конвертер вместимостью 350—400 т

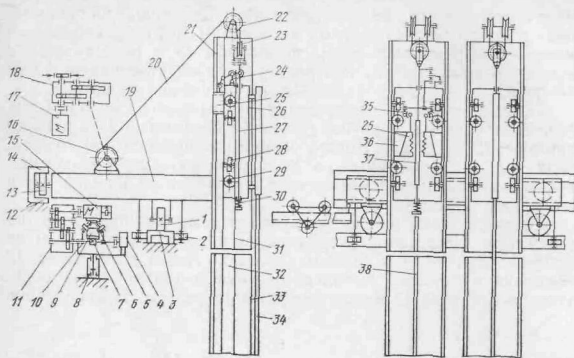


Рис. 111.39. Кинематические схемы механизмов передней машины для подачи кислорода

колес 1 платформа опирается на нижнюю ходовую балку 3. Горизонтальные смещения платформы предупреждают упорные ролики 2, попарно расположенные по обеим сторонам нижней балки.

Горизонтальное передвижение платформы осуществляет ременный механизм, состоящий из электродвигателя 15 со встроенным тормозом, вертикального трехступенчатого редуктора 11, ременной пары 7, заключенной в качающуюся обойму 10 с ограничительными роликами 6, и поворотной рамы 5 привода. Соединение зубчатой рейки 9 с платформой — шарнирное. Качающаяся обойма посажена на подшипниках на вал ременной пары и обеспечивает наклон рейки в вертикальной плоскости. Стационарная опора 8 с радиальными и упорными подшипниками в свою очередь обеспечивает поворот рамы привода в горизонтальной плоскости. Возможность поворота зубчатой рейки в двух взаимно перпендикулярных плоскостях разгружает механизм передвижения машины от воздействия дополнительных нагрузок, возникающих из-за деформации металлоконструкций, а также неточности изготовления и монтажа. Положение платформы контролирует командоаппарат 4, связанный с валом ременной пары.

Канатный механизм перемещения фурмы состоит из электродвигателя 18, двухступенчатого редуктора 18 и барабана 16 с двумя участками левой и правой нарезок, на который наматывается канат 20, двух направляющих 22 и одного подвижного 23 блоков.

Корпус каретки 26 снабжен восемью ходовыми роликами — четырьмя опорными 29 и четырьмя упорными 28, опирающимися

на беговые дорожки 31 и 32 подвижной 21 и неподвижной 33 направляющих. Опорные ролики воспринимают нагрузку от внецентрированного расположения фурмы 34 по отношению к каретке и реактивные усилия, возникающие при истечении кислорода, упорные ролики — только нагрузки второго вида.

В каждой каретке фурмы предусмотрены ловители, стопорящие ее в направляющих в случае обрыва каната. Основные части ловителя — два неподвижных клина 25, закрепленных на корпусе каретки; два подвижных клина 26, помещенных в направляющие корпуса; штанга 27, связанная с подвеской подвижного блока, и рычажная система 24. Рычажная система составлена из двух плоских механизмов, расположенных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях и связанных между собой сферическими шарнирами 35.

При обрыве каната пружина 30 смещает штангу 27 вниз и рычажный механизм поднимает подвижные клинья 25 до тех пор, пока их зубья не захватят одну из шин 37 или 36, расположенных по длине подвижных и неподвижных направляющих каретки. После предварительного захвата неподвижные клинья под действием силы тяжести каретки с фурмой сдвигают подвижные, которые в свою очередь окончательно зажимают шину и происходит самостопорение. Недостаток ловителя состоит в том, что он срабатывает не только при обрыве, но и при ослаблении каната.

Система контроля положения фурмы и блокировки механизмов машины включает в себя блок командоаппаратов с селсындриками и цепной механизм, расположенные на стационарной площадке сверху, возле неподвижных направляющих фурменной каретки. Командоаппараты блокируют работу механизмов машины, селсынды дают показания о положениях фурмы на пост управления. Цепной механизм состоит из вспомогательной каретки, цепи и двух звездочек — направляющей и приводной, посаженной на вал кинематического червячного редуктора блока командоаппаратов. Цепь одним концом прикреплена к вспомогательной каретке, огибает направляющую и приводную звездочки и вторым концом связана с противовесом. Фурменная каретка при движении вниз захватывает вспомогательную каретку, которая посредством цепной передачи поворачивает валы командоаппаратов и селсынов. При подъеме фурмы вспомогательная каретка движется вверх под действием противовеса.

Указатель натяжения канатов контролирует их слабины и обрыв, останавливая привод механизма перемещения кислородной фурмы. Указатель расположен на платформе, у направляющих канатных блоков, и состоит из одностороннего рычага с роликом и двуплечего рычага с противовесом, посаженных на общую ось, и командоаппарата. Ролик постоянно прижат к канату силой от момента противовеса, действующего на двуплечий рычаг. При слабине или обрыве каната разрушается контакт между ним и роликом, двуплечий рычаг поворачивается и линейкой приводит

в действие командоаппарат, дающий импульс на отключение электропривода механизма.

Большая собственная масса фурмы при значительной длине (до 25 м) и малой жесткости создает систему, склонную к возбуждению колебаний из-за реактивных сил от действия струи кислорода. Снижение амплитуды колебаний достигается жестким центрированием фурмы посредством специального механизма, расположенного над кессоном.

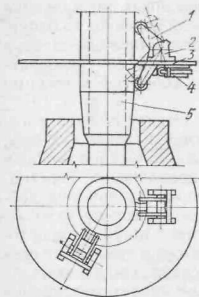


Рис. 111.40. Механизм центрирования

Механизмы для центрирования фурмы бывают винтовые с электроприводом, гидравлические и роликовые самоцентрирующие.

Наиболее удачным следует считать самоцентрирующий роликовый механизм конструкции ЖЗТМ (рис. 111.40). На массивном кольце 3 под углом 120° друг к другу закреплены три опоры 2 с двуплечными рычагами 1. На каждом рычаге установлено по два ролика. В исходном положении возвратные пружины 4, воздействуя на упоры рычагов, удерживают верхние плечи в разведенном состоянии, а нижние — в сведенном. На корпусе фурмы закреплена гильза 5 с коническим и цилиндрическим участками. Сначала фурма свободно проходит сквозь центрирующий механизм до тех пор, пока конический

участок гильзы не разведет нижние плечи рычагов и в контакт с цилиндрической поверхностью гильзы не войдут все три пары роликов. Нижняя часть фурмы оказывается зафиксированной от горизонтальных смещений.

Рядом с машиной располагают стелды для временного закрепления резервных фурм и фурм, подлежащих ремонту.

Техническая характеристика передвижной машины для подачи кислорода в конвертер вместимостью 350—400 т

Масса фурмы с водой и металлорукавами, кг	1 500
Рабочий ход фурмы, мм	20 600
Давление кислорода, МПа	2
Расход кислорода, м ³ /мин	2800
Давление воды, МПа	1,5
Расход воды, м ³ /ч	500
Диаметр металлорукавов, мм	250
Наружный диаметр фурмы, мм	426
Механизм перемещения фурмы:	
скорость перемещения, м/с	0,05—0,325
мощность электродвигателя, кВт	70
Механизм перемещения платформ:	
скорость передвижения, м/с	0,14
мощность электродвигателя, кВт	11
Масса машины, т	125,5

Отечественные машины для подачи кислорода в конвертеры по своим технико-экономическим показателям не уступают лучшим зарубежным образцам, а по ряду показателей лучше их.

Повышение интенсивности продувки металла кислородом выше 7—8 м³/мин не приводит к существенному сокращению периода плавки, но в то же время значительно ухудшается шлакообразование, увеличиваются дымообразование и выбросы металла. Перспективной является интенсификация кислородно-конвертерного процесса путем рассредоточения дутья перемещением фурмы над расплавом.

Расчет механизмов машины

Механизм перемещения фурменной каретки

Усилие на ходовые ролики каретки при внецентренном приложении силы тяжести каретки и металлорукавов (рис. 111.41, а)

$$N = (G_{\Phi}b + 0,5G_{\rho c})/a, \quad (111.24)$$

где G_{Φ} — вес фурмы с водой; G_{ρ} — вес комплекта металлорукавов, из которых два заполнены водой; b и c — расстояния от оси каретки до осей, соответственно, фурмы и металлорукавов; a — база каретки.

Сопротивление движению каретки на ходовых роликах

$$W = 2Nk_{\rho} (ud + 2k)/D, \quad (111.25)$$

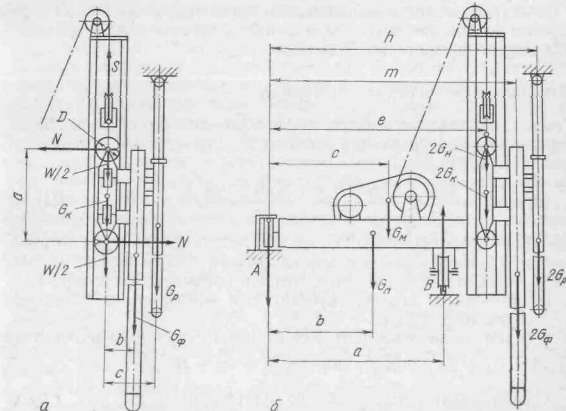


Рис. 111.41. Расчетные схемы механизмов машины для подачи кислорода

где μ — коэффициент трения в подшипниках ходовых роликов; d — диаметр подшипника; k — коэффициент трения качения; D — диаметр ходового ролика; k_p — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление на упорных роликах.

Сила тяжести перемещаемых частей фурменной каретки с учетом жесткости металлорукавов

$$G_0 = G_{\Phi} + G_k + 0,5G_p k_{ж}, \quad (III.26)$$

где G_k — вес каретки; $k_{ж} = 1,2$ — коэффициент, учитывающий жесткость металлорукавов.

Тяговое усилие на барабане лебедки с учетом потерь на трение в направляющих блоках и на канатном барабане в случае подъема фурмы

$$S = (G_0 + W) k_n k_0, \quad (III.27)$$

где k_n и k_0 — коэффициенты сопротивления соответственно на направляющих блоках и на барабане.

Статическая мощность при подъеме каретки

$$P_c = Sv/\eta, \quad (III.28)$$

где v — скорость тяговых канатов, м/с; η — к. п. д. лебедки.

Расчетная мощность с учетом температуры окружающей среды

$$P_p = P_c/k_t, \quad (III.29)$$

где k_t — температурный коэффициент.

Электродвигатель, выбранный по каталогу, проверяют на перегрузочную способность в период пуска при подъеме фурменной каретки по общепринятой методике.

Механизм передвижения платформы

Усилия на ходовые колеса, расположенные со стороны фурм, определим из уравнения моментов относительно опоры А (рис. III.41, б)

$$B = \frac{G_n b + 2G_m c + 2(G_k + G_n) e + 2G_{\Phi} m + G_p h}{a}, \quad (III.30)$$

где G_n — вес платформы; G_m — вес лебедки механизма перемещения каретки; G_k — вес направляющей для каретки; G_{Φ} , G_n и G_p — имеют то же значение, что и в предыдущем расчете; b , c , e , m , h — плечи соответствующих сил относительно опоры А; a — колено платформы.

Усилия на ходовые колеса со стороны удерживающего рельса

$$A = G_n + 2G_m + 2G_k + 2G_n + 2G_{\Phi} + G_p - B.$$

Соппротивление передвижению платформы

$$W = (A + B) k_p k_{ж} (\mu d + 2k)/D, \quad (III.31)$$

где $k_p = 1,2 \div 1,3$ — коэффициент, учитывающий дополнительное сопротивление на упорных роликах при перекосах платформы или трение в ребрах в случае установки ребордных ходовых колес.

Принятый по каталогу электродвигатель проверяют на допустимую пусковую перегрузку.

8. МАШИНА ДЛЯ ЗАМЕРА ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЗЯТИЯ ПРОБ МЕТАЛЛА В КОНВЕРТЕРЕ

Замер температуры жидкой стали и взятие проб металла для экспресс-анализа химического состава — это технологические операции, и время, затрачиваемое на них, входит в цикл плавки. В большинстве конвертерных цехов эти операции проводит обслуживающий персонал, используя самоходные площадки, перемещающиеся по рабочей площадке поперек конвертерного пролета. Для выполнения этих опасных и трудоемких операций предварительно выводят кислородную фурму и конвертер переводят в наклонное положение («валют»).

С целью полной механизации замера температуры и взятия проб, сокращения продолжительности этих операций, исключения ручного труда обслуживающего персонала для конвертера вместимостью 350—400 т создана машина, не требующая повалки конвертера. Конструкция машины показана на рис. III.42.

Замер температуры жидкой стали, определение содержания углерода по температуре кристаллизации и взятие пробы осуществляют термоблоком, погружаемым в ванну металла на 5—10 с. Термоблок представляет собой картонный стакан, снизу закрытый конусным колпачком из листовой стали. В стакане сделаны две полости для затекания металла. Колпачок предохраняет спай термомпары, служащей для замера температуры жидкого металла, от случайных повреждений и при погружении в металл быстро расплавляется. Нижняя полость стакана предназначена для затекания жидкого металла и замера спаем второй термомпары температуры кристаллизации, позволяющей быстро находить содержание углерода по линии ликвидус на диаграмме «железо—углерод». В верхней полости стакана формируется проба, которую направляют в лабораторию на экспресс-анализ для определения химического состава стали.

Машина стационарно установлена на площадке сверху здания и смещена в сторону от оси конвертера.

В машину входят рама 5, качающаяся направляющая 10, каретка 16 с измерительной фурмой 19, канатный механизм 2 перемещения каретки и гидравлический механизм 1 наклона направляющей.

Наклон направляющей осуществляется качающимся гидродвигателем двустороннего действия. В крайнем правом наклонном положении осуществляют ввод измерительной фурмы с термобло-

ком в ванну конвертера, в вертикальном — замену фурмы, в левом наклонном положении — установку и снятие термоблока. Рабочая жидкость подводится к гидроцилиндру от маслянойпорной установки с двумя пластинчатыми насосами.

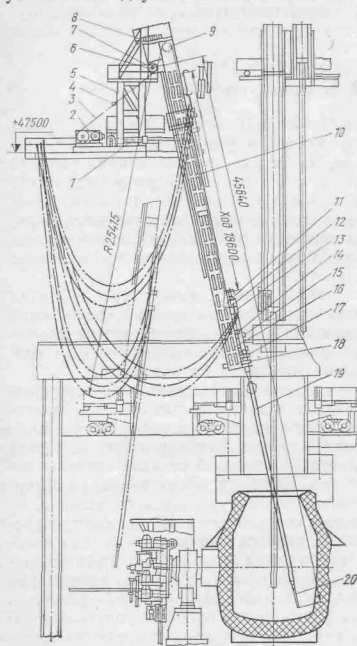


Рис. III.42. Машина для замера температуры ванны и взятия проб металла

пуса, сделанного из трех концентрично расположенных труб. По внутренней кольцевой полости подводят, а по внешней отводят воду, достигая этим наилучшего охлаждения. Внутри корпуса помещена штанга, свободно проходящая вдоль всей фурмы и прикрепленная к каретке. В зазор между внутренней трубой фурмы и штоком подают инертный газ (аргон), который препятствует затеканию металла. С пустотелой штангой соединен наконечник 20,

Канатный механизм перемещения каретки представляет собой однобарабанную лебедку. Канат 3 одним концом прикреплен к каретке, вторым — к барабану. Направляющий блок 6 расположен на оси шарнира 7, отклоняющий 9 установлен в качающейся направляющей.

Каретка перемещается на четырех ходовых роликах, имеет два упорных ролика. Для предупреждения падения каретки с фурмой при обрыве каната на ней установлен лимитер, подобный примененному в машине для подачи кислорода в конвертер вместимостью 350—400 т.

Измерительная водоохлаждаемая фурма предназначена для защиты термоблока от действия высокой температуры при вводе в конвертер. Фурма состоит из хвостовика 12 с тремя патрубками 13 для подвода и отвода охлаждающей воды и инертного газа и корпуса,

служащий для закрепления измерительного термоблока. На фурме закреплены два упора 14 с амортизационными пружинами. Корпус фурмы расположен между двумя парами конических роликов 15, обеспечивающих смещение корпуса по отношению к каретке на величину хода 1500 мм, необходимого для выдвигания термоблока из фурмы. В случае, когда направляющая находится в крайнем правом положении, фурма своим нижним упором опирается на упор 18, закрепленный на направляющей; в крайнем левом положении фурма удерживается крюком 11, свободно подвешенным в направляющей.

Машина снабжена системами автоматического регулирования скорости перемещения фурмы и контроля ее положения. В системе, контролирующей положения фурмы, применен цепной механизм со вспомогательной тележкой, противовесом и блоком командоаппаратов 8, расположенным на верхней площадке направляющей. Конструкция цепного механизма такая же как и подобного механизма машины для подачи кислорода в конвертер вместимостью 350—400 т. Указатель 4, состоящий из рычага с роликом и командоаппарата, дает команду на остановку привода лебедки в случае появления слабых или обрыва каната.

Машина работает следующим образом. Перед началом работы направляющая 10 находится в исходном левом положении, каретка занимает промежуточное положение, а измерительная фурма удерживается крюком 11. Наконечник 20 выдвинут из фурмы, что позволяет закрепить измерительный термоблок. При включении привода лебедки 2 сначала происходит втягивание на ползучей скорости наконечника с термоблоком на измерительную фурму, а затем подъем фурмы вместе с кареткой на рабочей скорости в крайнее верхнее положение. После остановки каретки качающийся гидроцилиндр 1 переводит направляющую в крайнее левое положение, включается привод лебедки и фурма, опираясь своим верхним упором 14 на упор каретки, перемещается на рабочей скорости вниз и через отверстие в кессоне вводится в конвертер. При вводе фурмы в кессон и ее внутреннюю полость подается инертный газ. При подходе фурмы к ванне металла привод лебедки переводится на ползучую скорость. Фурма своим нижним упором 17 садится на упор 18 направляющей. Каретка, продолжая опускаться вниз, выводит из фурмы наконечник с термоблоком, погружая последний в жидкий металл на глубину 700 мм. После некоторой выдержки времени привод лебедки включается на подъем каретки. Сначала наконечник с термоблоком втягивается внутрь фурмы, а затем каретка движется вверх. Возврат направляющей и фурмы в левое исходное положение для снятия термоблока происходит в обратной последовательности.

Техническая характеристика машины для замера температуры ванны и взятия проб металла без поковки конвертера

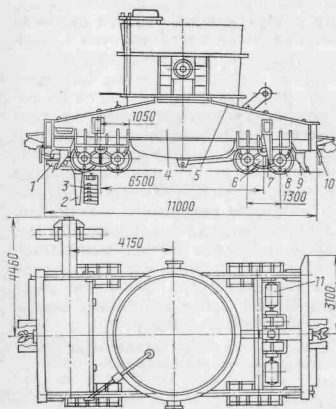
Наружный диаметр измерительной фурмы, мм	273
Масса фурмы с водой, кг	4 700

Ход фурмы:	
при замере температуры, мм	17 100
при замене термоблока, мм	12 400
Ход термоблока, мм	1 500
Продолжительность цикла замера температуры, с	140
Механизм перемещения фурменной каретки:	
рабочая скорость, м/с	1,7
ползуная скорость, м/с	0,3
мощность электродвигателя, кВт	70
Механизм наклона направляющей:	
угол поворота направляющей	19° 19'
ход гидроцилиндра, мм	2075
рабочее давление масла, МПа	10
мощность электродвигателей насосной установки, кВт	20,7
Масса машины, т	57

9. МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ (СТАЛИ И ШЛАКА)

Сталевозы. Они предназначены для транспортирования ковша с жидкой сталью от конвертера в разливочный пролет; маневрирования ковшом под конвертером во время слива стали; подачи и уборки машины для установки конвертера, думпкаров для битого кирпича и мусора, несамходных шлаковозов, а также для чистки рельсовых путей и плит под конвертером от выбросов металла и шлака. Ковш на сталевоз устанавливают и снимают различными краном.

В СССР изготавливают сталевозы пяти типоразмеров для ковшей вместимостью 70, 80, 130, 280 и 350 т.



На рис. III.43 показана конструкция сталевоза для ковша вместимостью 350 т. Сварная рама 4 сталевоза состоит из двух продольных и четырех поперечных балок коробчатого сечения, закрытых сверху съемным плитным настилом. Рама установлена на четырех балансирах 6 с двумя скатами 8 в каждом. Ходовая часть выполнена с четырьмя приводными ходовыми колесами диаметром 1000 мм и двумя отдельными механизмами передвижения 11. Привод каждого механизма передвижения состоит из

Рис. III.43. Сталевоз для ковша вместимостью 350 т

электродвигателя постоянного тока, тормоза и трехступенчатого редуктора. Для защиты приводов от теплового излучения ковша и попадания металла при сливе установлены экраны 7. Ток подводится посредством токосъемного устройства 2 и троллеев 3, проложенных в специальном туннеле. Щель пролетного туннеля закрывается металлической лентой, для укладки которой на сталевозе установлено лентоукладочное устройство 1. Сталевоз соединяется с другими машинами автосцепкой, расцепной рычажный механизм 10 которой приводится в действие вручную или дистанционно электромагнитами. Система густой централизованной смазки обеспечивает подачу смазки ко всем узлам трения. Для чистки рельсового пути на раме сталевоза закреплены четыре скребка 9. Зазор между ножами скребков и головками рельсов 5—10 мм.

В сталевозах для ковшей вместимостью 130 и 280 т предусмотрены дополнительные скребки для уборки выбросов металла и шлака с плит под конвертером, которые устанавливаются по высоте винтовым механизмом с электроприводом, управляемым дистанционно.

Как показал опыт эксплуатации, обычный сталевоз не в состоянии разрушить и удалить застывшие выбросы металла с путей и плит. Для этой цели следует все ходовые колеса сталевоза выполнить приводными, что увеличит силу сцепления с рельсами до величины, необходимой для чистки пути.

Для ковшей вместимостью 280—350 т применяют сталевозы грузоподъемностью 400 и 450 т.

Шлаковозы. В цехах с конвертерами вместимостью 50 и 100—130 т для уборки шлака применяют несамходные шлаковозы с ковшами вместимостью 16 и 30 м³, транспортируемые шлаковозами.

В новых конвертерных цехах уборку шлака осуществляют самоходными шлаковозами. Шлак из конвертера сливают в ковш, установленный на шлаковозе, и вывозят в разливочный или вспомогательный пролеты, где ковш переставляют краном на несамходный шлаковоз, транспортируемый локомотивом на отвал; на место снятого ковша устанавливают порожний, который подают шлаковозом под конвертер.

В эксплуатации находятся самоходные шлаковозы грузоподъемностью 100 и 170 т для ковшей соответственно вместимостью 16 и 30 м³ и комбинированные шлаковозы грузоподъемностью 320 т. Последние отличаются тем, что на них можно устанавливать два шлаковых ковша по 16 м³ или короба для мусора и боя огнеупорных материалов. Конструкция самоходных шлаковозов принципиально не отличается от конструкции сталевозов.

В период эксплуатации шлаковых ковшей происходит налипание шлака, а в ряде случаев и его зависание. Предупредительные меры — предварительное опрыскивание ковшей известковым раствором или засыпка измельченного шлака — не всегда дости-

гают цели. Для очистки ковшей и выбивки массива шлака применяют машину ударного действия, состоящую из поворотного стелла для ковша и консольно-поворотного крана для подъема шарового груза. Состав шлаковозов подают локомотивом к машине и ковши поочередно устанавливают на поворотный стелл. Налипший шлак удаляют ударами груза изнутри ковша. Массив шлака выбивают ударами груза снаружи по дну ковша, предварительно опрокинув его на специальный стелле. Достоинства машины — исключение ручного труда, поточность обработки ковшей, высокие производительность и качество чистки. Недостаток — снижение стойкости ковшей вследствие ударов.

Машины для уборки шлака на зарубежных заводах. Отличительная черта системы уборки шлака за рубежом — применение

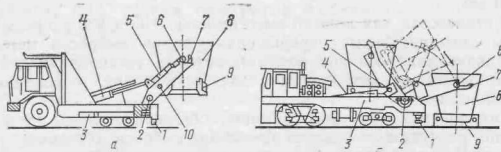


Рис. III.44. Шлаковозы на пневмоколесном ходу:

1 — гидродомкраты; 2 — горизонтальные оси; 3 — платформа; 4 — гидроцилиндры поворота; 5 — короткоходные гидроцилиндры; 6 — цапфы; 7 — вилка для захвата цапф; 8 — чаша; 9 — приливы; 10 — стопорные пальцы

безрельсового транспорта. В ФРГ разработана серия шлаковозов на пневмоколесном ходу грузоподъемностью от 10 до 100 т (рис. III.44, а). Привод машины дизельный, скорость передвижения до 35 км/ч (работают обычно на скорости 8—10 км/ч). Машина может преодолевать уклон до 15°. Вместимость ковшей от 2,5 до 23 м³. Для установки ковша и его опрокидывания машина оборудована гидравлическими подъемниками. Ковш на рычагах фиксируется гидравлическим замыкающим механизмом со стопорными пальцами 10, которые перемещаются короткоходными гидроцилиндрами 5. Для обеспечения устойчивости машины и уменьшения нагрузки на задние оси колес в хвостовой части тележки предусмотрены гидравлические домкраты 1. Безопасную работу машины обеспечивают системы оптических и акустических устройств, сигнализирующих о перегрузке или потере ею устойчивости.

В Англии фирма «Веллин» выпускает шлаковозы на пневмоколесном ходу с гидроприводом (рис. III.44, б). Два рычага захватывают ковш за цапфы и поворачивают его вокруг горизонтальной оси двумя гидроцилиндрами. В ступице колес шлаковоза смонтированы планетарные передачи. Задняя часть рамы опирается на оси с гидравлическим подпрессориванием, компенсирующим неровности пола.

В США изготавливают автомобили-шлаковозы грузоподъемностью 75 т с ковшем вместимостью 13,5 м³. Ковши устанавливают на машину краном, а для опрокидывания предусмотрен механизм с канатным приводом, размещенным на прицепе. Для повышения полезной грузоподъемности выпускают шлаковозы двоякого типа.

10. МЕХАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА КОНВЕРТЕРОВ

Ремонт конвертеров — тяжелые и трудоемкие операции, для выполнения которых в конвертерных цехах используют комплекс высокопроизводительных машин. При ремонте конвертеров применяют машины для ломки выгоревшей и кладки новой футеровки, перемещения корпуса конвертера, опорного кольца и днищ, торкретирования футеровки.

Применение комплекса машин позволило в значительной мере ликвидировать тяжелый ручной труд и увеличить производительность конвертерных цехов благодаря сокращению продолжительности ремонтов.

Машины для ремонта футеровки

Машины для ремонта футеровки обеспечивают установку рабочей площадки внутри корпуса конвертера на требуемой высоте и подачу огнеупорных материалов.

Для ремонта футеровки конвертеров используют машины трех типов — крановые, навесные и напольные. Крановые и навесные машины применяют при ремонтах глухондных конвертеров, а напольные — конвертеров с отъемными днищами. Крановые машины более эффективны в работе и обеспечивают проведение ремонта за более короткое время, чем навесные.

Крановая машина для ремонта футеровки глухондных конвертеров показана на рис. III.45. Основные узлы машины — мост 6 с механизмом передвижения 5, две рабочие площадки 3 и 1, расположенные на разных уровнях, механизм вертикального перемещения рабочих площадок 7, откидные козырьки 4 и 2 и вертикальный платформенный подъемник материалов 12.

Верхняя рабочая площадка (большего диаметра, чем нижняя) соединена с мостом машины тремя телескопическими направляющими 13. Нижняя площадка крепится к верхней площадке тремя телескопическими стойками 15. Механизм перемещения рабочих площадок состоит из барабанной лебедки 7, канатов 8, направляющих 9 и подвижных 14 блоков, закрепленных на верхней площадке. Поворот козырьков рабочих площадок осуществляется с помощью гидроцилиндров. Огнеупорные материалы на поддонах подают на мост машины автопогрузчик, устанавливают на платформу подъемника материалов 12 и опускают на рабочие площадки. Платформу перемещает механизм, состоящий из ле-

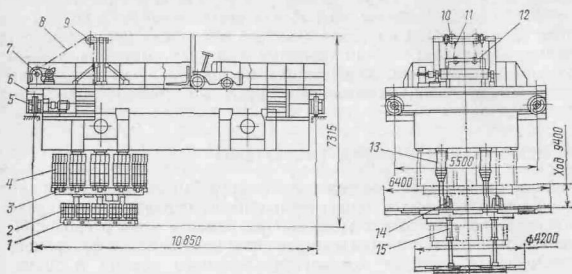


Рис. III.45. Крановая машина для ремонта футеровки конвертеров

бедки и канатной системы 11 с направляющими блоками 10. Платформу подъемника закрепляют на нижней рабочей площадке фиксаторами, обеспечивая возможность ее перемещения относительно верхней площадки.

Машина передвигается по рельсовому пути, расположенному над конвертерами. Ходовая часть состоит из четырех колес, два из которых приводятся от индивидуальных приводов.

В цехах с конвертерами вместимостью 250 и 300—350 т применяют однотипные крановые машины.

Техническая характеристика крановой машины для ремонта футеровки конвертера

Пролет, мм	10 850
База машины, мм	5 500
Скорость передвижения машины, м/с	0,332
Скорость передвижения рабочих площадок, м/с	0,09
Диаметр ходовых колес, мм	700
Передаточное число редуктора	48,57
Мощность электродвигателя, кВт	1,9
Механизм подъема рабочих площадок:	
тяговое усилие, кН	180
передаточное число редуктора	175,6
мощность электродвигателя, кВт	16
Подъемник материалов:	
тяговое усилие лебедки, кН	40
скорость подъема платформы, м/с	0,26
передаточное число редуктора	50
мощность электродвигателя, кВт	7,5
частота вращения электродвигателя, об/мин	600

Навесная машина секционного типа для ремонта футеровки конвертеров (рис. III.46) позволяет механизировать работы, связанные с кладкой футеровки глухондонного конвертера вместимостью 160 т. Машина состоит из пяти секций, последовательно собираемых на горловине конвертера. Основные узлы машины —

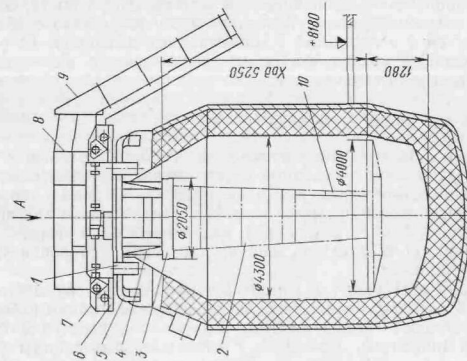
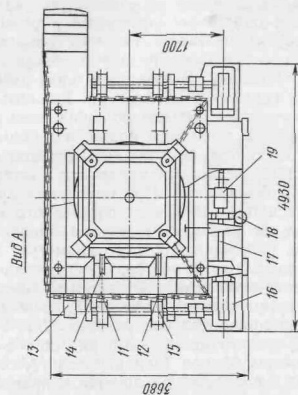


Рис. III.46. Навесная машина для ремонта футеровки

опорная рама 5, телескопическая шахта 2, несущая рама 6, рабочая площадка 3, механизм перемещения рабочей площадки 7 и телескопическая лестница 10. Опорную раму устанавливают непосредственно на горловину конвертера. Несущую раму 6 выставляют в горизонтальное положение винтовыми упорами 1. Телескопическая шахта состоит из шести сварных элементов, входящих друг в друга. К нижнему элементу шахты прикреплено круглое основание рабочей площадки. В собранном виде рабочая площадка свободно входит в горловину конвертера. К основанию площадки шарнирно присоединены четыре больших козырька с цепями 12 для захвата крюком мостового крана, а к большим козырькам в свою очередь шарнирно прикреплены двадцать четыре малых козырька (по три пары малых козырьков различной конфигурации на один большой козырек). При опускании крюка большие козырьки расходятся под действием собственного веса, а малые козырьки отбрасывают вручную, и внутри конвертера образуется круглая рабочая площадка большого диаметра. Вертикальные перемещения площадки конвертера осуществляются канатным механизмом с электроприводом, состоящим из электродвигателя 19, тормоза 18, промежуточных валов 17, двух трехступенчатых коническо-цилиндрических редукторов 16, четырех канатных барабанов 15, расположенных попарно по обе стороны устройства, направляющих блоков 14 и канатов 11, соединенных винтовыми стяжками 4 с рабочей площадкой. Управление механизмом перемещения — кнопочное. Крайние положения рабочей площадки устанавливаются командоаппаратом 13, соединенным с валом барабана. В верхней части устройство снабжено ограждением 8 и лестницей 9. Огнеупорные материалы на рабочую площадку подают мостовым краном сверху на поддонах через телескопическую шахту.

Машины для ломки футеровки

В машинах для ломки футеровки используют два основных способа ее разрушения — ударный и скалывания зубьями, совершающими поворотное и поступательное движения. Первый и наиболее эффективный способ применен в отечественной машине для ломки футеровки, второй — в машинах ряда зарубежных фирм.

На рис. III.47 показана машина для ломки футеровки ударного действия.

Машину доставляют к ремонтируемому конвертеру мостовым краном и на месте подключают электропитание (гибким кабелем) и осуществляют подвод сжатого воздуха под давлением 0,4—0,6 МПа (шлангом). Конвертер с отсоединенным днищем устанавливают в горизонтальное положение. Футеровку ломают, пробивая в ней пикой пневмоударника дорожки шириной 400—500 мм сначала от горловины к днищу, а затем после поворота корпуса на 180° от днища к горловине. При переводе конвертера

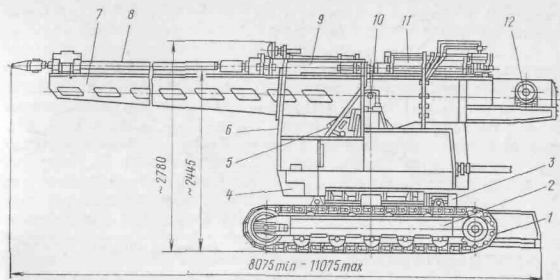


Рис. III.47. Машина для ломки футеровки конвертеров

в вертикальное положение происходит обрушение футеровки. Оставшиеся участки кладки разрушают пневмоударником, направляя его движениями стрелы и машины. Перемещение машины осуществляется гусеничным механизмом 1. На раме 2 машины установлена поворотная платформа 4, вращаемая механизмом 3. Качающаяся стрела 7, закрепленная в стойках 10 платформы, наклоняется механизмом 5. Пневмоударник 9 вместе с пикой 8 перемещаются по стреле в рабочее положение цепным механизмом 12, а в процессе ломки подаются пневмоцилиндром 11. Управление машиной осуществляют из кабины 6.

Механизм передвижения (рис. III.48, а) снабжен двумя независимыми приводами гусениц, что обеспечивает не только продольное движение, но и разворот машины. Привод каждой гусеницы состоит из электродвигателя 1, тормоза 2 с электрогидравлическим толкателем, редуктора с конической 3 и планетарной 4 передачами, а также приводной звездочки 6, внутри которой расположена планетарная передача 5 с закрепленным водилом.

Поворот платформы в горизонтальной плоскости происходит на роликах, заключенных в обшюку опорно-поворотного круга. Вращение от электродвигателя 1 (рис. III.48, б) через комбинированный редуктор, состоящий из цилиндрической 2 и червячной 3 передач, пере-

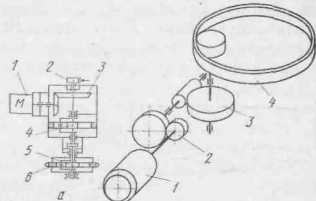


Рис. III.48. Кинематические схемы механизма передвижения машины (а) и механизма поворота платформы в горизонтальной плоскости (б)

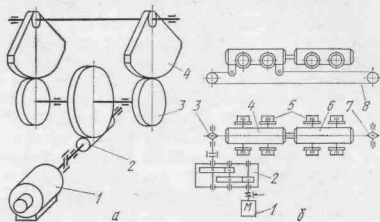


Рис. III.49. Кинематические схемы механизма наклона стрелы (а) и цепного механизма перемещения ударника (б)

дается зубчатому венцу 4 открытой передачи, прикрепленному к поворотной платформе.

Наклон стрелы в вертикальной плоскости (вверх — на угол 30° , вниз — 40°) осуществляется механизм (рис. III.49, а), состоящим из поршневого реверсивного пневмодвигателя 1, червячного редуктора 2 и передачи 3, зубчатые секторы 4 которой жестко соединены со стрелой. Цепной механизм перемещения ударника (рис. III.49, б) смонтирован на стреле и включает в себя электродвигатель 1, двухступенчатый редуктор 2, приводную 3 и холостую 7 звездочки и цепь 8, соединенную концами с корпусом пневмоцилиндра 4 подачи ударника. Пневмоцилиндр подачи, как и пневмоударник 6, снабжены роликами 5, перемещающимися в направляющих стрелы. Выдвинутый в крайнее положение пневмоцилиндр подачи закрепляют специальными фиксаторами.

В машине применен бесклапанный пневмоударник (рис. III.50), который отличается простотой устройства, надежностью работы и пониженным расходом сжатого воздуха. В корпусе 6 помещен поршень 7 с центральным и наклонными каналами. Воздух подводится через подпружиненную 9 и направляющую 8 втулки. Удар поршня воспринимает ударник 3, заключенный между втулкой 5 и крышкой 4. Ход ударника ограничивается буртом. Удлиненную пику 1 со сменным наконечником закрепляют в патроне 2. Система воздухораспределения с перекрытием воздухоподводящих каналов стенками цилиндра позволяет обойтись

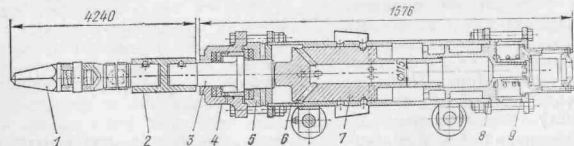


Рис. III.50. Бесклапанный пневмоударник

без каналов в корпусе и осуществлять запуск в любом положении поршня. Небольшая длина и прямолинейность воздухоподводящих каналов обеспечивают незначительные потери давления.

Работа пневмоударника происходит следующим образом. В исходном положении (рис. III.51) сжатый воздух поступает через центральный а и боковой е каналы в рабочую полость б цилиндра 1. Поршень 2 начинает ускоренное движение вперед. Из полости холостого хода д воздух вытесняется через выпускное отверстие ж. При движении поршня канал е перекрывается стенкой цилиндра, прекращается подача сжатого воздуха и дальней-

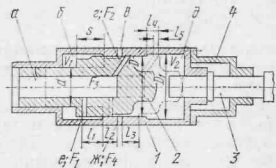


Рис. III.51. Расчетная схема воздухораспределения пневмоударника

При рабочем движении поршня сначала перекрывается выпускное отверстие ж полости холостого хода, а затем открывается выхлопное отверстие в рабочей полости. Воздух через открытый канал г поступает в полость д, и поршень начинает движение холостого хода. Последовательно перекрываются каналы в, е и г, и поршень движется под действием расширения воздуха, но уже в полости холостого хода. Сначала поршень тормозится в результате образования воздушной подушки, а при открывании канала г — сжатым воздухом. Движение поршня реверсируется, и цикл работы повторяется.

Применение удлиненной пики позволяет вывести стрелу из зоны действия высоких температур; при этом отпадает необходимость в предварительном охлаждении футеровки конвертера, что позволяет сократить время проведения ремонта на 8—10 ч.

В зарубежной практике для ломки футеровки широко используются машины с дизель-гидравлической установкой. Импортная машина подобного типа применяется на одном из отечественных заводов. Машина снабжена гусеничной ходовой частью и поворотной платформой, на которой расположены дизель и связанная с ним насосная группа. Наклон стрелы в вертикальной плоскости осуществляется качающимся гидроцилиндром. Навесные орудия для ломки и уборки футеровки закрепляются на головке стрелы и управляются гидроцилиндрами, расположенными в стреле. Кабина машиниста установлена на поворотной платформе.

Расчет пневмоударника

Расчет проводим по методике НИГРИ, разработанной на основании результатов экспериментальных исследований пневмоударников бесклапанного типа. Для расчета задают основные параметры пневмоударника — энергию единичного удара A , Дж; частоту ударов в минуту n ; предударную скорость v , м/с; давление воздуха в сети p_0 , МПа. Учитывая возможность падения давления воздуха в цеховой магистрали ($p = 0,6$ МПа), следует принимать $p_0 = 0,4$ МПа и $v_0 = 5,4$ м/с. Необходимое значение хода поршня s (см. рис. III.51)

$$s = 60k_1k_2v_0/n, \quad (\text{III.32})$$

где $k_1 = 0,62$ и $k_2 = 0,4$ — соответственно коэффициенты режима и условий работы, полученные по результатам экспериментальных исследований.

Среднее давление воздуха в различных частях пневмоударника определяют по эмпирическим зависимостям: в рабочей полости при движении поршня $p_1 = 0,6p_0$; у входа в пневмоударник при рабочем ходе поршня $p_2 = 0,9p_0$; в полости холостого хода при рабочем ходе поршня $p_3 = 0,18p_0$.

Диаметр поршня

$$D = \sqrt{A/[\pi s (0,184p_1 + 0,067p_2 + 0,25p_3)]}. \quad (\text{III.33})$$

Масса поршня $m = 2A/v_0^2$.

Объемы полостей рабочего хода V_1 и холостого хода V_2 при крайних положениях поршня $V = k_3D^2s$, где k_3 — эмпирический коэффициент, принимаемый для рабочей полости равным 0,45, а для полости холостого хода 0,40.

Суммарную площадь сечения впускных каналов F_1 и F_2 для полостей рабочего и холостого хода $F = k_4D^2s^{0,2}$, где k_4 — опытный коэффициент, равный для рабочей полости 0,028, для полости холостого хода 0,017.

Площадь сечения осевого канала в поршне $F_3 = (2,5 \div 3,0) F_1$.

Площадь выхлопных отверстий для полостей рабочего и холостого ходов $F_4 = 0,03D^2s^{0,7}$.

Полезная площадь выхлопных пазов на поршне $F_5 = 1,5F_4$.

Диаметр хвостовика поршня $d = 0,52D$.

Параметры l , определяющие перекрытие клапанов, находят по выражениям: $l_1 = 0,53s$; $l_2 = 0,25s$; $l_3 = 0,2s$; $l_5 = 0,16s$; $l_4 = s - l_3$.

Диаметр впускных расточек цилиндра

$$D_1 = D(1 + 0,076D^{0,2}/L), \quad (\text{III.34})$$

где L — суммарная длина периметра впускных каналов, $L = \pi d_n n_n$, здесь d_n и n_n — диаметр и число впускных каналов.

Расход сжатого воздуха

$$Q = k_5 n D^2 s (k_6 p_p + k_7 p_x) 10^{-6}, \quad (\text{III.35})$$

где Q — расход сжатого воздуха, м³/мин; k_5 — коэффициент, учитывающий утечку сжатого воздуха внутри пневмоударника;

$p_p = 0,925p_0$ — давление в рабочей полости перед перекрытием впускных отверстий; $p_x = 0,6p_0$ — давление в полости холостого хода; $k_6 = 0,76$; $k_7 = 0,6$ — коэффициенты, учитывающие режим работы пневмоударника.

Диаметр шланга для подвода сжатого воздуха к пневмоударнику

$$d_{ш} = (1,25 \div 1,3) \sqrt{Q}. \quad (\text{III.36})$$

Расчет машины на устойчивость

Устойчивость машины должна обеспечиваться в условиях нормальной эксплуатации при возникновении любых допустимых статических и динамических нагрузок. Степень устойчивости определяется коэффициентом устойчивости k , который представляет собой отношение восстанавливающего момента $M_{в}$ к опрокидывающему моменту $M_{оп}$

$$k = M_{в}/M_{оп} \geq 1,15 \quad (\text{III.37})$$

Расчет машины на устойчивость проводят для различных положений рабочего органа и относительно продольной и поперечной линий опорного контура.

Рассмотрим наиболее тяжелый случай нагружения и условия устойчивости машины при одновременном действии сил веса отдельных частей, центробежных сил при повороте платформы, сил инерции при качании стрелы и поступательного движения машины (рис. III.52).

Опрокидывающие моменты, создаваемые силами веса рабочего органа и стрелы относительно поперечного ребра опорного контура (переднего края гусениц):

$$\left. \begin{aligned} M_p &= G_p(l_1 - D); \\ M_c &= G_c(l_2 - D), \end{aligned} \right\} \quad (\text{III.38})$$

где G_p и G_c — соответственно вес рабочего органа (пневмоударника) и составной стрелы с телескопическим валом; l_1 и l_2 — расстояния от центров тяжести рабочего органа и стрелы до оси вращения платформы; l — расстояние от оси вращения платформы до ребра опрокидывания.

Центробежная сила, возникающая при вращении рабочего органа с угловой скоростью ω

$$P_{ц.р} = m_p \omega^2 l. \quad (\text{III.39})$$

Момент опрокидывания от силы $P_{ц.р}$

$$M_{ц.р} = P_{ц.р} l_1, \quad (\text{III.40})$$

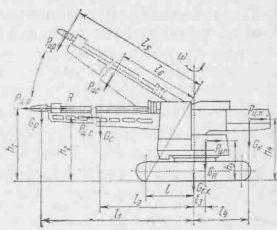


Рис. III.52. Схема для расчета машины на устойчивость

где h_1 — плечо силы $P_{ц.р}$ относительно ребра опрокидывания.
 Центробежная сила и опрокидывающий момент от массы стрелы с телескопическим валом

$$P_{ц.с} = m_c \omega^2 l_2; \quad M_{ц.с} = P_{ц.с} l_2, \quad (III.41)$$

где h_2 — плечо силы $P_{ц.с}$ относительно переднего края гусениц.
 Инерционная сила рабочего органа при разгоне (торможении), действующая в вертикальной плоскости при качательном движении стрелы,

$$P_{и.р} = m_p \omega_c l_1 / t_c, \quad (III.42)$$

где ω_c — угловая скорость качательного движения стрелы; t_c — продолжительность разгона (торможения) стрелы.

Опрокидывающий момент от инерционной силы $P_{и.р}$

$$M_{и.р} = P_{и.р} l_3, \quad (III.43)$$

где l_3 — плечо силы $P_{и.р}$ относительно ребра опрокидывания.
 Инерционная сила стрелы и создаваемый ею опрокидывающий момент

$$P_{и.с} = m_c \omega_c l_2 / t_c; \quad M_{и.с} = P_{и.с} l_3, \quad (III.44)$$

где l_3 — плечо силы $P_{и.с}$.

Момент опрокидывания, создаваемый инерционными силами отдельных частей машины при ее поступательном движении (в период торможения):

$$M_{п.п} = (m_p h_1 + m_c h_2 + m_n h_3 + m_r h_4 + m_r x h_5) v_M / t_T, \quad (III.45)$$

где m_n — масса платформы с кабиной; m_r — масса противовеса; m_x — масса гусеничной ходовой части; h_3, h_4, h_5 — плечи соответствующих сил относительно ребра опрокидывания; v_M — скорость поступательного движения машины; t_T — продолжительность торможения.

Суммарный опрокидывающий момент

$$M_{оп} = M_p + M_c + M_{ц.р} + M_{ц.с} + M_{и.р} + M_{и.с} + M_{п.п}. \quad (III.46)$$

Восстанавливающие моменты, создаваемые силами веса платформы, противовеса и гусеничной ходовой части:

$$\left. \begin{aligned} M_{п} &= G_{п} (l_3 + l); \\ M_{к} &= G_{к} (l_4 + l); \\ M_{р} &= G_{р} x l, \end{aligned} \right\} \quad (III.47)$$

где l_3 и l_4 — расстояния соответственно от центров тяжести платформы и противовеса до ребра опрокидывания.

Центробежные силы платформы и противовеса, возникающие при вращении поворотной части машины,

$$\left. \begin{aligned} P_{ц.п} &= m_{п} \omega^2 l_3; \\ P_{ц.к} &= m_{к} \omega^2 l_4. \end{aligned} \right\} \quad (III.48)$$

Центробежные восстанавливающие моменты

$$\left. \begin{aligned} M_{ц.п} &= P_{ц.п} l_3; \\ M_{ц.к} &= P_{ц.к} l_4. \end{aligned} \right\} \quad (III.49)$$

где h_3 и h_4 — плечи сил $P_{ц.п}$ и $P_{ц.к}$ относительно рассматриваемого ребра опрокидывания.

Суммарный восстанавливающий момент

$$M_{в} = M_{п} + M_{к} + M_{р} + M_{ц.п} + M_{ц.к}. \quad (III.50)$$

Подставив значения моментов $M_{в}$ и $M_{оп}$ в формулу (III.37), находим коэффициент устойчивости k .

Машины для установки конвертера

Большая собственная масса конвертера, опорного кольца и привода создает значительные трудности при монтаже и ремонте, которые можно разрешить путем применения мощных грузоподъемных машин рельсового типа.

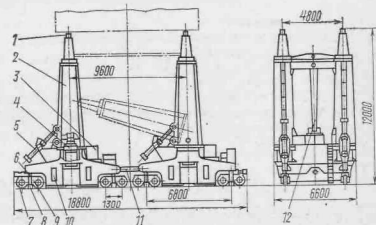


Рис. III.53. Гидравлическая машина для установки конвертера

Для установки на фундамент и снятия конвертеров вместимостью 300—350 и 350—400 т созданы гидравлические машины грузоподъемностью соответственно 1800 и 2200 т, обеспечивающие надвижку конвертера крупным блоком, состоящим из корпуса, опорного кольца, подшипниковых узлов и навесных приводов. Кроме того, машины позволяют поддомкрачивать футерованный конвертер вместе с опорным кольцом и жидким металлом, что необходимо при ревизии и ремонте опорных подшипников.

Машина грузоподъемностью 2200 т для установки конвертера (рис. III.53) состоит из двух однотипных тележек 10, на которых установлены спаренные колонны 2, гидроцилиндры подъема 4, механизмы 5 наклона колонн и гидронасосные установки 3 с аппаратурой управления. Между собой тележки соединены тягами 11.

Рама основной тележки опирается на восемь ходовых колес 7, расположенных попарно в балансирных тележках 9. При движении машины с грузом усилие воспринимается только ходовой

частью; при поддомкрачивании конвертера винтами 6 выдвигаются упоры 8, разгружающие ходовую часть. Передвижение машины осуществляется сталевозом, присоединяемым с помощью автосцепки.

В рамах тележек установлены по два гидравлических цилиндра подъема, на плунжеры которых свободно опираются стойки 1, проходящие сквозь спаренные колонны. В результате перемещаемый конвертер имеет четыре точки опоры. Синхронность работы гидроцилиндров подъема контролируется рычажной системой 12, действующей на гидроаппаратуру управления.

В нерабочее наклонное положение спаренные колонны переводятся гидравлическими механизмами наклона, каждый из которых снабжен двумя качающимися гидроцилиндрами двустороннего действия.

Конструкция машины позволяет осуществлять небольшое поперечное смещение груза и поворот его в горизонтальной плоскости.

Техническая характеристика машины для установки конвертера грузоподъемностью 2200 т

Грузоподъемность, т:	
при транспортировании блока конвертера	1100
при поддомкрачивании конвертера	2200
Ход гидроцилиндров подъема, мм	1000
Скорость подъема, мм/мин	36
Допускаемое поперечное смещение груза, мм	±60
Угол поворота груза в горизонтальной плоскости	±44°
Колея и база машины, мм	4800; 9600
Масса машины, т	268,6

Машины для торкретирования футеровки конвертеров

Повышение срока службы футеровки сталеплавильных агрегатов, в частности конвертеров, достигают профилактическим горячим ремонтом — торкретированием, которое заключается в нанесении на футеровку тонкого защитного слоя торкрет-массы. Торкретирование проводят при горизонтальном положении конвертера сразу после выпуска стали, когда футеровка нагрета до температуры 1300—1500 °С.

Для конвертеров применяют два способа торкретирования. По первому способу торкрет-массу, состоящую из увлажненного огнеупорного порошка с добавкой связующего материала, подают на поверхность нагретой футеровки в струе сжатого воздуха. Недостатком способа является сползание еще не затвердевшей массы с наклонных участков футеровки, в результате чего торкретирование конвертера в районе цапф не эффективно.

Второй способ — факельное торкретирование — заключается в том, что сухую торкрет-массу, состоящую из магнетитового порошка в смеси с тонкоизмельченным коксом, подают на поверхность футеровки в высокотемпературном факеле. При сгорании

кокса в струе кислорода частицы огнеупорного порошка разогреваются до оплавления, и при их ударе о футеровку происходит приваривание. Достоинствами факельного торкретирования являются равномерность и хорошая схватываемость с футеровкой защитного покрытия, возможность работы конвертера сразу после торкретирования, в то время как при торкретировании увлажненными массами требуется длительное время нагрева.

Для торкретирования конвертеров применяют машины двух типов: подвесные, перемещающиеся по балкам над конвертером, и напольные, передвигающиеся по рабочей площадке. Напольные машины отличаются от подвесных большей гибкостью в работе, возможностью качественного торкретирования труднодоступных мест на футеровке.

На рис. III.54 показана напольная машина для факельного торкретирования всей поверхности футеровки конвертера. Машина состоит из гусеничной ходовой части 1, манипулятора 11, торкрет-фурмы 13 с соплом 14 и кабины 12. Манипулятор снабжен механизмами вращения и наклона фурмы в вертикальной плоскости.

Торкрет-фурма представляет собой горелку типа «труба в трубе» с соплом Лавала, выполненную из четырех concentрично расположенных труб. По первой центральной трубе подается торкрет-порошок, по второй — кислород под высоким давлением, третья и четвертая трубы образуют водоохлаждаемый корпус.

Огнеупорный порошок и кислород подаются к машине по гибким шлангам 2 и 8, электроэнергия — по гибким кабелям 7. Подвод и отвод воды для охлаждения фурмы осуществлены шлангами 9 и 10. Блок подачи огнеупорного порошка расположен в стороне и состоит из бункера 4, герметичного клапанного затвора 5 и аэрирующего устройства 3, с которым соединен трубопровод 6 сжатого воздуха. Аэрирующее устройство представляет собой воздухоподводящую коробку, в верхней части которой закреплен лист с малыми отверстиями, обтянутый тканью из стекловолокна.

Торкретирование проводят следующим образом. Фурму движением машины вводят внутрь конвертера и включают систему водоохлаждения. При поступлении сжатого воздуха в аэрирующее устройство порошок в нижней части бункера взрыхляется и транспортируется в фурму. Одновременно начинают подавать кислород. Факел пламени образуется в результате горения кокса, входящего в состав торкрет-порошка. С началом процесса торкретирования включают механизм вращения фурмы, в результате чего на поверхность футеровки наносится кольцевой слой. Когда толщина

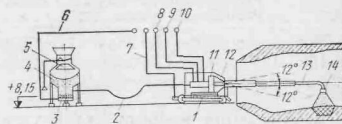


Рис. III.54. Машина для торкретирования футеровки конвертера

слоя достигает 50—70 мм, фурма смещается в осевом направлении в результате перемещения машины. При нанесении покрытия на труднодоступные участки футеровки фурму наклоняют.

*Техническая характеристика машины
для факельного торкретирования*

Скорость перемещения машины, м/мин	18
Частота вращения фурмы, об/мин	1,0
Угол наклона фурмы к горизонтали	±12°
Мощность электродвигателей, кВт	15,7
Давление кислорода, МПа	1,5
Расход кислорода, м³/мин	60
Расход торкрет-массы на 1 т стали, кг	0,84
Расход воды, м³/мин	0,3

Торкретирование позволяет увеличить стойкость футеровки на 100—135 плавков. Средние затраты времени в сутки на торкретирование составляют 18—20 мин.

11. МЕХАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА СТАЛЕРЕЗЛИВЧНЫХ КОВШЕЙ

Футеровка сталеразливочного ковша состоит из трех слоев — теплоизоляционного, арматурного и рабочего. Толщина футеровки зависит от вместимости ковша и достигает 600 мм и массы 63 т для ковша вместимостью 480 т. Стойкость футеровки составляет в среднем 18—25 плавков и зависит от качества огнеупоров и выполнения работы.

Рабочий слой футеровки выкладывают из огнеупорного кирпича или делают набивным монолитным из огнеупорной массы. Ремонт ковша заключается в разрушении изношенного рабочего слоя футеровки и замене его новым.

На современных предприятиях тяжелый ручной труд при ремонте ковшей заменен машинным. При проведении ремонтных работ используют машины для ломки футеровки, кладки огнеупорного кирпича, пескометной набивки рабочего слоя футеровки, наборки и сушки стопоров.

Машины для ломки и ремонта футеровки ковшей

Машина для ломки футеровки ковшей. Для механизированной ломки футеровки ковшей используют машину ударного действия и поворотный стенд для ковшей. Машина для ломки футеровки ковшей (рис. III.55) по принципу работы и по конструкции узлов и механизмов аналогична ранее рассмотренной машине для ломки футеровки конвертеров. Отличие заключается в меньших габаритах, так как для разрушения футеровки ковша требуются пневмударник с меньшей энергией единичного удара. Меньший ход пики (1200 мм) позволил устранить цепной механизм перемещения пневмударника. Выдвижение пики и пневмударника 1 в рабочее положение, как и их подачу в процессе ломки, осуще-

ствляет пневмоцилиндр 2, шарнирно закрепленный на стреле 3. Для устойчивости пики на стреле установлена дополнительная опора 4. Сталеразливочный ковш 6 закрепляют в поворотной раме стенда 5 и наклоняют в положение, удобное для ломки футеровки. Ломку осуществляют пробивкой дорожек в футеровке, не повреждая арматурный слой ковша. При наклоне ковша футеровка обрушивается и высypается в корб 7. После этого ковш вновь возвращают в горизонтальное положение и разрушают футеровку дна, применяя короткие удары. Помимо основного назначения, машину используют для выдвки стаканов ковшей.

Машины для ремонта футеровки ковшей.

Рабочий слой футеровки сталеразливочных ковшей монтируют как путем кладки нового огнеупорного кирпича, так и набивкой слоя огнеупорной массы. Для этих целей применяют машины трех типов: для механизированной кладки кирпича, для изготовления монолитной футеровки из быстротвердеющих смесей и для пескометной набивки рабочей футеровки.

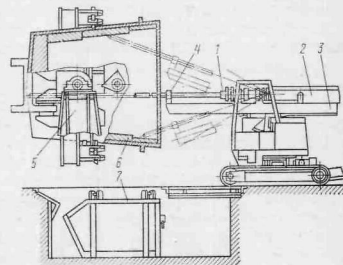


Рис. III.55. Машина для ломки футеровки ковшей

Конструкция машины для кладки футеровки сталеразливочных ковшей приведена на рис. III.56.

Первый слой на дне ковша укладывают из специальной ного клинового кирпича, что обеспечивает в последующем кладку по вертикальной линии машиной. К подъемной платформе 1 шарнирно присоединена поворотная рама лестницы 7 с рабочей площадкой 9, снабженной ограждением. Вертикальные перемещения платформы 1 осуществляются с помощью винтового механизма 8 с двумя коническо-винтовыми редукторами, в конические колеса которых смонтированы гайки. Коническо-винтовые редукторы связаны промежуточными валами с цилиндрическим двухступенчатым редуктором и электродвигателем. Скорость перемещения платформы 0,01 м/с. На платформе установлена поворотная рама 17 ленточного конвейера 16 и дозатор раствора 6. Подъемная платформа с присоединенными узлами уравновешена противовесами 4, находящимися внутри колонн 5. К колоннам прикреплены направляющие платформы и сверху установлены шкивы 3 для канатов 2 противовесов.

Положение рабочей площадки 9 по отношению к лестнице 7 устанавливают для удобства обслуживания механизмом 12, со-

стоящим из двух червячно-винтовых редукторов, цепной передачи и электродвигателя. Лестницу с рабочей площадкой отклоняют в сторону рычажным механизмом с качающимся пневмоцилиндром.

Линия подачи кирпича к месту кладки состоит из загрузчика 23, ленточного конвейера 16, установленного на поворотной раме 17, и составного желоба-укладчика 19, 20. Верхняя часть желоба 19 — закрытая, коробчатого сечения, нижняя (носок 20) —

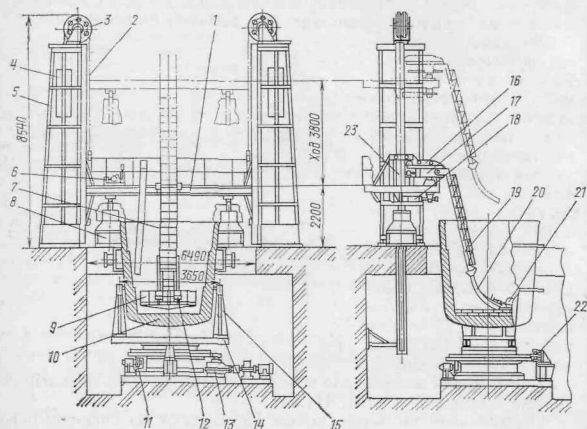


Рис. III.56. Машина для кладки футеровки ковшей

открывая. Соединение верхней части желоба 19 с поворотной рамой шарнирное. К желобу прикреплен электровибратор, ликвидирующий зависание кирпичей. С носком 20 шарнирно соединены рычаги вибратора-уплотнителя 21 и ролик копирующего устройства. Электровибрационный уплотнитель, расположенный за носком, позволяет получить требуемую плотность горизонтального и вертикального швов и удаляет излишек раствора.

Необходимое для получения качественной кладки боковое усилие на укладываемый кирпич создает ролик копирующего устройства под действием рычажно-пневматического механизма 18, поворачивающего раму 17 и желоб с носком 20. Раствор к месту кладки подают по гибкому шлангу на желобе от цехового растворного узла через дозатор 6, обеспечивающий порционную подачу. Система подвода обеспечивает поступление раствора под кирпич путем смачивания его нижней и боковых поверхностей. Кирпичи,

заполняющие желоб, собственным весом создают усилие на укладываемый кирпич, достаточное для сдвига его по раствору и плотного прилегания по торцу.

Ковш 10, подлежащий футеровке, устанавливают на лафет 15, расположенный на поворотной платформе 14. Вращение платформы осуществляется приводом 13, состоящим из электродвигателя, цилиндрического двухступенчатого и конического редукторов и открытой зубчатой передачи. Опорно-поворотная часть снабжена тремя опорными роликами 11, тремя упорными роликами 22 и опорным кольцом, прикрепленным к основанию платформы 14. Возможное опрокидывание платформы исключается установкой нижнего опорного кольца. Опорные и упорные ролики расположены под углом 120° друг к другу. Общее передаточное число привода 1215. Электропривод обеспечивает частоту вращения ковша 0,4 и 0,8 об/мин. Работа механизмов машины осуществляется в следующей последовательности. Платформа поднимается в крайнее верхнее положение механизмом перемещения 8. Рабочая площадка 9 передвигается в верхнее положение, включая механизм 12, а затем вместе с лестницей отводится в сторону. Краном устанавливают на лафет 15 поворотной платформы 14 ковш, подлежащий футеровке. Возвращаются в нижнее положение желоб-укладчик и лестница с рабочей площадкой. Последняя устанавливается на требуемой высоте механизмом 12. Подачей сжатого воздуха в пневмоцилиндр механизма 18 подводится желоб к месту укладки кирпича и создается постоянное поджатие ролика копирующего устройства к нижнему ряду кладки. Контейнер с огнеупорным кирпичом подают мостовым крапом и укладывают на платформу 1. Включают загрузчик кирпича 23 и привод ленточного конвейера 16. Кирпичи заполняют желоб 19 и поступают по носку 20 к месту кладки. Приводится во вращение поворотная платформа 14 с ковшом 10 и одновременно включается система подачи раствора. Происходит последовательная укладка кирпичей по винтовой линии. Платформа 1 автоматически поднимается на высоту кирпича после укладки ряда. Импульс на подъем платформы подается командоаппаратом, связанным с роликом копирующего устройства. Командоаппараты, установленные в верхней части желоба, останавливают механизм вращения ковша при опускании кирпича ниже кромки носка и отключают питание электроприводов задатчика кирпича и ленточного конвейера при избытке его в желобе.

Применение машины при кладке футеровки ковшей позволило избежать больших затрат тяжелого ручного труда и сократить продолжительность кладки одного ковша до 2 ч. Повышенное качество кладки увеличивает стойкость футеровки ковшей.

Применение набивной монолитной футеровки ковшей вместо кирпичной кладки диктуется условиями большей возможности механизации тяжелого труда, повышения стоимости и экономической целесообразности. Существенное преимущество монолит-

ной футеровки перед кирпичной — отсутствие швов. Монолитные футеровки изготавливают из кремнеземистых масс, используя пневматические трамбовки, машины центробежного типа, пескометы и виброустановки.

Практика показала, что наиболее перспективным является способ изготовления монолитных футеровок пескометами, обеспечивающий стабильность свойств футеровки, высокую производительность, низкую стоимость работ, возможность набивки футеровки без ограничения вместимости ковшей.

Машины для пескометной набивки рабочей футеровки сталеразливочных ковшей могут быть стационарного и передвижного типов. В зависимости от способа формирования боковой поверхности набиваемого слоя футеровки машины подразделяют на два вида — со сплошным и с подвижным секционным шаблоном.

Машинам пескометной набивки ковшей со сплошным шаблоном присущи некоторые недостатки:

- переменная высота между бросковым механизмом и набиваемым слоем приводит к тому, что нижняя часть выполняемой футеровки обладает меньшими плотностью и прочностью, в то время как в процессе эксплуатации ковша она испытывает повышенное ферростатическое давление;

- применение громоздкого сплошного шаблона вызывает затруднения при его установке и центрировании с целью достижения равномерного кольцевого зазора между кирпичной кладкой ковша и шаблоном и приводит к значительной потере времени;

- для установки, центрирования и удаления шаблона необходимо использование мостовых или порталных кранов;

- при большом числе типоразмеров ковшей необходимо такое же количество шаблонов, дорогостоящих в изготовлении и занимающих много места при хранении.

Стационарная конструкция машины требует применения сложной самоходной тележки с механизмом вращения ковша. С учетом рельсового пути стационарная машина по сравнению с передвижной занимает большую производственную площадь, не обеспечивает необходимую гибкость в работе и менее производительна.

В СССР для футеровки ковшей вместимостью 200 и 250 т разработаны конструкции передвижных машин с подвижными секционными шаблонами «Орбита-1» и «Орбита-2».

Общее устройство машины «Орбита-2» приведено на рис. 111.57. Машина состоит из портала 22, снабженного механизмом передвижения 6, подвижной колонны 23, помещенной в роликовую опору 26, поворотной платформы 8, механизмов 25 и 20 вертикального перемещения и вращения платформы, каретки 15, пескомета 10, секционного подвижного шаблона 12, механизма 14 радиального перемещения шаблона и линии подачи огнеупорной массы. В последнюю входят приемный бункер 1, электровибрационный питатель 2, ленточный дозатор 3, воронка 4, вертикаль-

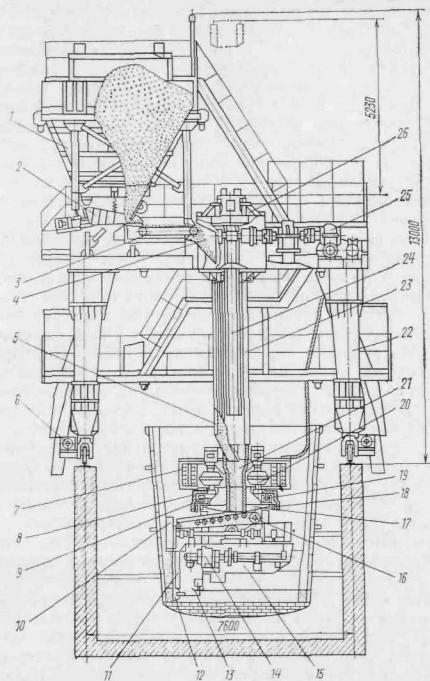


Рис. 111.57. Передвижная машина «Орбита-2» для набивки футеровки ковше

ный желоб 5, соединенный с колонной, тележка 21 и подающий ленточный конвейер 16.

Портал опирается на рельсовый путь, проложенный по верху ямы для ремонта ковшей, восемь ходовыми колесами, размещенными попарно в балансирах тележки. Все ходовые колеса приводные. Привод каждой балансирной тележки состоит из фланцевого электродвигателя, тормоза, червячного редуктора, соединенного с рамой тележки, и открытой зубчатой цилиндрической передачи, шестерня которой находится в двустороннем зацеплении с зубчатыми венцами ходовых колес.

Полая колонна прямоугольного сечения в верхней части помещена в массивную роликоопору, закрепленную на балках верхней площадки портала. В опоре по высоте расположены два ряда направляющих роликов (по четыре ролика в каждом ряду). Снизу к колонне прикреплена головка с двумя площадками. Верхняя площадка служит для размещения привода механизма вращения платформы и статора кольцевого токосъемника, а нижней 17 расположены узлы опорно-поворотной части платформы. На одной стороне колонны, обращенной к бункеру, закреплен вертикальный желоб с продольной щелью для входа загрузочной воронки. В нижней части желоб снабжен течкой, направляющей огнеупорную массу на подающий конвейер 16. Две зубчатые рейки механизма вертикального перемещения платформы приварены с двух противоположных сторон колонны. Реечные шестерни помещены в корпус роликоопоры и приводятся во вращение электродвигателем постоянного тока через цилиндрический и червячный редукторы стандартной конструкции и специальный цилиндрический редуктор с двумя выходными валами, соединенными муфтами с реечными шестернями. Для предохранения механизма от случайных перегрузок между цилиндрическими и червячными редукторами установлена дисковая фрикционная муфта предельного момента. Скорость перемещения платформы регулируют изменением частоты вращения электродвигателя привода. Для предотвращения самопроизвольного опускания платформы установлен самотормозящийся червячный редуктор.

Поворотная платформа сварной конструкции жестко связана с массивным зубчатым венцом четырьмя стяжками. Снизу к платформе прикреплены направляющие для роликов каретки. Сверху установлен ротор кольцевого токосъемника. Внутри зубчатого венца расположены торцовая и боковая беговые дорожки для опорных и упорных роликов.

Зубчатый венец опирается на шесть опорных роликов 19, расположенных попарно в трех качающихся обоймах (балансирах). Этим достигается статическая определенность системы и равномерность нагружения роликовых опор. Радиальное смещение платформы предупреждается шестью упорными роликами 9, расположенными в трех горизонтальных качающихся обоймах. Вертикальное смещение платформы вверх под действием случайных нагрузок предотвращают четыре ограничительных ролика 18. Вращение платформы осуществляют два привода, каждый из которых состоит из фланцевого электродвигателя постоянного тока, вертикального планетарного редуктора и открытой цилиндрической передачи с внутренним зацеплением. Скорость вращения платформы регулируют изменением частоты вращения электродвигателей двоякого привода.

Каретка 15 снабжена четырьмя ходовыми роликами, входящими в горизонтальные направляющие поворотной платформы. На каретке расположены подающий ленточный конвейер 16,

бросковый механизм — пескомет и привод механизма 14 радиального перемещения каретки с формирующим шаблоном 12. Механизм радиального перемещения состоит из электродвигателя, горизонтального планетарного редуктора и винтовой пары с закрепленной в платформе гайкой и обеспечивает подачу шаблона, необходимую для формирования боковой поверхности набиваемой футеровки ковша по форме усеченного конуса. Дисковая фрикционная муфта предельного момента, установленная между редуктором и винтом, предохраняет механизм от поломки и задает необходимую силу прижатия шаблона к футеровке. Ходовой винт защищен от попадания абразивных частиц гофрированным рукавом, а электродвигатель — герметичным кожухом.

Формирующий шаблон сделан из вальцованного нержавеющей стали листа с радиусом кривизны, меньшим минимального радиуса набиваемой футеровки, и болтами закреплен на каретке. Над шаблоном установлены сменный отбойный лист 11, исключаящий разброс огнеупорной массы, и планирующий нож для выравнивания торцовой поверхности окончательно набитой футеровки. На каретке установлен сельсинный датчик 13 со скользким контактным башмаком для контроля уровня набиваемого слоя футеровки, дающий импульс в схему автоматики на изменение частоты вращения платформы, тем самым изменяя количество массы, выбрасываемой пескометом, на единицу длины окружности набиваемой футеровки.

Головка пескомета снабжена ротором с одним металлическим ковшем. Ленточный конвейер, подающий массу в пескомет, выполнен по обычной схеме. Компоновка механизмов и условия уравнивания масс на поворотной платформе потребовали соединения головки пескомета с электродвигателем удлиненным промежуточным валом и применения в приводе конвейера клиноремной передачи. Подвод питания к электроприводам поворотной платформы осуществлен кольцевым токосъемником 7.

Бункер для огнеупорной массы установлен на резиновых прокладках, а на его стенах закреплены электровибраторы, которые ликвидируют зависание материала. Выход массы регулируют шибберным затвором, установленным под горловиной бункера. Для предупреждения налипания массы на стенки бункера и вертикального желоба их рабочие поверхности сделаны из пластика. Объем бункера рассчитан на набивку одного ковша. Электровибрационный питатель и ленточный дозатор системы подачи массы — типовой конструкции. Управляет машиной оператор с пульты, расположенного на нижней площадке портала.

Точную установку ковша по продольной оси машины в яме для ремонта осуществляют с помощью центрирующего устройства, состоящего из двух подвижных опорных балок с индивидуальными механизмами перемещения. Опорные балки перемещаются по направляющим посредством винтовых механизмов, каждый из

которых состоит из электродвигателя, цилиндрического редуктора и винтовой пары с поступательно движущейся гайкой.

Машина набивает футеровку ковша следующим образом.

Ковш, подлежащий ремонту, краном устанавливают в ремонтной яме на опорные балки механизмов поперечного перемещения ковша. Огнеупорную массу краном подают к машине в само-разгружающемся коробе и разгружают в бункер. Механизмом передвижения машину располагают над ковшом. Центрирование поворотной платформы машины и ковша выполняют передвижением машины и ковша. Колонну с платформой опускают вниз до тех пор, пока между дном ковша и низом формирующего шаблона не будет установлен минимальный зазор. Перемещением каретки задают радиальный зазор между защитной кладкой ковша и шаблоном, равный толщине набиваемой футеровки. Перед началом рабочего цикла проводят контрольную прокрутку платформы. После этого включают приводы механизмов вращения платформы, пескометной головки и линии подачи огнеупорной массы. Материал из бункера выдвигается вибропитателем на ленточный дозатор, а оттуда через воронку подается в вертикальный желоб колонны. Из него масса по течке и через направляющую воронку поступает на ленточный конвейер и задается в пескометную головку. Пескомет выбрасывает массу в перемещающийся кольцевой зазор между кладкой ковша и шаблоном, уплотняя ее.

В случае уменьшения подачи массы весовой дозатор автоматически включает вибраторы бункера, ликвидирующие ее зависание. Поворотная платформа вместе с пескометом совершает вращение без подъема вверх до тех пор, пока уровень набиваемого слоя не достигает верха шаблона. После этого датчик уровня поверхности набиваемого слоя дает команду на работу механизма подъема платформы. Таким образом, футеровку набивают по винтовой линии. Включение привода радиального перемещения каретки с шаблоном обеспечивает формирование внутренней поверхности футеровки в форме усеченного конуса. При появлении впадин в набиваемом слое датчик уровня поверхности дает импульс в систему управления приводом вращения платформы на уменьшение частоты ее вращения, при возникновении выступов частота вращения платформы увеличивается. Планирование торцевой поверхности футеровки после набивки, необходимое для укладки защитного ряда огнеупорного кирпича, осуществляют планирующим ножом, кратковременно вращая платформу в противоположном направлении. Комплекс механизмов формирования футеровки может работать в автоматическом и полуавтоматическом режимах и на ручном управлении.

Техническая характеристика машины пескометной набивки ковшей «Орбита-2»

Скорость передвижения машины, м/мин	10
Вместимость бункера, м ³	28

Продолжительность набивки, мин	40
Мощность электродвигателей машины, кВт	186
Масса машины с загруженным бункером, т	140
Пескомет:	
диаметр ротора, мм	800
ширина ковша, мм	145
мощность электродвигателя, кВт	100
частота вращения электродвигателя, об/мин	1470
Механизм вращения платформы:	
частота вращения платформы, об/мин	1,5—5,0
передаточное число планетарного редуктора	73,42
мощность электродвигателя, кВт	2×8,0
Механизм радиального перемещения каретки:	
ход, мм	700
скорость перемещения, мм/мин	7—20
передаточное число планетарного редуктора	258
мощность электродвигателя, кВт	1,0
Механизм вертикального перемещения платформы:	
скорость перемещения платформы, м/мин	0,1—0,4
ход колонны, мм	5230
передаточное число привода	83,47
мощность электродвигателя, кВт	14

Машина для наборки стопоров

Для наборки стопоров используют машину вертикального типа (рис. III.58). Основные узлы машины — наклонный люлечный конвейер 10 с направляющим патрубком, ловитель трубок 6, поворотный стол 1 для стержней, устройство 9 для засыпки песка и подвижная рабочая площадка 2 с механизмом перемещения. Ловитель предназначен для опускания столба набираемых трубок по стержню 3 и состоит из барабанной лебедки, двух канатов и захвата. Стержень наклоняют и удерживают в положении наборки пневмоцилиндром 5, снабженным роликом.

Принцип работы машины следующий. Трубки питателем за-гружают на люлечный конвейер, который поднимает их на верх машины и поштучно задает в направляющий патрубок. Последний направляет трубки на стержень. По мере набора столб трубок перемещается ловителем вниз. Наружную обмазку швов выполняют с подвижной площадки. Стержень с набранными трубками отводят в сторону поворотного стола. Песок засыпается между стержнем и трубками из бункера через воронку 8 со стороны, противоположной наборке. Песок уплотняется вибрацией стержня, создаваемой электровибратором. Пробка на стержень навинчивается

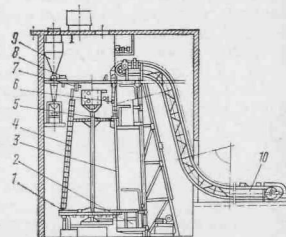


Рис. III.58. Машина вертикального типа для наборки стопоров

специальным захватом, для чего набираемый стопор 4 поднимается механизмом 7 на высоту 300 мм. Поворотный стол снабжен электроприводом и позволяет последовательно набирать 16 стопоров. Управляют машиной с пульта на рабочей площадке. Наборку комплекта стопоров осуществляют за 3—3,5 ч.

12. СПОСОБЫ И МАШИНЫ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Способы вакуумирования стали

Стали, выплавляемые в конвертерах, электро- и мартеновских печах, в значительной мере насыщены различными газами. В периоды остывания и кристаллизации из стали выделяются газы даже после ее охлаждения, а часть их остается в металле и вызывает снижение качества готовых изделий (образование пузырей, микроскопических усадочных раковин и волосовин, флокенов, старение стали, снижение магнитных свойств и др.).

Один из способов повышения качества стали — дегазация, т. е. удаление водорода, оксида углерода, азота и уменьшение содержания неметаллических включений.

Дегазация стали ведется по двум основным направлениям:

1) внепечное вакуумирование, когда из небольших порций жидкого металла или всей плавки одновременно непрерывно откачивают газы вакуумными насосами;

2) невакуумная дегазация, заключающаяся в обработке стали газообразными или твердыми реагентами.

Применяют электромеханические (для небольших объемов) и парожеткорные насосы, обеспечивающие вакуумную обработку плавки практически любой массы. При вакуумировании происходит самораскисление стали со снижением содержания углерода и кислорода, что обеспечивает получение стали с заданным химическим составом.

Способ внепечного вакуумирования обладает высокой эффективностью, универсальностью и относительной простотой, что и обусловило широкое внедрение его в практику сталеплавленного производства. Использование внепечного вакуумирования стали началось сравнительно недавно, но получило широкое распространение во многих странах мира. Известны следующие способы вакуумирования стали (рис. III.59): *а* — в сталеразливочном ковше; *б* — струйный; *в* — порционный; *г* — циркуляционный.

Ковшовое вакуумирование заключается в установке сталеразливочного ковша с металлом в герметически закрытой вакуумной камере, в которой создается разрежение. Недостаток этого способа — сравнительно низкая эффективность и большие потери тепла.

С целью повышения эффективности процесса применяют перемешивание металла, которое осуществляется двумя способами: электромагнитным (в катушку из немагнитной стали устанавли-

вают ковш) и с помощью инертного газа, подаваемого через стопор или пористую огнеупорную пробку в днище ковша. Вместо ковша можно использовать изложницу, для чего на нее устанавливают герметичную крышку с патрубком, который соединяют с насосной установкой.

Струйное вакуумирование основано на дегазации струи металла в вакууме при переливании его из ковша в ковш, при выпуске из печи и при разливке стали. Этот способ наиболее эффективен при разливке стали на тяжелые слитки.

Порционное вакуумирование заключается в многократном засасывании небольших порций металла (~10 % от массы металла в ковше) из ковша в вакуум-камеру с последующим перемешиванием каждой порции после вакуумирования с металлом в ковше. Поток стали, выходящий из вакуум-камеры, достигает дна ковша, отражается от него и направляется вверх, перемешиваясь со всей массой металла. Глубину погружения всасывающего патрубка в металл изменяют путем подъема ковша или опускания камеры. Полного вакуумирования достигают трех-четырекратным прохождением жидкой стали через вакууматор. Длительность цикла дегазационной обработки составляет примерно 20 мин.

Порционное вакуумирование — один из наиболее прогрессивных способов вследствие высокой степени и скорости дегазации, возможности обогрева камеры во время процесса, небольших эксплуатационных расходов.

Циркуляционное вакуумирование — наиболее целесообразный непрерывный процесс; для обработки плавки используют агрегаты относительно небольших размеров.

Способ заключается в непрерывном вакуумировании металла, подаваемого в вакуум-камеру. Подъем металла происходит в результате эжектирующего действия инертного газа (аргона), подаваемого к всасываемому патрубку. Пузырьки газа, попадая со сталью в разреженное пространство вакуум-камеры, разбрызгивают сталь, и газы, содержащиеся в металле, высвобождаются и вместе с инертным газом удаляются насосом. Интенсивность циркуляции достигает 45—50 т/мин и дегазация плавки массой 200—300 т составляет 12—15 мин.

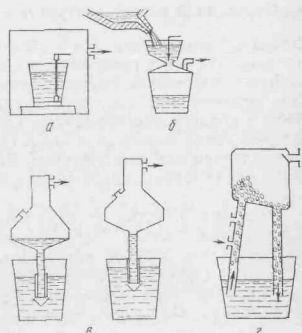


Рис. III.59. Способы вакуумирования стали

Для дальнейшего развития циркуляционного вакуумирования требуется решение многих вопросов по усовершенствованию магнитогидродинамических устройств (МГД-устройств) для перемещения жидкого металла. Они позволяют снизить мощность вакуумных насосов и совместить подачу металла в вакуум-камеру с подогревом высокочастотными индукторами. Применение МГД-устройств позволит внедрить прогрессивный процесс совмещения струйного вакуумирования с непрерывным литьем стали.

Конструкция и расчет вакууматоров

Струйный вакууматор. На Уралмаше успешно работает вакууматор (рис. III.60), в котором благодаря оригинальной конструкции вакуум-камер можно осуществлять следующие варианты дегазации: отливку под вакуумом крупных слитков, вакуумирование стали в ковше с одновременным раскислением или легированием; перелив стали из ковша в ковш под вакуумом с одновременным раскислением или легированием. Вакуумированием обрабатывают стали для роторов, валков холодной и горячей прокатки, штампов и др.

Вакууматор состоит из двух вакуумных камер и парожекторной насосной станции. Вакуум-камеры двух типов: с колпаковой (большая) и с плоской крышками.

Корпус 1 камер снабжен ребрами жесткости 2, в верхней части его предусмотрены водоохлаждаемые кольца 3 для резинового уплотнения. Для предохранения камеры в случае прорыва жидкого металла нижняя часть корпуса защищена чугунными плитами и огнеупорной футеровкой.

Представляет интерес конструкция крышки 4, выполненной в виде коническо-цилиндрической оболочки 5 в сочетании с пространственной рамой 6, которая намного прочнее плоских при меньшей массе. Вес ковша с металлом воспринимается рамой, а усилие от атмосферного давления — оболочкой. Крышка выполнена с плавными переходами, без концентраторов напряжений. Оболочка может свободно расширяться без термических напряжений.

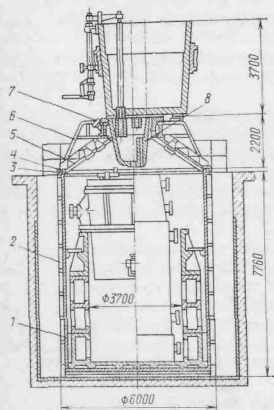


Рис. III.60. Вакууматор струйного типа

Для защиты от теплового излучения предусмотрен экран 7. При дегазации в горловину камеры устанавливают ковш-воронку 8; для подачи раскислителей и ферросплавов ставят бункер. Насосы вакууматора парожекторные пятиступенчатые.

Техническая характеристика струйного вакууматора

	Камера с колпаковой крышкой	Камера с плоской крышкой
Внутренний диаметр камеры, м	5,5	4
Полезная высота камеры, м	7,5	6
Объем камеры, м ³	200	70
Масса отливаемого слитка, т	175	65
Вместимость бункера для ферросплавов, м	1,0	0,5

Порционный вакууматор. Вакууматор для дегазации жидкой стали порционным методом, разработанный ВНИИметмашем для ковшей вместимостью 350 т, показан на рис. III.61.

Вакууматор состоит из вакуум-камеры 11 с всасывающим патрубком 22, шлюзового устройства 8, газотова 13, газоохладителя 15, вакуум-провода 16, подвижной платформы 14 с каретки 18, несущей колонны 19, гидравлического механизма 20 вертикального перемещения вакуум-камеры, электронгревателя 12, системы дозирования и подачи к шлюзовому устройству ферросплавов и легирующих элементов, парожекторного насоса и насосно-аккумуляторной станции. Кроме того, в комплекс вакууматора входит вспомогательное оборудование — самоходный сталевоз 21, ремонтная тележка, шлакопробойник 23 и установка для замера температуры и взятия проб металла (термопроб).

Корпус вакуум-камеры — сварной конструкции, изготовлен из листовой стали различной толщины с двумя кольцевыми ребрами жесткости, между которыми сварены плиты с цапфами для переноса камеры краном. Изнутри камера футерована огнеупорной кладкой. Площадь днища вакуум-камеры обеспечивает малую высоту слоя засасываемой порции металла, достигающей десятой части от массы металла в ковше, и тем самым создает условия для интенсивной и более полной его дегазации. Внутренний объем вакуум-камеры принят минимальным для того, чтобы уменьшить объем отводимых газов. К днищу вакуум-камеры крепят болтами всасывающий патрубок с наружной и внутренней футеровками. Для защиты корпуса камеры от теплового воздействия металла в ковше под днищем свободно подвешивается экран. Попадание шлака в вакуум-камеру предупреждают установкой перед началом работы в отверстие всасывающего патрубка шлакоотделителя одноразового применения, представляющего собой деревянную пробку с конусным наконечником из листовой стали. Газы, выходящие при сгорании пробки, отталкивают шлак от патрубка.

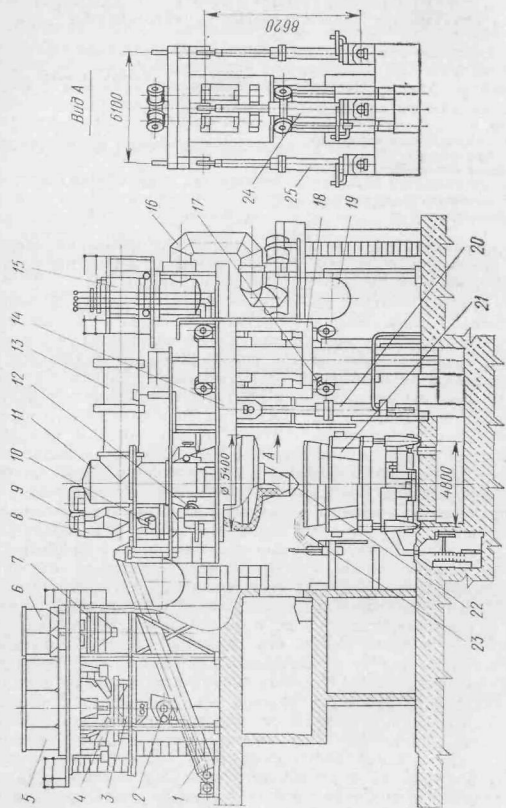


Рис. 111.61. Вакууматор порционного типа для ковша вместимостью 350 т.

Газоотвод имеет огнеупорную футеровку и присоединен одним концом к вакуум-камере, а другим — к холодильнику. Холодильник трубчатого типа предназначен для понижения температуры отводимых газов перед пароэжекторным насосом. Вакуум-провод между холодильником и вакуум-насосом состоит из системы труб и колен со сферическими шарнирами (вертлюговое соединение), обеспечивающими плотность при перекосах движущейся платформы.

Вакуум-камера вместе со шлюзовым устройством, газоотводом и газоохладителем установлены на платформе, связанной с кареткой. Последняя снабжена восемью биконическими опорными роликами 17, расположенными в два ряда по углам несущей колонны. Такая конструкция при минимальном числе роликов обеспечивает восприятие нагрузок не только от внецентричного расположения площадки и вакуум-камеры, но и от случайных горизонтальных сил.

Механизм вертикального перемещения вакуум-камеры снабжен тремя гидроцилиндрами — одним большим 24 и двумя малыми 25. В большой гидроцилиндр масло под давлением поступает от газового гидроаккумулятора, к малым гидроцилиндрам питание подводится от насосной станции высокого давления. Усилия, развиваемое каждым гидроцилиндром, недостаточно для подъема каретки с вакууматором. Такая конструкция механизма перемещения исключает необходимость синхронизации работы гидроцилиндров и перекоса платформы.

Температура в вакуум-камере во время работы и в периоды пауз между циклами обработки ковшей поддерживается электронагревателем. Графитовый электрод вводит в камеру через два гнезда с уплотнениями. Один конец электрода закрепляют в клемном зажиме, другой — в электрододержателе. Перемещение электрода осуществляют механизмом с электроприводом.

Система дозирования и подачи ферросплавов и раскислителей к шлюзовому устройству состоит из двух групп расходных бункеров — больших 5 и малых 6, электровибрационных питателей 4, весов-дозаторов 3 и 7 и наклонного одноковшового подъемника 1. Шесть больших бункеров заполняют ферросплавами различных видов, четыре малых бункера — алюминием и коксиком. Материалы доставляют и загружают в бункера контейнерами с самооткрывающимися днищами, используя мостовой кран.

Подъемник материалов состоит из наклонного моста, тележки с поворотным ковшом 2 и цепного механизма передвижения тележки со стационарным приводом. Поворот ковша осуществляют механизмом с навесным электроприводом. При загрузке материалов в шлюзовое устройство вакууматор опускают в крайнее нижнее положение.

Шлюзовое устройство закреплено на корпусе вакуум-камеры и служит для приема и подачи ферросплавов и раскислителей мелкими порциями в вакуум-камеру в те периоды времени, когда

в ней находится дегазируемый металл. В состав шлюзового устройства входят два бункера — большой и малый, закрываемые сверху клапанами 9, барабанный питатель 10 и поворотная регулирующая заслонка. В большой бункер материалы загружают подъемником. Малый бункер предназначен для раскислителей, подаваемых в контейнере непосредственно краном.

Клапаны бункеров при загрузке материалов поднимаются и отводятся в сторону, подводятся и прижимаются к фланцам гидравлическими механизмами. Барабан питателя снабжен доплатями и приводится во вращение от электродвигателя с регулируемой частотой вращения через червячный редуктор. Заслонка поворачивается реечным механизмом, приводимым в действие гидроцилиндром. Она фиксируется в двух положениях. В первом положении порции материала, дозируемые барабанным питателем, поступают в вакуум-камеру, при втором — материал направляется в карман в случае, когда возникает необходимость быстрого освобождения бункера и загрузки в него другого вида материала.

В промежутках между циклами работы вакуум-камера, газотвод и вакуум-провод заполнены азотом.

Техническая характеристика порционного вакууматора ВП-350

Годовая производительность, млн. т	1,0
Продолжительность вакуумирования, мин	До 20
Продолжительность цикла подготовки и вакуумирования, мин	45—50
Число двойных ходов вакуум-камеры при обработке одного ковша	До 50
Скорость перемещения вакуум-камеры, м/мин	0—10
Мощность электродвигателей маслонапорной станции, кВт	700
Мощность электронагревателя, кВт	1200

Расчет механизма передвижения вакуум-камеры

Рассмотрим схему сил, действующих на платформу и каретку перемещения вакуум-камеры (рис. III.62).

Силы сопротивления перемещению катков каретки

$$F_{A(B)} = R_{A(B)}\omega_0/\cos\alpha, \quad (\text{III.51})$$

где R_A, R_B — реакции сил давления катков на направляющие; ω_0 — коэффициент сопротивления движению; $\alpha = 30^\circ$ — угол наклона направляющих колонны.

Для расчета сил, действующих на плунжеры гидроцилиндров, составим три уравнения равновесия системы сил, расположенных на плоскости, а именно проецируя силы на оси x, y и определяя сумму моментов относительно точки B :

$$\begin{aligned} R_A - R_B &= 0; & F - G_0 - F_A - F_B &= 0; \\ F_C - G_0b + R_Al + F_Aa &= 0, \end{aligned} \quad (\text{III.52})$$

где G_0 — суммарный вес перемещаемых частей.

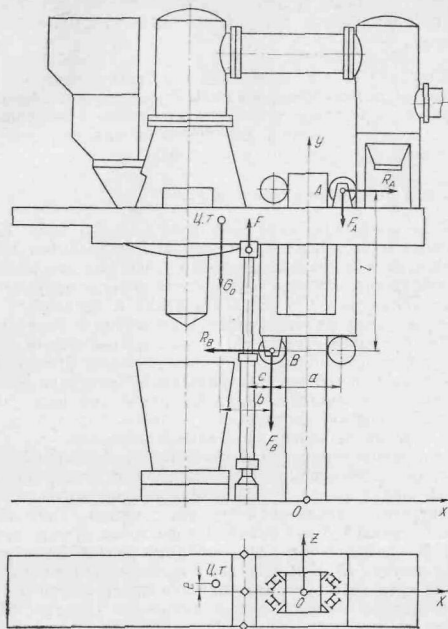


Рис. III.62. Расчетная схема механизма передвижения вакуум-камеры

Подставим значения $F_{A(B)}$ в (III.51) и решая (III.52) относительно F , получим зависимость для определения силы на штоках гидроцилиндров:

$$\begin{aligned} F &= G_0 \left(\frac{a + 2b + l \cos \alpha / \omega_0}{a + 2c + l \cos \alpha / \omega_0} \right), \\ \omega_0 &= (\mu d + 2k) / D, \end{aligned} \quad (\text{III.53})$$

где D, d — соответственно диаметр катка и цапфы; μ — коэффициент трения в подшипнике; k — коэффициент трения качения, м.

С учетом потерь на трение в уплотнениях движущую силу на штоках гидроцилиндров следует принимать несколько больше:

$$F_{\text{ш}} = F/\eta_{\text{т}}, \quad (\text{III.54})$$

где $\eta_{\text{т}} = 0,85 \pm 0,97$ — к. п. д. силового гидроцилиндра.

По максимальным значениям силы $F_{\text{ш}}$ и заданной скорости их перемещения определяются рабочее давление в гидросистеме, расход жидкости, а также подбираются по каталогу тип гидронасосов и мощность приводных электродвигателей.

Машины для обработки стали в ковше

Машины для ввода алюминия в сталеразливочный ковш. Широко применяемый в настоящее время способ забрасывания вручную чушек алюминия в сталеразливочный ковш под струю металла не дает требуемого качества раскисления стали и приводит к потерям алюминия до 50 % из-за его угара и перехода в шлак. Более эффективной является подача алюминия в виде слитков, проволоки (катанки), стержней, пуля внутрь объема металла в ковше с использованием специальных машин. Наиболее простым и дешевым способом предварительной подготовки алюминия для подачи в ковш является отливка слитков требуемого развеса, обычно выполняемых трефовидного сечения с углублением по центру и с заливкой петлей из стальной проволоки.

Укрупнено совместно с комбинатом «Азовсталь» создана машина для ввода алюминиевых слитков в сталеразливочный ковш, показанная на рис. III.63, а. Машина состоит из телескопической штанги, выполненной из трех частей — неподвижной штанги 11, средней 8 и нижней 5 подвижных штанг, несущего стержня 4, защищенного огнеупорными втулками, канатной системы и лебедки 12. Неподвижная и средняя штанги изготовлены каждая из трех труб, расположенных в пространстве под углом 120° и соединенных между собой листовыми связями. Нижняя и средняя штанги снабжены желобчатыми роликами, контактирующими с трубами. Принудительное перемещение штанг осуществляется лебедкой, создающей попеременно тяговое усилие в канатах 14 и 13 опускания и подъема. В поднятом положении телескопическая штанга стопорится для надежности крюковой защелкой 10, освобождаемой вручную посредством каната 9. Навешивание алюминиевого слитка 2 производится вводом футерованного стержня в глухое отверстие слитка и его креплением вязальной проволокой 3 к фланцу нижней штанги.

Устройство канатной системы машины приведено на рис. III.63, б. Подъемный канат 13 системы перемещения средней штанги одним концом связан с барабаном лебедки 12, огибает направляющий блок 15 и вторым концом прикреплен к средней штанге 7. Опускающий канат 14 также закреплен на барабане, проходит по направляющим блокам 16 и 21 и крепится к концевой

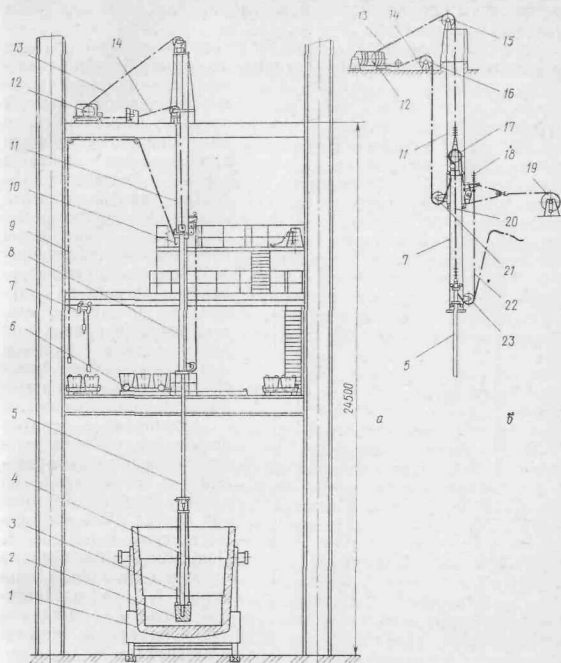


Рис. III.63. Машина для ввода алюминия в сталеразливочный ковш

части средней штанги. При работе лебедки происходит наматывание на барабан одного каната и сматывание другого.

Канатная система для перемещения нижней штанги состоит из двух канатов, получающих движение при перемещении средней приводной штанги. Канат 22 огибает направляющий блок 23 на средней штанге и концами связан с пружинным амортизатором 18 и с нижней штангой; канат 20 прикреплен к кронштейну верхней штанги 11 и нижней штанге, проходя по подвижному блоку 17 на средней штанге. Такая конструкция обеспечивает принудительное опускание нижней штанги и создание усилия,

необходимого для преодоления выталкивающей силы при вводе слитка в жидкую сталь.

Канат 20 у кронштейна образует петлю, в которую помещен подвижный блок с обоймой. При возникновении аварийной ситуации обойму блока захватывают крюком и отводят в сторону ручной лебедкой 19. При этом нижняя ветвь каната движется вверх, осуществляется подъем нижней штанги и выводится футерованный стержень из ковша. Возле канатной лебедки установлено контролирующее роликовое устройство с путевыми выключателями, отключающее привод при возникновении слабины или перенатяжения каната 14 и предупреждающее поломку узлов машины.

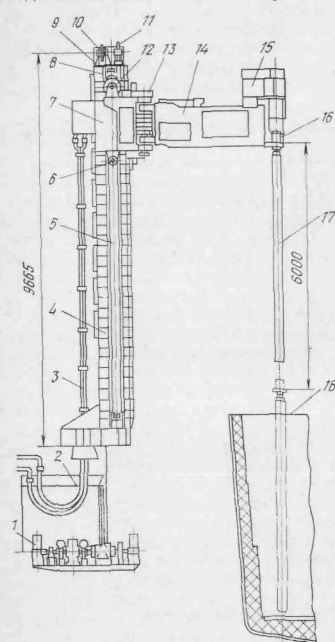


Рис. III.64. Машина для продувки стали в ковше аргоном

Машины для продувки стали в ковше аргоном. В машине конструкции УЗТМ (рис. III.64) фурма в период работы может получать следующие движения — вертикальные перемещения для ввода в ковш и вывода из него; отвод в обе стороны от центрального положения поворотом стрелы в горизонтальной плоскости, используемый для приема фурмы от консольно-поворотного крана при подаче из сушила и для установки на стеллаж фурмы, вышедшей из строя; наклона в вертикальной плоскости путем качательного движения аргонподводящей головки с целью перемещения зоны продувки внутри объема металла.

Машина состоит из несущей колонны 4, каретки 7 с поворотной стрелой 14, канатного механизма вертикального перемещения каретки, оснащенного лебедкой 1, уравновешивающего устройства каретки, гидравлических механизмов поворота стрелы и наклона фурмы, пневматических механизмов зажима фурмы и ее подключения к аргонопроводу. Направляющие 5 каретки расположены на двух смежных гранях колонны. Каретка снабжена восемью ходовыми роликами 6, расположенными попарно в четырех балансирах. Тяговый канат 8 прикреплен к площадке 9 на колонне, огибает блоки 10, 12 на каретке и идет к барабану лебедки. Канат уравновешивающего устройства одним концом соединен с кареткой, проходит по двум направляющим блокам 11, огибает подвижной блок на противовесе и другим концом связан с площадкой. Противовес помещен в шахту, закрепленную на противоположной стороне колонны. Канатная система обеспечивает свободное опускание фурмы, что предупреждает ее поломку при случайном упоре в препятствие, и частичное уравновешивание веса подвижных частей, позволяющее уменьшить тяговое усилие и снизить мощность электродвигателя лебедки.

Поворот стрелы в горизонтальной плоскости на угол 105° и наклон головки 15 с фурмой 17 на угол 7° в вертикальной плоскости осуществляются рычажными механизмами с качающимися гидроцилиндрами. Гидроцилиндр поворота стрелы установлен на каретке, а гидроцилиндр наклона фурмы — на стреле. Контроль угла поворота стрелы осуществляется сельсиновой системой, сельсин-датчик 13 которой соединен с опорно-поворотным узлом. Фурма удерживается в головке пружинно-клещевым захватом 16, снабженным пневматическим цилиндром для его раскрытия. Прижатие аргонподводящего патрубка к раструбу фурмы производится пружинно-пневматическим механизмом. Оба механизма смонтированы в аргонподводящей головке. Подвод аргона к фурме, сжатого воздуха и масла под давлением к рабочим цилиндрам механизмов, расположенных на каретке и стреле, осуществляется гибкими шлангами 3, которые при опускании укладываются в приямок 2. Продувка стали аргоном производится в ковше 18, установленном на сталевозе. Скорость вертикального перемещения фурмы 0,22—0,6 м/с; масса машины 21,8 т.

Машина для загрузки металлической сечки в сталеразливочный ковш. Охлаждение стали в ковше в широком диапазоне температур производят либо подачей сечки, представляющей собой измельченную листовую обрезь, либо путем ввода в металл слэба и его частичного расплавления.

Машина для подачи сечки в сталеразливочный ковш конструкции УЗТМ (рис. III.65) состоит из сварной рамы 2 составного типа, тележки 8 с поворотным коробом 5, двух толкающих штанг 9, шарнирно связанных с коробом, и привода в составе электродвигателя 12, тормоза, трехступенчатого коническо-цилиндрического редуктора 11 и двух речных передач, зубчатые рейки которых

закреплены на штангах. Две пары ходовых роликов 7 и 10 помещены в двусторонние направляющие, закрепленные на раме машины. Крайние положения тележки устанавливаются командо-аппаратом, расположенным на выходном валу редуктора, и ограничиваются амортизаторами 1 и 13 и подвижными упорами 15 и 14 на тележке. Короб соединен с тележкой тягой 6 с шарниром 4 и оснащен дополнительным грузом на концевой части днища, опирающимся в горизонтальном положении на пружинный амортизатор, встроенный в раму тележки. Поскольку в процессе работы машины штанги с роликами получают различные углы

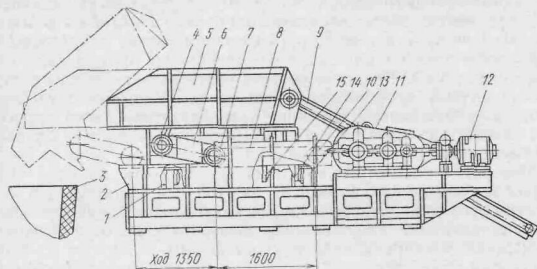


Рис. III.65. Машина для загрузки металлической сечки в сталеразливочный ковш

наклона, то для обеспечения правильности зацепления речных пар установлены ограничительные ролики с подпружиненными корпусами подшипников.

Машина работает следующим образом. В исходном положении тележка с горизонтально расположенным коробом устанавливается под течкой дозатора. После замера температуры стали в ковше, производимого специальной установкой с термопарой погружения, и расчета количества сечки, необходимого для охлаждения металла до требуемой температуры, задается программа набора весовой порции. Включается электровибрационный питатель бункера для сечки и в весовом дозаторе набирается порция материала. Дается импульс на работу электровибрационного питателя дозатора и взвешенная порция сечки через течку поступает в короб. При включении электропривода машины штанги с зубчатыми рейками получают движение. Вначале тележка с коробом движется прямолинейно поступательно до тех пор, пока левый упор на тележке не войдет в контакт с левым амортизатором 1. Тележка останавливается и дальнейшее движение штанг приводит к наклону короба относительно оси 4 и к сбрасыванию сечки в сталеразливочный ковш 3. Возврат короба и тележки в первоначальное положение происходит в об-

ратной последовательности при реверсировании электропривода. Установа для дозирования и смешивания добавок, подаваемых в сталеразливочный ковш. Для получения высококачественной стали в нее вводят различные добавки (легирующие материалы и ферросплавы), подаваемые в сталеразливочный ковш. Важное значение при этом получает строгое дозирование добавок по массе, избирательность и возможность корректирования массы подачи, посылная укладка добавок по виду или крупности. Таким требо-

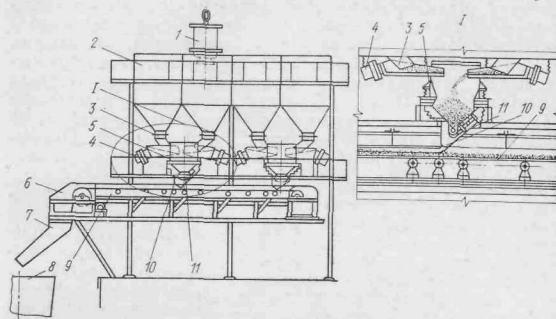


Рис. III.66. Установка для дозирования и смешивания добавок, подаваемых в сталеразливочный ковш

ваниям удовлетворяет установка для дозирования и подачи добавок конструкции Укргипромеца, действующая в одном из конвертерных цехов.

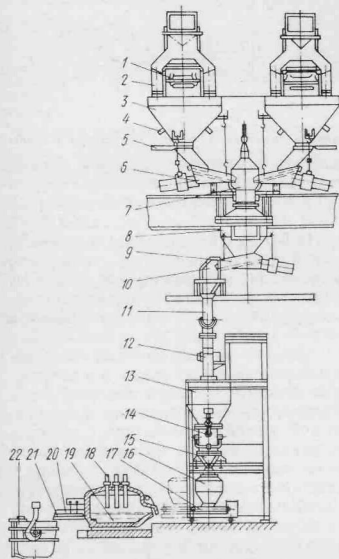
В состав установки (рис. III.66) входят приемные бункера 2, электровибрационные питатели 4, расположенные под течками 3, весовые дозаторы 5 с затворами 11, укладочные воронки 10, ленточный сборник 9 и передаточный бункер 8. Сборник представляет собой ленточный конвейер с разгрузочной головкой 6 и течкой 7.

Добавки доставляют к установке краном в саморазгружающихся контейнерах 1, из которых они поступают в приемные бункера 2. В соответствии с заданной программой подачи добавок включаются в работу электровибрационные питатели 4 и материалы из бункеров по течкам 3 поступают в весовые дозаторы, в которых набираются определенные порции добавок по массе. Затем по заданной программе очередности выдачи добавок и посылности укладки открываются затворы 11 весовых дозаторов и добавки воронками 10 укладываются на движущуюся ленту сборника. Подготовленная порция добавок через разгрузочную головку 6 сборника и по течке 7 поступает в передаточный бун-

кер 8, подаваемый к сталеразливочному ковшу. Наличие весового устройства и затвора на бункере позволяет контролировать выдачу добавок и при необходимости ее прерывать.

13. СИСТЕМА ДОЗИРОВАНИЯ И ЗАГРУЗКИ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОПЕЧЬ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ ШЛАКОВ

Обработку стали жидкими синтетическими шлаками в сталеразливочных ковшах производят с целью уменьшения содержания серы, кислорода и неметаллических включений. Используют в основном известково-глиноземистые и реже известково-силикатные шлаки, выплавляемые в электропечах или в установках циклонного типа. Поскольку расход шлака на рафинирование стали составляет 4—5 % от массы обрабатываемой стали, то при объеме выплавки шлака 300—600 тыс. т в мощном сталеплавильном цехе требуются специальные системы дозирования и подачи компонентов шлака в плавильную печь.



На рис. III.67 показана система дозирования и загрузки компонентов шлака в плавильную электропечь, примененная в кислородно-конвертерном цехе с конвертерами вместимостью 350 т. В состав системы входят приемные бункера 3, электровибрационные питатели 6 и 9, весовые дозаторы 8, промежуточные воронки 10 и 15, промежуточные бункера 13 с затворами 14, загрузочная тележка 16 с бункерами и ленточным загрузочным механизмом 17. Для борьбы с зависанием материалов в бункерах применены электровибраторы 4, установленные на боковых стенках бункеров.

Рис. III.67. Система дозирования и загрузки компонентов шлака в электропечь для выплавки синтетических шлаков

Степень заполнения бункеров материалами контролируется датчиками уровня. Перекрытие выходных отверстий бункеров в случае проведения ремонтных работ производят отсечными шиберными затворами 5. В системе установлены две параллельно расположенных дозировочно-загрузочных линии.

Система дозирования и загрузки работает следующим образом. С главных конвейеров 1 кислородно-конвертерного цеха материалы разгружаются сбрасывающими тележками 2 в приемные бункера 3, в которых образуется запас компонентов шлака. При включении электровибрационных питателей 6 материалы из бункеров через проходной бункер 7 попадают в бункер весового дозатора 8, в котором набирается заданная по массе порция материалов. Она выдается из дозатора электровибрационным питателем 9 в промежуточную воронку 10, из которой материал через трубчатую течку 11 и двухрукавную течку 12 поступает в один из двух промежуточных бункеров 13. Направление движения материала определяется положением управляемого перекидного шибера, расположенного в двухрукавной течке. При открытии затвора 14 бункера 13 материал через промежуточную воронку 15 поступает в один из бункеров загрузочной тележки 16. Подача материалов на подину шлакоплавильной электропечи 19 производится через открытое рабочее окно из бункеров тележки посредством ленточного загрузочного механизма 17. Плавление шлака в печи осуществляется нагревателями 18. При открытии стопора 20 шлаковывпускного отверстия печи расплавленный шлак по желобу 21 поступает в сталеразливочный ковш 22. После выдачи порции шлака ковш краном подают под заливку стали.

Глава IV

МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ МАШИН

Способ непрерывного литья заготовок является одним из наиболее важных достижений металлургии XX века и за сравнительно короткий период времени получил самое широкое распространение в мировом сталеплавильном производстве. Он коренным образом изменил не только процесс разлива стали, но и все металлургическое производство. Сейчас примерно 40 % мировой выплавки стали разливается на машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

Принцип непрерывной разливки заключается в том, что жидкую сталь из ковша заливают в интенсивно охлаждаемую сквозную форму прямоугольного или квадратного сечения — кристаллизатор, где происходит частичное затвердевание непрерывно

вытягиваемого слитка, дальнейшее его затвердевание происходит при прохождении зоны вторичного охлаждения. Процесс непрерывного литья позволяет получать заготовки (после резки) для прокатных станов, а также его можно совместить с непрерывной прокаткой в одном агрегате.

Основные преимущества непрерывного литья стали по сравнению с разливкой в изложницы заключаются в следующем. Отпадает необходимость в большом парке изложниц и сталеразливочных тележек, в применении стрипперных кранов и стационарных машин для извлечения слитков из изложниц, установок для охлаждения и подготовки составов из изложницами под разливку, в установке центровых и поддонов, а также блюмингов и слябингов, а в ряде случаев и заготовочных станов. Снижаются эксплуатационные расходы и затраты электроэнергии, повышается выход годного металла вследствие минимальных потерь металла в скрап, ликвидации литников, резкого уменьшения расхода металла на обрезь в прокатных цехах и т. д. Значительно повышается качество металла вследствие уменьшения поверхностных пороков и улучшения структуры слитка. Процесс непрерывного литья поддается полной автоматизации.

Машины непрерывного литья заготовок делятся на пять основных типов: вертикальные, вертикальные с изгибом слитка, радиальные, криволинейные и горизонтальные.

Начало промышленного применения непрерывного литья положили машины вертикального типа, у которых кристаллизатор, роликовая проводка, тянущее и режущее устройства расположены по вертикали на высоту 23—35 м, а в ряде случаев и до 43 м. Машины вертикального типа позволяют получать слитки высокого качества, однако их широкому использованию препятствуют присущие им крупные недостатки — большая высота и низкая скорость литья. С целью уменьшения высоты здания и возможности подачи сталеразливочных ковшей к рабочей площадке вертикальные МНЛЗ выполняют с расположением концевой части машины в железобетонном колоде. Помимо удорожания строительства, это приводит к необходимости применения сложных систем выдачи заготовок из колодца. Повышение скорости литья путем увеличения длины зоны кристаллизации слитка на вертикальных машинах не может быть реализовано, так как с увеличением высоты возникает большое ферростатическое давление, приводящее к выпучиванию корки слитка и ее разрушению с прорывом наружу жидкой фазы.

Создание машин с изгибом слитка роликами на выходе из тянущего устройства и переводом его в горизонтальную плоскость не дало ощутимого уменьшения высоты машины, но усложнило ее конструкцию.

В настоящее время МНЛЗ вертикального типа с изгибом слитка не устанавливают. Исключение составляют вертикальные машины для литья пустотелых трубных заготовок и слитков специальных

профилей, которые будут применяться в силу специфических условий кристаллизации металла в этих случаях.

Машины горизонтального типа из-за недостаточной отработки узлов и технологического процесса не получили широкого распространения, однако неоспоримые преимущества — минимальная высота машины и отсутствие деформаций слитка при литье — делают их перспективными.

Наиболее широкое применение получили радиальные машины, отличающиеся от машин вертикального типа и с изгибом слитка меньшей высотой (рис. IV.1) и повышенной скоростью литья.

Повышения скорости литья в радиальных машинах достигают увеличением протяженности зоны кристаллизации путем увеличения радиуса технологической оси, причем увеличение радиуса и высоты ма-



Рис. IV.1. Схемы сопоставления высот машин непрерывного литья заготовок различных типов:

а — вертикального; б — с изгибом слитка; в — радиального

шины на единицу длины дает в 1,5 раза большее приращение длины радиального участка.

МНЛЗ криволинейного типа отличаются от радиальных машин наличием переходного криволинейного участка между радиальным и прямолинейными участками технологической линии.

Слябовые машины

Технологическая линия радиальной МНЛЗ состоит из двух участков — радиального и прямолинейного, на которых установлены неприводные и приводные ролики. В месте перехода первого участка во второй происходит разгиб слитка роликами. Вся роликовая система машины носит название роликовой проводки, в которой различают начальный неприводной и последующий приводной участки (неприводная и приводная роликовые проводки). Правильно-тянущая машина, которую применяют на ряде МНЛЗ, входит как составная часть приводной роликовой проводки.

По типу механизмов, осуществляющих силовое воздействие роликов на слиток, различают МНЛЗ с гидравлическим и пружинным прижатием роликов, по конструкции тянущих устройств — МНЛЗ с тянуще-правильной машиной и с группой тянущих роликовых секций.

Радиальная двухручьевая слябовая машина с гидравлическим прижимом роликов и тянуще-правильной машиной показана на рис. IV.2.

В состав машины входят сталеразливочный стенд 1 для двух ковшей 2, промежуточный ковш 3, установленный на самоходной тележке 4, медный водоохлаждаемый кристаллизатор 5, механизм 6 качания кристаллизатора, неприводная роликовая проводка 7, радиальный участок 10 приводной роликовой проводки с десятироликowymi секциями 8, тянуще-правильная машина 11, машина 14 для ввода в кристаллизатор затравки 15, качающийся ролеганг 13 и подвижная машина 16 газовой резки. К вспомогательному оборудованию машины относятся система криволинейных направляющих 9, предназначенных для подъема и опускания роликовых секций радиального участка, приемный ролеганг 12, ролеганг 17 с опускающимися роликами, расположенный под эстакадой газорезки, оборотный ролеганг 18 с опускающимися упором 20, оборотный кран 19 с клещевыми захватами и самоходная тележка 21 с ролегангом (ролеганг-тележка).

Отличительными особенностями машины являются применение во всех роликовых секциях и в тянуще-правильной машине гидравлических цилиндров для перемещения и прижатия роликов к слитку, установке в роликовой проводке тянуще-правильной машины, выделенной в отдельный блок, использование машины для ввода затравки в кристаллизатор сверху, работающей совместно с качающимся ролегангом.

Для точной установки роликов по технологической оси машины неприводная проводка, роликовые секции и тянуще-правильная машина снабжены регулировочными устройствами, а для быстрой замены узлов в случае аварии с прорывом металла или поломки применены быстроразъемные клиновые соединения. Десятироликовые секции радиального участка поднимаются и опускаются при замене и монтаже по криволинейным направляющим при помощи мостового крана, для чего на рамах секций предусмотрены ходовые ролики.

Работа МНЛЗ происходит следующим образом. Для подготовки к литью качающийся ролеганг из горизонтального положения переводят в верхнее наклонное и цепным механизмом затравку подают на ролеганг задающей машины. Перемещают машину к кристаллизатору и вводят в него затравку, одновременно вращая ролики приводной проводки. Головку затравки устанавливают так, чтобы она образовала временное дно у кристаллизатора. Ковш со сталью после продувки аргоном устанавливают крапом на сталеразливочный стенд. Промежуточный

ковш, предварительно нагретый на стенде газовыми горелками, перемещают тележкой в рабочее положение над кристаллизаторами по пути, перпендикулярному оси МНЛЗ. Поворотом несущей балки сталеразливочного стенда ковш с металлом переводят из резервного положения в рабочее над промежуточным ковшом. Открывают шиберный затвор сталеразливочного ковша и закладывают промежуточный ковш металлом на определенную высоту. После этого открывают затворы промежуточного ковша и наполняют кристаллизаторы металлом до рабочего уровня. Включают механизмы качания кристаллизаторов и приводы роликовых проводок. Начинается процесс литья в два ручья машины. О количестве металла, находящегося в сталеразливочном и промежуточном ковшах, судят по показаниям приборов электронных весоизмерительных систем, которыми оборудованы сталеразливочный стенд и тележка для промежуточного ковша. После выхода затравки из роликовой проводки она отсоединяется от слитка гидравлическим механизмом и по качающемуся ролегангу, находящемуся в нижнем наклонном положении, перемещается вверх. После этого ролеганг с затравкой переводят в горизонтальное положение до следующего цикла литья.

На пути движения в роликовой проводке слиток подвергается интенсивному охлаждению водой, подаваемой форсунками. Плавка слитка производится на начальном участке тянуще-правильной машины. Непрерывно вытягиваемый слиток поступает к машине газовой резки, которая режет слиток на мерные длины, двигаясь вместе с ним. Заготовки оборотным ролегангом либо подают на тележку-ролеганг для дальнейшего передела, либо снимают с ролеганга оборотным крапом и складывают в штабеля.

Техническая характеристика МНЛЗ

Вместимость сталеразливочного ковша, т	350
Размеры сляба, мм:	
толщина	200—300
ширина	1000—2500
Скорость литья, м/мин	1,0—2,5
Продолжительность разлива ковша, мин	35—45
Годовая производительность, млн/т	2,0

Двухручьевая слябовая машина радиального типа с гидравлическим прижатием роликов показана на рис. IV.3. Особенностью ее является отсутствие тянуще-правильной машины и применение в приводной роликовой проводке трех типоразмеров роликовых секций, которые можно использовать в машинах с различными радиусами технологической оси, тем самым снижается стоимость изготовления МНЛЗ и решается вопрос унификации роликовых секций. Применение гидравлических механизмов перемещения и прижатия роликов ликвидирует их перегрузку и обеспечивает быстрый развод роликовой проводки в случае аварии. Учитывая, что при прорыве металла выходит из строя, как пра-

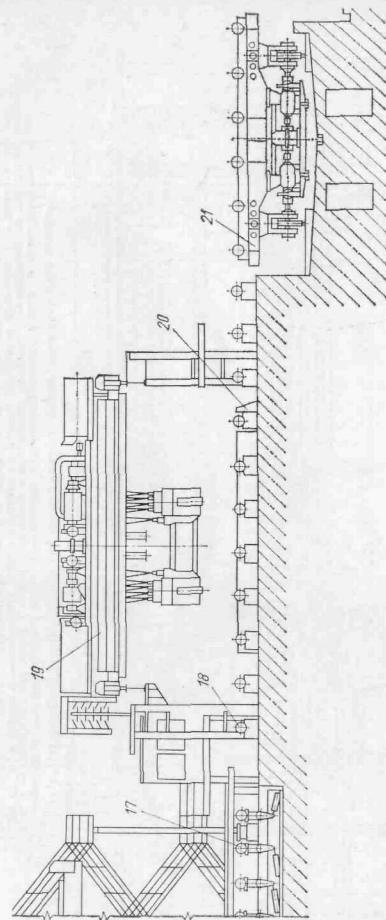
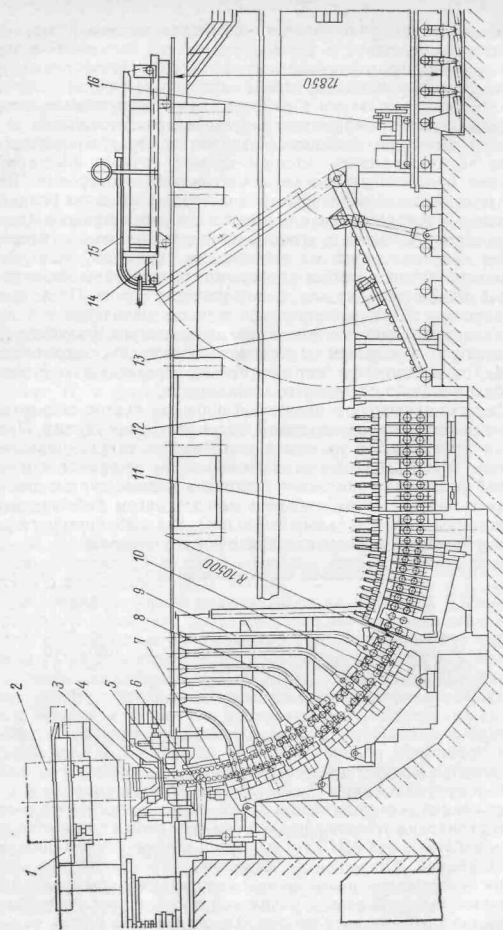


Рис. IV.2. Радиальная двухручьевая слайбовая МН13 с гидравлическим прижатием роликов и гнущее-правильной машиной

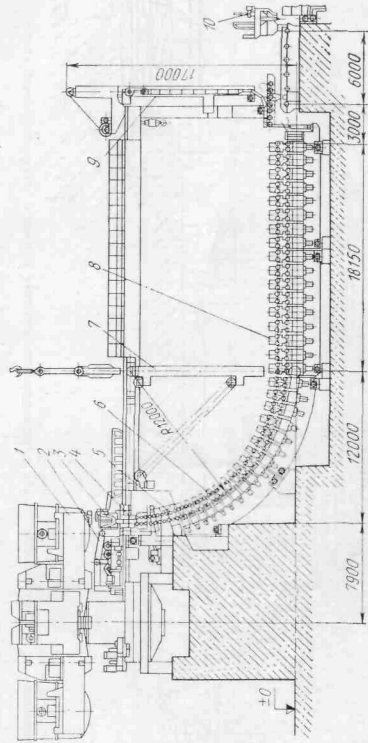


Рис. IV.3. Двухручьевая слобовая МНЛЗ радиального тина с гидравлическим прижатием роликов:

1 — поворотная сталеваляющая секция; 2 — тележка для промежуточного коша с правосторонним движением; 3 — тележка для промежуточного коша с правосторонним движением; 4 — механизм качения кристаллизатора; 5 — верхняя и нижняя части неприходной роликовой проводки; 6, 7 — роликовые секции радиального участка приходной проводки; 7 — манипулятор для замены роликовых секций радиального участка; 8 — роликовые секции горизонтального участка приходной проводки; 9 — машина для ввода заправки в кристаллизатор снизу; 10 — машина газовой режки; 11 — поворотная сталеваляющая секция; 12 — тележка промежуточного коша с круговым движением; 13 — верхняя и нижняя части неприходной роликовой проводки; 14, 15 — роликовые секции радиального и горизонтального участков приходной проводки; 16 — механизм расхождения заправки со слитком; 17 — машина для ввода заправки в кристаллизатор сверху.

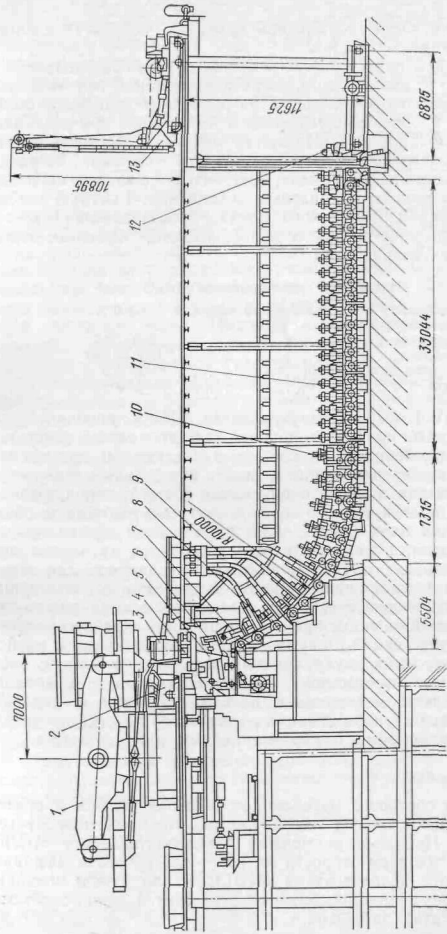


Рис. IV.4. Крилолинейная машина непрерывного литья заготовок с пружиженным прижатием роликов:

1 — поворотная сталеваляющая секция; 2 — тележка промежуточного коша с круговым движением; 3 — промежуточный кош; 4 — кристаллизатор; 5 — механизм качения кристаллизатора; 6, 7 — верхняя и нижняя части неприходной роликовой проводки; 8, 10, 11 — роликовые секции радиального участка приходной проводки; 9 — крилолинейная машина для ввода заправки в кристаллизатор сверху; 12 — механизм расхождения заправки со слитком; 13 — машина для ввода заправки в кристаллизатор сверху.

вило, верхняя часть неприводной проводки, последняя сделана из двух заменяемых частей.

Для тележки промежуточного ковша принято прямолинейное перемещение в направлении, перпендикулярном оси машины. Консольное расположение ковша на рычагах механизма подъема обеспечивает удобное обслуживание и наблюдение при разливке. Применение шарнирного рычажного механизма подъема ковша повышает надежность и износостойкость тележки. Затравку вводят в кристаллизатор снизу, для чего создана оригинальная стационарная машина с канатным механизмом. Быструю замену роликовых секций радиального участка производят манипулятором, направляющие которого поворачиваются канатным механизмом с электроприводом.

Техническая характеристика МНЛЗ

Вместимость сталеразливочного ковша, т	350
Размеры сляба, мм:	
толщина	200—315
ширина	1000—1900
Скорость литья, м/мин	До 2,5
Масса, т	3800

На рис. IV.4 показана двухручьева МНЛЗ криволинейного типа с пружинным прижатием роликов для литья слябов конструкции УЗТМ. Особенности ее состоят в следующем: применение поворотного сталеразливочного стенда с качательным движением несущей рамы для подъема и опускания ковшей; использование тележки для промежуточного ковша с круговым движением; объединение в один блок кристаллизатора и первой секции неприводной проводки, в результате чего ускоряется их замена при сварке; применение пружинно-винтовых механизмов для перемещения и прижатия роликов приводной проводки; использование в приводной проводке трех типов роликовых секций вместо тянуще-правильной машины; применение на криволинейном участке шестирольковых секций с двумя приводными роликами и расположение между ними двухрольковых неприводных клетей; ввод затравки сверху посредством самоходной машины с канатным и гидравлическим механизмами подъема затравки и наклона стрелы; замена роликовых секций радиального участка проводки путем их перемещения по криволинейным направляющим.

Сортные машины

Производство сортового металла при большой мощности сталеплавильного цеха требует высокопроизводительных многоручьевых МНЛЗ. Проблема повышения производительности МНЛЗ решается увеличением скорости литья, числа ручьев в машинах и коэффициента использования МНЛЗ. Число ручьев машины зависит от допустимой продолжительности литья данного объема и скорости литья заготовок.

При вместимости разливочных ковшей 100—350 т для производства заготовок от 200×200 до 300×450 мм требуется применение 4—6—8 ручьевых машин с радиусом кривизны 8, 10, 12 м.

Радиальные машины непрерывного литья сортовых заготовок выполняются в основном с числом ручьев 4—6. По устройству сортовые МНЛЗ подобны слябовым. Основное отличие состоит в конструкциях роликовой проводки и тянуще-правильной машины. Меньшее выплывание корки слитка позволяет уменьшить число роликов проводки и в подавляющем большинстве случаев выполнять их неприводными.

Расположение ручьев на близком расстоянии друг к другу определяют верхнее расположение электроприводов клетей тянуще-правильной машины. В случае расположения электродвигателя привода клетки вдоль оси ручья вращение от него к ролику передается через коническую или червячную передачу (передача вращения под углом) и рядовое зацепление цилиндрических зубчатых колес. Нижние ролики обычно неприводные, верхние — приводные и прижимаются к слитку рычажным механизмом с качающимся гидроцилиндром.

Четырехручьева радиальная сортовая машина конструкции ВНИИметмаша и Южно-Уральского машиностроительного завода для производства заготовок сечением 250—300×280—350 мм показана на рис. IV.5.

Из сталеразливочного ковша сталь поступает в промежуточный ковш, распределяющий металл в кристаллизаторы всех четырех ручьев машины. Перед началом разливки в каждый кристаллизатор введена затравка, образующая его временное дно. При заполнении кристаллизаторов включаются механизмы их качания и приводы тянущих клетей радиального участка машины, которыми осуществляется в начальный период вытягивание слитка через затравку. Когда затравка приходит в правильно-тянущую зону, клетки радиального участка, настроенные на размер слитка, осуществляют только направляющие функции, а дальнейшее вытягивание выполняют тянуще-правильные клетки, которые одновременно правят слиток при выходе на горизонтальный участок. Во время разгибания передней конец слитка отделяется от затравки, которая двумя приводными клетями отводится по дуговой траектории в положение хранения. В крайнем верхнем положении она фиксируется стопорным устройством.

Выпрямленный тянуще-правильными клетями непрерывный слиток движется далее по горизонтальному рольгангу и разрезается на мерные заготовки.

На рис. IV.6 показана МНЛЗ фирмы «Конкаст» для литья крупных сортовых заготовок.

Сталь разливают с использованием поворотного сталеразливочного стенда. Тележка для промежуточного ковша полупортального типа перемещается по верхним рельсам, отнесенным в сторону от кристаллизатора. Ковш расположен на тележке

консольно; вертикальное перемещение ковша осуществляется гидроцилиндрами. Кристаллизатор и примыкающая к нему секция объединены в один общий блок. Ролики проводки расположены в двух легко заменяемых секциях. Тянуще-правильная машина снабжена тремя роликовыми клетями с верхним расположением электроприводов.

Годовая производительность МНЛЗ при разливке с паузами после каждой плавки, т

$$\Pi = \frac{1440t_p k_1 k_2 Q_n}{t_p + t_n},$$

где t_n — количество дней работы МНЛЗ в году (принимает 330—340 дней); $k_1 = 0,85 \pm 0,9$ — коэффициент, учитывающий не-

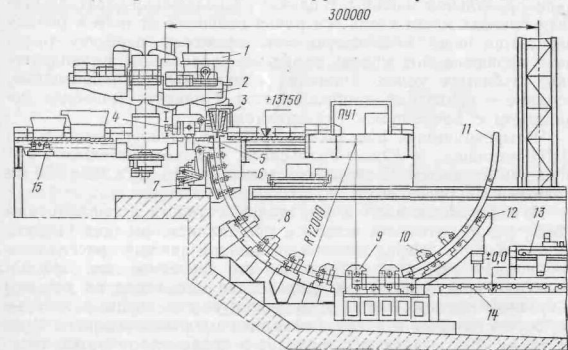


Рис. IV.5. Сортовая четырехручьевая МНЛЗ:

1 — сталеразливочный ковш в рабочем положении; 2 — стэнд подъемно-поворотный; 3 — промежуточный ковш; 4 — тележка для промежуточного ковша; 5 — кристаллизатор; 6 — роликовая секция вторичного охлаждения; 7 — механизм качения кристаллизатора; 8 — тянущие клетки радиального участка; 9 — тянущие-правильные клетки; 10 — тянущие клетки устройства для приема и хранения заливок; 11 — затравка; 12 — створное устройство; 13 — газорезка; 14 — рольганг; 15 — механизм выкатки подъемно-поворотного стэнда

равномерности подачи металла на разливку; $k_2 = 0,85 \pm 0,9$ — коэффициент, учитывающий возможность неподготовленности машины к разливке; Q_n — вместимость ковша, т; t_n — длительность паузы при подготовке к разливке: для двухручьевой $t_n = 30$ мин; для четырех- и более ручьевой машины $t_n = 60 \pm 80$ мин; t_p — продолжительность разливки одной плавки.

Производительность при разливке «плавка на плавку» (т/ч) будет больше

$$\Pi = \frac{1440l_n k_1 k_2 Q_n}{t_p + t_n/n},$$

где n — число последовательно разливаемых плавков.

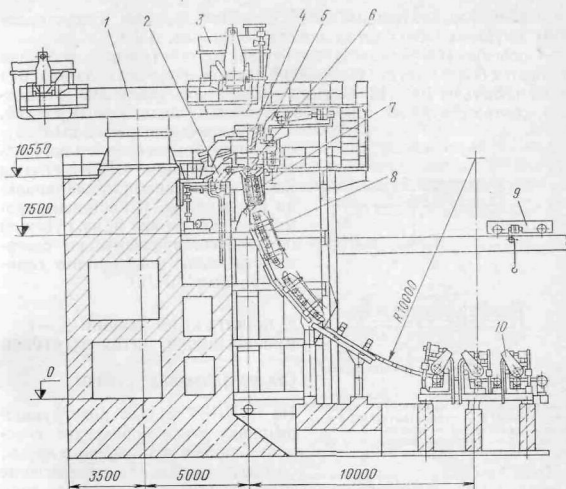


Рис. IV.6. Радиальная сортовая МНЛЗ фирмы «Ковкаст»:

1 — поворотный сталеразливочный стэнд; 2 — механизм качения кристаллизатора; 3 — сталеразливочный ковш; 4 — промежуточный ковш; 5 — тележка для промежуточного ковша; 6 — кристаллизатор; 7 — неприводная проводка; 8 — роликовые секции радиального участка проводки; 9 — мостовой кран для обслуживания горизонтального участка машины; 10 — тянуще-правильная машина

Продолжительность разливки, мин

$$t_p = Q_n / (zFv_p \rho),$$

где F — площадь поперечного сечения отливаемой заготовки, m^2 ; v_p — скорость разливки; ρ — плотность жидкой стали; z — число ручьев.

Горизонтальные МНЛЗ

Горизонтальные машины непрерывного литья заготовок обладают следующими преимуществами перед МНЛЗ других типов: не требуются довольно громоздкие системы вторичного охлаждения, что значительно упрощает конструкцию и снижает массу и габариты машины; улучшается качество слитка за счет уменьшения образования трещин от ферростатического давления; облегчается монтаж и обслуживание машины вследствие размещения оборудования на уровне пола цеха.

Схемы горизонтальных МНЛЗ с односторонним и двусторонним вытягиванием слитка показаны на рис. IV.7.

Особенностью процесса литья на горизонтальных машинах являются более жесткие требования к температуре металла, которая должна быть на 100—120 °С выше температуры «ликвидус» расплава, соответствующих химическому составу разливочных сталей.

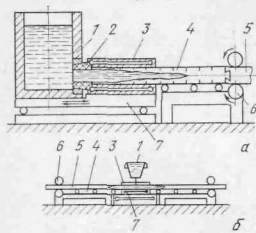


Рис. IV.7. Схемы горизонтальных МНЛЗ:

а — с односторонним; б — двусторонним вытягиванием слитка; 1 — металлосредник; 2 — стакан-питатель; 3 — кристаллизатор; 4 — слиток; 5 — тара; 6 — тянущая клетка; 7 — тележка механизма качания

ковша и его удержание в период заполнения металлом промежуточного ковша. Такой способ мало применим для отделений непрерывного литья с несколькими машинами из-за длительного задалживания разливочных кранов и необходимости увеличения их числа, трудности организации грузопотоков сталеплавильного цеха.

На современных МНЛЗ для разливки применяют сталеразливочные стелды, которые не только обеспечивают выполнение всех необходимых операций, но и создают большую автономность машин, позволяют осуществить передачу ковшей из одного пролета здания в другой, обеспечивают более оперативное управление при возникновении неполадок в работе и лучшее наблюдение за процессом заполнения промежуточных ковшей и кристаллизаторов.

Стелд предназначен для установки на нем двух сталеразливочных ковшей, перевода их из резервного положения в рабочее и обратно, взвешивания ковша с металлом, удержания ковша в период разливки, вертикальных перемещений ковшей для выполнения вспомогательных технологических операций.

По конструкции и принципу работы сталеразливочные стелды разделяют на два типа — мостовые и поворотные. В зависимости от связи между движениями ковшей различают стелды с одновременным и раздельным вертикальными перемещениями. Стелдам,

Горизонтальные машины с двусторонним вытягиванием заготовки конструкции ВНИИметмаша являются машинами принципиально нового типа. В настоящее время в нашей стране и за рубежом продолжают работы по совершенствованию конструкции горизонтальных МНЛЗ.

2. КОНСТРУКЦИЯ МАШИН НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

Сталеразливочные стелды

На МНЛЗ первых конструкций разливку стали производят с использованием разливочного крана, обеспечивающего перемещение

снабженным индивидуальными механизмами вертикального перемещения ковшей, следует отдать предпочтение как обеспечивающим большую гибкость и безопасность в работе.

На рис. IV.8 показан сталеразливочный стелд мостового типа для ковшей вместимостью 350 т, примененный на радиальной МНЛЗ Новолипецкого металлургического комбината.

Стелд состоит из моста 1, приводной ходовой части 2 с балансирными тележками 3, механизма 4 передвижения моста с индивидуальными приводами, колонн 5 с направляющими обоймами 9, механизма вертикального перемещения моста 7 и токосъемного

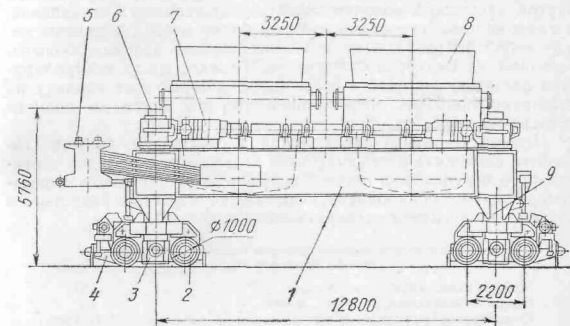


Рис. IV.8. Сталеразливочный стелд мостового типа

устройства 5. Стелд передвигается по двум двухрельсовым путям, уложенным на рабочей площадке. Мост сварной конструкции выполнен из продольных и поперечных балок, образующих проемы для расположения сталеразливочных ковшей 8 и для замены промежуточного ковша в резервном положении.

Ходовая часть стелды снабжена четырьмя двухскатными балансирными тележками, расположенными попарно с каждой стороны стелды и опирающимися на двухрельсовые пути. В каждой тележке один из двух скатов приводной. Ходовые колеса однорядные. Механизм передвижения тележки состоит из электродвигателя, тормоза и трехступенчатого цилиндрического редуктора, посаженного на хвостовик приводного ската. Корпуса подшипниковых узлов скатов соединены с рамой балансира шарнирами, в результате чего обеспечиваются равномерное распределение давлений и самоустанавливающие скатов по двухрельсовому пути в плоскости, перпендикулярной движению стелды. Каждая балансирная тележка с приводной стороны снабжена переставля-

емым по высоте роликом, который в опущенном положении служит опорой при выкатывании приводного ската.

Мост перемещается в вертикальном направлении по четырем пустотелым колоннам, расположенным на балансирных тележках. Колонны соединены с тележками шарнирами и помещены в удлиненные направляющие обоймы 9, прикрепленные снизу к мосту. Перемещение моста осуществляется четырьмя механизмами 6, установленными сверху ходовых балок моста. Каждый механизм состоит из электродвигателя, тормоза, червячного редуктора с глобоидным зацеплением и винтовой пары с вращающимся и поступательного движущимся винтом и гайкой, закрепленной внутри пустотелой колонны. Электродвигатели двух механизмов, расположенных на каждой ходовой балке моста, соединены между собой быстроходными трансмиссионными валами, обеспечивающими их синхронное вращение. Перекос моста контролируется следящей системой с сельсинами, которая дает команду на остановку приводов опережающей стороны моста до полного устранения перекаса.

Недостатки стэнда заключаются в следующем: большие габариты; сложность и недостаточная надежность механизма вертикального перемещения моста с червячными и винтовыми передачами и системой синхронизирующих валов, отсутствие раздельного подъема и опускания сталеразливочных ковшей.

Техническая характеристика сталеразливочного стэнда мостового типа

Максимальная грузоподъемность, т	630
Скорость передвижения моста, м/мин	30
Скорость подъема моста, м/мин	1,14
Высота подъема моста, мм	760
Мощность электродвигателей, кВт:	
механизма передвижения моста	4×37
механизма вертикального перемещения моста	4×160

Поворотные стэнды в зависимости от числа несущих балок под ковшом подразделяются на стэнды с одной или двумя несущими рамами. Стэнды первого типа выполняют с центральной поворотной опорой и с расположением ковшей на консолях несущей рамы. Стэнды второго типа, применяемые на ряде зарубежных МНЛЗ, снабжены двумя независимыми несущими рамами, поворачивающимися вокруг центральной подшипниковой опоры на балансирных тележках по круговому рельсу. Каждая рама снабжена механизмом подъема и опускания ковша, весоизмерительным устройством и индивидуальным механизмом передвижения балансирной тележки. Достоинством стэнда следует считать отсутствие в опорно-поворотной части уникальных подшипников большого диаметра, недостатком — необходимость блокировки механизмов поворота несущих рам.

На рис. IV.9 показан сталеразливочный стэнд конструкции УЗТМ с одной несущей рамой. Стэнд состоит из основания 2,

поворотной платформы 6, опорно-поворотной части 12, механизма поворота 1, несущей рамы 14 с подвесками 15 для сталеразливочных ковшей, механизма 10 подъема и опускания ковшей и весоизмерительной системы.

Платформа поворачивается на роликах 4, заключенных в кольцевую обойму и расположенных между опорным кольцом 5 на платформе и круговым рельсом 3 на основании. Поворот платформы осуществляется двумя электродвигателями постоянного тока через цилиндрический редуктор, коническую и цилиндрическую передачи. Зубчатый венец 16 последней передачи прикреплен

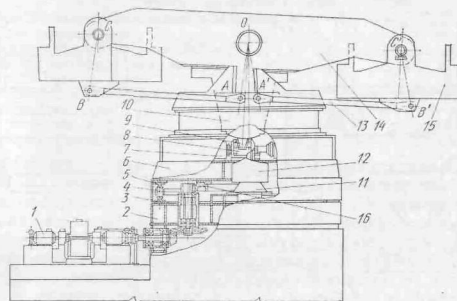


Рис. IV.9. Поворотный сталеразливочный стэнд конструкции УЗТМ

сину з платформе. По оси стэнда платформа центрируется осью 11 с подшипниковыми узлами, обеспечивающими ее самоустановление по роликовому кругу.

Сверху на платформе установлены две стойки, между которыми на оси посажена несущая рама. Вертикальные перемещения ковша создаются качательным движением рамы. Когда один ковш поднимается, второй опускается, и наоборот. Механизм вертикального перемещения ковшей состоит из двух гидроцилиндров 7 одностороннего действия, ползуна 8 с трапециевидной впадиной и рычага, прикрепленного к несущей раме и снабженного зубом 9 эвольвентного профиля. Плунжерные гидроцилиндры, перемещающие ползун, поворачивают рычаг с зубом, а вместе с ним и несущую раму. Подвески соединены тягами 13 с рычагами на раме. Образующиеся параллелограммы механизмы $OABC$ и $OA'B'C'$ обеспечивают плоскопараллельное движение подвесок и ковшей.

Достоинства стэнда состоят в надежной конструкции опорно-поворотной части и привода механизма поворота, недостатки — в отсутствии независимого вертикального перемещения ковшей

и подверженности весоизмерителей ударам при установке ковша в подвеску.

Сталеразливочный стенд с одной несущей рамой конструкции фирмы «Демаг» (рис. IV.10) состоит из цилиндрического сварного основания 4, поворотной платформы 5, несущей рамы 11 с двумя весовыми рамами 8 под ковшеи 7, механизма поворота 1, стопорных механизмов 6, двух гидравлических механизмов 10 вертикального перемещения ковшеи и двух весоизмерительных устройств 9. Стенд позволяет производить независимый подъем и опускание каждого ковша.

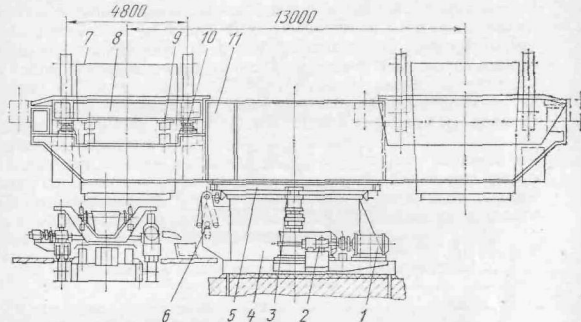
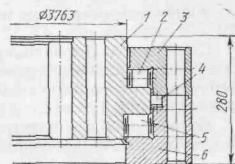


Рис. IV.10. Поворотный сталеразливочный стенд конструкции «Демаг»

Опорой платформы служит специальный радиально-упорный роликоподшипник большого диаметра. Механизм поворота оснащен двумя односторонними приводами, каждый из которых состоит из электродвигателя, тормоза, коническо-цилиндрического редуктора и червячной передачи 3, венец которой прикреплен к платформе. На случай обесточивания или выхода из строя электродвигателей предусмотрен аварийный пневматический привод, установленный параллельно с одним из электроприводов. Пневмодвигатель 2 со встроением редуктором соединяется со вторым ведущим валом коническо-цилиндрического редуктора расцепной муфтой, управляемой пневматическим цилиндром. При остановленных приводах поворотная часть стенда фиксируется двумя фрикционными стопорными механизмами, приводимыми в действие пневматическими цилиндрами.

Стенд оснащен двумя механизмами вертикального перемещения ковшеи и двумя электронными устройствами для взвешивания ковшеи с металлом, расположенными на консолях несущей рамы. Механизмы и устройства снабжены гидроцилиндрами. К недостат-

Рис. IV.11. Радиально-упорный подшипник поворотного стенда



кам стенда следует отнести сложность гидравлических систем вертикальных перемещений и взвешивания ковшеи, применение уникального радиально-упорного подшипника, изготовление которого возможно только в условиях специализированного производства.

Техническая характеристика сталеразливочного стенда конструкции фирмы «Демаг»

Максимальная масса ковша с металлом, т	450
Угол поворота, град	360
Время поворота на угол 180°, с	30
Высота подъема ковша, мм	650
Время подъема ковша, с	25
Мощность электродвигателя, кВт	2×63
Пневмодвигатель:	
мощность, кВт	16,4
частота вращения, об/мин	200

Характерной особенностью сталеразливочных стендов зарубежных МНЛЗ является использование в опорно-поворотной части специальных роликоподшипников. На рис. IV.11 показана конструкция радиально-упорного роликоподшипника, установленного на стенде МНЛЗ фирмы «Конкаст». Двусторонние осевые нагрузки воспринимаются двумя рядами горизонтальных роликов 2 и 5; радиальные усилия — вертикальными роликами 4. Наружное кольцо выполнено составным из двух частей 3 и 6, соединенных болтами. Внутреннее кольцо 1 подшипника является одновременно зубчатым венцом с внутренними зубьями. Для соединения с поворотной платформой в нем предусмотрены отверстия.

Тележки и столы для промежуточных ковшеи

Тележки и подъемно-поворотные столы предназначены для подачи промежуточного ковша из резервного положения в рабочую, его удержания в процессе заливки металла в кристаллизатор, подъема ковша, необходимого для периодического выполнения вспомогательных работ, и взвешивания металла в ковше. Их конструкция должна обеспечивать хорошую видимость зеркала металла в кристаллизаторе.

Подъемно-поворотные столы получили ограниченное распространение. Их устанавливают на МНЛЗ совместно со сталеразливочными стендами мостового типа или при разливе стали с использованием разливочного крана. На МНЛЗ, оснащаемых поворотными сталеразливочными стендами, нашли применение самоходные тележки с механизмом вертикального перемещения ковша и весоизмерительным устройством. В зависимости от характера движения различают два типа тележек — с прямолинейным и круговым движениями.

Кинематическая схема подъемно-поворотного стола радиальной МНЛЗ дана на рис. IV.12.

Стол состоит из колонны 5 с встроенным в нее гидроцилиндром 3 вертикального перемещения, подвижного цилиндрического корпуса 4, поворотной обоймы 6, привода 10 механизма поворота и командоаппаратов 7.

Привод снабжен электродвигателем постоянного тока и специальным комбинированным редуктором с тремя цилиндрическими парами 9 и червячной глобоидной передачей 8, колесо которой закреплено на поворотной обойме. Передача вращения от обоймы к корпусу стола осуществляется скользящими шпонками, входящими в продольные пазы последнего. Для предупреждения поворачивания плунжера гидроцилиндра между ним и столом 1 установлена сферическая опора с упорным роликоподшипником 2. Заданные положения стола устанавливаются командоаппаратами, связанными через кинематические редукторы с валом червяка комбинированного редуктора.

Рис. IV.12. Подъемно-поворотный стол для промежуточного ковша

Недостатком стола является сложная и недостаточно надежная конструкция редуктора механизма поворота, требующая больших затрат времени на ремонт.

*Техническая характеристика
подъемно-поворотного стола*

Масса ковша с металлом, т	45,6
Суммарная масса поднимаемых частей, т	140
Угол поворота стола, град	180
Время поворота, с	30
Высота подъема ковша, мм	500
Передаточное число комбинированного редуктора	640,3
Мощность электродвигателя, кВт	15

Для промежуточного ковша с прямолинейным движением тележки, показанные на рис. IV.13. Тележка состоит из ходовой части 5 с двумя механизмами 2 передвижения, несущей рамы 10 под промежуточный ковш, механизма 9 подъема ковша и весоизмерительного устройства 7. Ходовая часть снабжена двумя ходовыми тележками 4 с индивидуальными механизмами передвижения. Механизм передвижения навесного типа включает в себя электродвигатель постоянного тока 3, тормоз и коническо-цилиндрический редуктор 1, соединенный с осью приводного ската.

210

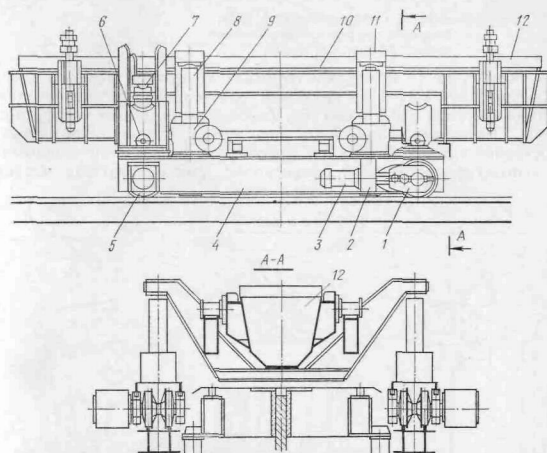


Рис. IV.13. Тележка для промежуточного ковша с прямолинейным движением

Ковш 12 опирается четырьмя цапфами на продольные балки несущей рамы. В опущенном положении рама опирается на четыре месдозы весоизмерительного устройства, расположенные парно на каждой тележке. Для подъема несущей рамы ходовыми винтами 8 механизма подъема на ней предусмотрены с обеих сторон лапы 11. Привод механизма подъема состоит из четырех червячно-винтовых редукторов с индивидуальными электроприводами. Положение ковша по отношению к кристаллизаторам регулируется механизмом 6.

Достоинство тележки с прямолинейным движением состоит в том, что при линейном расположении МНЛЗ в цехе тележка в рабочем и резервном положениях находится в зоне действия мостовых кранов. Недостатки рассмотренной конструкции — затрудненный доступ к кристаллизатору в рабочем положении и плохой обзор зеркала металла; расположение рельсового пути со стороны задней стенки кристаллизатора, что создает трудности при ремонте и обслуживании оборудования радиальной части МНЛЗ.

*Техническая характеристика тележки
с прямолинейным движением*

Скорость, м/мин:	
передвижения тележки	30
подъема ковша	2
Высота подъема ковша, мм	600

211

Мощность электродвигателей, кВт:
 механизма передвижения тележки 2×5,5
 механизма подъема ковша 4×30

На рис. IV.14 приведена тележка для промежуточного ковша конструкции УЗТМ с круговым движением, предназначенная для совместной работы со сталеразливочным стендом поворотного типа. Основными узлами и механизмами тележки являются рама 1 составной литой конструкции, ходовая часть с двумя приводными 5 и одним не приводным 3 балансирами, два однотипных механиз-

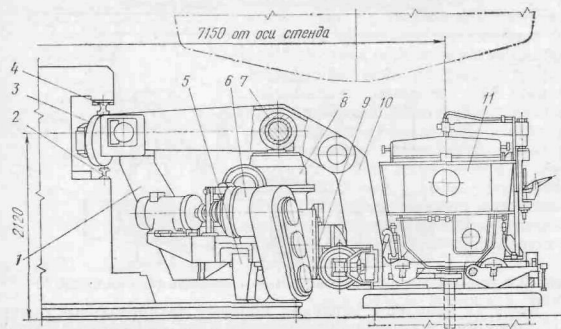


Рис. IV.14. Тележка для промежуточного ковша с круговым движением

ма 6 передвижения, платформа 10 для промежуточного ковша 11, коромысло с роликом 7, рычажно-винтовой механизм 8 подъема ковша, копирное 9 и взвешивающее устройство. Ходовые колеса не приводного балансира перемещаются по рельсу 4 и направляющей 2.

Приводные балансиры 4 (рис. IV.15) перемещаются по круговому рельсу 5 радиуса 5400 мм, проложенному на рабочей площадке вокруг сталеразливочного стенда. Каждый балансир снабжен приводным 6 и не приводным 8 ходовыми безребордными колесами, оси которых направлены по радиусу к центру кругового рельса. Горизонтальные нагрузки воспринимают две пары упорных роликов 7, установленных на балансирах с обеих сторон головки рельса. Навесные приводы механизмов передвижения насажены на хвостовики валов 3 приводных колес и шарнирами 21 связаны с рамой 13 тележки. В состав привода механизма передвижения входят электродвигатель 1 переменного тока мощностью 15 кВт, тормоз, планетарный 2 и цилиндрический редукторы. Последний выполнен с паразитным колесом для увеличения межцентрового расстояния. Не приводный балансир 10 оснащен

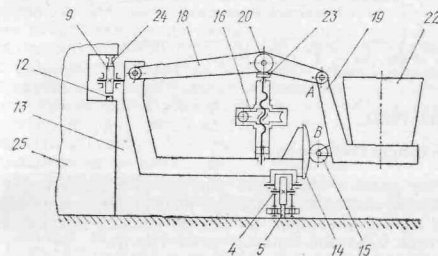
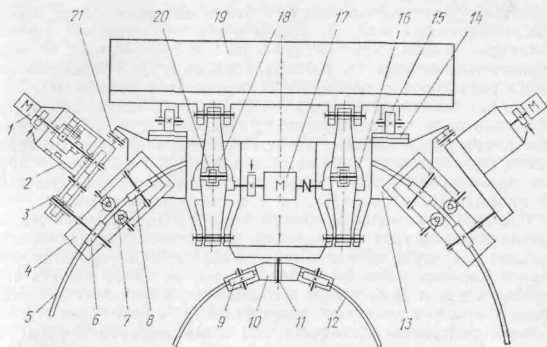


Рис. IV.15. Кинематическая схема механизмов тележки для промежуточного ковша с круговым движением

двумя безребордными ходовыми колесами 9 и посредством шарнира 11 соединен с рамой тележки. Ходовые колеса установлены между верхним 24 и нижним 12 круговыми рельсами радиуса 3180 мм, закрепленными на основании 25 сталеразливочного стенда.

Механизм подъема промежуточного ковша — рычажно-винтового типа, спаренный. Коромысла 18 шарнирно связаны с рамой тележки и в средней части опираются роликами 20 на ходовые винты 23 червячно-винтовых редукторов 16. К коромыслам шарнирно подвешена платформа 19, служащая для размещения промежуточного ковша 22. На платформе закреплены ролики 15, постоянно прижимаемые к профильным направляющим 14 на

раме тележки под действием момента, создаваемого внецентренным приложением веса платформы и ковша с металлом. Привод механизма подъема ковша состоит из электродвигателя 17 переменного тока мощностью 100 кВт, тормоза и двух червячно-винтовых редукторов с глобоидными червячными передачами. При включении электропривода на подъем ковша ходовые винты червячно-винтовых редукторов поворачивают коромысла, перемещающая платформу с ковшом вверх. Плоскопараллельное движение ковша достигается дополнительным поворотом платформы вокруг оси подвешивания, создаваемым в результате качения роликов по профильным направляющим при повороте коромысел.

Преимущества тележки конструкции УЗТМ перед тележками других типов состоят в следующем: расположение ковша на консольной платформе обеспечивает удобный доступ к кристаллизатору и хорошее наблюдение за зеркалом металла, создана возможность заполнения ковша металлом в резервном положении. Однако, при линейном расположении МНЛЗ в цехе тележка в резервном положении находится вне зоны действия кранов.

Техническая характеристика тележки с круговым движением

Окружная скорость ковша, м/мин	30	Грузоподъемность, т	50
Высота подъема ковша, мм	600	Масса, т	48,3
Скорость подъема ковша, мм/с	40		

3. КРИСТАЛЛИЗАТОРЫ

Конструкция кристаллизаторов

Кристаллизатор должен обеспечить интенсивный отвод тепла от кристаллизующейся стали и образование по периметру непрерывно формируемой корочки, которая на выходе должна выдерживать ферростатическое давление жидкой фазы слитка.

Конструкция кристаллизатора в значительной мере определяется принятой системой охлаждения — петлевой или прямоточной. При петлевой системе движения воды вертикальные каналы по периметру стенок кристаллизатора объединяют в три секции. Крайние секции включают в себя каналы в узких стенках кристаллизатора и по краям широких стенок; в среднюю секцию входят каналы в центральных частях широких стенок. Вода подается вначале сверху вниз через крайние секции, а затем проходит среднюю секцию снизу вверх и идет на слив. При прямоточной системе охлаждения каждая из четырех стенок выполнена с независимым подводом и отводом воды.

Прямоточная система обеспечивает лучшее охлаждение стенок кристаллизатора и более низкую температуру воды на выходе, чем петлевая. Последний фактор оказывает большое влияние на работоспособность кристаллизатора, так как увеличение темпера-

туры охлаждающей воды выше 40 °С резко увеличивает выделение осадков на стенках каналов. Кроме того, большая интенсивность охлаждения кристаллизаторов с прямоточным охлаждением способствует увеличению скорости литья. По этим причинам кристаллизаторы с прямоточной системой охлаждения предпочтительнее кристаллизаторов с петлевой системой охлаждения.

Конструкция кристаллизатора должна обеспечивать перемещение стенок, необходимое для их установки в соответствии с задаваемым сечением литого слэба. Такому требованию отвечают кристаллизаторы составного типа с четырьмя отдельными стенками.

На рис. IV.16 показан кристаллизатор конструкции ВНИИ-метамаша с прямоточной системой охлаждения, предназначенный для литья слэбов сечением 180—320×2000 мм.

Кристаллизатор состоит из четырех стенок — двух узких и двух широких, системы охлаждения с трубопроводами, устройства для регулирования положения узких стенок и пружинного стяжного устройства. Широкие и узкие стенки образованы медными 1, 2 и стальными 4 и 3 плитам, стянутыми болтами. В медных плитах засверлены каналы для прохождения воды. Стальные плиты широких стенок выполнены литыми с ребрами, приливами и лапами 6. Базовая стенка (большого радиуса кривизны) закрепляется на качающейся раме привода качания кристаллизатора и воспринимает все нагрузки со стороны слитка. Три другие стенки стягиваются с базовой болтами 8 и пакетами тарельчатых пружин 9. Перемещение узких стенок при настройке кристаллизатора на заданную ширину литой заготовки производят винтами 7, перемещающими скалки 5 и связанные с ними шарнирно стенки. Переход на литье слэбов другой толщины требует замены узких стенок. Для обеспечения быстрой замены кристаллизатора подводящие и сливные трубопроводы скреплены быстроразъемными соединениями. Снизу на стенках кристаллизатора расположены продольные 10 и поперечные 11 ролики.

К МНЛЗ предъявляют требования высокой точности технологической оси машины, что обеспечивается правильной кинематикой возвратно-поступательного движения кристаллизатора, точным взаимным положением направляющих элементов технологических узлов и точным регулированием положения разливочного ковша относительно кристаллизаторов.

Конструкция кристаллизатора должна обладать высокой теплопроводностью, высоким пределом текучести, низким коэффициентом теплового расширения, достаточной износостойкостью. При выработке материала стенок кристаллизатора возникает опасность деформации корочки слитка под действием ферростатического давления и прорыва жидкого металла.

Нанесение защитных покрытий способствует повышению срока службы кристаллизатора. Существует много способов повышения износостойкости кристаллизаторов: никель-фосфоридное защит-

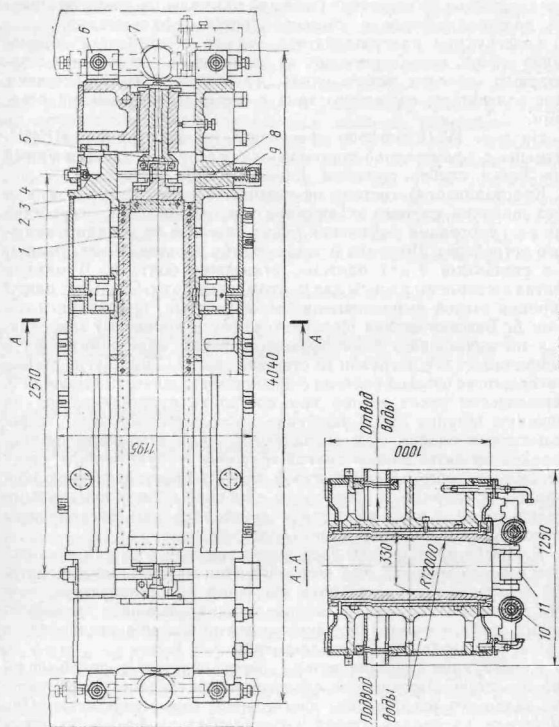


Рис. IV 16. Кристаллизатор для литья слобов

ное покрытие рабочих стенок с последующей термообработкой; хромирование с обработкой дисульфатомolibденовой смазкой; армирование медных стенок стальными вставками; алитирование медных стенок и др. Испытаниями установлено, что защита медных стенок покрытиями толщиной менее 0,5 мм неэффективна; нанесение более толстых покрытий способствует снижению термонапряженности при формировании корочки слитка, что приводит к улучшению качества металла.

Весьма эффективно многослойное покрытие стенок кристаллизатора, когда наружный слой из хрома, обладающего повышенной износостойкостью. Трехслойное покрытие из никеля, полинита (сплав на основе никеля) и хрома увеличивает срок службы кристаллизатора во много раз (по сравнению с однослойным покрытием) при толщине слоя от 0,5 до 1 мм.

В японских конструкциях кристаллизаторы имеют никелевое покрытие стенок толщиной до 5 мм, наносимое горячей металлизацией или гальваническим способом. Горячая металлизация дает более плотное покрытие, в результате чего стойкость стенок кристаллизатора увеличивается в 1,5—2 раза по сравнению с хромированными, исключается образование поверхностных микротрещин, повышается качество поверхности слитка. На заводах фирмы «Нишен стил Со» (Япония) кристаллизатор с никелевым покрытием выдерживает 500—600 плавков.

Механизмы качания кристаллизатора

В процессе непрерывного литья корочка затвердевающего в кристаллизаторе слитка по мере его движения вниз претерпевает усадку и отходит от стенок. Зона плотного контакта корочки со стенками находится в верхней части кристаллизатора, вблизи мениска жидкого металла. При определенных условиях в этой зоне происходит прилипание тонкой корочки к стенкам кристаллизатора. Это может привести к разрыву корочки в местах ее отхода от стенок. Если кристаллизатор будет неподвижным, а слиток будет вытягиваться с постоянной скоростью, то прилипшая часть корочки остается на месте (явление зависания корочки), а нижняя часть от места разрыва будет двигаться вниз. Когда разрыв достигает нижней кромки кристаллизатора, происходит прорыв — выход жидкой стали из сердцевин слитка.

Литье слитков с повышенной скоростью указало на необходимость создания в корочке металла знакопеременных напряжений, предупреждающих как ее зависание, так и появление поперечных трещин на слитке. С этой целью скорость опускания кристаллизатора задается несколько большей скорости движения слитка, создавая так называемое отрицательное скольжение.

Механизмы качания кристаллизатора МНЛЗ радиального типа должны обеспечивать вращательно-качательное движение кристаллизатора по участку круговой траектории с радиусом, равным ра-

диусу кривизны кристаллизатора, с определенным законом движения и частотой.

Важным требованием к конструкции механизма качания кристаллизатора является возможность получения качаний с высокой частотой, которая уменьшает шаг и глубину складок, образующихся на поверхности слитка при качательном движении, усредняет тепловод и снижает неравномерность в нарастании толщины корочки металла.

На рис. IV.17 показаны кинематические схемы различных типов механизмов качания кристаллизатора радиальных МНЛЗ.

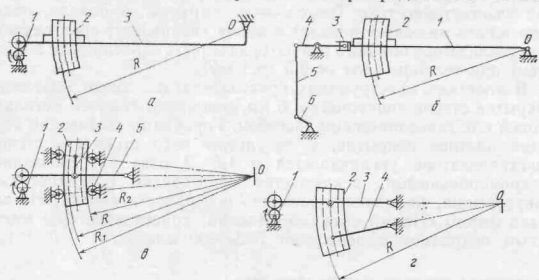


Рис. IV.17. Типы механизмов качания кристаллизаторов;

а — рычажно-кулачковый (1 — кулачковый механизм; 2 — кристаллизатор; 3 — несущая рама); *б* — рычажно-кулачковый (1 — несущая рама; 2 — кристаллизатор; 3 — кулиса; 4 — дууплечий рычаг; 5 — шатуны; 6 — эксцентрики); *в* — рычажно-кулачковый с перемещением кристаллизатора в роликовых направляющих (1 — кулачковый механизм; 2 — кристаллизатор; 3 — шатуны; 4 — роликовые направляющие; 5 — несущая рама); *г* — рычажно-кулачковый с присоединением вспомогательного круговой траектории движения кристаллизатора (1 — кулачковый механизм; 2 — кристаллизатор; 3 — несущая рама; 4 — коромысло)

Отличительной особенностью рычажно-кулачкового и рычажно-кулисного механизмов (рис. IV.17, *а* и *б*) является расположение кристаллизаторов на несущих рамах, качающихся относительно оси, расположенной в центре кривизны кристаллизатора. Механизмы не получили широкого распространения вследствие большой длины и массы несущих рам, которые затрудняют доступ со стороны рабочей площадки к механизмам радиальной части МНЛЗ, изменяют закон движения кристаллизатора из-за недостаточной своей жесткости, не позволяют применить высокую частоту качаний.

На одной из отечественных МНЛЗ установлен механизм качания кристаллизатора рычажно-кулачкового типа с гидроусилителем. Для создания требуемого закона движения последний снабжен кулачковым механизмом управления. Достоинством является простой способ получения любого закона движения кристаллизатора путем замены сервокулачка. Механизм не получил широ-

кого применения вследствие повышенной сложности и применения нестандартной гидроаппаратуры управления.

В механизме рычажно-кулачкового типа (рис. IV.17, *в*) кристаллизатор перемещается в роликовых направляющих, что позволило резко уменьшить длину качающейся рамы и ее массу. Недостатки состоят в низкой стойкости роликовых направляющих и больших зазорах, отрицательно сказывающихся на процессе литья. Общим недостатком кулачковых механизмов качания кристаллизатора является их быстрый износ.

Рычажно-кулачковый механизм с присоединенным шарнирным четырехзвенником (рис. IV.17, *г*) создает в пределах малых перемещений движение кристаллизатора по участку траектории, близкой к круговой. Параметры четырехзвенного механизма выбирают с таким расчетом, чтобы отклонение траектории на участке движения кристаллизатора от круговой не превышало допустимой величины по технологическим соображениям. При этом начальное положение четырехзвенника задают таким, чтобы направления звеньев — несущей рамы и коромысла — пересеклись в центре кривизны кристаллизатора, являющейся одновременно мгновенным центром вращения. Как и у выше рассмотренных механизмов, недостатки заключаются в применении кулачкового механизма и расположении опор со стороны стенки кристаллизатора меньшей кривизны, что создает затруднения при ремонтах машины.

Этих недостатков не имеет механизм качания кристаллизатора, приблизительно воспроизводящий круговую траекторию на участке движения кристаллизатора, примененный на МНЛЗ НЛМК. По аналогичной схеме выполнен механизм качания радиальной МНЛЗ комбината «Азовсталь».

Механизм (рис. IV.18) состоит из двух соединенных между собой шарнирных четырехзвенников 9 и 10. Параметры четырехзвенного механизма ОАВС обеспечивают требуемую точность движения кристаллизатора 11 по круговой траектории при вытягивании слитка 12. Качательное движение создается четырехзвенным эксцентриковым механизмом коромыслового типа, эксцентрик (кривошип) 4 которого приводится от электродвигателя 1 (на рис. IV.18 привод условно повернут на угол 90°). Вследствие расположения привода ниже уровня рабочей площадки шатун 8 выполнен удлиненным и ему придано вертикальное положение.

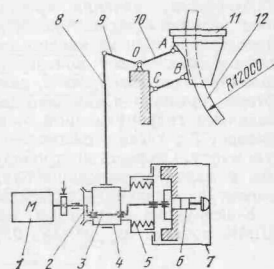


Рис. IV.18. Кинематическая схема механизма качания кристаллизатора с шарнирным четырехзвенником

Как и на большинстве современных МНЛЗ, в механизме применен безредукторный привод с электродвигателем постоянного тока, обеспечивающим регулирование частоты качания кристаллизатора. Применение безредукторного привода обусловлено необходимостью уменьшения зазоров в кинематической цепи от электродвигателя к кристаллизатору, в результате чего уменьшаются удары в соединениях при знакопеременных нагрузках и более точно выдерживается задаваемый закон движения кристаллизатора.

Амплитуду качания кристаллизатора регулируют изменением величины эксцентриситета эксцентрика, поворачивая его относительно эксцентрикового вала 3. В рабочем положении пружины 5 прижимают коническую фрикционную полумуфту на эксцентрик к полумуфте 2, связанной с эксцентриковым валом, которые вращаются как одно целое. При регулировании их рассоединяют гидроцилиндром 6, который плунжером перемещает траверсу 7 с тягами, сжимает пружину и отключает фрикционную муфту. Скорость контролируется тахогенератором, соединенным с валом электродвигателя, а эксцентриситет эксцентрика (амплитуда качания) — сельсинами.

Конструкция механизма качания кристаллизатора МНЛЗ НЛМК понятна из рис. IV.19.

Техническая характеристика механизма качания кристаллизатора

Масса качающихся частей, т	23
Расчетное усилие при запуске слитка, кН	230
Закон движения кристаллизатора	Синусоидальный
Диапазон регулирования частоты качания кристаллизатора, кач/мин	5—100
Диапазон регулирования амплитуды качания, мм	2,5—12,5
Мощность электродвигателя, кВт	45
Частота вращения электродвигателя, об/мин	0—100

На сортовой четырехручьевой МНЛЗ для блюмов 250×320 мм конструкции УЗТМ и ВНИИметмаша применен компактный четырехзвенный механизм качания кристаллизатора с кривошипно-эксцентриковым безредукторным приводом.

В современных зарубежных и отечественных МНЛЗ применяют в основном синусоидальный закон изменения скорости. Несовпадение расчетного графика движения кристаллизатора с действительным приводит к ухудшению качества поверхности слитка за счет увеличения количества разрывов формирующего слитка на единицу длины.

Экспериментальными исследованиями показано, что дополнительной вибрацией кристаллизатора можно повысить качество непрерывнолитых заготовок. Между частотой вибрации (f , Гц)

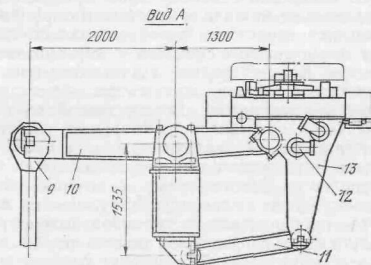
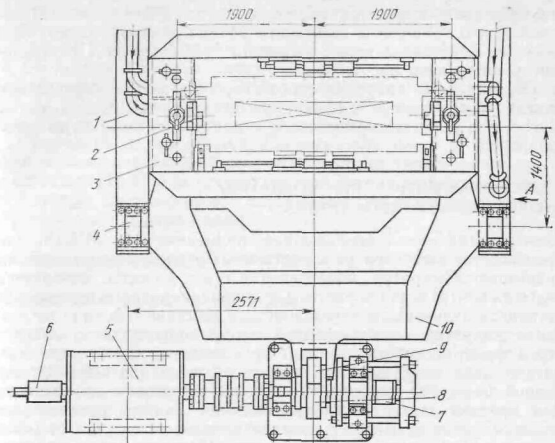


Рис. IV.19. Механизм качания кристаллизатора:

1 — основание; 2 — узлы крепления кристаллизатора; 3 — опорные плиты; 4 — опоры несущей рамы; 5 — электродвигатель; 6 — тахогенератор; 7 — механизм регулирования эксцентриситета; 8 — эксцентрик; 9 — шатун; 10 — несущая рама; 11 — рычаги; 12 — патрубки трубопроводов системы водного охлаждения; 13 — рычаги подвески

и амплитудой (A , мм) установлена следующая зависимость:
 $f = (10 \div 20)/A$.

Электровибратор производит колебания кристаллизатора в плоскости направления движения слитка. При этом снижается тре-

ние между стенками кристаллизатора и корки твердеющей заготовки, что приводит к изменению усилия ее вытягивания. При вибрации кристаллизатора с частотой $f = 50$ Гц усилие вытягивания уменьшилось на 75 %.

Показано, что вибрация способствует не только уменьшению усилия и повышению скорости вытягивания слитка, а также улучшению качества поверхности и внутренней структуры заготовки.

4. ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЕ ЖИДКОЙ ФАЗЫ ЛИТОГО СЛИТКА

Электромагнитное перемешивание применяют на МНЛЗ при производстве заготовок из качественных сталей. Из-за широкого диапазона температур затвердевания стали в слитке появляется большая центральная пористость и ликвация, которые невозможно устранить дальнейшим переделом. Его действие основано на создании индуктором направленной циркуляции жидкого металла перед фронтом кристаллизации. Вращающееся или бегущее магнитное поле возбуждается токами обычной (50—60 Гц) или низкой (4—6 Гц) частоты. При литье заготовок квадратного или прямоугольного сечения, исключая слябы, предпочтение отдается установкам с бегущим магнитным полем, движущимся в направлении вытягивания слитка. Индукторы размещаются в зоне вторичного охлаждения или в самом кристаллизаторе.

Вследствие циркуляции металла в кристаллизаторе (скорость 0,5—1 м/с) улучшается теплообмен вдоль поверхности раздела твердой и жидкой фазы, ускоряя снижение и выравнивание температуры жидкой фазы. Кроме того, происходит обламывание ветвей растущих кристаллов, обломки которых становятся дополнительными центрами кристаллизации. Все это способствует подавлению роста столбчатых кристаллов, расширению глобулярной зоны, рассредоточению осевой пористости и ликвации.

Для обеспечения интенсивного перемешивания жидкой фазы необходимо на границе раздела фаз иметь достаточные объемные усилия. Электромагнитная сила, действующая на жидкую сердцевину слитка, пропорциональна электропроводности материала слитка, плотности и скорости магнитного потока. Закристаллизовавшаяся корочка слитка уменьшает глубину проникновения магнитного потока и снижает силу, действующую на расплав. Причем потери зависят от частоты питающего напряжения.

При проектировании электромагнитных перемешивателей важным вопросом является выбор частоты питающего напряжения, места установки перемешивателя в зоне вторичного охлаждения и длины зоны перемешивания. Электромагнитному перемешиванию свойственны «белые пятна» на границе раздела жидкой и твердой фаз слитка, которые могут быть устранены реверсированием на-

правления движения магнитного поля с частотой, зависящей от размеров поперечного сечения слитка.

На МНЛЗ для отливки блюмов сечением 240×240 на заводе в Хагондаже (Франция) электромагнитное перемешивание осуществляется с помощью индуктора длиной около 1 м с частотой тока 50 Гц. Эффективность перемешивания в значительной степени зависит от степени перегрева разливаемого металла.

Фирмы «Конкаст» АСЕА и «Свенск стьль» (Швеция) используют для перемешивания токи низкой частоты от тиристорного преобразователя. Индуктор установлен в кожухе из немагнитной стали, в котором поддерживается повышенное давление во избежание проникновения паров воды.

5. РОЛИКОВЫЕ ПРОВОДКИ

Неприводные роликовые проводки

Прочность корочки затвердевающего слитка, выходящего из кристаллизатора, невелика, и поэтому для предупреждения ее выпучивания и разрыва за кристаллизатором устанавливают неприводную роликовую проводку, снабженную продольными и поперечными роликами, расположенными напротив четырех граней слитка. К неприводной роликовой проводке, часто называемой первой неприводной роликовой секцией, предъявляются определенные требования, вытекающие из частых прорывов жидкого металла и необходимости точного расположения роликов по отношению к технологической оси машины: простота конструкции, высокая точность установки и возможность ее регулирования ($\pm 0,3$ мм), возможность быстрой замены (не более 90 мин).

Изложенным требованиям в основном удовлетворяет неприводная роликовая проводка радиальной МНЛЗ фирмы «Демаг», приведенная на рис. IV.20.

Корпус 1 проводки выполнен разъемным из четырех фигурных стенок сварной конструкции и опирается лапами 14 и 18 на несущую раму. Регулирование положения корпуса по оси машины производят болтами 16 и пружинно-винтовым устройством 5 с конической пружиной 6 и регулировочным винтом 7. После выверки корпус закрепляют на раме клиньями 15 и 17. Помимо такого способа крепления, часто используют шарнирное соединение корпуса с двумя опорами, которые для регулировки имеют возможность раздельного перемещения в горизонтальном направлении. В верхней части корпуса по каждой широкой грани сляба установлены в два ряда десять продольных роликов 11 малого диаметра и в нижней части четыре ролика 2 большего диаметра. Ролики малого диаметра, как правило, выполняют ребристыми. Опоры осей роликов соединяют болтами с планками 8, которые связывают с продольными стенками корпуса посредством штанг 9 с клиновыми замками 10. Такая конструкция обеспечивает бы-

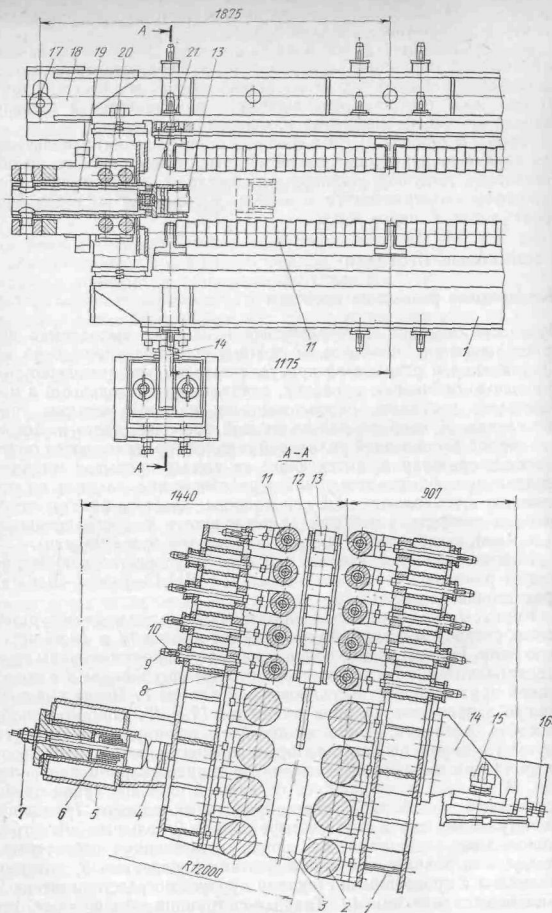


Рис. IV.20. Неприводная роликовая проводка

струю узловую замену комплекта двух роликов. Опоры осей роликов большего диаметра прикрепляют к стенкам на закладных шпонках болтами.

Поперечные ролики 13 установлены против узких граней слитка в верхней части корпуса в двух кассетах 12 по пять роликов в каждой. В нижней части корпуса вместо роликов применены два башмака 3. Кассеты роликов и башмаки соединены со штангами прямоугольного сечения, входящими в роликовые направляющие 20. Перемещение штанг, а вместе с ними роликов и башмаков производят при переходе с одной ширины отливаемого сляба на другую гидроцилиндрами 19, шарнирно соединенными с корпусом. Связь штока гидроцилиндра с кассетой осуществлена через сферическую опору 21.

При переходе с одной толщины отливаемого сляба на другую в диапазоне 200—300 мм производят замену промежуточных пластин, устанавливаемых между продольными и поперечными стенками. Помимо этого, изменяют длину наконечника 4 пружинновинтового устройства.

Размеры и конструкция проводки выбраны из условий возможности ее замены мостовым краном через проем в раме кристаллизатора. Применение клиновых соединений в узлах крепления проводки обеспечивает ее быстрый монтаж и демонтаж. При крупном прорыве металла предусмотрена возможность удлинения блока, включающего в себя кристаллизатор с качающейся рамой и неприводную роликовую проводку.

С целью ускорения монтажных и демонтажных работ в конструкции МНЛЗ комбината «Азовсталь», как и в ряде зарубежных машин, кристаллизатор и неприводная роликовая проводка объединены в один общий узел.

Недостаток рассмотренной роликовой проводки состоит в расположении гидроцилиндров перемещения поперечных роликов внутри корпуса, что усложнило ее конструкцию и потребовало применения быстроразъемных соединений для высоконапорных маслопроводов.

Роликовая проводка, разработанная Южуралмашзаводом и ВНИИметмашем, свободна от отмеченных недостатков. Гидроцилиндры перемещения поперечных роликов вынесены за пределы корпуса проводки. Учитывая, что жидким металлом при аварии заливают в основном верхние ролики, проводка выполнена из двух секций, что позволяет заменять только одну верхнюю секцию.

Приводные роликовые проводки

Предназначены для предупреждения выпучивания корочки слитка ниже неприводной проводки, перемещения слитка вдоль технологической оси машины и его выпрямления (правки). Как отмечалось выше, приводная роликовая проводка может состоять

как из двух—трех типоразмеров роликовых секций, так и из одних секций трех—четырех видов.

К приводной проводке предъявляются определенные требования, вытекающие из наличия жидкой фазы в слитке и условий работы машины, — вытягивание слитка должно осуществляться с возможно наименьшими усилиями со стороны роликов на корку, перегрузки роликов при вытягивании и разгибании заложенного слитка и пропуске напльвов на его поверхности должны быть сведены к минимуму; конструкция проводки должна обеспечивать уборку остывшего слитка кусками не менее трех метров в случае возникновения аварии и замену секции в кратчайшее время, которое на лучших МНЛЗ не превышает 35 мин.

В зависимости от типа механизма перемещения и прижатия верхних роликов различают секции с гидравлическими и пружинно-винтовыми механизмами. На рис. IV.21 показана десятироликовая секция с гидравлическими механизмами перемещения верхних роликов. Секция состоит из фигурной сварной станины 3, в которой установлены пять неподвижных роликов 4, подвижной рамы 8 с четырьмя неподвижными роликами 6, четырех гидроцилиндров 5 ее перемещения, приводного ролика 7 и двух гидроцилиндров 10 его перемещения. Приводной ролик получает вращение от электродвигателя через планетарный редуктор и шпindel.

Станину устанавливают на основание (опорные балки) 1 и закрепляют клиновыми соединениями 2. Подвижная рама помещена в направляющие 16 станины и связана сферическими шарнирами 14 с гидроцилиндрами перемещения. Последние в свою очередь шарнирно закреплены в станине. На раме установлены гидроцилиндры перемещения приводного ролика, соединенные штоками с подушками 12 подшипников. Такая конструкция обеспечивает перемещение рамы вместе со всеми верхними роликами и отдельное перемещение приводного ролика.

Гидроцилиндры перемещения рамы выполняют несколько функций: в рабочем положении прижимают подвижную раму к стойкам станины, в результате чего ролики испытывают нагрузку только от ферростатического давления внутри слитка; при аварийной ситуации и настройке машины производят быстрый подъем роликов в крайнее верхнее положение; ограничивают нагрузку на ролики при вытягивании застуженного слитка. Приводной ролик перемещается вниз при вводе в машину затравки, которая имеет меньшую высоту, чем слиток. Регулировку секции при переходе с одной толщины сляба на другую осуществляют заменой фигурных прокладок 11.

Опорные узлы роликов имеют двухрядные конические роликоподшипники. Для предупреждения попадания окалины и воды внутрь подшипников применены сальниковые уплотнения и установлены отбойные щитки 13. На станине закреплены с двух сторон по два ходовых ролика 9, которые входят в фигурные на-

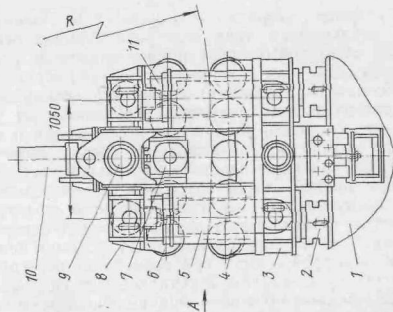
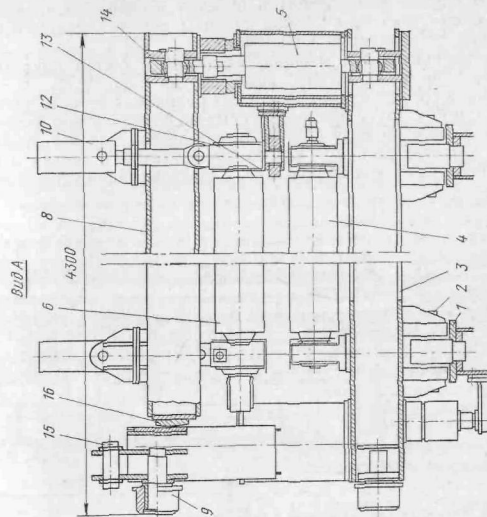


Рис. IV.21. Десятироликовая секция с гидравлическими механизмами перемещения и прижатия роликов

правляющие над радиальной частью приводной роликовой проводки и служат для подъема и опускания секции при замене. Для захвата мостовым краном станины секции предусмотрена проушина с закладными пальцами 15.

Тянуще-правильная машина, входящая в состав приводной роликовой проводки МНЛЗ, приведена на рис. IV.22.

Машина состоит из трех отдельных роликовых секций, примыкающих друг к другу и установленных на фундаментные балки 8. Первая секция по ходу слитка предназначена для его правки, вторая и третья секции — для создания тянущего усилия и выдачи слитка на приемный рольганг. В каждой секции установлены

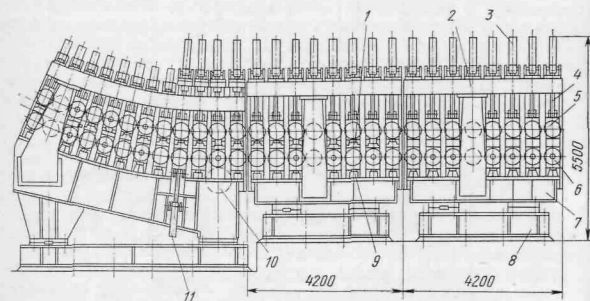


Рис. IV.22. Тянуще-правильная машина с гидравлическими механизмами перемещения и прижима роликов фирмы «Демаг»

два ряда роликов — верхних 5 и нижних 6. Ролики верхнего ряда, за исключением трех в первой секции, неприводные. В первой и во второй секциях нижние приводные ролики чередуются через один — три с неприводными (на рисунке приводные ролики обозначены кружками). В третьей секции все нижние ролики приводные, что диктуется необходимостью получения значительного тянущего усилия для перемещения и выдачи затвердевшего слитка на рольганг. Поскольку нижний ролик, расположенный в месте перехода радиальной части в горизонтальную при правке слитка подвержен действию максимальной нагрузки, предусмотрена установка опорного ролика 10 большого диаметра, прижимаемого двумя гидроцилиндрами к рабочему ролику. С целью предохранения от поломки нижних роликов первой и второй секции при возможных перегрузках в их опорных узлах установлены короткоходовые гидроцилиндры 9. Для лучшего манипулирования при выдаче порезанных кусков слитка в аварийной ситуации один из нижних роликов на переход-

ном участке выполнен подвижным. Его вертикальное перемещение осуществляется двумя гидроцилиндрами 11.

Подошвы подшипников верхних и нижних роликов помещены между стойками станины 7. Каждый верхний ролик перемещается по нормали к технологической оси и прижимается к слитку двумя гидроцилиндрами 3, шток 4 которых шарнирно соединен с подошками подшипников. Расстояние между роликами в первых двух секциях регулируют сменными прокладками 1. Стойки станины в верхней части связаны продольными балками 2, расположенными с обеих сторон. Конструкция станины обеспечивает быструю замену рабочих роликов поузловым методом.

Поперечный разрез тянуще-правильной машины приведен на рис. IV.23. Приводы секций роликовой проводки и тянуще-правильной машины унифицированы и состоят из электродвигателя постоянного тока мощностью 5,5 кВт, планетарного редуктора с цилиндрическими колесами и шпинделя с универсальными шарнирами Гука. Применение последних обусловлено необходимостью быстрого соединения и рассоединения ролика с приводом. Максимальный крутящий момент на выходном валу редуктора 25 кН·м. Скорость вытравливания слитка регулируется в диапазоне 0—3 м/мин изменением частоты вращения электродвигателя. Ввод затравки в машину осуществляется на скорости 4,5 м/мин.

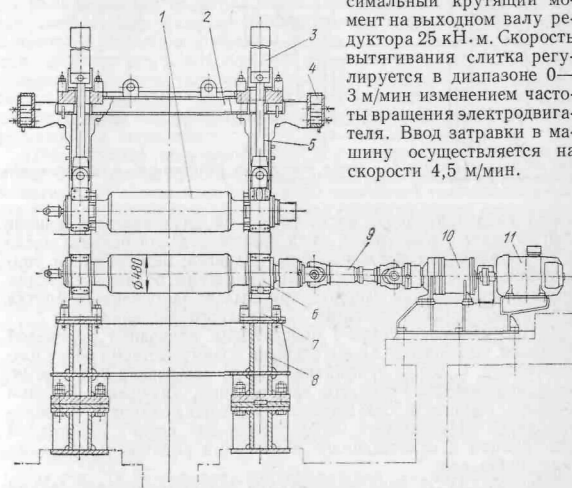


Рис. IV.23. Поперечный разрез тянуще-правильной машины: 1 — верхний неприводный ролик; 2 — поперечные связи; 3 — гидроцилиндры перемещения и прижатия ролика; 4 — продольные балки; 5 — стойки; 6 — нижний ролик; 7 — опорные гидроцилиндры; 8 — станина; 9 — шпиндель с шарнирами Гука; 10 — планетарный редуктор; 11 — электродвигатель

Применение гидравлических механизмов перемещения и прижима в приводной роликовой проводке позволило значительно уменьшить перегрузку и количество поломок роликов при пропуске захожденного слитка и напильных на его поверхности; значительно ускорить операции при перестройке МНЛЗ на литье слэбов различной толщины; обеспечить ускоренную выдачу из машины остывшего слитка, предварительно порезанного на части, разводом роликов; применить простую в изготовлении и надежную в работе затравку ценного типа. Недостатки проводки — большое

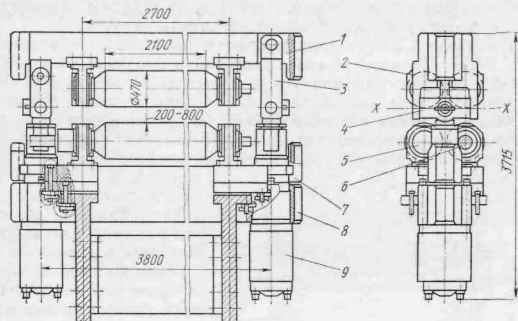


Рис. IV.24. Четырехроликовая секция конструкции ВНИИметмаша с гидравлическим механизмом перемещения и прижима роликов

число гидроцилиндров, достигающее на двухручьевой машине 250; снижается надежность из-за применения для подвода масла к гидроцилиндрам высоконапорных шлангов; недостаточная унификация узлов проводки, так как применены роликовые секции и тянущо-правильная машина; при выдаче застуженного слитка перегрузка роликов достигает 2,5-кратного значения.

ВНИИметмашем создана конструкция приводной роликовой проводки, обладающей значительными преимуществами перед рассмотренной. С целью унификации узлов, повышения технологичности и снижения стоимости изготовления, улучшения условий монтажа, ремонта и обслуживания приводная роликовая проводка выполнена из отдельных четырехроликовых секций однотипной конструкции и отличающихся диаметрами роликов и усилиями гидроцилиндров.

На рис. IV.24 дана конструкция четырехроликовой секции (клетки) с гидравлическим механизмом перемещения и прижатия верхних роликов. Секция состоит из рамы 8 с опорной плитой 7, двух неприводных верхних роликов 2, нижних роликов — при-

водного 6 и неприводного 5, траверсы 1, двух балансиров 4 и двух гидроцилиндров 9, закрепленных в гнездах рамы.

Подшипниковые опоры нижних роликов установлены на плите 7, опоры верхних роликов прикреплены к подвижной траверсе. Последняя соединена балансиром со штоками гидравлических цилиндров. Применение балансиров с двумя взаимно перпендикулярными цилиндрическими шарнирами, расположенными в плоскости нижних образующих роликов (плоскость X—X на рис. IV.24), обеспечивает равномерное распределение усилий гидроцилиндров между двумя верхними роликами. С одной стороны соединение траверсы с балансиром выполнено серьгой 3 для исключения дополнительных нагрузок при перекосах подвижной системы, возникающих в случае неравномерного хода штоков гидроцилиндров, — благодаря этому отпала необходимость в гидравлической системе синхронизации их работы. Специальные устройства, введенные в гидроцилиндры, обеспечивают задаваемое положение верхних роликов и требуемую силу прижатия. При необходимости верхние ролики могут быть подняты в крайнее положение для пропуска кусков остывшего слитка. Горизонтальные нагрузки воспринимают плунжеры гидроцилиндров, помещенные в усиленные кольцевые направляющие. Такая конструкция позволила исключить стойки и несколько уменьшить металлоемкость, улучшить условия проведения ремонта и ликвидации аварий при прорыве металла и облегчить порезку остывшего слитка. Привод секции состоит из электродвигателя, планетарного редуктора и шпинделя.

Преимущества роликовой проводки конструкции ВНИИметмаша по сравнению с рассмотренной конструкцией «Демаг» состоят в следующем: значительно уменьшено количество гидроцилиндров (на 40 %); стационарное расположение гидроцилиндров позволило исключить высоконапорные шланги и тем самым повысить надежность работы гидросистемы; применение балансирной опоры верхних роликов дало возможность избавиться от системы синхронизации работы гидроцилиндров и уменьшить нагрузку на ролик при выдаче охлажденного слитка кусками, которая в четырехроликовой секции не превышает силы действия одного гидроцилиндра; появилась возможность более широкой унификации приводных проводок, так как четырехроликовые секции можно использовать в МНЛЗ с различными радиусами технологической оси.

Приводные роликовые проводки радиальных и криволинейных МНЛЗ комбината «Азовсталь» снабжены роликовыми секциями с пружинно-винтовыми механизмами перемещения и прижима верхних роликов.

На рис. IV.25 показана шестирولیковая секция конструкции УЗТМ, устанавливаемая на радиальных и криволинейных участках приводных проводок.

Секция состоит из литой рамы 10 с установленными на ней тремя нижними роликами 11, подвижной траверсы 8 с тремя

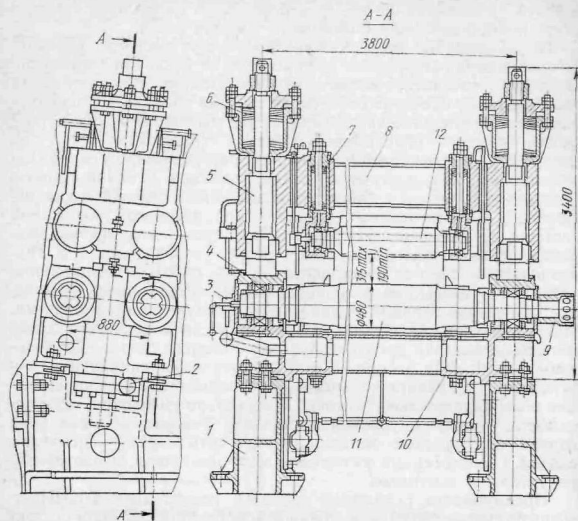


Рис. IV.25. Шестирольковая секция конструкции УЗТМ с пружинно-винтовым механизмом перемещения и прижима роликов

верхними роликами 12, механизма вертикального перемещения верхних роликов с двумя поступательно движущимися винтами, пружинных устройств с пакетами больших 6 и малых 7 тарельчатых пружин и двух приводов нижних роликов. Рама установлена на литые фундаментные балки 1. Ролики верхнего ряда неприводные; в нижнем ряду крайние ролики получают вращение от индивидуальных приводов. Средние ролики верхнего и нижнего рядов выполнены меньшего диаметра, чем крайние. Траверса свободно опирается на хвостовики 5 двухходовых винтов червячно-винтовых редукторов. Между траверсой и гайками на хвостовиках установлены пакеты больших тарельчатых пружин, заключенных в обоймы. Усилие предварительного сжатия пружин регулируется болтами, расположенными по окружности обоймы. Траверса смещается по хвостовикам, предохраняя ролики от поломки, когда усилие на крайние ролики превысит силу предварительного сжатия пружин. Аналогичным образом настраивают тарельчатые пружины среднего верхнего ролика.

Механизм подъема верхних роликов состоит из электродвигателя, планетарного редуктора, промежуточного вала с зубчатými муфтами и двух червячно-винтовых редукторов 2, смонтированных в опорную раму. Быстроходные валы редукторов связаны между собой промежуточным валом, который обеспечивает синхронное движение ходовых винтов. Величина их хода обеспечивает требуемое разведение роликов при пропуске кусков остывшего слитка. Горизонтальные усилия воспринимают хвостовики винтов, помещенные в направляющие втулки опорной рамы.

Опоры роликов снабжены двухрядными сферическими роликоподшипниками 4. Все ролики секции водоохлаждаемые. В теле ролика с неприводной стороны выполнено центральное глухое отверстие, в которое введена трубка. По центральному и образовавшемуся кольцевому каналам осуществляется подвод и отвод воды через водораспределитель 3 с сальниковыми уплотнениями. Последний связан с напорным и сливным трубопроводами.

Каждый из двух приводных роликов получает вращение от электродвигателя постоянного тока через планетарный редуктор и промежуточный вал с зубчатой и ролико-сферической 9 муфтами. Такая конструкция привода является общепринятой на отечественных и зарубежных МНЛЗ. Объясняется это следующими соображениями. Электродвигатели постоянного тока относительно просто позволяют регулировать скорость и получать широкий диапазон размеров слитков. Планетарные редукторы с цилиндрическими колесами обеспечивают основные требования к передаточному механизму роликовой секции — большие передаточное число и крутящий момент на выходном валу при минимальных габаритах. Шпиндели с универсальными шарнирами и промежуточные валы с компенсирующими муфтами обеспечивают нормальную работу привода при перекосах и несоосности валов и, кроме того, позволяют вынести электродвигатель и редуктор из зоны непосредственного теплового воздействия и избежать их заливки жидким металлом при аварии.

Техническая характеристика привода шестирольковой секции

Наибольший крутящий момент на выходном валу редуктора, кН·м	75
Передаточное число редуктора	594
Электродвигатель:	
мощность, кВт	32
частота вращения, об/мин	1000
Масса, т	3,9

6. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ВВОДА ЗАТРАВКИ В КРИСТАЛЛИЗАТОР

Затравка предназначена для образования временного дна в кристаллизаторе при его заполнении металлом на рабочую высоту и последующего протягивания слитка по неприводной и приводной роликовым проводкам на начальной стадии литья.

На радиальных МНЛЗ применяют затравки двух типов — жесткие дугообразные и гибкие (цепные). Затравки первого типа представляют собой дугообразный брус, по форме сечения одинаковый с отливаемым слитком и изогнутый по дуге окружности с радиусом кривизны технологической оси машины. Ввод жесткой затравки в кристаллизатор производят снизу через роликовые заготовки. Такие затравки используют на машинах литья сортовых заготовок.

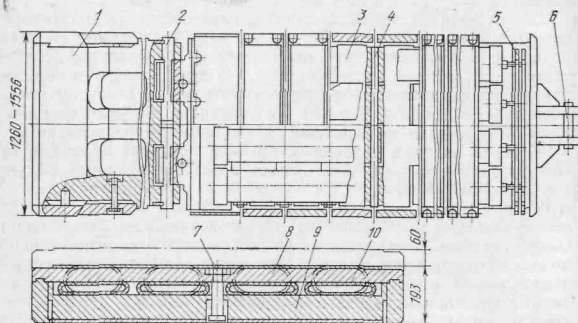


Рис. IV.26. Затравка с раздвижными звеньями

Затравки цепного типа применяют в радиальных и криволинейных МНЛЗ, предназначенных для литья слябов. В зависимости от податливости звеньев цепные затравки могут быть с жесткими и раздвижными звеньями. Область применения затравок с жесткими звеньями — МНЛЗ с гидравлическими механизмами перемещения и прижатия роликов. Использование затравок с раздвижными звеньями обычно является вынужденным, в случае установки на МНЛЗ приводной проводки с пружинным прижатием роликов к слитку.

На рис. IV.26 показана затравка с раздвижными звеньями конструкции УЗТМ. Звенья 3 шарнирно связаны собой осями 4. Для быстрой замены головки 1 ее соединение с крайним звеном выполнено двумя короткими осями 2 на ригельных планках. Вдоль всей затравки расположены четыре резино-тканевых рукава 10, помещенных между неподвижными 8 и подвижными 9 пластинами звеньев. Перемещение подвижных пластин ограничивается болтами 7. Подачу воздуха в рукава (надувку затравки) осуществляют через коллекторы 5, снабженные запорными клапанами. Для захвата затравки крюком в хвостовой части предусмотрена проушина 6.

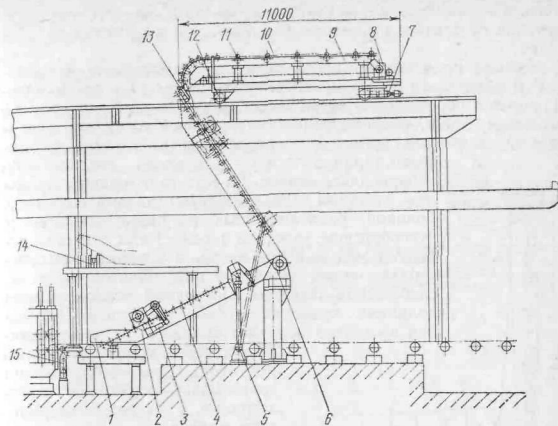


Рис. IV.27. Машина для ввода затравки в кристаллизатор сверху с вспомогательным качающимся рольгангом

Затравки с жесткими звеньями отличает простота конструкции и надежность в работе. Недостатки затравок являются: быстрый выход из строя резино-тканевых рукавов и потеря ими герметичности; недостаточное усилие прижатия звеньев к роликам, что обычно требует увеличения числа приводных роликов в проводке.

Подачу и ввод затравки в кристаллизатор, ее отсоединение от слитка и уборку после протягивания по роликовым проводкам, как и удержание в нерабочем положении, производят специальными машинами, часто в комплексе со вспомогательными механизмами. Затравку вводят в кристаллизатор двумя способами — сверху и снизу, которые и определяют два типа машин.

На рис. IV.27 показана машина для ввода затравки в кристаллизатор сверху со вспомогательными механизмами.

В комплекс оборудования, обеспечивающего циклическое перемещение затравки, входят машина 9 для подачи и ввода затравки в кристаллизатор, качающийся рольганг 1 и механизм 15 для отсоединения затравки от слитка. Машина выполняет следующие операции: принимает на свой рольганг затравку, транспортирует ее к МНЛЗ и задает в кристаллизатор. Качающийся рольганг предназначен для приема затравки, выходящей из роликовой проводки МНЛЗ, ее удержания в нерабочем положении и передачи на машину. Эти операции осуществляются соответственно при верхнем, горизонтальном и нижнем положениях качающегося роль-

ганга. Гидравлический механизм, служащий для отсоединения затравки от слитка, выполняет эту операцию в процессе их движения.

Машина представляет собой тележку, снабженную механизмом передвижения 7, приводным рольгангом 11 и цепным механизмом 8 перемещения затравки 13. Машина передвигается по рельсовому пути, расположенному на рабочей площадке. Механизм передвижения состоит из электродвигателя, тормоза и кони-

ческо-цилиндрического редуктора, соединенного с приводным скатом 12. Рольганг машины выполнен с двумя параллельными рядами коротких роликов, расположенных на прямолинейном и дугообразном участках рамы. Ряды роликов образуют между собой зазор, в который помещена верхняя ветвь замкнутой пластинчатой цепи 10, снабженной захватом. Последняя отклоняющими роликами копирует профиль рольганга. Приводная звездочка получает вращение от электродвигателя через комбинированный редуктор. Цепь при движении захватывает хвостовую часть затравки и выдает ее на рольганг машины.

Качающийся рольганг состоит из рамы с двумя параллельными рядами непрерывных роликов 4, задающих роликов 2 с рычажно-пневматическим механизмом 3 прижима верхнего ролика, опоры 6 и двух качающихся гидроцилиндров 5 механизма наклона. При подаче на качающийся рольганг затравка зажимается рычажно-пневматическим механизмом между верхним приводным и нижним не приводным задающими роликами. Приводной ролик получает вращение от электродвигателя через планетарный редуктор. В горизонтальном положении качающийся рольганг удерживается пневматическим стопорным механизмом 14. Механизм отсоединения затравки от слитка состоит из одноплечего рычага с роликом, поворачиваемого гидроцилиндром.

Недостатком рассмотренной машины является отделение от нее операции подъема затравки, которая выполняется сложным и металлоемким качающимся рольгангом.

Машина для перемещения и ввода затравки сверху конструкции УЗТМ, установленная на МНЛЗ комбината «Азовсталь», приведена на рис. IV.28.

Машина состоит из тележки 4 с четырьмя ходовыми колесами и механизмом передвижения, наклоняющейся стрелы 6, механиз-



Рис. IV.28. Машина для ввода затравки в кристаллизатор сверху конструкции УЗТМ

ма наклона стрелы с качающимся гидроцилиндром 3, канатного механизма 7 подъема затравки и маслonaпорной установки 1.

Машина передвигается по рельсовому пути на рабочей площадке. С нижнего горизонта МНЛЗ затравка поднимается тележкой, передвигающейся в вертикальных направляющих. Механизм наклона стрелы и винтовой механизм ее поперечного смещения обеспечивают точное центрирование затравки по оси кристаллизатора. В состав механизма подъема затравки входят барабанная лебедка 2, канат и система блоков — направляющих 5 и 10, уравнителя 11 и подвижных 9. К последним подвешен захват 8 для затравки.

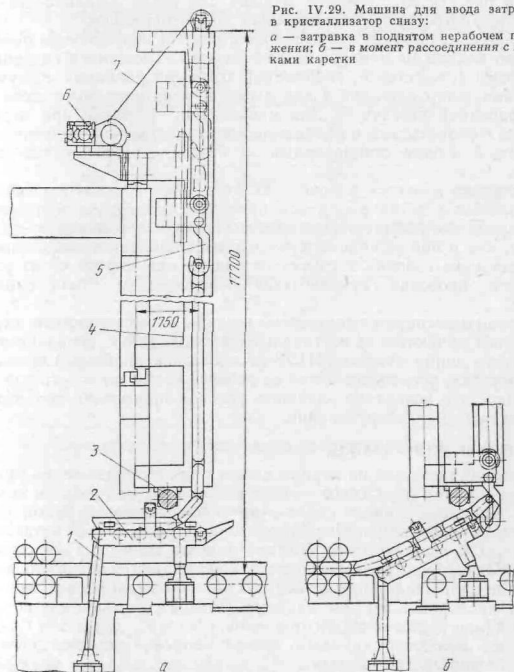


Рис. IV.29. Машина для ввода затравки в кристаллизатор снизу:

а — затравка в поднятом нерабочем положении; б — в момент рассоединения с крючками катетки

Достоинство машин с верхним вводом затравки состоит в том, что операция ввода затравки в кристаллизатор может быть начата сразу после частичного протягивания слитка по приводной роликовой проводке. Однако достигаемое сокращение времени существенно только при разливке металла отдельными ковшами. Недостаток способа ввода затравки сверху — необходимость применения самоходных машин на рабочей площадке.

В случае разливки стали «плавку» на рабочую площадку между циклами литья достигает 180 мин, более оправдано применение стационарных машин с вводом затравки в кристаллизатор снизу, отличающихся большей простотой конструкции и меньшей металлоемкостью.

На рис. IV.29 приведена машина для ввода затравки снизу стационарного типа, разработанная ВНИИметмашем.

Машина состоит из качающегося стола 2 с неприводным рычагом, механизма наклона стола с двумя качающимися гидроцилиндрами 1, каретки 5, снабженной ходовыми роликами и двумя крюками, направляющей 4 для каретки, канатного полиспаста 7 и барабанной лебедки 6. Для направления затравки при переводе из горизонтального положения в вертикальное предусмотрены ролики 3 — один стационарный, а второй — закрепленный на столе.

Затравка вводится в кристаллизатор через горизонтальный и радиальный участки роликовой проводки изменением направления вращения роликов. При задаче затравки в роликовую проводку, как и при ее приеме, стол занимает наклонное положение. Отсоединение головки затравки от слитка при выходе ее из роликовой проводки производится перемещением стола снизу вверх.

Преимуществами стационарной машины перед машинами других типов являются: ее вертикальное расположение, позволяющее сократить длину участка МНЛЗ от последней роликовой секции до газорезки; устранение путей на рабочей площадке и у кристаллизатора, что позволило улучшить условия проведения ремонтов и обслуживания оборудования.

7. МАШИНЫ ДЛЯ РЕЗАНИЯ СЛЯБОВ

Для резания слитков на мерные длины в процессе движения применяют машины двух типов — передвижные газовой резки и ножницы. Наиболее широко используют машины газовой резки, обладающие относительной простотой конструкции, малой металлоемкостью и возможностью быстрой замены вышедших из строя узлов. Однако их крупными недостатками являются значительный отход металла в шлак при резке (1—2 %) и большой расход ацетиленов и кислорода. Уступая машинам газовой резки по ряду показателей (масса, стоимость изготовления, ремонтные затраты и т. д.), ножницы обладают крупным преимуществом, заключающимся в безотходной резке металла.

Машины газовой резки

Конструкция передвижной машины газовой резки слябов приведена на рис. IV.30. Резка осуществляется резаками, когда машина захватывает движущийся слиток и перемещается вместе с ним.

Машина состоит из рамы 5 с четырьмя неприводными ходовыми колесами 6, двух кареток с захватами 12 и пневматическими цилиндрами 11 для их перемещения, двух суппортов 3 с механизмами 14 для горизонтального перемещения, двух резаков 1, закрепленных в держателях 2, механизмов 4 вертикального перемещения резаков и канатного механизма ускоренного возврата машины.

Машина осуществляет следующие движения: передвижение по верху эстакады посредством канатного механизма или вместе со

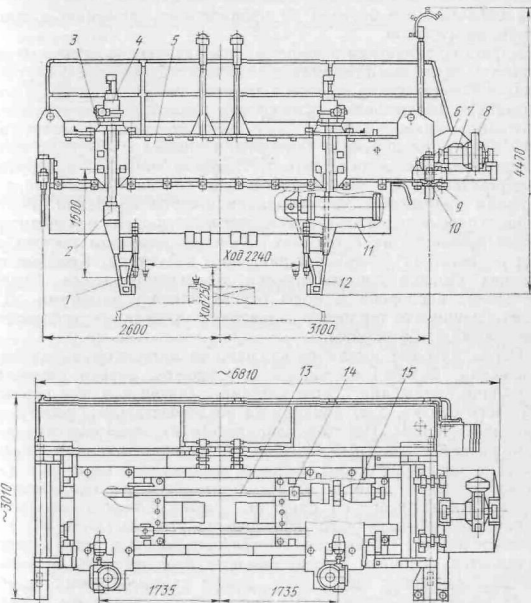


Рис. IV.30. Машина газовой резки слябов

слитком; перемещение кареток для захвата слитка захватами; вертикальное и горизонтальное перемещения резаков для врезания и резки слитка, а также регулировки положения резаков.

Передвижение машины над слитком происходит по рельсам 10, расположенным на эстакаде. Ходовые колеса выполнены безребордными. От горизонтального смещения машину предохраняют две пары упорных роликов 9.

Механизм ускоренного передвижения машины при рабочем ходе устроен следующим образом. На эстакаде расположены канатная лебедка и подпружиненный направляющий блок, а на раме машины — канатный барабан 7 с тормозом 8. Канат обоими концами закреплен на барабане лебедки, охватывает одной ветвью тормозной барабан на машине и огибает направляющий блок. В случае быстрого передвижения машины барабан 7 заторможен. При рабочем ходе барабан не препятствует движению машины вместе со слитком.

Каретки с захватами помещены в направляющие рамы машины и связаны со штоками пневматических цилиндров. Последние обеспечивают перемещение кареток и захват слитка захватами. Горизонтальные перемещения суппортов с резаками осуществляются винтовыми механизмами с поступательно движущимися гайками, смонтированными в суппорты. Приводы и винтовые механизмы установлены на каретках. Ходовые винты 13 вращаются непосредственно от электродвигателей 15 постоянного тока с широким диапазоном регулирования частоты вращения. Вертикальные перемещения резаков создаются отдельными механизмами, расположенными на суппортах. Каждый механизм состоит из электродвигателя и червячно-винтового редуктора. Крайние положения резаков контролируются командоаппаратами. Подвод азетилена, кислорода и воды осуществляется шлангами. Для защиты машины от теплового излучения слитка снизу установлены водоохлаждаемые экраны.

Перед началом цикла резки машина находится в исходном положении: барабан на машине заторможен, резаки разведены в крайнее положение. Затем система, задающая длину отрезаемой части слитка, дает команду на последовательную работу механизмов машины. Подачей напряжения на электромагнит растормаживается канатный барабан на машине; подается сжатый воздух в пневмоцилиндры, которые перемещают каретки и захватами зажимают слиток, в результате чего машина начинает передвигаться вместе со слитком. Дается команда на работу механизмов вертикального перемещения резаков, которые, опускаясь в нижнее положение, прогревают боковые грани слитка. Включается механизм горизонтального перемещения, и резаки, двигаясь навстречу друг другу, режут слиток с обеих сторон. Когда расстояние между резаками достигнет величины порядка 100 мм, один из резаков останавливается и возвращается в свое

первоначальное положение, а второй дорезает слиток. После этого второй резак возвращается в исходное положение. Изменяется направление подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндры и под их воздействием каретки с захватами расходятся, освобождая машину от слитка. Канатный барабан на машине затормаживается, и включается электродвигатель лебедки возвраща машины в исходное положение.

Техническая характеристика машины газовой резки

Размеры слябов, мм:	
толщина	250—350
ширина	1150—2200
Ход машины, мм	6000
Скорость передвижения машины, м/мин:	
при литье	0,3—1,6
при холостом ходе	26,4
Скорость горизонтального перемещения резаков, м/мин:	
при резании	0,06—0,6
при холостом ходе	3
Скорость вертикального перемещения резаков, м/мин:	
при резании	0,03
при холостом ходе	0,15
Мощность электродвигателей, кВт, механизмов:	
холостого передвижения машины	3
горизонтального перемещения резаков	1,9
вертикального перемещения резаков	0,15

Гидравлические ножницы

Кинематическая схема качающихся гидравлических ножниц усилением 30 МН конструкции УЗТМ приведена на рис. IV.31.

Ножницы относятся к закрытому типу с параллельным ходом ножей и нижним резом, исключаяющим передачу усилия резания на ролики рольганга.

Ножницы состоят из качающейся станины 10, установленной в опорах 11, нижнего подвижного суппорта 9, охватывающего свои направляющими стойки 6 станины, двух гидроцилиндров 12 режущего механизма, двух гидроцилиндров 3 обратного хода суппорта, гидроцилиндра 7 механизма качания станины, связанного с ней шатуном 8, и двух гидроцилиндров прижима 1, соединенных с лапами 2. Режущий механизм снабжен двумя ножами 5, из которых один закреплен в суппорте, а второй — в верхней траверсе станины. Все гидроцилиндры ножниц плунжерного типа, за исключением гидроцилиндра качания станины, который выполнен двустороннего действия. Плунжеры гидроцилиндров 12 и 3 соединены с нижним суппортом соответственно стойками 13 и 4 со сферическими опорами.

Конструкция качающихся гидравлических ножниц показана на рис. IV.32. Станина ножниц выполнена составного типа из четырех литых частей — двух стоек 4, нижней 7 с опорой 8 и верхней 3 траверс. Стойки и траверсы связаны «на горячо» ци-

линдрическими анкерами 6. Нижняя траверса выполнена с гнездами под плунжеры 5 рабочих гидроцилиндров и является для них корпусом. Суппорт установлен на стойках 16, помещенных внутри плунжеров 5 и снабженных сферическими опорами 17 и 15. Такое устройство опорной части суппорта позволило разгрузить режущий механизм от действия дополнительных нагрузок при перекосах.

Суппорт 14 с нижним ножом 13 вставлен в окно станины и своими направляющими охватывает ее стойки. Со стороны действия распорного усилия направляющие суппорта выполнены за одно целое с ним, с противоположной стороны — съемными. Это позволило устанавливать и извлекать суппорт без разборки станины, что важно в условиях работы МНЛЗ.

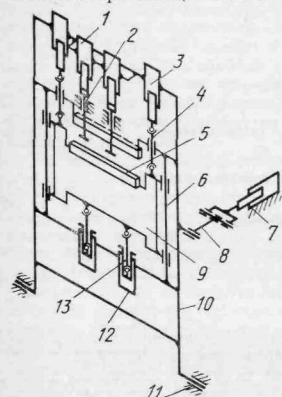


Рис. IV.31. Кинематическая схема качающихся гидравлических ножниц усилием 30 МН

Гидравлическая система снабжена двумя механизмами МНЛЗ установлен блок 18, состоящий из командоаппарата и сельсинов и связанный с цапфой станины рычажным механизмом.

Гидравлическая система снабжена двумя насосно-аккумуляторными станциями для подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры станины и отдельно в гидроцилиндр механизма качания ножниц.

В исходном положении ножницы наклонены навстречу слитку.

После команды, полученной от системы резки слитка на мерные длины, в поршневую полость гидроцилиндра качания подается масло и ножницы начинают поворот в направлении и со скоростью движения слитка; рабочая жидкость поступает в рабочие гидроцилиндры. Суппорт, перемещаясь вверх, приподнимает слиток над рольгангом, прижимает его к верхнему ножу 12 лапами прижима и осуществляется резание. Гидроцилиндры прижима находятся под постоянным давлением жидкости и в процессе реза-

ра, расположенным в станине, подводится через сверления в цапфах и вертлюговые соединения. Гидроцилиндр 10 механизма качания расположен в стороне от оси ножиц на отдельном основании и соединен шатуном 9 со станиной. Для контроля углов наклона станины, управления гидроцилиндрами и блокировки ножиц с другими механизмами МНЛЗ установлен блок 18, состоящий из командоаппарата и сельсинов и связанный с цапфой станины рычажным механизмом.

Гидравлическая система снабжена двумя насосно-аккумуляторными станциями для подачи рабочей жидкости в гидроцилиндры станины и отдельно в гидроцилиндр механизма качания ножниц.

В исходном положении ножницы наклонены навстречу слитку.

После команды, полученной от системы резки слитка на мерные длины, в поршневую полость гидроцилиндра качания подается масло и ножницы начинают поворот в направлении и со скоростью движения слитка; рабочая жидкость поступает в рабочие гидроцилиндры. Суппорт, перемещаясь вверх, приподнимает слиток над рольгангом, прижимает его к верхнему ножу 12 лапами прижима и осуществляется резание. Гидроцилиндры прижима находятся под постоянным давлением жидкости и в процессе реза-

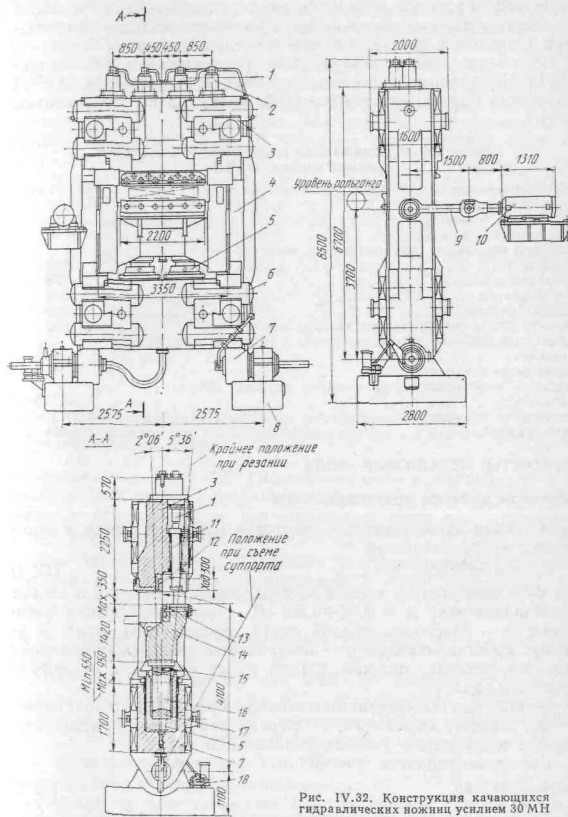


Рис. IV.32. Конструкция качающихся гидравлических ножниц усилием 30 МН

ния предупреждают перекоз слитка. После порезки слитка давление в рабочих гидроцилиндрах снимается и под действием гидроцилиндров обратного хода сулпорт опускается. Подачей масла в штоковую полость гидроцилиндра качания ножицы возвращаются в исходное положение для последующего реза.

Используя опыт эксплуатации рассмотренных ножиц на МНЛЗ Нижнетагильского металлургического комбината, УЗТМ разработал проект качающихся гидравлических ножиц усилием 45 МН.

Техническая характеристика качающихся гидравлических ножиц усилием 30 МН

Наибольшее сечение разрезаемой заготовки, мм	250×1800
Ход нижнего ножа, мм	370
Число резов в минуту	1
Угол качания ножиц	7° 40'
Диаметры плунжеров гидроцилиндров, мм:	
рабочего	800
обратного хода	220
прижима	220
Диаметр поршня, мм	360
Диаметр штока гидроцилиндра качания ножиц, мм	200
Избыточное давление рабочей жидкости в гидросистемах, МПа:	
ножиц	36
механизма качания	10
Мощность электродвигателей насосной группы, кВт:	
ножиц	3×125
механизма качания	3×10
Масса ножиц, т	304

8. РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ МНЛЗ

Механизм качания кристаллизатора

Сила трения затвердевающей заготовки (сляба) о стенки в радиальном кристаллизаторе

$$F_1 = \mu B \rho R^2 \varphi^2 / 2, \quad (IV.1)$$

где μ — коэффициент трения затвердевающего металла о стенки кристаллизатора, $\mu = 0,47 \div 0,55$; B — периметр сечения заготовки; ρ — плотность жидкой стали, равная 7000 кг/м³; R — радиус кристаллизатора; φ — центральный угол между менником жидкого металла, нижним торцом кристаллизатора и центром кривизны, рад.

Усилие при вытягивании заготовки из радиального кристаллизатора зависит, кроме того, от степени приработки кристаллизатора и химического состава разливаемой стали.

Расчетное усилие с учетом этих факторов

$$F = F_1 k_1 k_2, \quad (IV.2)$$

где k_1 — коэффициент, учитывающий степень приработки кристаллизатора; $k_1 = 1,5 \div 2$; k_2 — коэффициент, учитывающий химический состав стали, $k = 1,75 \div 1,8$.

Расчетные схемы механизма качания кристаллизатора приведены на рис. IV.33, а.

Сила, действующая на качающуюся раму (звено AB), $T = F \pm G$, где G — суммарный вес кристаллизатора с водой и качающейся рамой. Знак «плюс» в формуле относится к случаю подъема кристаллизатора, знак «минус» — опускания.

Силу давления в шарнире A четырехзвенного шарнирного механизма $OABC$ определяем графоаналитическим методом выделения двухповодковой группы. На выделенную двухповодковую группу ABC (рис. IV.33, б) действует одна внешняя сила T ,

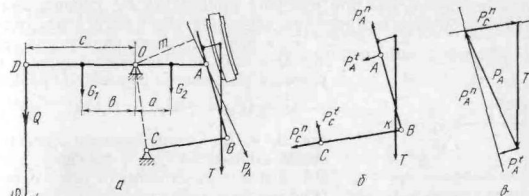


Рис. IV.33. Расчетные схемы механизма качания кристаллизатора: а — схема действия сил; б — двухповодковая группа; в — многоугольник сил для двухповодковой группы

приложенная к звену AB . Неизвестные силы в шарнирах A и C представляем силами, направленными вдоль и перпендикулярно звену. Нормальные и тангенциальные силы для шарнира A P_A^n и P_A^t ; для шарнира C P_C^n и P_C^t .

Тангенциальную силу P_A^t найдем из уравнения моментов сил для звена AB относительно шарнира B :

$$P_A^t = T k / l_{AB}, \quad (IV.3)$$

где k — плечо силы T относительно шарнира B ; l_{AB} — длина звена AB .

Из уравнения моментов для звена BC следует $P_C^t = 0$.

Величины нормальных сил P_A^n и P_C^n определяем построением многоугольника сил для двухповодковой группы ABC (рис. IV.33, в), откладывая последовательно известные по величине и направлению силы T и P_A^t и проводя через начало и конец крайних векторов направления сил P_A^n и P_C^n . Так как двухповодковая группа находится в равновесном состоянии под действием всех приложенных к ней сил, то многоугольник сил должен быть замкнутым. Полную силу давления P_A в шарнире A определяем по силовому многоугольнику, графически складывая

силы P_A^1 и P_A^2 . На несущую раму (звено OA) будет действовать сила P_A , направленная в противоположную сторону. В результате переноса силы P_A на механизм становится известным ее плечо m . Поскольку перемещения звеньев рычажного механизма $OABC$ в процессе работы незначительны, то для дальнейшего расчета можно принять среднее положение механизма и определить два значения сил P_A , соответствующих двум величинам силы T для случаев подъема и опускания кристаллизатора.

Конструктивно четырехзвенный механизм $ODEF$ выполнен так, что угол между коромыслом и шатуном близок к 90° и изменяется незначительно при повороте кривошипа EF (эксцентрика) вследствие большого отношения длины шатуна к эксцентриситету.

При этих условиях равновесия в случае Q в шатуне будет постоянным и из условия равновесия рычага AD равным

$$Q = (P_A m + G_2 a - G_1 b) / c, \quad (IV.4)$$

где G_1 и G_2 — силы тяжести соответственно коромысла OD и несущей рамы OA ; a и b — расстояния от оси качения O до центров тяжести звеньев OD и OA соответственно; c — длина коромысла OD .

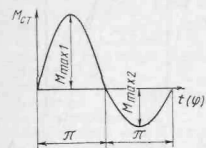


Рис. IV.34. График изменения крутящих моментов на валу электродвигателя

Крутящие моменты на валах эксцентрика и электродвигателя для полупериодов подъема и опускания кристаллизатора: при подъеме ($\varphi = 0 \div 180^\circ$)

$$M_{кр1} = \frac{Q_1 r}{\eta} \sin \varphi; \quad (IV.5)$$

при опускании ($\varphi = 180 \div 360^\circ$)

$$M_{кр2} = Q_2 r \eta \sin \varphi,$$

где Q_1, Q_2 — усилия в шатуне, определяемые для случаев подъема и опускания кристаллизатора; r — радиус эксцентрика; φ — угол поворота эксцентрика, отсчитываемый от верхнего крайнего положения; η — к. п. д. рычажного механизма.

Максимальные крутящие моменты при подъеме и опускании кристаллизатора: $M_{\max 1} = Q_1 r / \eta$; $M_{\max 2} = Q_2 r \eta$.

Эквивалентный момент на валу электродвигателя при синусоидальном законе изменения крутящих моментов по полупериодам подъема и опускания кристаллизатора (рис. IV.34)

$$M_{\text{экр}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (M_{\max 1} \sin \varphi)^2 d\varphi + \int_0^\pi (M_{\max 2} \sin \varphi)^2 d\varphi} = \frac{1}{2} \sqrt{M_{\max 1}^2 + M_{\max 2}^2}. \quad (IV.6)$$

Мощность электродвигателя по нагреву $P_{\text{экр}} = M_{\text{экр}} \omega$, где ω — угловая скорость вращения электродвигателя.

Выбранный по каталогу двигатель следует проверять на перегрузочную способность по максимальному моменту в период пуска под нагрузкой

$$\lambda \geq (M_{\max 1} + M_{\text{дин}}) / M_{\text{ном}}, \quad (IV.7)$$

где λ — каталожное значение коэффициента перегрузки электродвигателя; $M_{\text{дин}}$ — динамический момент электродвигателя при пуске; $M_{\text{ном}}$ — номинальный момент электродвигателя.

Стабильность разливки стали и качество заготовки в большой степени зависит от оптимальных значений частоты f и амплитуды A качания кристаллизатора, что характеризуется временем опережения

$$\tau_{\text{оп}} = \frac{1}{f} \left(1 - \frac{1}{\pi} \arccos \frac{v}{2\pi f A} \right), \quad (IV.8)$$

где v — скорость вытягивания слитка.

Необходимое время опережения при разных скоростях разливки достигается изменением частоты качания кристаллизатора путем синхронизации со скоростью вытягивания заготовки.

Максимально возможное время опережения можно достичь определением оптимальной частоты качания (мин^{-1}) при данных амплитуде и скорости вытягивания

$$f_{\text{опт}} = 244v/A; \quad (IV.9)$$

при этом

$$\tau_{\text{опт}}^{\max} = 0,0673v/A. \quad (IV.10)$$

Произведение оптимальной частоты качания на время опережения для любых скоростей разливки и амплитуд качания кристаллизатора называется критерием оптимального опережения $k_{\text{опт}}$. Для синусоидального закона качания $k_{\text{опт}} = 0,274$. Если частоту выразить через период качания T , то $\tau_{\text{опт}}^{\max} = 0,274T$. При синусоидальном законе качания кристаллизатора время опережения не может превысить величину $0,274T$.

Оптимальную величину качания выбирают только для максимальной скорости вытягивания слитка v_{max} с учетом минимально допустимого времени опережения и принимают ее постоянной $f_{\text{опт}}$ для всех скоростей, меньших максимальной

$$f_{\text{опт}} = 0,274 / [\tau_{\text{опт}}]_{\max}; \quad \tau_{\text{опт}}^{\max} = [\tau_{\text{опт}}]; \quad v_{\text{max}} = 0,0673A / [\tau_{\text{опт}}]. \quad (IV.11)$$

При трапецеидальном законе с циклом 3 : 1 постоянная оптимального опережения составляет $0,71 < k_{\text{опт}} < 0,75$, что в несколько раз больше, чем для синусоидального закона с меньшими амплитудами.

Приводная роликовая проводка

Расчет мощности электроприводов роликовых секций проведен из условий их нагружения на различных участках роликовой проводки. Большинство отечественных МНЛЗ снабжено четырехроликковыми и шестиролликковыми секциями. В четырехроликковых секциях (см. рис. IV.24) один из нижних роликов выполняется приводным; в шестиролликковых секциях (см. рис. IV.25) два крайних нижних ролика вращаются от индивидуальных электроприводов. Учитывая, что между шестиролликковыми секциями устанавливают дополнительную пару неприводных роликов, расчетную схему такой секции можно привести к четырехроликковой с одним приводным роликом.

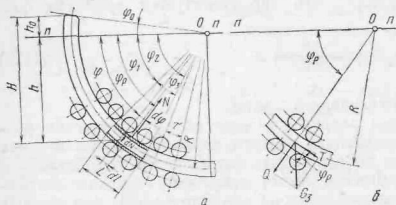


Рис. IV.35. Расчетные схемы приводной роликовой проводки

Рассмотрим нагружение четырехроликковой секции на радиальном участке приводной проводки (рис. IV.35). Ферростатическое давление N на широкие поверхности затвердевающей заготовки (рис. IV.35, а) получим, суммируя элементарные давления dN по площади контактной жидкой фазы металла с коркой в пределах длины расчетной части заготовки L .

Угол φ_3 , соответствующий длине L , составляет $\varphi_3 = 2\tau$, где τ — угловой шаг роликов.

Углы φ_1 и φ_2 , координирующие положения расчетной части заготовки по отношению к горизонтали $\varphi_1 = \varphi_p - \tau$; $\varphi_2 = \varphi_p + \tau$, где φ_p — угол, определяющий положение четырехроликковой секции на радиальном участке приводной проводки.

Разница в радиусах кривизны широких поверхностей слитка невелика, и для дальнейшего расчета принимаем средний радиус кривизны R . При выводе формулы считаем, что ширина жидкой фазы b по длине рассматриваемого участка L не изменяется и равна значению для середины участка.

Ферростатическое давление для элементарного участка жидкой фазы длиной dl

$$p = \rho H = \rho(h_0 + h) = \rho R (\sin \varphi_0 + \sin \varphi), \quad (IV.12)$$

где ρ — плотность жидкой стали (7000 кг/м^3); H — полная высота столба металла; h_0 — расстояние от мениска металла в кристал-

лизаторе до горизонтали $n-n$, проведенной через центр кривизны O ; h — высота столба металла от горизонтали $n-n$ до рассматриваемого элементарного участка; φ_0 — угол, определяющий положение мениска металла в кристаллизаторе по отношению к горизонтали $n-n$; φ — угол, определяющий положение элементарного участка на дуге радиуса R .

Рдл давления на элементарную площадку bdl с учетом $dl = R d\varphi$

$$dN = pbdl = \rho b R^2 (\sin \varphi_0 + \sin \varphi) d\varphi.$$

Полное усилие на ролики по широкой поверхности слитка длиной L от действия ферростатического давления жидкой фазы слитка

$$N = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \rho b R^2 (\sin \varphi_0 + \sin \varphi) d\varphi = \rho b R^2 [(\varphi_2 - \varphi_1) \sin \varphi_0 + (\cos \varphi_2 - \cos \varphi_1)]. \quad (IV.13)$$

Ширина жидкой фазы слитка уменьшается по мере его движения вследствие нарастания корки на боковых поверхностях $b = B - 2\delta$, где B — ширина слитка; δ — толщина корки.

Толщина нарастающей корки определяется закономерностью

$$\delta = k \sqrt{t},$$

где k — коэффициент, зависящий от условий охлаждения слитка, для радиальных участков роликовых проводок $k = 2,6$; t — время кристаллизации.

Время t равно $t = l/v_s$, где l — путь, пройденный слитком; v_s — скорость движения заготовки (скорость литья).

Учитывая, что $l = R(\varphi_0 + \varphi_p)$, имеем

$$\delta = k \sqrt{\frac{R(\varphi_0 + \varphi_p)}{v_s}}. \quad (IV.14)$$

Окончательно получаем

$$b = B - 2k \sqrt{\frac{R(\varphi_0 + \varphi_p)}{v_s}}. \quad (IV.15)$$

Силу тяжести G_c части слитка длиной L , приложенную в ее центре тяжести, раскладываем на две составляющие — нормальную силу Q , направленную по радиусу, и тангенциальную T , касательную к дуге окружности (рис. IV.35, б):

$$Q = G_c \sin \varphi_p; \quad T = G_c \cos \varphi_p. \quad (IV.16)$$

Полная сила, действующая на опоры нижних роликов

$$P_n = N + Q + 2G_p, \quad (IV.17)$$

где G_p — сила тяжести ролика. Сила, действующая на опоры верхних роликов $P_n = N - 2G_p$.

Крутящий момент, необходимый для вращения нижних роликов:

$$M_n = (N + Q)k + P_n \mu d_p / 2, \quad (IV.18)$$

где k — коэффициент трения качения слитка по роликам; μ — коэффициент трения в опорах роликов; d_p — диаметр цапфы роликов.

Момент от сил сопротивления вращению верхних роликов

$$M_b = Nk + P_n \mu d_p / 2. \quad (IV.19)$$

Сила T создает крутящий момент, направленный в сторону вращения роликов,

$$M_T = TD_p / 2, \quad (IV.20)$$

где D_p — диаметр бочки ролика.

Полный крутящий момент от сил сопротивления на приводном ролик секции

$$M_0 = M_n + M_b - M_T.$$

Электроприводы четырехроликовых секций, расположенных на радиальном участке приводной проводки, работают совместно. Используя приведенную методику, находим моменты сил сопротивления вращению приводных роликов для всех секций числом m

$$M_{01}; M_{02}; M_{03}; \dots; M_{0m}.$$

Суммарный момент от сил сопротивления вращению приводных роликов на радиальном участке проводки

$$\sum M_0 = M_{01} + M_{02} + M_{03} + \dots + M_{0m}.$$

Суммарная статическая мощность электродвигателей на радиальном участке

$$P_0 = \sum M_0 \omega_p / \eta,$$

где ω_p — угловая скорость вращения роликов; η — к. п. д. планетарного редуктора.

Закономерность распределения нагрузок между электродвигателями приводной роликовой проводки мало изучена. Поэтому можно приблизительно ориентироваться на выбор мощности электродвигателей отдельно для радиального и прямолинейного участков проводки по средней статической мощности.

Тогда статическая мощность электродвигателя четырехроликовой секции, расположенной на радиальном участке, составит $P_{ст} = P_0 / m$, где m — число электродвигателей на радиальном участке.

Выбранный по каталогу электродвигатель следует проверить на перегрузочную способность при пуске под нагрузкой.

Определим мощности электроприводов роликовых секций прямолинейного участка проводки. Электроприводы должны обеспе-

чить перемещение части слитка в пределах секций, правку слитка на ролике первой секции и движение свободного конца слитка по приемному рольгангу.

Суммарные моменты от сил сопротивления вращению верхних и нижних роликов

$$M_b = (\sum F + \sum G_b)(k + \mu d / 2);$$

$$M_n = (\sum F + \sum G_b + G_c)k +$$

$$+ (\sum F + \sum G_b + G_c + \sum G_n) \mu d / 2, \quad (IV.21)$$

где $\sum F$ — суммарная сила прижатия верхних роликов, создаваемая действием гидроцилиндров или пружин; $\sum G_b$ — суммарный вес верхних роликов; k — коэффициент трения качения слитка по роликам; μ — коэффициент трения в опорах роликов; d — диаметр цапфы ролика; G_c — вес части слитка в пределах прямолинейного участка роликовой проводки; G_n — суммарный вес нижних роликов.

Момент пластического изгиба при правке слитка на ролике первой секции $M_{п.н} = \sigma_T S$, где σ_T — предел текучести металла, зависящий от температуры; S — пластический момент сопротивления сечения.

Для прямоугольного сечения $S = Bh^2/4$, где B и h — ширина и высота заготовки.

Усилие на ролик при пластическом изгибе

$$F_n = M_{п.н} / p_p, \quad (IV.22)$$

где p_p — шаг роликов.

Дополнительный крутящий момент от сил сопротивления вращению ролика при правке слитка

$$M_n = F_n(k + \mu d / 2). \quad (IV.23)$$

При выходе слитка из последней секции под действием сил трения вращаются ролики рольганга. Дополнительная сила сопротивления при движении свободной части слитка по роликам рольганга

$$W = G_c \frac{\mu_p d_p + 2k}{D_p},$$

где G_c — вес части слитка, приходящийся на рольганг; μ_p — коэффициент трения в опорах роликов рольганга; d_p — диаметр цапфы ролика; D_p — диаметр бочки ролика; k — коэффициент трения качения слитка по роликам рольганга.

Если ролики рольганга заторможены и по ним происходит скольжение слитка, то величина W составит $W = G_c \mu$, где μ — коэффициент трения скольжения слитка по роликам рольганга.

Дополнительный крутящий момент от сил сопротивления на приводных роликах, возникающих вследствие передвижения свободной части слитка по рольгангу, $M_c = WD/2$, где D — диаметр приводного ролика секции.

Суммарный крутящий момент на приводных роликах горизонтального участка проводки

$$M_0 = M_{в} + M_{п} + M_{п} + M_{с}. \quad (IV.24)$$

Статическая мощность электродвигателя роликовой секции

$$P_{ст} = M_0 \omega_p / m \eta,$$

где ω_p — угловая скорость вращения роликов; η — к. п. д. планетарного редуктора; m — число электроприводов на горизонтальном участке роликовой проводки.

Выбранный по каталогу электродвигатель проверяют на перегрузку в период пуска при действии динамических нагрузок.

Приводы тянущих клетей

Мощность приводов тянущей клетки и тянуще-правильной машины зависит от многих факторов: усилий трения формирующего слитка в кристаллизаторе и направляющих зоны вторичного охлаждения, сопротивлений при деформации слитка, веса слитка и затравки и сил трения в вальках.

1. Сила трения слитка в кристаллизаторе зависит от типа МНЛЗ и формы слитка:

$$F_{кр. в} = \rho b_0 H^2 \mu, \quad (IV.25)$$

где ρ — плотность жидкой стали; b_0 — ширина слитка; H — активная высота кристаллизатора; μ — коэффициент трения между коркой слитка и стенкой кристаллизатора, $\mu = 0,47 \div 0,55$; радиальная МНЛЗ для отливки плоских заготовок

$$F_{кр. п} = \rho b_0 L_a \mu \sqrt{1 + 0,44 L_a / R^2}, \quad (IV.26)$$

где L_a — длина активной зоны кристаллизатора; R — радиус кристаллизатора.

2. Крутящий момент в период подъема кристаллизатора

$$M_{с1} = M_{п1} + M_{в1} \sin \Omega t, \quad (IV.27)$$

где Ω — угловая скорость колебания кристаллизатора; $\Omega = 2\pi / T_{п}$ ($T_{п}$ — продолжительность цикла).

Постоянная составляющая момента

$$M_{п1} = M_{п1} + M_{в1} + M_{вк1} + M_{пд1}, \quad (IV.28)$$

где $M_{п1}$, $M_{в1}$, $M_{вк1}$, $M_{пд1}$ — моменты сил трения в редукторе, эксцентрика о вкладыши, вкладыша о плиту и в подшипниках соответственно.

Гармоническая составляющая момента

$$M_{в1} = \frac{(G_{кр} + F_{кр}) l_1 \varepsilon}{(l_1 + l_2) u_p}, \quad (IV.29)$$

где $G_{кр}$ — вес кристаллизатора (с охлаждающей водой); l_1 , l_2 — расстояние от оси кристаллизатора соответственно до оси вращения рамы и оси эксцентрика; ε — эксцентриситет; u_p — передаточное число редуктора.

3. Крутящий момент в период опускания кристаллизатора

$$M_{с1} = M_{п2} - M_{в2} \sin \Omega t, \quad (IV.30)$$

где $M_{в2}$ — постоянная составляющая момента при опускании кристаллизатора

$$M_{п2} = \frac{(G_{кр} - F_{кр}) l_2 \varepsilon}{(l_1 + l_2) u_p}. \quad (IV.31)$$

4. Сила трения слитка в направляющих зоны вторичного охлаждения вертикальной МНЛЗ

$$F_{в} = 2\mu p \left[\frac{h}{2} (H_2^2 - H_1^2) - \frac{h}{3l_{жк}} (H_2^3 - H_1^3) \right], \quad (IV.32)$$

где μ — коэффициент трения слитка в направляющих ($\mu = 0,18 \div 0,20$); H_1 — расстояние от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до начала опорных брусьев зоны вторичного охлаждения; H_2 — расстояние от поверхности жидкого металла в кристаллизаторе до границы зоны пластической деформации корки слитка; $l_{жк}$ — глубина жидкой фазы металла; h — толщина слитка.

5. Статический момент на валу двигателя тянущей клетки в вертикальной МНЛЗ в начале разливки

$$M_{с} = \frac{(F_{кр} - G_3 - G_1 G_{кр}) D_{в}}{2u_p u_{кр} \eta_{п}} + M_{тр. к} + M_{тр. п}, \quad (IV.33)$$

где G_3 — вес затравки; G_1 — вес 1 м слитка; $D_{в}$ — диаметр валька; u_p , $u_{кр}$ — передаточные числа редуктора и шестеренной клетки; $\eta_{п}$ — к. п. д. передач; $M_{тр. к}$ — момент трения качения затравки в вальках клетки; $M_{тр. п}$ — момент трения в подшипниках.

6. Статический момент на валу двигателя тянущей клетки после прохождения нижнего конца слитка через клеть и расщепления затравки со слитком

$$M_{с} = \frac{(F_{кр} + F_{в} - G_1 l_1) D_{в}}{2u_p u_{кр} \eta_{п}} + M_{тр. к} + M_{тр. п}, \quad (IV.34)$$

где l_1 — текущая длина слитка в установке; $M_{тр. к}$ — момент трения качения слитка в вальках (коэффициент трения качения слитка в вальках $k = 0,17$ см); $M_{тр. п}$ — момент трения в подшипниках.

7. Статический момент при подъеме затравки

$$M_{с. з} = \frac{G_3 D_{в}}{2u_p u_{кр} \eta_{п}} + M_{тр. к} + M_{тр. п}. \quad (IV.35)$$

8. Крутящий момент, необходимый для удержания столба металла в вертикальных МНЛЗ:

$$M_{с.м} = \frac{G_{l_{max}} D_B}{2\mu p_{кр}} \eta_{п} - M'_{гр.к} - M'_{тр.п}. \quad (IV.36)$$

где l_{max} — максимальная длина литого слитка.

9. В криволинейных МНЛЗ учитывают дополнительные нагрузки в приводе от правки слитка

$$M_{пр} = \sigma_s \frac{Bh^2}{4} - (\sigma_s - \sigma_0) \frac{bh^2}{12}, \quad (IV.37)$$

где σ_s — сопротивление пластическому растяжению или сжатию в центре слитка; σ_0 — то же, на поверхности слитка; B, h — ши-

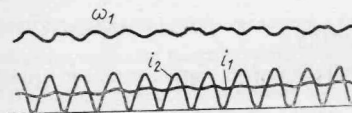


Рис. IV.36. Осциллограмма вынужденных колебаний в приводе МНЛЗ: ω_1, i_1 — скорость и ток двигателя привода тянущей клетки; i_2 — ток двигателя привода кристаллизатора

рина и высота сечения слитка в зоне деформации. При температуре слитка в зоне правки 700°C $\sigma_s = 115$ МПа, $\sigma_0 = 35$ МПа.

На машинах с изгибом слитка за тянущей клетью момент изгиба определяют по аналогии с гибочными машинами.

Крутящий момент на валах тянущей клетки, необходимый для деформации слитка

$$M_s = \frac{(2k_1 + \frac{k_0 h}{2R}) m \sigma_s D_B}{4R}, \quad (IV.38)$$

где k_1 — коэффициент профиля, $k_1 = 1,5$ для слитка прямоугольного сечения; k_0 — относительный модуль упрочнения, $k_0 = 17,6$ — для сталей марок 40, 45, Ст6; $k_0 = 11,6$ — для сталей Ст3, Ст4; R — радиус изгиба слитка; S — пластический момент сопротивления сечения; m — число ручьев в машине.

Вследствие возвратно-поступательного движения кристаллизатора происходит колебания крутящих моментов приводов и токов электродвигателей кристаллизатора и тянущей клетки. Это хорошо видно из осциллограмм экспериментальных исследований (рис. IV.36).

Гармоническая составляющая токов двигателей кристаллизатора, тянущих клетей имеет частоту до 2 Гц, относительная амплитуда колебаний (от постоянной составляющей) равна: 1—1,5 — в приводе кристаллизатора и 0,2—0,8 — в приводах тянущих клетей.

С учетом пульсирующей нагрузки эквивалентный момент двигателя в тянущих клетях определяется по формуле

$$M_0 = M_{п} \sqrt{1 + \frac{k^2}{2(1 + T_{д}^2 \omega^2)}}, \quad (IV.39)$$

где $M_{п}$ — постоянная составляющая крутящего момента; $T_{д}$ — электромеханическая постоянная времени привода; $k = M_0 / M_{п}$ — здесь M_0 — амплитуда гармонической составляющей момента.

Окончательно мощность электродвигателей проверяют по нагрузочной диаграмме за весь период разливки.

Глава V

МАШИНЫ ДЛЯ РАЗЛИВКИ СТАЛИ В ИЗЛОЖНИЦЫ

1. СПОСОБЫ РАЗЛИВКИ СТАЛИ И СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫЕ КОВШИ

Все новые сталеплавильные цехи имеют в своем составе машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Однако в настоящее время основную массу стали еще разливают в изложницы. Кроме того, не все марки стали можно разливать на МНЛЗ, поэтому необходимо иметь парк изложниц, отделение разделения слитков и отделение подготовки составов с изложницами.

В разливочных пролетах осуществляется одна из наиболее ответственных операций — разливка стали, в значительной степени определяющая качество слитка. С процессом разливки стали неразрывно связан ряд операций по подготовке желобов и ковшей, разделке и заделке сталевапускного отверстия и т. п., а также работы по уборке продуктов плавки — слитков в изложницах и шлаков.

Сталь из ковшей в изложницы разливают различными способами, выбор которых зависит от назначения слитка, его массы и других причин. Обычно сталь разливают в изложницы сверху или снизу (сифонная разливка).

Разливка стали в изложницы сверху отличается простотой. Слиток получается с небольшим количеством неметаллических включений и большой плотности. При сифонной разливке сталь заливает в изложницы через центровую и каналы в поддоне. Особенностью этого способа является одновременная отливка большого числа слитков, поверхность их получается чистой вследствие спокойного заполнения изложницы металлом. Изложницы под разливку устанавливают на состав из четырехосных тележек грузоподъемностью 120, 160 и 200 т.

Разливку стали выполняют одним из следующих способов:

- 1) из сталеразливочного ковша, который удерживает и перемещает над составом с изложницами разливочный кран;
- 2) из неподвижного сталеразливочного ковша, установленного краем на специальный стэнд (состав с изложницами передвигается под ковшом);

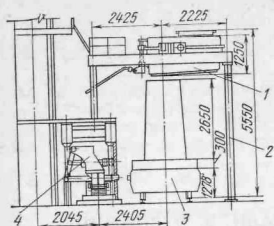


Рис. V.1. Установка для разливки стали через неподвижный промежуточный ковш: 1 — промежуточный ковш с двумя стопорами; 2 — стенд; 3 — изложница; 4 — толкатель состава

способностью разливочного пролета, а также повышается качество слитков.

Отечественная промышленность выпускает сталеразливочные ковши сварного типа вместимостью 50—480 т.

Основные параметры ковшей большой вместимости

Вместимость, т	230	250	280	300	330	350	480
Масса порожнего футерованного ковша, т	54	57	73	72,5	85,6	86,1	136,3
Размеры ковша, мм:							
наружный диаметр	4380	3966	4386	4396	4650	4800	5400
высота	5733	5500	5300	6091	6120	5660	6150

Сталеразливочные ковши выполняют в форме усеченного конуса со сферическим дном. На рис. V.2 показан ковш вместимостью 480 т с двумя стопорными затворами. Коническая часть корпуса 7 состоит из трех обечайек, сваренных между собой встык; сферическое дно — цельноштампованное. К средней обечайке повышенной толщины приварены два кольцевых пояса жесткости 5, две кованные цапфовые плиты 3, в которые впрессованы цапфы 2 для захвата ковша крюками главного подъема разливочного крана. Упоры 4, приваренные к нижнему кольцевому поясу, предназначены для установки ковша на стенд или сталеvoz. Для кантования ковша механизмом вспомогательного подъема разливочного крана при сливе остатков металла, проведении ремонта футеровки к дну шарнирно на серье прикреплена скоба 9. Слив избытка шлака, поступающего при выпуске металла из сталеплавильного агрегата, производят по двум сливным носкам 1. Внутри ковша футерован огнеупорным кирпичом 8. В дне ковша выполнены два отверстия для выпуска стали, в которые вставлены сменные сталевыпускные стаканы из огнеупорного материала. Отверстия ковша открывают и закрывают стопорами 6, управляемыми

3) через промежуточный ковш, установленный на неподвижном стенде (рис. V.1) или на тележке, передвигающейся над составом изложниц.

При разливке из неподвижных ковшей по второму и третьему способам состав с изложницами перемещается толкателем.

Промежуточные ковши позволяют осуществлять многостопорную разливку в две, три и четыре изложницы. При этом значительно сокращается время разливки, повышается стойкость сталеразливочных ковшей, увеличивается пропускная

дистанционно гидроцилиндрами 15 (или ручным механизмом 17). Двухстопорные ковши позволяют сократить продолжительность разливки стали.

2. ЗАТВОРЫ СТАЛЕРАЗЛИВОЧНЫХ КОВШЕЙ

По способу перекрытия сталевыпускного отверстия затворы подразделяют на *стопорные и скользящие*. В стопорных затворах отверстия для выпуска стали закрывают внутри ковша в объеме жидкого металла прижатием пробки к сталевыпускному стакану. В скользящих затворах отверстия ковша перекрывают снаружи горизонтальным движением отсекающей огнеупорной плиты или поворотного диска. В зависимости от вида движения отсекаателя (прямолинейное или вращательное) скользящие затворы делят на шиберные и поворотные.

По типу привода различают ковшовые затворы с электрическим и гидравлическим приводами.

Стопорные затворы

Стопорный затвор состоит из следующих основных частей (см. рис. V.2): стопора 6 — стального стержня, защищенного огнеупорными кольцами, с навинченной шамотной пробкой 18 внизу; ползуна 11, проходящего внутри направляющей трубы 13; вилки 10, связывающей стопор с ползуном; винтового механизма 14 для регулирования наклона направляющей трубы при совмещении пробки со сталевыпускным стаканом 19; гидравлического цилиндра 15 и рычажного механизма 17, служащих для управления стопором дистанционно. Пружина 16 прижимает стопор к стакану. Вилка 12 предохраняет стопор от раскачивания.

Для облегчения труда разлищика и создания безопасных условий работы применяют серийно изготовляемые гидравлические приводы управления затворами ковшей с навесными гидроцилиндрами. Гидропривод состоит из насосной установки, гидропанели с золотниковыми клапанами, навесного гидроцилиндра, гибких шлангов, кнопочного переносного пульта управления и баллона с сжатым азотом. Насосную установку, гидропанель и баллон размещают в кабине управления разливочным краном.

Гидропанель имеет напорный, реверсивный, дроссельный и предохранительный золотниковые клапаны, обеспечивающие реверсирование и регулирование скорости движения стопора, установку затвора в любом положении, изменение давления масла в гидросистеме, предохранение стопора от изгиба, а пробку — от раздавливания. Гидропанель обеспечивает переход на ручное управление затвором. При аварийной ситуации стопор опускается подаче сжатого азота.

Для двухстопорных ковшей предусмотрена возможность раздельной или совместной работы затворов.

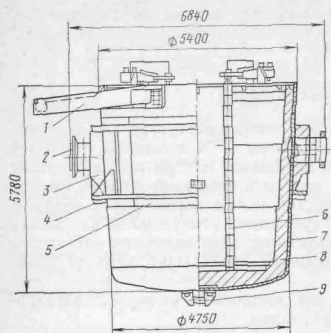
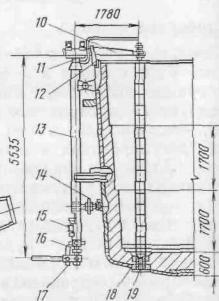
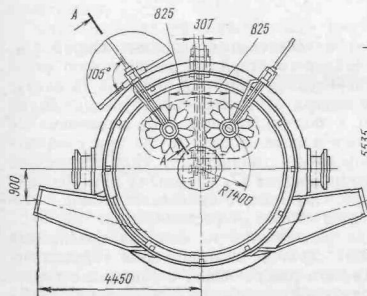


Рис. V.2. Сталеразливочный сварной ковш вместимостью 480 т



Скользящие затворы

Затворы скольжения относятся к прогрессивному типу, так как позволяют улучшить технологию разливки стали, увеличить время пребывания стали в ковше, необходимое для внепечной обработки металла (вакуумирования) и разливки на МНЛЗ, производить регулировку скорости и осуществить автоматизацию процесса разливки, повысить число теплосмен в период эксплуатации ковша, в два-три раза увеличить оборот ковшей в цехе вследствие повышения стойкости затвора, повысить стойкость футеровки ковша и снизить расход огнеупоров, уменьшить затраты труда и стоимость ремонта ковшей и т. д.

Шиберный затвор конструкции ВНИИметмаша (рис. V.3) состоит из блока затвора, расположенного на поворотном крон-

штейне 7, опорного фланца 2 со сменным стаканом 1, вставленным в корпус 3 ковша, кронштейна 14 и гидравлического механизма перемещения шибера. Основными деталями шиберного затвора являются неподвижная 8 и подвижная 10 контактные плиты, выполненные из огнеупорного материала. Неподвижную плиту вставляют в обойму 4, а подвижную плиту вместе со сталеыпускным патрубком (коллектором) 9 устанавливают в чаше 5. Чаша помещена в направляющие корпуса 6 затвора. В поворотном кронштейне установлено рычажно-пружинное устройство для прижа-

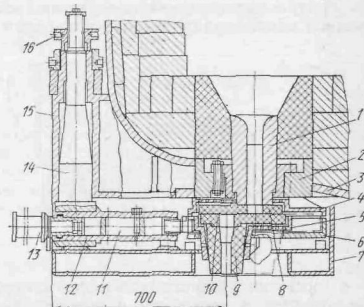


Рис. V.3. Шиберный затвор конструкции ВНИИметмаша

тия подвижной контактной плиты к неподвижной. Шибер затвора, состоящий из чаши, подвижной плиты и коллектора, перемещается навесным гидроцилиндром 13. Штанга 11, связывающая гидроцилиндр с шибером, помещена в направляющую втулку 12 и фиксирована от проворачивания пальцем, входящим в продольный паз штанги. Для быстрой замены контактных плит поворотный кронштейн, заключенный во втулку неподвижного кронштейна 15, опускают и отводят в сторону на оси 14. Кронштейн по вертикали перемещают гайкой 16.

Преимуществами рассмотренной конструкции по сравнению с другими типами шиберных затворов являются простота устройства и возможность быстрой замены контактных плит. Надежность скользющего затвора в большой степени зависит от тепловой стойкости и износостойкости огнеупорного материала контактных плит или дисков, от точности их изготовления и притирки. С целью предотвращения попадания металла в зазоры между деталями затворного блока их заполняют смесью песка и стальной стружки или графита с олевином. Для предотвращения застывания жидкого металла в сталеыпускном отверстии через пористые огнеупорные пробки подают инертный газ.

Поворотный затвор показан на рис. V.4. Поворотная головка 5 выполнена с наружными зубьями и опирается на прижимную

плиту 4. В гнезда головки вставляют сталеразливочные патрубki (коллекторы) 6, а в расточку — поворотный диск 2 из огнеупорного материала с несколькими отверстиями. Неподвижный диск 1 из огнеупора изготовлен с отверстием, соосным сталевыпускному отверстию. Его устанавливают в обойму, закрепленную на корпусе ковша. Поворотный диск к неподвижному прижимают пружинами 3 с регулировочными болтами, воздействующими на прижимную плиту. Головки поворачивают приводом, включающим в себя электродвигатель 9, горизонтальный червячный редуктор 8 и открытую цилиндрическую передачу 7. Привод смонтирован на съемной плите, прикрепляемой к корпусу ковша.

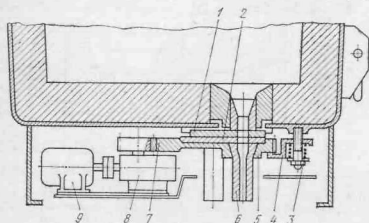


Рис. V.4. Поворотный затвор

Недостатки поворотных затворов по сравнению с шиберными заключаются в сложности и высокой стоимости изготовления. Достоинства состоят в возможности быстрого изменения скорости разливки стали поворотом головки и переходом на коллектор другого проходного сечения.

Расчет шиберных затворов

Для скользящих затворов без роликов сила сопротивления перемещению подвижной плиты может быть определена суммой двух составляющих

$$F = F_0 + (\alpha\mu + \mu_1) Q, \quad (V.1)$$

где F_0 — усилие, необходимое для разрушения застывшей корки металла, образовавшейся между плитами; α — коэффициент, учитывающий изменение коэффициента трения плиты о плиту во время разливки; μ — коэффициент трения между плитами во время разливки; μ_1 — коэффициент трения скольжения стали по стали; Q — сила прижатия плит при разливке.

Для затвора с роликами

$$F = F_0 + (\alpha\mu + 2k/D) Q, \quad (V.2)$$

где k — коэффициент трения качения ролика по направляющей; D — диаметр ролика.

Согласно опытным данным в расчете можно принимать $\mu = 0,12 \div 0,18$ для поверхностей трения, смазанных графитомасляной эмульсией; при нормальном ходе разливки, когда затвор находится в закрытом положении не более двух минут принимают $F_0 = 0$, $\alpha = 0,9 \div 3,3$; если затвор во время разливки был закрыт в течение 10—20 мин, то следует принимать $F_0 = 27 \div 44$ кН, $\alpha = 2,5 \div 3,3$.

Испытания затвора на ковше вместимостью 310 т показали, что сила прижатия плит находится в пределах 45—55 кН. Максимальное усилие, необходимое для перемещения подвижной плиты, не превышает 59 кН. Для магнетитовых плит с периклазой вставкой сила прижима составила 60—65 кН.

3. толкатели составов тележек с изложницами

Для транспортировки изложниц (порожних и наполненных металлом) предназначены тележки различной грузоподъемности. По территории предприятия составы тележек транспортируют тепловозом. При разливке стали в зависимости от способа разливки (с помощью крана или неподвижного стэнда) состав у разливочной площадки устанавливают неподвижно или перемещают толкателем.

Тележки для изложниц грузоподъемностью 60—240 т изготавливают на Южно-Уральском машиностроительном заводе и Днепротетровском заводе металлургического оборудования.

Наибольшее распространение для передвижения состава с изложницами получили реечные толкатели, которые также используют в отделениях для чистки и смазки изложниц. Толкатель реечного типа (рис. V.5) состоит из литой составной рамы, каретки с пневмоцилиндром для перемещения захвата и механизма передвижения каретки. На каретке 3 шарнирно закреплена рейка 4, которая перемещается в направляющих с помощью шестерни 6, насаженной на выходной вал коническо-цилиндрического редуктора 7. Последний установлен на фундаменте и связан муфтой с электродвигателем 8. Для обеспечения правильной работы реечного зацепления в толкателе предусмотрены два опорных ролика — один препятствует случайным отклонениям рейки

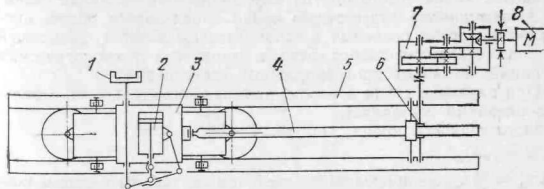


Рис. V.5. Реечный толкатель

вверх, другой (отдельно установленный) предохраняет рейку от изгиба.

Захват 1 перемещается в направлении, перпендикулярном направлению каретки. При подаче сжатого воздуха в цилиндр 2 на раме тележки. Каретка на опорных роликах перемещается по направляющим 5. На толкателе установлены командоаппарат для отключения каретки при достижении ею крайних положений и конечный выключатель для блокировки одновременного включения приводов каретки и захвата.

На Днепропетровском заводе металлургического оборудования создан канатный толкатель усилием 100 кН, в котором перемещение каретки осуществляется лебедкой.

4. РАЗЛИВочНЫЕ КРАНЫ

Основной характеристикой разливочных кранов является их грузоподъемность, определяемая вместимостью сталеплавильных агрегатов. Применяются разливочные краны следующей грузоподъемности, т: 260 + 75/15; 350 + 75/15; 450 + 100/20; 630 + 90/16. Первое число означает грузоподъемность главной тележки, второе и третье числа — грузоподъемности большого и малого подъемов вспомогательной тележки.

От мостовых кранов общего назначения металлургические разливочные краны отличаются более сложной конструкцией механизма главного подъема; наличием двух тележек, работы и повышенными требованиями к надежности, безотказности и безопасности эксплуатации, определяемыми спецификой работы кранов с жидким металлом. К особенностям разливочных кранов относятся малые скорости движения главного подъема (2—3 м/мин), плавность подъема грузов и работа механизмов с малыми ускорениями и замедлениями.

Созданные отечественной промышленностью конструкции мощных разливочных кранов отвечают указанным требованиям и выводу уровню современной техники. Проводятся работы по автоматизации разливочных кранов, в частности по автоматической установке крана строго против изложницы при разливке стали.

Должительность разливочного крана определяется общей продолжительностью основных и вспомогательных работ, зависящей от типа сталеплавильного цеха и характера технологических операций, на основе хронометражных исследований.

При разливке стали в изложницы продолжительность отдельных операций составляет:

задолженность крана, мин/т

$$K = t_n / Q_n,$$

где $t_n = \sum t_{1-6}$ — продолжительность цикла работы с одним ковшом, здесь t_1 — установка ковша на тележку в ожидании выпуска

плавки; t_2 — выпуск плавки; t_3 — передача ковша к разливочной площадке; $t_4 = Q_n / v_p$ — разливка стали (Q_n — вместимость ковша (масса плавки), т; v_p — 2 т/мин — средняя скорость разливки); t_5 — слив шлака и установка ковша на стэнд; t_6 — захват подготовленного ковша.

Разливочные краны грузоподъемностью 450 + 100/20 т

Разливочный кран (рис. V.6) состоит из моста 3 с механизмом передвижения 8 и кабиной 1, главной тележки 7 и вспомогательной тележки 5 с двумя подъемами.

Мост крана — сварной конструкции, закрытого типа, состоит из главных продольных балок 6 коробчатого сечения, поперечных концевых балок 2, вертикальных и горизонтальных связей. Конструкция моста обеспечивает независимое передвижение на разных уровнях главной и вспомогательной тележек. По двум главным наружным балкам уложены рельсы для передвижения главной тележки, а ниже между главными наружными балками располо-

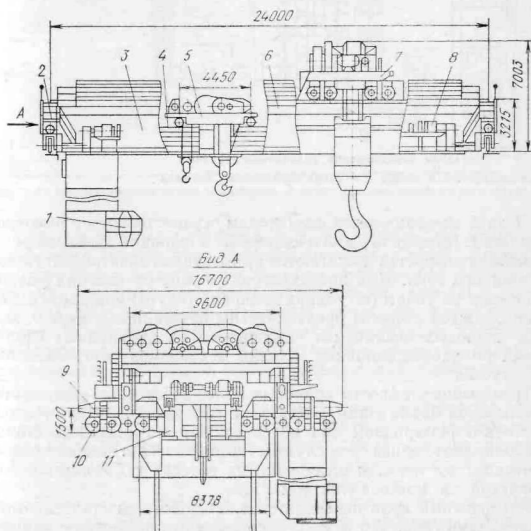


Рис. V.6. Разливочный кран грузоподъемностью 450 + 100/20 т

жены внутренние балки 11, по которым передвигается вспомогательная тележка (под главной тележкой).

Мост крана концевыми балками через главные балансиры опирается на восемь балансирных тележек 10, по четыре тележки с каждой стороны крана. Общее число ходовых колес в кране 16, из них четыре колеса приводные. К мосту крана прикреплена кабина, где находится машинист и размещена электроаппаратура и оборудование для управления краном. На верхнем и нижнем ярусах моста выполнен настил изрифленых металлических листов для обслуживания и ремонта крана.

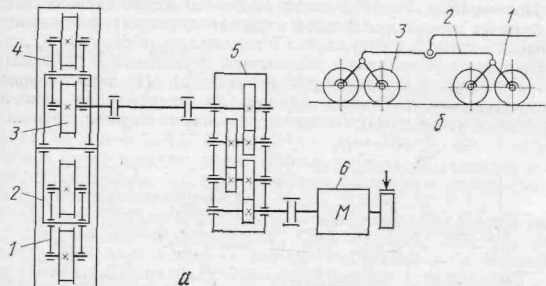


Рис. V.7. Механизм передвижения разливочного крана:
а — кинематическая схема; б — схема балансирных тележек

Подача энергии электродвигателям осуществляется с помощью троллеев 4. Плавность работы механизма и широкий диапазон регулирования скоростей достигаются применением электродвигателей постоянного тока. Для предохранения крана от жестких ударов при наезде на упоры (в тупиках подкраного пути) или на соседний кран с каждой стороны предусмотрены пружинные упоры 9. Все валы крановых механизмов установлены на двухрядных сферических роликоподшипниках. Смазка механизмов централизованная, густая.

Повышение стойкости крановых колес достигается рациональным выбором марки стали, методов их изготовления и термической обработки. Материалом для колес служат легированные стали. Наиболее длительный срок службы (примерно 5 лет) имеют колеса, изготовленные методом штамповки на прессах с дополнительной прокаткой на колесопрокатном стане.

Разливочный кран передвигается четырьмя самостоятельными механизмами (рис. V.6 и V.7), расположенными по два с каждой стороны моста. Все механизмы работают параллельно и синхронно.

В случае аварии какого-либо механизма во время разливки стали имеется возможность закончить работу на исправных.

Каждый привод механизма передвижения (рис. V.7, а) состоит из электродвигателя 6, тормоза и трехступенчатого редуктора 5, соединенного с ходовым колесом. Ходовые колеса 3 крана размещены в неприводных 1 и приводных 4 балансирных тележках, шарнирно соединенных с главными балансирами 2 (рис. V.7, б). Последние в свою очередь шарнирами связаны с мостом. Балансирные тележки обеспечивают равномерное распределение усилий на ходовые колеса. Колеса установлены в выкатных буксах, прикреплённых болтами к рамам тележек.

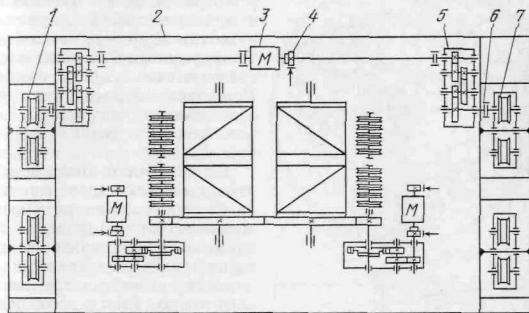


Рис. V.8. Кинематические схемы механизмов главной тележки разливочного крана

Главная тележка разливочного крана служит для подъема и поперечного перемещения сталеразливочных ковшей. Конструкция тележки удовлетворяет высоким требованиям надежности работы и простоты устройства, обеспечивает свободный доступ к любому узлу механизма, что весьма важно при осмотрах и ремонтах. Рама главной тележки сварной конструкции изготовлена из балок коробчатого сечения и установлена на четыре балансирные тележки. Из восьми колес тележки два колеса приводные.

Кинематическая схема механизмов главной тележки крана показана на рис. V.8. На главной тележке 2 установлены механизмы подъема и передвижения тележки. Механизм передвижения состоит из центрально расположенного электродвигателя 3, короткоходового тормоза 4, двух вертикальных трехступенчатых цилиндрических редукторов 5 и восьми ходовых колес 7 в балансирных тележках 1. Два приводных колеса соединены с редукторами зубчатыми муфтами 6.

Механизм подъема главной тележки двоянный (рис. V.9) и состоит из двух отдельных, симметрично расположенных механизмов с барабанами 2, зубчатые венцы 3 которых находятся между собой в постоянном зацеплении. Такая замкнутая кинематическая связь обеспечивает синхронность работы приводов и создает резерв на случай аварии одного из них. Привод каждого барабана включает электродвигатель 1, двухступенчатый редуктор 5, храповой механизм 4, встроенный в редуктор, и открытую зубчатую передачу. Барабаны — сварной конструкции. Электродвигатель с редуктором соединен зубчатой муфтой. Каждый из механизмов снабжен двумя короткоходовыми тормозами 6, установленными на валах электродвигателей с обеих сторон. Установка четырех тормозов обеспечивает надежность и безопасность крана в работе.

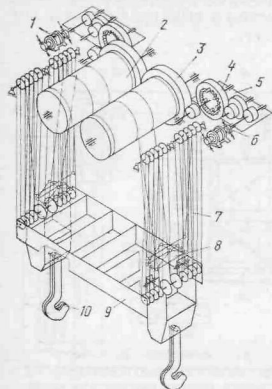


Рис. V.9. Механизм главного подъема разливочного крана

К барабанам посредством двух двоянных полиспаств 7 на 48 ветвях каната подвешена жесткая сварная траверса 9 с двумя шарнирно закрепленными пластинчатыми крюками 10 для захвата цапф сталеразливочного ковша. Блоки полиспаста смонтированы на роликоподшипниках. Система крепления крюков к траверсе обеспечивает их поворот относительно

двух взаимно перпендикулярных осей, что устраняет опасность изгиба крюков в поперечном направлении. Для компенсации неравномерного вытягивания ветвей канатов полиспаста концы их прикреплены к траверсе посредством рычажного уравнительного устройства 8.

Храповой механизм (рис. V.10) предназначен для обеспечения синхронности двух приводов и работы одним приводом в аварийных условиях. Он состоит из храповика с внутренними зубьями, нарезанными внутри зубчатого колеса 3 второй ступени редуктора, и диска 2 с шарнирно закрепленными на нем собачками 1. Собачки прижимаются к храповым зубьям пружинами 4. Крутящий момент от зубчатого колеса к выходному валу редуктора передается собачками храпового механизма, которые замыкают кинематическую цепь привода механизма подъема. Во избежание ударов в момент замыкания в храповом механизме предусмотрены шесть собачек, места закрепления которых смещены на дробное число

шага зацепления. Вследствие этого уменьшается путь скольжения собачек по зубьям храпового колеса, и в любом положении силовое замыкание механизма осуществляется при минимальном свободном перемещении храповика без ударов.

Рассмотрим три случая работы храпового механизма:

1. При нормальной работе, когда оба электродвигателя вращаются синхронно, храповые механизмы замкнуты и передают одинаковые крутящие моменты на оба барабана. Нагрузки на зубьях венцов барабана практически отсутствуют.

2. Синхронность вращения электродвигателей по какой-либо причине нарушилась и скорость, например, правого электродвигателя увеличилась. Тогда вследствие жесткой кинематической связи барабанов скорость левого барабана и диска левого храпового механизма также увеличится, что приведет к разрыву цепи левого привода: собачки будут проскальзывать по храповым зубьям отстающего колеса. Освобожденный от нагрузки левый электродвигатель увеличит скорость, а правый, принявший на себя полную нагрузку, уменьшит ее. Когда скорости электродвигателей сравняются, левый храповой механизм снова замкнет цепь привода, и оба механизма подъема будут работать параллельно с одинаковой нагрузкой.

3. При выходе из строя одного из электродвигателей при подъеме груженого ковша храповой механизм этого привода разорвет кинематическую цепь и отсоединит неисправный электродвигатель от механизма подъема. Второй электродвигатель на пониженной скорости вращает оба барабана и продолжает разливку стали. Для опускания ковша тормоз на валу неработающего двигателя должен быть раскрыт.

Вспомогательная тележка снабжена двумя механизмами подъема — большим и малым и механизмом передвижения тележки. Механизм большого подъема (100 т) предназначен для подъема шлаковых и кантования сталеразливочных ковшей; механизм малой грузоподъемности (20 т) служит для вспомогательных и ремонтных работ в разливочном про-

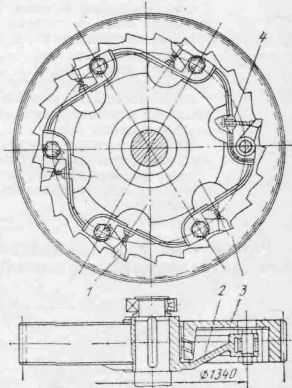


Рис. V.10. Храповой механизм

Техническая характеристика разливочного крана 450+100/20

Грузоподъемность механизма подъема, т:	
главного	450
большого вспомогательного	100
малого вспомогательного	20
Скорость подъема, м/мин:	
главного	3,1
вспомогательного	5,12
Скорости передвижения, м/мин:	
крана	67,5
главной тележки	17,5
вспомогательной тележки	28,6
Механизм главного подъема:	
высота подъема, м	28
диаметр барабана, мм	2500
диаметр каната, мм	42
число ветвей полиспастов	48
мощность электродвигателя, кВт	2×140
Механизм передвижения главной тележки:	
число ходовых колес	8
мощность электродвигателя, кВт	50
Механизм передвижения крана:	
число ходовых колес	16
мощность электродвигателя, кВт	4×35
Пролет крана, м	24
Масса крана, т	500

Разливочный кран грузоподъемностью 630 + 90/16 т применяют для сталеплавильных ковшей вместимостью 480 т. Конструк-

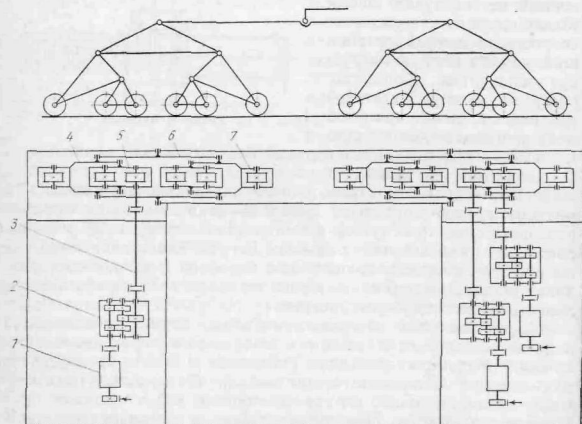


Рис. V.11. Кинематическая схема механизмов крана грузоподъемностью 630 + 90/16 т

ция крана аналогична рассмотренной за исключением механизма передвижения крана.

На рис. V.11 приведена кинематическая схема механизма крана грузоподъемностью 630 + 90/16 т. Электродвигатель 1 через цилиндрический редуктор 2 передает вращение ходовому колесу посредством вала с зубчатыми муфтами 3. Ходовые колеса крана размещены в приводных 5 и не приводных 4, 7 балансирных тележках, шарнирно соединенных главными балансирами 6.

Зарубежные разливочные краны

Облегченная конструкция разливочного крана ФРГ грузоподъемностью 475 + 80/20 т показана на рис. V.12. Снижение массы крана достигнуто за счет более рациональной компоновки главной тележки и изменения несущих элементов моста. Главная теле-

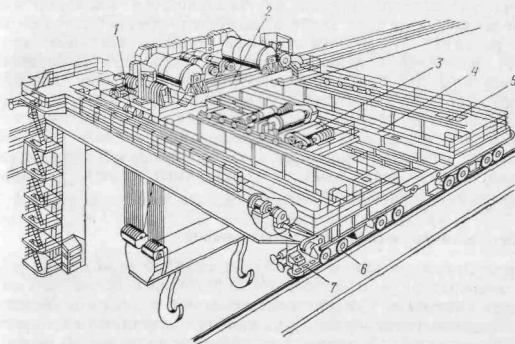


Рис. V.12. Разливочный кран грузоподъемностью 475+80/20 т

жка выполнена составной конструкции с двумя опорными тележками 1 и платформой 2. Каждая опорная тележка снабжена механизмом передвижения и перемещения по рельсам, уложенным на внешних 5 и внутренних 4 балках моста. Верхние блоки полиспастов главного подъема расположены на опорных тележках, вследствие чего усилие распределяется на все четыре балки. Платформа облегченная, так как на ней находится только двухбарабанная лебедка. Кроме того, изгибающий момент, действующий на платформу от собственного веса, частично уравновешивается моментом от сил натяжения грузовых канатов, идущих к барабанам. Вспомогательная тележка 3 перемещается по рельсам нижних поясов внутренних балок. Особенностью крана яв-

ляются также безребордные колеса 6 ходовой части моста. От схода крана с рельсов предусмотрены опорные катки 7 с вертикальной осью вращения, расположенные с обеих сторон моста.

В США применяют разливочные краны грузоподъемностью $450+67,5/22,5$ т. Их отличие заключается в применении двухточечных путей для моста крана и главной тележки. Мост опирается на двенадцать балансирных тележек, по шесть на сторону. Механизм передвижения крана двусторонний с четырьмя приводами. Ходовая часть главной тележки состоит из четырех двухкатных балансирных тележек. Механизмов передвижения два. Они расположены с каждой стороны тележки. Механизм главного подъема аналогичен рассмотренной конструкции, с двумя барабанами и храповыми устройствами. Вспомогательная тележка оборудована двумя лебедками грузоподъемностью 67,5 и 22,5 т.

Одна из фирм ФРГ выпускает литейные краны с механизмом поворота ковша относительно вертикальной оси. Барабаны получают вращение от двух электродвигателей через общий планетарный редуктор. Второй планетарный редуктор соединяет концы валов двигателей. С целью повышения надежности на барабанах установлены два тормоза с электрогидроприводами. В случае отказа одного из двигателей подъем осуществляется через планетарный редуктор вторым двигателем. Краны оборудованы устройствами электромеханического взвешивания металла в ковше. Крановые тележки, как правило, перемещаются по верхним поясам балок, однако имеются конструкции кранов, у которых тележки расположены внутри балок.

Особенности расчета разливочных кранов

Металлургические краны работают в тяжелом режиме при высокой температуре и агрессивности окружающей среды, что необходимо учитывать при расчетах приводов и деталей. Методика расчета механизмов подъема этих кранов в принципе не отличается от общепринятой, однако следует обратить внимание на правильный выбор параметров и коэффициентов запаса. Допускаемое ускорение для кранов, работающих с жидким металлом, не должно превышать $0,1 \text{ м/с}^2$.

Мощность двигателей

Мощность электродвигателя механизмов передвижения тележек и кранов определяется в основном не силами сопротивления, а динамическими нагрузками в период пуска. Продолжительность пуска крана зависит от его технологического назначения и грузоподъемности и может быть довольно значительной (до 10—20 с).

При расчете мощности двигателя механизма передвижения в общем случае с учетом сил инерции при пуске и раскати-

вания груза на гибкой подвеске можно пользоваться формулой

$$P = \frac{(Q+G)v}{\lambda_{cp}\eta} \left[\omega + \frac{a}{g}(\gamma + \beta) \right], \quad (V.3)$$

где Q — вес груза, кН; G — вес крана (или тележки), кН; v — номинальная скорость передвижения, м/с; a — среднее ускорение при разгоне, м/с^2 ; λ_{cp} — среднелетовая кратность перегрузки электродвигателя; η — к. п. д. механизма; ω — коэффициент сопротивления передвижению или коэффициент тяги, $\omega = 0,007 \div 0,01$; γ — коэффициент отношения полного момента инерции к моменту инерции поступательно движущихся масс, $\gamma = 1,1 \div 1,4$;

$$\beta = Q/(Q+G). \quad (V.4)$$

Как видим, влияние гибкости подвески груза на величину мощности привода для тележек значительно больше, чем для кранов (так как меньше G). Для кранов с жесткой подвеской $\beta = 0$.

Дальнейшие расчеты механизмов разливочных кранов и расчеты на прочность и выносливость их элементов выполняют методами, изложенными в литературе по грузоподъемным машинам.

При аварийной работе один привод должен обеспечить подъем всего груза, поэтому, учитывая нагрузку двигателя, необходимо принимать мощность одного двигателя

$$P_1 = \frac{(Q+G_k)vk_a}{2\eta},$$

где k_a — коэффициент запаса, учитывая возможность аварийной работы, $k_a = 1,4 \div 1,7$; G_k — вес крюковой подвески.

Дополнительные нагрузки в механизме при работе с одним двигателем

Рассмотрим действие сил в кинематической цепи привода при выходе одного двигателя из строя, например левого A (рис. V.13). Тогда на зубчатый венец правого барабана B будет действовать момент от сил натяжения канатов $M_1 = 2SD_0/2 = SD_0$, а со стороны барабана A будет действовать момент $M_2 = SD_0/\eta$, где η — к. п. д. барабана A и зубчатой передачи; D_0 — диаметр барабана.

К зубчатому венцу барабана B приложена сила

$$F = 2(M_1 + M_2)d_w = 2SD_0 \times \frac{1+\eta}{d_w\eta},$$

где d_w — начальный диаметр зубчатого венца колеса I .

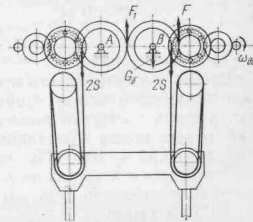


Рис. V.13. Расчетная схема главного подвеса

Со стороны барабана A окружная сила на венце

$$F_1 = 2SD_6(d_w \eta).$$

Так как обе силы направлены вверх, следовательно на ось зубчатого венца барабана B действует сила

$$N = F + F_1 - S - G_6/2 = 2S \left[\frac{D_6(2-\eta)}{d_w \eta} - 0,5 \right] - G_6/2,$$

где G_6 — вес барабана; S — сил натяжения ветви каната.

Силу N следует учитывать при расчетах узла опор барабана со стороны зубчатого венца.

Напряжение в крюковых подвесках

Крюковые подвески выходят из строя из-за возникновения трещин, расслоения пластинчатых крюков, разрушения сварки и других дефектов при небольших расчетных механических напряжениях в этих элементах (20—30 МПа). Основной причиной выхода из строя деталей подвесок является неравномерность нагрева и появление высоких термических напряжений. Циклический нагрев с быстрым нарастанием температуры и охлаждением деталей вызывает большие переменные термические напряжения, что приводит к усталостным разрушениям деталей. Внутренняя поверхность пластинчатого крюка, обращенная к ковшу, нагревается до температуры $t_1 = 130 \pm 140$ °С, а внешняя сторона — до $t_2 = 40 \pm 50$ °С.

Следовательно удлинение пластины будет разное, а в результате того, что они между собой склепаны и не имеют возможности свободного удлинения, в них появляются большие напряжения

$$\sigma = \pm \frac{0,5\alpha_T E \Delta t}{1-\mu},$$

где α_T — коэффициент линейного расширения стали, $\alpha_T = 1,2 \times 10^{-6}$ град⁻¹; $\mu = 0,3$ — коэффициент Пуассона; Δt — перепад температур между пластинами.

Напряжение в крайних пластинах крюка

$$\sigma = \pm \frac{\alpha_T E (n-1) \Delta t}{1-\mu},$$

где n — число пластин.

Расчет показывает, что при числе пластин, равном 7, и перепаде температур между крайними пластинами 90 °С термические напряжения достигают значений 148 МПа, а с учетом напряжений от веса ковша с металлом напряжения повышаются до больших значений — 160 МПа, что подтверждается экспериментами. Это относится и к металлоконструкции кранов, работающих в зоне высоких температур, где нагрев нижних листов балок доходит до 80 °С и выше.

Глава VI

МАШИНЫ ДЛЯ РАЗДЕВАНИЯ СЛИТКОВ И ПОДГОТОВКИ ИЗЛОЖНИЦ

После выдержки в разливочном пролете сталеплавильных цехов составы жожник со слитками подают в специальное (стриперное) отделение для извлечения слитков из изложниц. Вследствие козности и уменьшения объема при остывании стали большая часть слитков свободно выходит из изложниц под действием собственного веса. Однако для извлечения части слитка требуется приложить довольно большие усилия.

Механизмы, используемые для извлечения и выталкивания слитков, делятся на *однооперационные*, служащие только для выталкивания слитков с уширением книзу; *двухоперационные* — для извлечения слитков с уширением кверху и книзу и *трехоперационные*, при помощи которых, кроме указанных операций, можно также отрывать слитки, приварившиеся к поддону. По типу привода различают механизмы с электрическим и гидравлическим приводами. По способу установки выталкивающие механизмы делят на стационарные и передвижные.

Стриперное отделение современных сталеплавильных цехов оборудуют трехоперационными кранами с электроприводами. Стационарные машины для выталкивания слитков напольного типа с гидроприводами обладают большой силой выталкивания, с их помощью освобождают застрявшие слитки, которые не поддаются извлечению стрипперным краном.

1. КРАНЫ ДЛЯ РАЗДЕВАНИЯ СЛИТКОВ

Современные сталеплавильные цехи в СССР оборудованы типовыми трехоперационными кранами: 175 — 25/15, 250 — 50/25 и 400 — 75/25 с усилиями стрипперования соответственно 1750, 2500 и 4000 кН. Грузоподъемность крана (вторая цифра) определяется максимальной массой слитка, поднимаемого вместе с изложницей, массой поддона и прибыльной надставки. Усилие выталкивания зависит от многих факторов: массы и формы слитка, качества внутренней поверхности изложницы, тщательности ее очистки, смазки и др.

Кроме основной операции — разведения слитков, кран используют для снятия надставок, установки изложниц на поддон, для выполнения ремонтных вспомогательных работ. Число стрипперных кранов определяют по производительности цеха и загрузки крана.

Загруженность стрипперных кранов

$$K_{\text{зар}} = \frac{(n_1 t_1 + n_2 t_2) k_n k_n + t_p}{1440z},$$

где n_1, n_2 — число типов слитков уширением книзу и уширением кверху; $t_1 = 1$ мин — продолжительность разведения слитка

уширением книзу; $t_2 = 2$ мин — то же, уширением вверх; $t_D = 90$ мин — длительность суточного осмотра и ремонта; $k_{н1} = 1,2$ — коэффициент неравномерности работы крана; $k_{н2} = 1,2$ — коэффициент вспомогательных операций; z — число стрипперных кранов.

Трехоперационный стрипперный кран 250 — 50/25

Общий вид стрипперного крана приведен на рис. VI.1, где показаны также схемы операций, выполняемых краном.

Мост крана — сварной конструкции, опирается на шестнадцать ходовых колес, попарно вмонтированных в балансирные тележки. По верхним поясам главных балок уложены рельсы, по которым перемещается тележка.

Механизм передвижения крана. Кран передвигается двумя отдельными механизмами, работающими параллельно. В случае выхода из строя какого-либо механизма кран временно может работать на одном исправном механизме.

Особенностью стрипперных кранов является большая напряженность их работы с частыми пусками и торможением. Поэтому для устойчивой работы крана без буксования установлено восемь приводных колес.

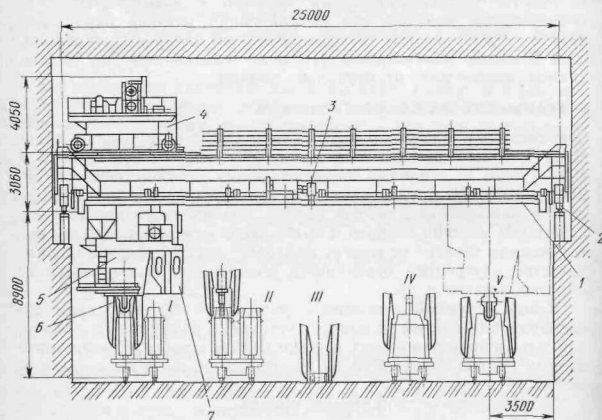


Рис. VI.1. Стрипперный кран 250—50/25:

I — разведение слитка с уширением вверх; *II* — снятие приблизительной надставки со слитка с уширением вверх; *III* — захват приблизительной надставки; *IV* — разведение слитка с уширением книзу; *V* — отрывание слитка от поддона; *1* — мост; *2* — балансирные тележки; *3* — механизм передвижения; *4* — тележка; *5* — шакта; *6* — трехоперационный стрипперный механизм; *7* — кабина машиниста

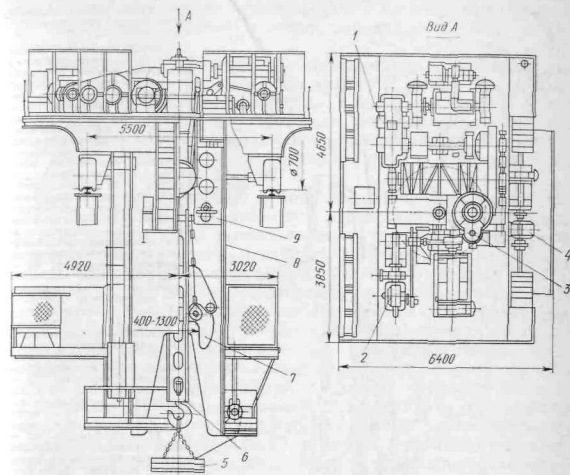


Рис. VI.2. Тележка стрипперного крана

Тележка крана. Конструкция тележки показана на рис. VI.2. На сварной раме смонтированы механизмы главного подъема *1*, управления клещами *2*, передвижения *4* и привод механизма выталкивания *3*.

Механизм передвижения не отличается от обычной крановой конструкции. На раме тележки смонтирован привод механизма выталкивания, сам механизм находится внутри шахты *8*, по направляющим которой перемещаются ползуну *9* литого патрона с рабочими органами крана:

клещами — большими *6* и малыми *7* и выталкивающим штемпелем. Для выполнения вспомогательных и ремонтных работ к большому клещам подвешивают траверсу с крюком, а к последнему — электромагнит *5* для работы с магнитными материалами.

На рис. VI.3 показана схема расположения и взаимной связи элементов сложного комплекса механизмов стрипперного крана.

Механизм главного подъема. Он служит для перемещения патрона с механизмом выталкивания и клещами по направляющим шахты. Привод барабана осуществляется от электродвигателя *2* через фрикционную муфту предельного момента, двухступенчатый редуктор *1*, храповую передачу *3* и открытую цилиндрическую

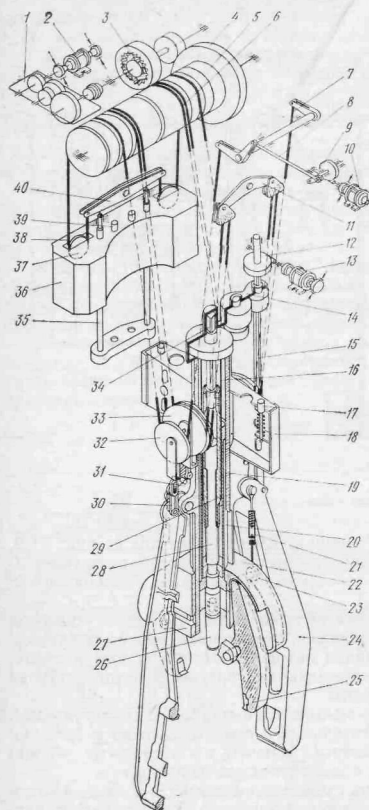


Рис. VI.3. Принципиальная схема механизмов «стрипперного» крана:

1 — двухступенчатый редуктор; 2 — электродвигатель механизма подъема патрона; 3 — храповое устройство; 4 — открытая зубчатая передача; 5 — барабан; 6 — канаты подъема патрона; 7 — канаты управления клещами; 8 — четырехзвенный шарнирный коромысловый механизм управления клещами; 9 — червячный редуктор; 10 — электродвигатель управления клещами; 11 — балансир подъемных канатов; 12 — червячный редуктор; 13 — электродвигатель механизма выталкивания; 14 — двухступенчатый подвижный редуктор; 15 — квадратный вал; 16 — неподвижная гайка-гильза; 17 — амортизатор патрона; 18 — полушки патрона; 19 — канат; 20 — шпатель; 21 — канаты с амортизаторами для удержания малых клещей; 22 — обойма малых клещей; 23 — ролики; 24 — большая клещевина; 25 — малая клещевина; 26 — наконечник; 27 — траверса малых клещей; 28 — винт; 29 — полый винт; 30 — серьга; 31 — коромысло; 32 — блоки каната управления клещами; 33 — блоки подъемных канатов; 34 — квадратный хвостик; 35 — направляющие противовеса; 36 — противовес; 37 — блоки противовеса; 38 — канаты противовеса; 39 — амортизаторы; 40 — балансир противовеса

передачу 4, последнее колесо которой закреплено на барабане. Механизм подъема снабжен двумя тормозами.

Канаты 6 механизма главного подъема, попарно закрепленные в средней части барабана 5, огибают сдвоенные блоки 33 и подвешиваются к балансиру (уравнительной траверсе) 11, шарнирно

присоединенному к раме тележки. Обойма блоков, свободно висящих на канатах, системой рычагов шарнирно соединена с большими клещами 24.

Отличительной особенностью конструкции механизма главного подъема является применение храпового механизма, установленного на промежуточном валу привода, и противовеса 36 для уравновешивания патрона. Противовес подвешивается к крайним секциям барабана и перемещается по направляющим 35 с наружной стороны шахты. Неравномерная вытяжка канатов компенсируется балансиром 40.

Назначение противовеса и храпового механизма — автоматически обеспечивать постоянное натяжение канатов в момент разведения слитка, когда выталкивающее устройство перемещается вверх при выключенном механизме главного подъема. В этом случае отсутствует натяжение подъемных канатов и на барабан действует только момент, создаваемый противовесом. Под действием этого момента барабан свободно поворачивается, так как собачки храпового механизма выходят из зацепления храпового колеса. При обычной работе подъемного механизма момент, создаваемый натяжением канатов патрона, больше момента противовеса, и собачки постоянно прижаты к зубьям храпового колеса.

Механизм управления клещами. Этот механизм предназначен для открывания и закрывания больших клещей. Привод механизма состоит из электродвигателя 10, тормоза, червячного редуктора 9 и кривошипного механизма 8. Канаты управления клещами 7 прикреплены к рычагам механизма управления клещами, огибают блоки 32 и наматываются на подъемный барабан по обе стороны от его средней части.

Для изменения раствора больших клещей включается электродвигатель механизма 10 (соответственно на открывание и закрывание) и рычаги, поворачиваемые приводом на определенный угол, поднимают или опускают блоки 32. Обоймы блоков связаны с коромыслами 31 и серьгами 30, шарнирно присоединенными к патрону 19. Под воздействием рычажной системы привода механизма управления клещи поворачиваются на определенный угол и захватывают или отпускают уши изложниц.

Механизм выталкивания производит все основные операции по разведению слитков. Привод механизма (см. рис. VI.3), установленный на раме тележки, состоит из электродвигателя 13, колодного тормоза, муфты предельного момента, червячного редуктора 12 с пятизачодным червяком; червячное колесо насажено на вертикальный вал, передающий вращение посредством подвижного редуктора 14 винтовому механизму выталкивания. Сквозь отверстие в ступице последнего колеса свободно проходит квадратный хвостик полого винта 29. Во время работы механизма редуктор 14, смонтированный в верхней части патрона, перемещается вместе с ним, скользя по валам квадратного сечения. Конструктивное выполнение механизма выталкивания показано на

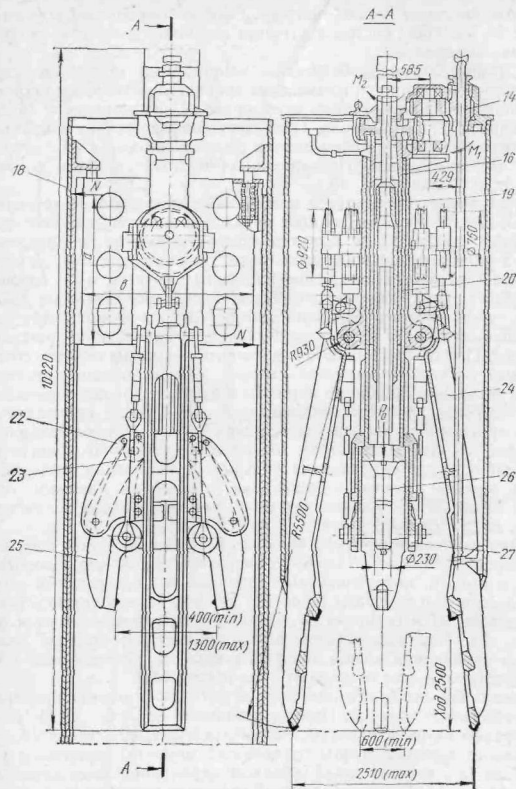


Рис. VI.4. Механизм выталкивания (обозначения см. рис. VI.3)

рис. VI.4 (для удобства рассмотрения кинематики, конструкции и принципа работы механизма выталкивания рис. VI.3; VI.4 и VI.5 имеют единое обозначение элементов).

Выталкивающий механизм смонтирован в специальном литом патроне (корпусе) 19 (см. рис. VI.4), который перемещается в на-

правляющих шахты. Рабочими органами механизма выталкивания являются большие и малые клещи. Большие клещи шарнирно присоединены с двух сторон патрона и служат для захвата изложниц и надставок. Клещи снабжены тремя проушинами, что позволяет обслуживать слитки различных размеров и надставок.

В плоскости, перпендикулярной большим клещам, расположены на траверсе 27 малые клещи 25. В верхних концах малых клещей ролики 23 перемещаются в наклонных прорезях обоймы 22, а нижние снабжены кернами для захвата прибыльной части слитка с уширением кверху. Внутри патрона перемещается штемпель 20, к нижней части которого с помощью клинового соединения крепится съемная рабочая деталь — наконечник 26. Штемпель снабжен направляющими выступами, предупреждающими его проворачивание по отношению к патрону. Сам патрон для предотвращения поворота относительно шахты снабжен двумя ползунами 18.

Основной частью механизма выталкивания, создающего усилие при разведении слитка, является винтовая система, состоящая из приводного полого винта 29 с наружной правой и внутренней левой резьбами. При вращении внутри неподвижной гильзы-гайки 16 полый приводной винт перемещается вниз с определенной скоростью. Одновременно с этим внутренний двухходовой винт 28 штемпеля вывинчивается из полого винта и выдвигается из патрона 19 с удвоенной скоростью. При реверсировании привода штемпель с наконечником идет вверх и втягивается в патрон. Съемные канаты 21 с амортизаторами служат для удерживания малых клещей в поднятом состоянии при извлечении слитков с уширением книзу. Вся система механизма выталкивания — электродвигатель, червячный, цилиндрический редукторы и винты — обеспечивает скорость движения штемпеля 3 м/мин.

Работа трехоперационного крана

Первая операция — разведение слитка с уширением книзу (рис. VI.5, а).

Эту операцию осуществляют большими клещами 24 и наконечником штемпеля 26. Малые клещи 25 при этом в работе не участвуют, так как их вместе с траверсой 27 предварительно закрепляют в поднятном состоянии канатами. Тележку крана устанавливают точно над изложницей, включают механизм главного подъема и патрон с раскрытыми клещами опускают вниз. Когда проушины клещей окажутся против ушей изложницы, механизм главного подъема останавливают и включают механизм управления большими клещами 8. При этом блоки 32 опускаются и клещи под действием собственного веса закрываются. Уши изложницы оказываются в проушинах клещей. вновь включают механизм подъема патрона и снимают изложницу со слитка. Если изложница свободно не снимается со слитка, то ее снова опускают на поддон

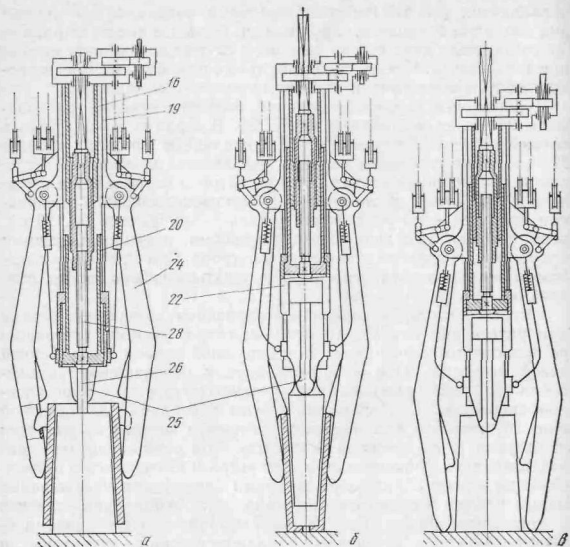


Рис. VI.5. Схемы операций, выполняемых стрипперным механизмом (обозначения см. рис. VI.3)

и включают механизм выталкивания. Штемпель 20 вместе с наконечником 26 получают удвоенную скорость вниз по отношению к патрону, так как полый винт вывинчивается из гильзы-гайки 16, а винт 28 вывинчивается из полого винта. Когда наконечник штемделя упрется в слиток, изменяется направление относительного движения — патрон начинает двигаться вверх и силовым воздействием клещей разрывает сцепление слитка с изложницей.

После разрыва сцепления (об этом обычно судят по показаниям амперметра) электродвигатель выталкивающего механизма останавливают и, включив в работу механизм главного подъема, снимают изложницу со слитка. При движении патрона вверх под действием выталкивающего механизма образующаяся слабина канатов автоматически выбирается храповым устройством привода главного подъема и противовеса, как это было описано выше.

Усилие, возникающее при стрипперовании, не передается на поддон и тележку для изложниц, так как оно замыкается в системе

изложница — клещи — патрон — винтовой механизм — штемпель — слиток. После разрыва сцепления между изложницей и слитком на сталеразливочную тележку действует сила, равная весу изложницы и неуравновешенной части стрипперного механизма.

Вторая операция — извлечение слитка с уширением кверху (рис. VI.5, б).

Извлечение слитков с уширением кверху производится малыми клещами. Патрон устанавливают над изложницей и опускают. Механизм управления сводят большие клещи так, чтобы при опускании патрона имеющиеся приливы уперлись в края изложницы. Малые клещи 25 шарнирно присоединены к траверсе 27, которая может свободно перемещаться по гильзе патрона 19. Верхние концы клещей снабжены роликами 23, находящимися в наклонных прорезях подвижной обоймы 22. Перед началом работы малые клещи разведены, так как обойма 22 своим весом воздействует на ролики клещей, перемещая их по наклонным прорезям навстречу друг другу. При включении привода выталкивающего механизма штемпель 20 получает удвоенную скорость движения вверх, своими буртами захватывает обойму с проушинами и начинает ее перемещать вверх. При этом верхние концы клещевин разводятся, а нижние сходятся, зажимая кернами прибыльную часть слитка; клещи начинают двигаться вверх, извлекая слиток из изложницы. Как и при выполнении первой операции, усилие при извлечении слитка также не передается на тележку состава. После подрыва слитка на поддон и тележку действует сила, равная весу слитка и неуравновешенной части стрипперного механизма. Оторванный слиток опускают в изложницу, так как обычно транспортировка слитков в цех блюминга или слэббинга производится в изложницах на сталеразливочных тележках.

Третья операция — отрывание приварившегося слитка от поддона (рис. VI.5, в).

На практике имеют место случаи, когда после снятия изложницы слиток с уширением кверху оказывается приваренным к поддону. Операцию по отрыву приварившегося слитка производят следующим образом. Патрон с большими клещами, разведенными до нужного размера, опускают вниз до тех пор, пока концы клещей не упрутся в поддон. Включают привод механизма выталкивания, и малые клещи, захватив слиток за верхнюю часть, отрывают его от поддона. Усилие, возникающее при отрыве слитка, не передается на тележку и ее рессорную часть.

За рубежом изготовляют краны с гидравлическим механизмом выталкивания слитка. Фирмой «Крупп» (ФРГ) изготовлен кран для разведения слитков грузоподъемностью 50 т с гидравлическим стрипперным механизмом 2500 кН, работающим от двухдвигательной насосной установки. При выходе из строя одного из электродвигателей выталкивание производится другим с меньшей скоростью.

Фирма «Демаг» (ФРГ) выпустила кран грузоподъемностью 40 т с усилием выталкивания 3500 кН. Особенности крана является то, что отрыв от поддона осуществляется ударами бабы о поддон, которая перемещается по трубе, укрепленной в шахте; подъем бабы производится электромагнитом.

В Японии создали краны с механическим и гидравлическим механизмами выталкивания. Грузоподъемность крана с механическим выталкиванием 85 т, усилие выталкивания 4000 кН, пролет моста 35 м. Кран с гидравлическим механизмом имеет грузоподъемность 90 т, усилие выталкивания 6500 кН; давление масла в гидrocилиндре до 22 МПа.

Расчет механизмов стрипперного крана

Механизмы стрипперного крана эксплуатируются в наиболее тяжелых условиях по загруженности и температуре окружающей среды (70 °C), что следует учитывать при расчетах деталей и приводов.

Механизм выталкивания

Основными данными для расчета являются: сила выталкивания F ; максимальный вес слитка или изложницы Q_1 ; вес поднимаемой части выталкивающего механизма (патрон с большими и малыми клещами и другие детали) G_2 ; вес противовеса G_3 ; скорость перемещения штемпеля (скорость выталкивания) $v_{ш}$.

Расчетная нагрузка при выталкивании слитка

$$F_p = F + Q_1 + G_1 - G_2 \eta_n \eta_0^2, \quad (VI.1)$$

где η_n — к. п. д. направляющих противовеса; η_0 — к. п. д. барабана и блоков.

Углы подъема внутренней и наружной резьбы винта

$$\alpha_{вн} = \arctg \frac{p_1}{\pi d_{ср1}}; \quad \alpha_{н} = \arctg \frac{p_2}{\pi d_{ср2}},$$

где p_1 ; p_2 — шаг резьбы; $d_{ср1}$, $d_{ср2}$ — средние диаметры резьбы винтов.

Крутящие моменты от сил трения полого (вращающегося) винта:

на внутренней резьбе

$$M_1 = F_p \frac{d_{ср1}}{2} \operatorname{tg}(\alpha_{вн} + \rho); \quad (VI.2)$$

на наружной резьбе

$$M_2 = F_p \frac{d_{ср2}}{2} \operatorname{tg}(\alpha_n + \rho), \quad (VI.3)$$

где ρ — угол трения на поверхности винтовых резьб.

Общий крутящий момент винтовой системы механизма

$$M_{кр} = M_1 + M_2.$$

Частота вращения полого винта, об/мин

$$n_n = v/2p. \quad (VI.4)$$

Общий коэффициент полезного действия передаточного механизма

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3,$$

где η_1 — к. п. д. цилиндрического редуктора; η_2 — к. п. д. направляющих приводных квадратных валов; η_3 — к. п. д. червячного редуктора,

$$\eta_3 = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \rho)} \eta_{п}, \quad (VI.5)$$

где $\eta_{п}$ — к. п. д. подшипников редуктора.

Угол наклона средней винтовой линии пятизаходного червяка

$$\alpha = \arctg(z_1/q), \quad (VI.6)$$

где z_1 — число заходов червяка; q — коэффициент диаметра червяка.

Скорость скольжения

$$v = \omega d_1 / (2 \cos \alpha), \quad (VI.7)$$

где ω — угловая скорость вращения червяка, с⁻¹; d_1 — делительный диаметр червяка, м.

Согласно экспериментальным исследованиям, максимальное усилие выталкивания действует довольно редко и весьма коротковоременно (несколько секунд). Поэтому мощность двигателя механизма выталкивания можно определить по максимальным нагрузкам с учетом допустимой перегрузки

$$P = M_{кр} \omega_n / (\lambda \eta), \quad (VI.8)$$

где λ — коэффициент допустимой перегрузки двигателя; η — общий к. п. д. передаточного механизма; ω_n — угловая скорость вращения винта.

Механизм подъема

Механизм подъема должен преодолеть нагрузки от веса поднимаемого груза с учетом противовеса, от веса стрипперного механизма, от сил сопротивления трению между патроном и направляющими шахты.

Расчетная нагрузка

$$Q_p = Q + G_c - G_n \eta_n \eta_0^2 + T_1 + T_2, \quad (VI.9)$$

где Q — вес поднимаемого груза (слитка с изложницей или поддона); G_c — вес поднимаемой части стрипперного механизма;

G_{II} — вес противовеса; T_1, T_2 — силы трения на направляющих ползуна.

Клещи могут брать слитки и изложницы не всегда симметрично, в результате чего появляется эксцентриситет между направлением действия силы и осью механизма выталкивания (см. рис. VI.4).

Силы трения ползуна патрона о направляющие шахты при образовании эксцентриситета на больших клещах

$$T_1 = 2 \frac{Qe_1}{a} \mu; \quad (VI.10)$$

при наличии эксцентриситета на малых клещах сила трения на направляющих ползуна

$$T_1' = 2 \frac{Qe_2}{a} \mu, \quad (VI.11)$$

где a — расстояние между реакциями N , равное длине направляющих (или части их); μ — коэффициент трения пары скольжения; e_1, e_2 — эксцентриситеты соответственно на больших и малых клещах (0,05—0,1 раствора клещей).

Кроме сил T_1 , возникает также сила T_2 от реактивного момента сил, нормальных к направляющим шахтам

$$T_2 = \frac{2(M_1 + M_2)}{b} \mu, \quad (VI.12)$$

где M_1, M_2 — крутящие моменты в квадратных валах от действия суммарной силы при стрипперовании F_p ; b — плечо действия сил.

Электродвигатель механизма подъема выбирают по расчетной статической мощности с учетом температурного коэффициента и проверяют на нагрев и перегрузочную способность в период пуска.

2. СТАЦИОНАРНЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫТАЛКИВАНИЯ СЛИТКОВ

На заводах эксплуатируются напольные машины с усилием выталкивания слитков 6; 7 и 10 МН с электромеханическими и гидравлическими приводами.

Машина с усилием выталкивания 10 МН состоит из механизмов выталкивания слитков, поворота клещевин и гидросистемы (рис. VI.6). Нижняя часть стального литого корпуса 1 представляет собой гидравлический цилиндр для выталкивания слитка, а к верхней части корпуса шарнирно прикреплены две массивные стальные клещевины 5 . Сверху на корпусе находится установочная плита 7 для посадки изложницы 6 со слитком. Механизм выталкивания слитков состоит из полого чугунного плунжера 2 с ползуном 10 , к штоку которого с помощью клина прикреплен штемпель 8 . При подаче масла в цилиндр плунжер поднимается вверх и штемпелем выталкивает слиток из изложницы. Возврат плунжера в исходное положение осуществляется двумя гидравлическими цилиндрами обратного хода 3 , штоки которых прикреплены

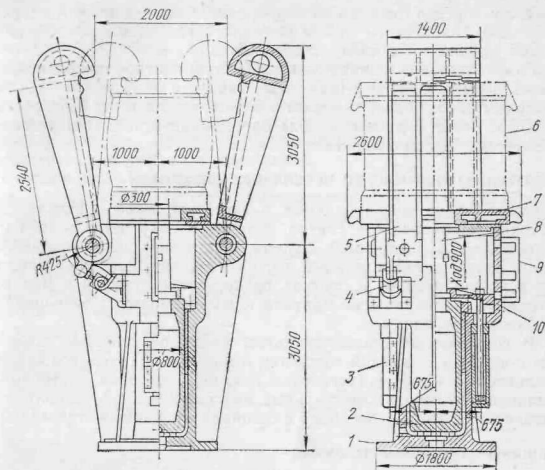


Рис. VI.6. Гидравлическая машина для выталкивания слитков из изложниц усилием 10 МН

к ползуна. Проектное время выталкивания одного слитка (без установки изложницы) 2,7 мин.

Механизм поворота клещевин по конструкции также довольно прост. На каждую клещевину установлено по два качающихся гидроцилиндра 4 , штоки которых шарнирно соединены с рычагами клещевин. При подаче масла в цилиндры клещевины поворачиваются, захватывая или освобождая изложницу. Положения плунжера контролируются конечными выключателями 9 , включенными в гидравлическую схему управления машиной.

Гидросистема включает поршневой насос для привода механизма выталкивания с подачей 20 л/мин, избыточным давлением 20 МПа с электродвигателем мощностью 75 кВт, лопастной насос для привода механизма поворота клещевин с подачей 70 л/мин, избыточным давлением 6,5 МПа с электродвигателем мощностью 7 кВт, шестеренный насос, баки, гидравлические клапаны, фильтр и другое оборудование.

Предложено в машину для выталкивания слитков вмонтировать устройство для обрезки литника. Изложница со слитком, установленная на станине, удерживается захватами, приводимыми в движение от гидроцилиндра. Первой технологической операцией

является обрезка литника ножом, соединенным с поршнем гидроцилиндра. После этого слиток выталкивается штемпелем, являющимся поршнем основного гидроцилиндра.

Гидравлические машины для извлечения слитков по сравнению с электромеханическими (винтового типа и с плавающим эксцентриковым валом) более надежны в работе, свободны от перегрузок привода, могут быть выполнены на большие усилия без резкого уменьшения массы машины.

3. МЕХАНИЗАЦИЯ ЧИСТКИ И СМАЗКИ ИЗЛОЖНИЦ

Качество прокатной продукции в известной мере определяется состоянием поверхности слитка, которое в свою очередь зависит от подготовки внутренней полости изложницы перед заливкой стали. Неудовлетворительные чистка и смазка изложниц приводят к возникновению в слитках подкорковых пузырей и мелких трещин, к привариванию слитков к изложницам и уменьшению стойкости последних.

В современных сталеплавильных цехах все работы, связанные с чисткой и смазкой изложниц и подготовкой составов сталеразливочных тележек (установка поддонов, набора центровых, установка и подмазка прибыльных надставок и т. д.), выполняют механизированными способами в специализированных отделениях.

Машины для чистки изложниц

Чистку изложниц производят двумя способами — гидравлическим и механическим. Гидравлическую чистку осуществляют водой, подаваемой под большим давлением из форсунок; механическую — металлическими щетками или дробеструйным сбивом. Гидравлическая чистка имеет ряд недостатков и одним из основных является резкое снижение стойкости изложниц. Поэтому применяются в основном установки механической чистки изложниц *щеточного типа*, которые подразделяются на два основных вида: установки с вращательным и одновременным поступательным движением щеток; установки с относительным поступательным движением щеток и изложницы (движутся щетки при неподвижной изложнице или наоборот).

Кинематическая схема механизма с вращающимися и поступательно движущимися щетками для чистки сквозных изложниц приведена на рис. VI.7. Корпус 3 щеточного устройства перемещается по вертикали канатным механизмом 8 с барабанной лебедкой. Внутренние поверхности стенок изложницы зачищаются металлическими щетками 7, посаженными на вал 5 и вращаемыми электродвигателем 1 через двухступенчатый редуктор 2 и промежуточный вал с муфтами 4. К нижней части корпуса шарнирно присоединены четыре щеткодержателя самоустанавливающихся щеток 6, обеспечивающих чистку углов изложницы при поступательном движении корпуса.

Эксплуатация устройства с вращающимися щетками показала, что чистка изложниц прямоугольного и волнистого сечений недостаточно эффективна. Углы изложниц, как правило, приходится дополнительно зачищать вручную; стойкость щеток мала из-за больших изгибающих циклических напряжений; затруднена или невозможна зачистка дна глухондных изложниц. Кроме того, поперечные риски на стенках изложницы, создаваемые вращающимися щетками, после многократной разливки стали приводят к застреванию слитка в изложнице.

Отмеченные недостатки отсутствуют в установках с относительным движением щеток и изложницы при условии, что конфигурация щеток копирует профиль поперечного сечения изложницы.

Установка с поступательно движущимися щетками предназначена для чистки сквозных изложниц и состоит из двух односторонних тележек, перемещающихся по пролетному строению над составом с изложницами. Тележка 2 для чистки изложницы (рис. VI.8) имеет реечный механизм 7 поступательного движения щеток и механизм пере-

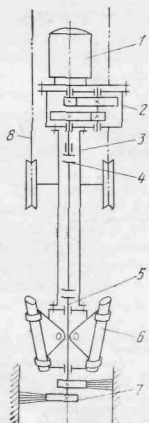


Рис. VI.7. Кинематическая схема механизма для чистки сквозных изложниц

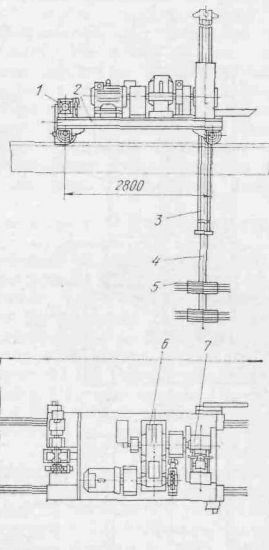
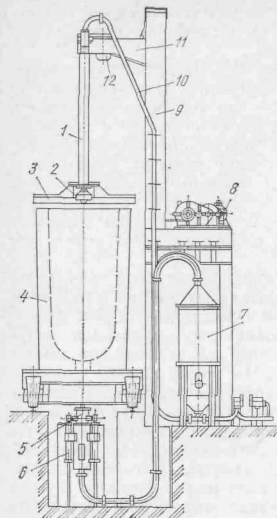


Рис. VI.8. Тележка установки для чистки сквозных изложниц

Рис. VI.10. Дробеметная установка



Чугунную дробь фракции 0,5—2 мм сжатым воздухом подают из нижней части камеры 7 по трубопроводу 10 и пустотелой штанге в дробеметную головку. Продукты чистки вместе с дробью через донное отверстие в изложнице 4 попадают в отсасывающий патрубок 5, прижимаемый к днущу изложницы пневмоцилиндром 6, и поступают в регенерационную камеру 7. В последней дробь отделяется от продуктов чистки и вновь поступает в дробемет. Дробь подается автоматически при опускании зонта на изложницу.

Машины для смазки изложниц

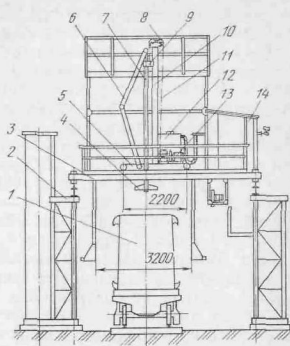
После чистки внутренней поверхности изложницы передают на участок смазки, где на эту поверхность наносят слой защитного покрытия для предотвращения прилипания к стенкам изложницы окисной корки, плавающей на поверхности металла, и брызг металла, образующихся при разливке, а также для предупреждения обезуглероживания стенок изложницы от действия оксидов.

Машина для смазки должна обеспечить равномерное распределение покрытий на всей поверхности изложниц, без пропусков. Производить смазку рекомендуется при температуре изложниц в пределах 38—120 °С.

Тонкое распыление лака и равномерное покрытие внутренней поверхности изложницы достигаются центробежным распылителем, вращающимся с частотой 6000—8000 об/мин от пневматического привода. Смазка изложниц осуществляется за один цикл движения штанги вниз и вверх. Смазка подается в момент, когда зонт упирается в верхний торец изложницы, и прекращается при выходе штанги из изложницы. Зонт под действием собственного веса перекрывает подачу лака на распылитель.

В сталеплавильных цехах для смазки изложниц в основном применяют установки двух типов: тележного и кранового. Более удачной является установка кранового типа (рис. VI.11). Мост крана 3 — облегченной конструкции (с длиной пролета

Рис. VI.11. Установка кранового типа для смазки изложниц



6500 мм), перемещается над составом с изложницами 1 по эстакаде 2. Положение распылителя лака 4 регулируется перемещением тележки 5 ($v = 11,9$ м/мин). Механизм передвижения состоит из электродвигателя ($P = 1,1$ кВт), червячного редуктора и зубчатой передачи, соединенной с валом ходовых колес. Штанга 7 распылителя прикреплена к каретке 9, перемещающейся на роликах по колонне 10, в нижней части входит в направляющие ролики, расположенные в раме тележки.

Механизм перемещения распылителя канатного типа состоит из каната 11, направляющих блоков 8 на колонне и барабанной лебедки 13 с электродвигателем ($P = 1,1$ кВт) и червячным редуктором.

Скорость движения распылителя 42 м/мин. Для предупреждения падения штанги при обрыве каната предусмотрен ловитель. Основной бак 14 большой вместимости установлен на мосту и связан гибким шлангом с расходным баком 12, расположенным на тележке. Насосная станция, смонтированная на тележке, соединена с полый штангой распылителя 7 вертикалом 6. Распылитель вращается под давлением лака (избыточное давление 1,3 МПа). Управление установкой полуавтоматическое.

Перспективной является комбинированная установка для одновременной чистки и смазки изложниц (рис. VI.12), отличающаяся простотой устройства и минимальными габаритами. Внутри рамы 5 на трубчатой колонне закреплены головка с горизонтальными щетками 4 для чистки и форсунка 11 для смазки изложницы 1 водографитовой эмульсией.

Рама установлена на пружинах-амортизаторах для смягчения ударов при посадке изложницы. Кондуктор 2

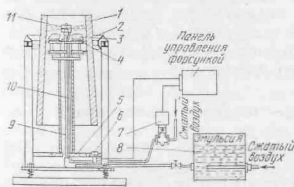


Рис. VI.12. Комбинированная установка для чистки и смазки изложниц

направляет изложницу по оси установки, а отбойник 3 на щеточной головке предупреждает повреждение щеткодержателей при ударах. Чистка изложницы происходит за один цикл ее перемещения мостовым краном вниз и вверх, смазка — при движении вверх. Поддача в форсунку сжатого воздуха по воздухопроводу 10 и эмульсии из бака 8 по трубопроводу 9 начинается при нажатии опускающейся изложницей командоаппарата 6, открывающего электромагнитный вентиль 7 сжатого воздуха. Закрывание вентиля и прекращение подачи воздуха и эмульсии осуществляются с помощью реле времени, настраиваемого в зависимости от скорости движения и высоты изложницы. При скорости 12 м/мин время подготовки одной изложницы составляет 25—30 с. Одним комплектом щеток обрабатывают 3500—4000 изложниц.

На Западно-Сибирском металлургическом комбинате введено в эксплуатацию отделение смазки изложниц, в котором используется система автоматического замера температуры изложниц, созданная в основном на аппаратуре, входящей в комплект фотоэлектрического пирометра типа ФЭП-8. Отделение представляет собой туннель, в который тепловозом подают состав с изложницами, оборудованный совмещенными системами измерения температуры и тушения пожара.

Система обеспечивает автоматический замер температуры каждой изложницы в пределах 100—300 °С с точностью ± 8 °С определяемой эффективной длиной волны излучения, находящейся в пределах 2,74—2,5 мкм. В системе предусмотрена автоматическая сигнализация, срабатывающая при прохождении изложниц с температурой выше 220 °С и предупреждающая о возможности возникновения пожара. При возникновении пожара автоматически включается подача пара в зону огня.

На Ждановском металлургическом комбинате «Азовсталь» разработана машина для покрытия внутренней поверхности изложницы лаком, снабженная дозатором. Конструкция машины позволяет при необходимости вместе с лаком наносить на стенки изложницы порошкообразный раскислитель, например алюминиевый порошок.

Один из способов покрытия внутренних стенок изложниц предложен в Швейцарии. Сущность его заключается в том, что в изложницу перед ее заполнением металлом вводят смолу и экзотермическую массу. Состав поджигается, а изложницу накрывают крышкой. Капли смолы возгораются и продукты сгорания оседают на стенках изложницы. Остатки смолы, золы и несгоревших частиц удаляют из изложницы.

Механизация работ по подготовке составов с изложницами

После чистки и смазки изложницы на составах подают в отделение подготовки изложниц и составов, которое состоит из двух порталов — для подготовки составов при разливке сверху и при си-

фонной разливке. Однако наиболее рациональным является устройство двух отделений. Подготовка составов организована по поточному методу, при котором отдельные операции проводятся в определенной последовательности по мере продвижения состава.

В отделении подготовки изложниц и составов выполняются следующие работы: наборка поддонов, замена вышедших из строя изложниц новыми (с предварительным их подогревом), подготовка центровых и надставок, сборка составов и др.

Подъемно-транспортное оборудование отделений состоит из мостовых кранов грузоподъемностью от 15 до 50 т и точных конвейеров для подачи кирпича, порошков и уборки мусора. Имеются стеллажи для надставок и центровых, склад запасных изложниц, поддонов и надставок, бункера для порошков, печи для сушки центровых и подогрева изложниц. Большое внимание уделяют механизации тяжелых и трудоемких работ по подмазке прибыльных надставок, наборе центровых, установке и выбивке стаканов из изложниц, уборке мусора и т. д.

Нанесение тонкого защитного слоя огнеупорной массы (толщиной 3—15 мм) на внутреннюю футерованную поверхность нагретой прибыльной надставки резко повышает ее срок службы. Механизированная подмазка надставок производится машинами лопатного и роторного типов. Более надежна и эффективна машина с роторным механизмом нанесения защитного слоя (рис. VI.13). Машина состоит из portalного моста с передвигательной тележкой, на которой установлен роторный бросковый механизм. Механизм с радиальными лопатками забрасывает в изложницу огнеупорную массу, которая насосом подается из бака для раствора, а сульфат щелочи по гибкому шлангу. Бросковый механизм может устанавливаться на требуемой высоте с помощью специального механизма.

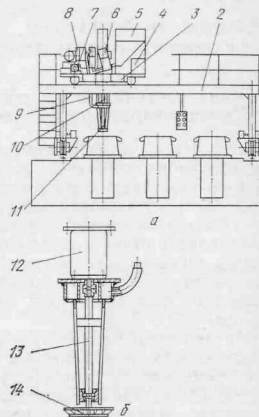


Рис. VI.13. Машина с роторным механизмом для нанесения защитного слоя:

а — общий вид машины; б — роторный бросковый механизм; 7 — механизм передвижения крана; 8 — мост; 9 — тележка; 4, 5 — баки для растворов; 6 — механизм передвижения ротора; 7 — механизм передвижения тележки; 8 — насос; 9 — гибкий шланг; 10 — роторный бросковый механизм; 11 — зубчатая рейка; 12 — электродвигатель; 13 — вертикальный вал; 14 — ротор

На многих передовых металлургических предприятиях проведены ряд мероприятий по механизации и автоматизации трудоемких процессов, связанных с подготовкой составов с изложницами, что позволило повысить эффективность производства.

Глава VII

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧЕЙ

В связи с тем, что основным способом выплавки стали является кислородно-конвертерный, потребляющий меньшее количество лома по сравнению с мартеновским, возникли предпосылки для более быстрого развития электросталеплавильного производства, работающего на твердой шихте. Вторая важная причина развития выплавки стали в электропечах — все возрастающая потребность в легированных сталях и чистом металле из металлургических окатышей. Развитие электросталеплавильного способа производства стали будет идти параллельно с кислородно-конвертерным.

На металлургических предприятиях с большим объемом производства низколегированной и трансформаторной сталей в основном применяют дуговые трехфазные электропечи вместимостью 50, 100 и 200 т. На специализированных заводах по производству высококачественной и специальной сталей применяют дуговые электропечи вместимостью 3—100 т, индукционные электропечи обычных конструкций и вакуумные.

Высококачественные слитки (по структуре и поверхности) получают в вакуумных электропечах с расходующим электродом и в печах электрошлакового переплава. В последнее время для получения сталей для атомной и ракетной техники применяют электронно-лучевые плазменные печи. Ферросплавы выплавляют в дуговых электропечах на специализированных заводах.

Выплавка стали в дуговых электропечах основана на том, что электрическая энергия превращается в тепловую вследствие электрического разряда, протекающего в газовой среде или в вакууме. В электрическом разряде сосредоточиваются высокая концентрация энергии и огромные мощности в небольших объемах металла, в результате чего получают высокие температуры и быстрое расплавление металла.

По способу теплового воздействия электрической дуги на металл дуговые электропечи можно разделить на печи с независимой дугой, с закрытой дугой и с зависимой дугой.

Печи с независимой дугой — это дуговые печи косвенного действия, в которых электрическая дуга горит между электродами, а по нагреваемому металлу ток дуги не протекает. Нагрев и расплавление металла осуществляются косвенно, излучением. В таких печах можно плавить металлы и сплавы с низкой температурой испарения, в частности цветные металлы и даже сплавы, содержащие цинк.

Печи с независимой дугой — небольшие (до 500—600 кВ·А), обычно однофазные, служат для плавки металлов с температурой плавления не выше 1300—1400 °С. К дуговым печам косвенного действия можно отнести плазменные установки (плазматроны).

Печи с закрытой дугой — это дуговые печи сопротивления, в которых электрическая дуга горит в газовой полости, внутри расплавляемой шихты, подключенной последовательно или параллельно с дугой (рис. VII.1, а). Вследствие большого сопротивления шихты выделяемое в ней джоулево тепло образует внутри шихты очаг высокой температуры. Эти печи позволяют расплавлять металлы с высокой температурой испарения и возгонки. Такие печи применяют для восстановительных руднотермических процессов, для производства ферросплавов и др. К печам этого типа можно отнести установки электрошлакового переплава, являющиеся по своему принципу печами сопротивления.

Печи с зависимой дугой (рис. VII.1, б) — дуговые печи прямого действия, в которых шихта, как часть электрической цепи, обтекается полным током, дуговой разряд зависит от свойств расплавляемого металла.

Дуга горит между электродами и расплавляемым металлом, непосредственно нагревая последний. В электропечах с зависимой дугой можно применять длинные графитовые электроды большого сечения, допускающие значительную силу тока, что обеспечивает большую мощность и производительность этих печей. Они получили наиболее широкое распространение для выплавки электростали. В дуговую электропечь энергия вводится через трансформатор, который является неотъемлемой частью электрической установки.

К дуговым печам с зависимой дугой можно отнести и вакуумные дуговые печи с нерасходующим и расходующим электродами, в которых можно получать еще большие мощности, чем в сталеплавильных, и производить плавку таких тугоплавких металлов, как молибден, тантал, ниобий.

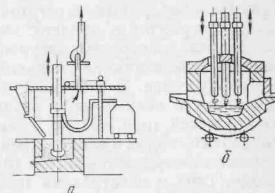


Рис. VII.1. Схемы дуговых электропечей

Дуговые электросталеплавильные печи строят с механизированной завалкой шихты, загружаемой сверху бадьей за один—два приема. Печи с верхней загрузкой имеют следующие достоинства: возможность заполнения шихтой почти всего рабочего пространства печи; применение крупногабаритного лома и рациональное размещение его в печи; сокращение паузы между выпуском и началом следующей плавки. В результате повышается производительность печи и уменьшается расход электроэнергии.

Конструкции дуговых электропечей постоянно претерпевают изменения, которые вызваны, с одной стороны, систематическим укрупнением печных агрегатов, а с другой — общим техническим прогрессом в области электрометаллургии.

Дуговые электропечи загружают металлической шихтой сверху саморазгружающимися бадьями (корзинами) при отведенном в сторону своде. В зависимости от схемы относительного смещения корпуса печи и свода различают следующие основные типы электропечей (рис. VII.2): с выкатывающимся корпусом, портал с поднятым сводом и электродами остается на месте (рис. VII.2, а); с выкатывающимся порталом (рис. VII.2, б); с поворачивающимся сводом, свод с электродами поднимается и отводится в сторону (рис. VII.2, в).

Большегрузные печи выполняют с верхней загрузкой с выкатывающимся корпусом (серия ДСВ) и с поворачивающимся сводом (серия ДСП).

Печи с выкатывающимся корпусом требуют больших площадей, увеличивается количество механизмов, повышается металлоемкость, а следовательно, увеличиваются масса печи, стоимость, простои. В последнее время в Советском Союзе и за рубежом выпускают печи, в основном, с поворачивающимся сводом. Объясняется это тем, что опорно-поворотная часть с полупорталом и механизмом поворота компактны, относительно просты по конструкции и не создают затруднений при загрузке печи. Для других типов механизмов необходима значительно большая производственная площадь, они сложнее и менее надежны в работе, затрудняют подачу и установку бадьи. Недостаток печей с поворачивающимся сводом — расположение полупортала и механизма его поворота на люльке — приводит к увеличению массы наклоняющейся части и требует усиления люльки.

На металлургических предприятиях в основном устанавливают электропечи с поворачивающимся сводом типовой серии ДСП (дуговые сталеплавильные печи) вместимостью 12, 25, 50, 100 и 200 т, в которых нашли отражение новейшие достижения электротермии и электропечного машиностроения. Электропечи средней серии ДСП-12, ДСП-25 и ДСП-50 выполняют с гидравлическими приводами основных механизмов, электропечи крупной серии ДСП-100, ДСП-200 изготавливают с электроприводами всех механизмов.

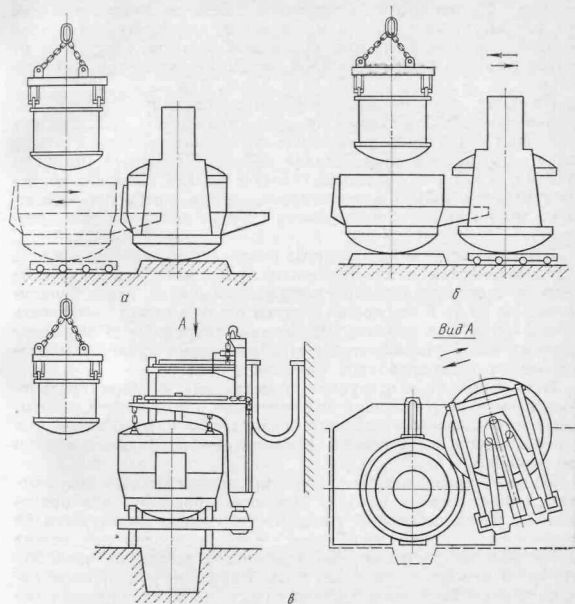


Рис. VII.2. Типы электропечей по способу загрузки

Печи наклоняют в сторону сливного желоба на угол 40—45° для слива металла в ковш и на угол 10—15° в сторону рабочего окна для скачивания шлака. Механизмы наклона дуговых сталеплавильных и рафинировочных ферросплавных печей делятся на секторный, роликковый и цапфовый.

Печь с секторным механизмом наклона опирается на два (в некоторых случаях на четыре) гладких или зубчатых сектора, перекатывающихся по плоским опорам. При этом сливной носок, опускаясь, перемещается вперед.

Печь с роликковым механизмом наклона опирается на систему роликов (с неподвижными или с подвижными осями), объединенных в специальные сепараторы. При наклоне печь поворачивается относительно неподвижной оси, расположенной недалеко от центра тяжести печи, а сливной носок опускается и перемещается назад.

Печь с цапфовым механизмом наклона опирается на две цапфы, расположенные у сливного носка. В этом случае неподвижная ось расположена на значительном расстоянии от центра тяжести печи и сливной носок перемещается незначительно.

Наиболее широкое распространение получил секторный механизм наклона. Роликовый механизм применяют реже, так как у крупных печей ввиду значительного отклонения сливного носка назад затрудняется слив металла в ковш. Цапфовый механизм наклона, в котором создаются большие усилия наклона, применяют редко и только в том случае, когда требуется обеспечить минимальные перемещения струи металла при разливке.

В зависимости от типа привода различают механизмы наклона с гидравлическим и электрическим приводами. Гидравлические приводы получили широкое распространение на печах вместимостью до 50 т. К их преимуществам следует отнести плавность работы и удобство ремонта. Применение гидропривода для более крупных печей усложняется технологическими трудностями изготовления гидроцилиндров большой длины.

Независимо от конструкции к механизму наклона предъявляются высокие требования долговечности и надежности работы, обеспечения легкого и плавного наклона печи на требуемый угол с необходимой скоростью и исключения опрокидывания печи при наклоне.

По месту расположения привода механизмы наклона подразделяются на боковые и нижние. Механизмы бокового типа применяют на печах небольшой вместимости, привод монтируется на стационарной стойке сбоку печи. Такое расположение весьма удобно для эксплуатации, так как привод всегда доступен для осмотра и ремонта и не может быть поврежден при прорыве металла через кожух печи. Однако одностороннее приложение опрокидывающего момента вызывает в кожухе печи большие усилия и деформации, из-за чего механизм наклона бокового типа на печах средней и большой вместимости применять не рекомендуется. На этих печах применяют механизм наклона нижнего типа, приводы монтируют на фундаменте под печью со стороны рабочего окна. Они обеспечивают хорошую устойчивость печи, но защита их от шлака и металла в случае прогара днища менее надежна, чем боковых механизмов.

Для ускорения плавки и повышения производительности на крупных электросталеплавильных печах ванну поворачивают на 40° в одну и в другую стороны вокруг вертикальной оси со скоростью примерно один градус в секунду (т. е. один оборот за 6 мин). Под электродами вместо трех проплавляют девять колодцев, что ускоряет плавку шихты и уменьшает опасность прожигания подины.

2. УСТРОЙСТВО И ГРУЗОПОТОКИ ЦЕХОВ

В системе грузопотоков электросталеплавильного цеха с дугowymi электропечами (рис. VII.3) различают линии доставки и загрузки лома, подачи и загрузки сыпучих шлакообразующих материалов и ферросплавов, уборки шлака, разливки и уборки стали.

Лом из шихтового отделения магнитных материалов или из копрового цеха железнодорожным транспортом подают в шихтовой пролет 1 главного корпуса электросталеплавильного цеха и разгружают в ямные бункера 1. Загрузку саморазгружающих

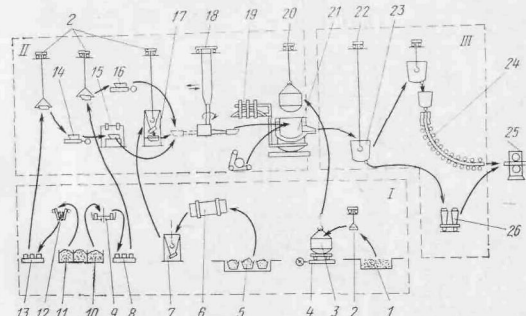


Рис. VII.3. Грузопотоки электросталеплавильного цеха

бадей 3 производят магнитным краном 2. После взвешивания на платформенных весах бадью тележкой 4 перемещают в печной пролет II и устанавливают над печью 21 и при отведенном своде завалочным краном 20 производят загрузку лома.

Доставляемые в цех шлакообразующие материалы разгружают в приемные переносные бункера 5. После сушки в барабанном сушиле 6 материалы поступают в переносные бункера 7, которые затем устанавливают мостовым краном 2 на балкон рабочей площадки. Из бункера материал загружают в мультузу (мультузовалочным краном) 18 подают в печь. Подача шлакообразующих материалов в печи большой вместимости осуществляют загрузочными машинами 19.

Кокс и бой электродов из бункера 10 поступают на бегуны 9 для измельчения и загружаются в мультузы 8, устанавливаемые краном 2 на балкон рабочей площадки. После взвешивания на платформенных весах 16 материал подают в печь крановой завалочной машиной.

Ферросплавы из бункеров 11 подают для дробления в щековую дробилку 12, загружают в мультузы 13, взвешивают на весах 14

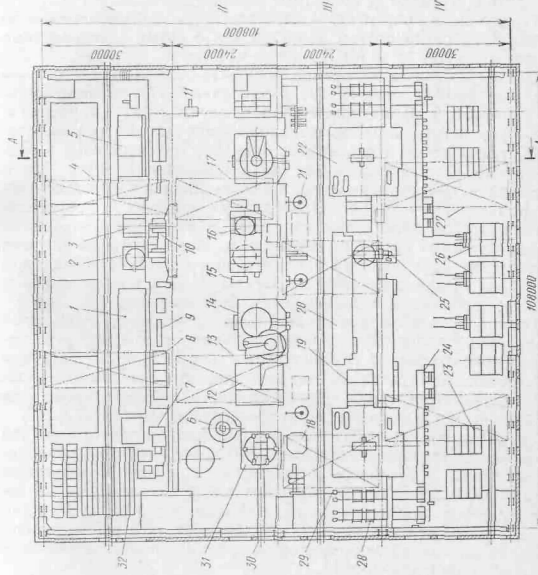
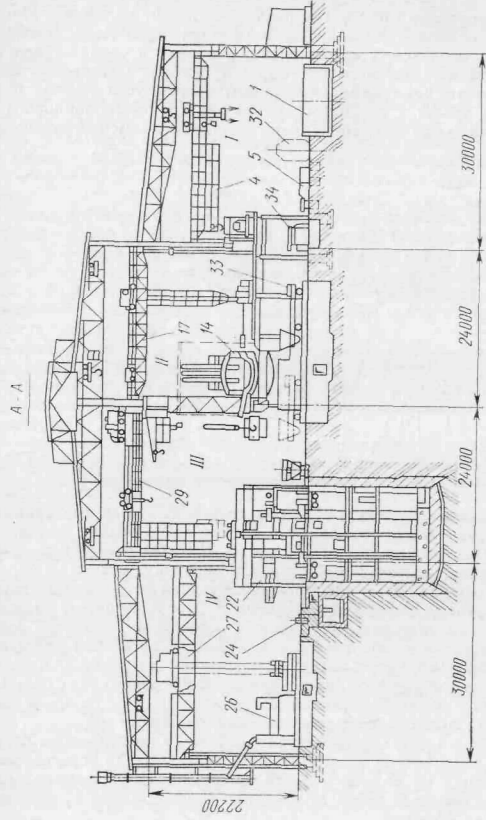


Рис. VII.4. Электрошлаковый пещ с дуговыми печами вместимостью 100 т

и задают для нагрева в печь 15, расположенную на балконе рабочей площадки. Все операции обслуживает мультимагнитный кран 2. Загрузка нагретых ферросплавов в электропечь осуществляется крановой завалочной машиной.

В разливочном пролете III производят разливку стали. Сталь из печи выпускают в сталеразливочный ковш 23, который разливочным краном 22 подают на машину 24 непрерывного литья заготовок или для разливки в изложницы 26. Полученные заготовки или слитки передают в прокатные цехи 25.

Характерным современным электросталеплавильным цехом по устройству и грузопотокам является цех с двумя электропечами вместимостью 100 т и МНЛЗ (рис. VII.4).

Здание разделено на четыре основных технологических участка: шихтовый I, печной II, разливочный III, вспомогательный IV пролеты. В шихтовом пролете осуществляют хранение и подготовку плавильных материалов. Сыпучие материалы разгружают из вагонов в переносные бункера, установленные в бункерной яме 32 с эстакадой для железнодорожного пути. Лом и чушковый чугун разгружают мостовыми кранами с подвесными электромагнитами и хранят в углубленных закромах I. Ферросплавы, кокс и бой электродов помещают в наземных бункерах 5 с оградительными стенками. Кроме того, предусмотрены закрома для магнетитового порошка и плавикового шпата. Под балконом рабочей площадки расположены бегуны 34 для помола кокса и щековая дробилка для измельчения ферросплавов.

Для просушки сыпучих материалов установлен сушильный барабан 7. Пролет обслуживается двумя мостовыми мультимагнитными кранами 4 грузоподъемностью 30/15 т с траверсами для переноса шихтовых бункеров и другими сменными грузозахватными устройствами — грейферами, электромагнитами для наполнения металлической шихтой загрузочных бадей.

Для передачи груженых бадей из шихтового пролета в печной и возврата порожних служат две самоходные электрифицированные тележки 2 и 16, перемещающиеся по поперечным рельсовым путям. Груженные бади взвешивают вместе с тележками на весах 3 железнодорожного типа грузоподъемностью 150 т. Так как тележки с груженными баделями перемещают под рабочую площадку, то для их подъема мостовым краном в полу рабочей площадки предусмотрен проем.

Ферросплавы транспортируют в мульдах и подают на балкон рабочей площадки кранами шихтового пролета с мультимовыми захватами; поднятые мулды устанавливают на стеллажи 9 и взвешивают на весах 11, расположенных в шихтовом и печном пролетах. Непосредственно перед загрузкой в печь ферросплавы подогревают вместе с мульдами в специальной нагревательной печи 10, расположенной на рабочей площадке.

Сыпучие материалы — известь, железную руду и магнетитовый порошок — подают мостовыми кранами из шихтового про-

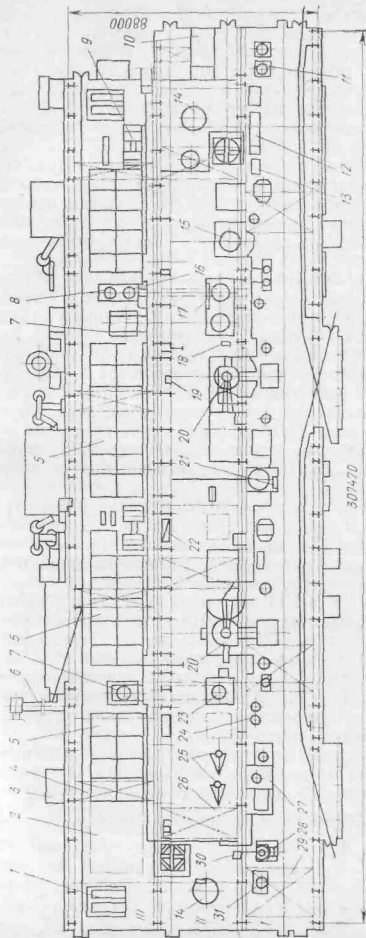


Рис. VII.5. План электросталеплавильного цеха с дуговыми печами вместимостью 100 и 300 т.

I — разливочный пролет; II — печной пролет; III — разливочный пролет; IV — вспомогательный пролет; 1 — магнитный кран; 2 — место для крановой завалочной машины; 3, 10 — помещения парожесточных насосов; 4 — мультимагнитный кран; 5 — бункер для ферросплавов; 6 — бункер для кокса; 7 — весы; 8 — самоходная тележка; 9 — стеллажи; 10 — печь для нагрева ферросплавов; 11 — весы; 12 — весы; 13 — весы; 14 — машина для наработки слитков; 15 — электропечь; 16 — тележка; 17 — тележка; 18 — тележка; 19 — тележка; 20 — тележка; 21 — тележка; 22 — кран; 23 — ковш; 24 — машина для непрерывного литья; 25 — прокатный стан; 26 — изложница; 27 — тележка; 28 — тележка; 29 — тележка; 30 — тележка; 31 — тележка.

лета в печи в переносных бункерах, которые устанавливают на рабочей площадке на стеллажи 8. Бункера вместимостью 10 м³ каждый снабжены секторными затворами с приводом от пневмоцилиндров, которые гибкими шлангами подключаются к магистрали сжатого воздуха. Управление затворами осуществляется распределителями. Сыпучие материалы выдаются из бункеров в мульды, которые затем подаются и убираются крановой завалочной машиной 17.

Лом загружают в печь следующим образом. Загрузочная бадейка снимается с передаточной тележки 2 мостовым завалочным краном 13 и транспортируется к электропечи 14. Свод печи поворачивается, открывая рабочее пространство, и бадейка разгружается через днище. Ферросплавы загружаются в печь крановой завалочной машиной 17.

Шлакообразующие подаются в печь специальной машиной. Шлак скачивается из электропечи через рабочее окно в шлаковый ковш, установленный под печью на тележке 33, которую по заполнении ковша передают в разливочный пролет ледбедкой.

Сталь выпускают в ковши, которые подают разливочными кранами 29 к машине непрерывного литья заготовок 22. В случае неполадок в процессе разлива на МНЛЗ сталь разливают в изложницы, расположенные на специальных площадках 19. При ремонтах МНЛЗ и в ряде других случаев сталь разливают в изложницы, установленные на тележках, для чего предусмотрена разливочная площадка 20. Часть стали обрабатывают в вакуумной установке 25.

Для проведения ремонтных и подготовительных работ служат ямы 31 для выбивки и печь 6 для сушки сводов, устройство для срачивания электродов 15, яма 18 для ремонта и устройства 21 для сушки сталеразливочных ковшей. Каждая из электропечей обслуживается своей электроподстанцией 12.

Заготовки выдают из МНЛЗ подъемником, а затем уборочным устройством 28, состоящим из рольгангов и шлепперов, передают на линию 24 резки заготовок на мерные длины. Порезанные заготовки (слябы) специальными уборочными кранами 27 с захватами подают на стеллажи 23 для охлаждения или в термические печи 28. Подачу в главное здание шихтовых материалов и уборку продуктов плавки осуществляют по двум сквозным и трем тупиковым железнодорожным путям 30.

На рис. VII.5 показан план электросталеплавильного цеха с дугowymi электропечами вместимостью 100 и 200 т. Организация грузопотоков выполнена по принципу, описанному выше.

3. КОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ И ИХ МЕХАНИЗМОВ

Дуговая электропечь ДСП-100

Электропечь состоит из цилиндрического корпуса с внутренней огнеупорной футеровкой, съемного купольного свода и сферического днища. В корпусе имеются рабочие окна для загрузки ферро-

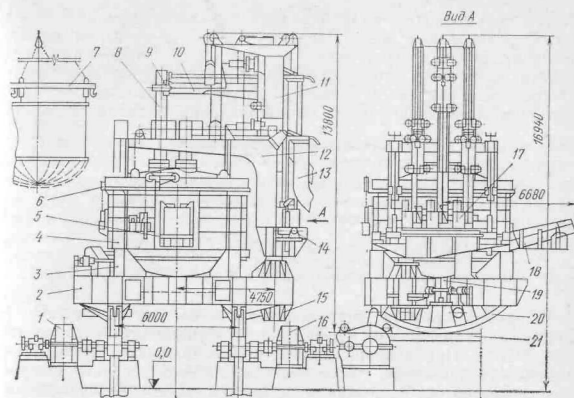


Рис. VII.6. Дуговая электропечь вместимостью 100 т

сплавов, заправки печи и скачивания шлаков и носок для слива металла в ковш. В комплекс печи входят порталы для подъема свода при загрузке шихты; электрододержатели, в которых закреплены графитовые электроды.

Электропечь обслуживают следующие основные механизмы: перемещения электродов, зажима электродов, подъема свода, поворота портала, наклона корпуса и поворота печи. Имеются также вспомогательные механизмы для открывания заслонок рабочих окон и др.

Конструкция электропечи ДСП-100 показана на рис. VII.6. Корпус 4 печи установлен на роликах в люльке 2, опирающейся своими сегментами 20 на фундаментные балки 21. При сливе металла и скачивании шлака печь наклоняется двумя реечными механизмами с электроприводами 1 и 16. Загрузку печи производят сверху загрузочной бадейкой (корзиной) 7, устанавливаемой над печью. Для заправки шихты свод 6 поднимают механизмом 14 и отводят в сторону полупорталом 12 посредством механизма поворота свода (портала) 19. Опора 15 полупортала закреплена в люльке 2. Для поворота корпуса на некоторый угол в обе стороны от начального положения служит механизм поворота 3. Электрод 8 закрепляют на концах электрододержателя 10 механизмом зажима 9; каретки электрододержателей перемещаются по колоннам 11. Ток подводится к печи от трансформатора гибкими шинами 13. Для каждого электрода предусмотрен свой независимый механизм перемещения 17, расположенный на пло-

щадке полупортала. Жидкий металл сливается через носок 18 в сталеразливочный ковш. Заправку подины, скачивание шлака, загрузку ферросплавов, шлакообразующих и легирующих элементов выполняют через рабочее окно 5, снабженное заслонкой с механизмом подъема. В средней части люльки размещено устройство для электромагнитного перемещения металла в ванне.

*Техническая характеристика
электропечи ДСП-100*

Номинальная вместимость, т.	100
Внутренний диаметр кожуха, мм	6750
Диаметр электрода, мм	550
Холд электрода, мм	3600
Мощность трансформатора, мВ·А	25
Максимальная сила тока, кА	34,5
Масса металлоконструкции печи, т. . . .	440

Опорно-поворотная часть электропечи состоит из люльки 1 с двумя опорными сегментами 8 и фундаментных балок 9 (рис. VII.7). При наклоне люльки и печь получают, кроме вращательного движения, также поступательное в результате качения сегментов без скольжения по балкам. Для предупреждения проскальзывания люльки на опорных поверхностях сегментов в шахматном порядке закреплены шипы, а в фундаментных балках высверлены соответствующие отверстия.

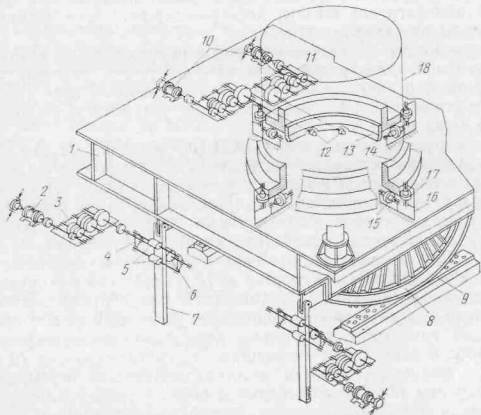


Рис. VII.7. Кинематические схемы механизма наклона и поворота корпуса электропечи

Рейки 7, шарнирно присоединенные к люльке, также совершают сложное движение — поступательное от приводных шестерен 6 и качательное вокруг оси этих шестерен в результате перемещения люльки. Возможность обкатывания рейками шестерен достигается установкой качающихся обойм 4 с ограничительными роликами 5, обеспечивающими правильность зацепления реечной пары.

В механизме наклона печи предусмотрены два независимых электропривода для каждой из зубчатых реек. Такое конструктивное решение нужно признать удачным, так как при выходе из строя одного из приводов печь можно наклонить другим на пониженной скорости. Кроме того, не требуется вал, соединяющий реечные пары, что облегчает вывод из-под печи шлаковой тележки. В механизме наклона два электродвигателя 2 ($P = 30$ кВт, $n = 570$ об/мин) и редукторы 3 с передаточным числом 227.

Поступательная скорость перемещения реек 3 м/мин. Угол наклона печи в сторону носка при сливе металла 45° , угол поворота в сторону рабочего окна при скачивании шлака 16° . Остановка механизма в крайних положениях осуществляется командоаппаратами, размещенными на выходных валах редукторов.

После проплавки первых колодцев в шихте электроды поднимают в крайнее верхнее положение, поворачивают корпус на определенный угол, электроды опускают и проплавляют следующие колодцы.

Опорно-поворотная часть печи устроена следующим образом. Корпус печи 18 кольцом 14 опирается на ролики 15. Осевое смещение корпуса предупреждается упорными роликами 17. Опорные и упорные ролики парно расположены в четырех тумбах 16, закрепленных на люльке 1. Поворот корпуса осуществляется коническим зубчатым сектором 13, прикрепленным к кожуху печи. Сдвоенный привод состоит из двух электродвигателей 10 ($P = 7,5$ кВт, $n = 700$ об/мин) и двух трехступенчатых редукторов 11 ($u = 296,3$). На выходные валы редукторов посажены конические шестерни 12, находящиеся в зацеплении с сектором.

Механизмы поворота корпуса, подачи электродов и подъема свода заблокированы так, что поворот корпуса возможен только при верхнем положении электродов и поднятом своде. Конструктивное исполнение механизма поворота корпуса печи показано на рис. VII.8.

Кинематическая схема механизма поворота свода дана на рис. VII.9 совместно с механизмами подъема свода, перемещения и зажима электродов. Вертикальный вал 27 полупортала, соединенного с опорной плитой 30, опирается на два радиальных роликоподшипника 29 и упорный шарикоподшипник 26, установленные в корпусе опоры. Поворот свода совместно с полупорталом осуществляется при помощи конического убитого сектора 28, получающего вращение от электродвигателя 22 через трехступен-

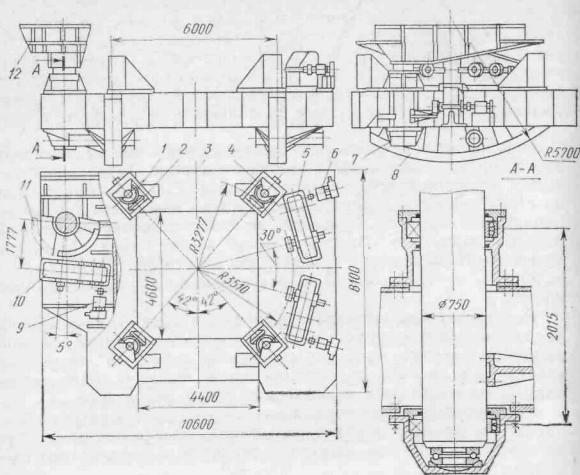


Рис. VII.8. Механизм поворота корпуса и свода электрпечи:

1 — ролики опорные; 2 — ролики опорные; 3 — люлька; 4 — тумба; 5 — редукторы; 6 — электродвигатели механизма поворота корпуса; 7 — подпятник (нижняя опора вала портала); 8 — сегменты люльки; 9 — электродвигатель механизма поворота свода; 10 — редуктор того же механизма; 11 — конический зубчатый сектор; 12 — опорная плита

чатый цилиндрический редуктор 23. Опора полупортала и привод механизма расположены в люльке.

Остановка привода в конечных положениях полупортала производится командоаппаратом, установленным на ведомом валу редуктора. В случае отказа в работе командоаппарата зубчатый сектор останавливается одним из двух стационарных упоров; электродвигатель в этом случае отключается максимальной токовой защитой.

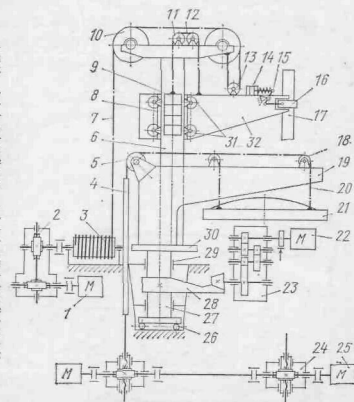
*Техническая характеристика
механизма поворота свода*

Угол поворота	80°
Частота вращения корпуса, об/мин	0,57
Продолжительность поворота, с	30
Электродвигатель:	
мощность, кВт	7,5
частота вращения, об/мин	700
Передаточное число редуктора	296,3
Общее передаточное число	1304
Масса поворотной части (с механизмом и сводом), т	217

Для предотвращения самопроизвольного поворота полупортала и разгрузки зубчатых передач механизма поворота свода от моментов, возникающих от веса всей поворотной системы при наклоне печи, полуportal фиксируется специальным стопором в то время, когда свод находится над корпусом печи. Работа механизма поворота свода заблокирована с работой механизмов подъема свода и перемещения электродов таким образом, что поворот свода возможен в том случае, если свод поднят и все электроды находятся в крайнем верхнем положении.

Рис. VII.9. Кинематические схемы механизмов перемещения и зажима электродов, подъема и поворота свода:

1 — электродвигатель механизма перемещения электродов; 2 — двухступенчатый червячный редуктор; 3 — барабан; 4 — тяга; 5, 18 — цепные ролик; 6 — колесо; 7 — канат; 8 — каретки; 9 — контргруз; 10 — канатные блоки; 11 — цепные ролик; 12, 20 — пластинчатые цепи; 13 — подвижной блок; 14 — пневматический цилиндр; 15 — рычажный механизм; 16 — хомут; 17 — электрод; 19 — полуportal; 21 — свод; 22 — электродвигатель механизма поворота свода; 23 — цилиндрический редуктор; 24 — червячно-винтовой редуктор; 25 — электродвигатель механизма подъема свода; 26, 29 — радиальные и упорные подшипники; 27 — вал полупортала; 28 — зубчатый сектор; 30 — опорная плита; 31 — ролики каретки; 32 — кронштейн электродержателя



Конструкция механизма поворота свода видна из рис. VII.8.

Свод поднимают в двух случаях: при загрузке печи и перед поворотом корпуса (в период расплавления) для вывода сводового кольца из песчаного затвора. Конструкция механизма подъема свода показана на рис. VII.10.

Подвеска свода 11 выполнена из тяг 9 и пластинчатых цепей 7, огнбоящих гладкие направляющие ролики 8 на полупортале 10. Цепи с каждой стороны полупортала крепятся к тягам 6 с регулировочными гайками 5, идущими к двум червячно-винтовым редукторам 2. Тяги получают перемещение от поступательно движущихся винтов, гайки которых вмонтированы в ступице червячных колес. Шлицы на верхних участках винтов предупреждают их проворачивание.

Для синхронной работы приводов и во избежание перекаса свода оба механизма соединены уравнительным валом 1. К тому же такая схема обеспечивает временную работу механизма при вы-

ходе из строя одного из электродвигателей 3. Крайнее положение свода устанавливается командоаппаратами 4. Привод расположен на платформе полупортала. Наибольшая высота подъема свода составляет 500 мм, скорость подъема 0,014 м/мин, масса свода 60 т. Привод состоит из двух электродвигателей переменного тока ($P = 11$ кВт, $n = 920$ об/мин) и червячно-винтовых редукторов.

В дуговой трехфазной электропечи установлены три независимых механизма перемещения — для каждого электрода.

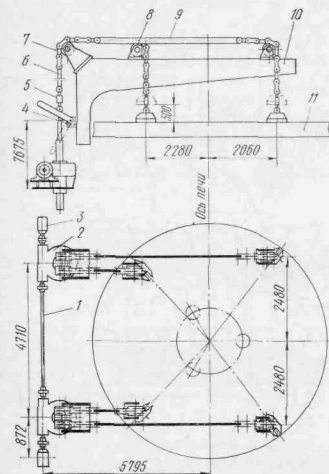


Рис. VII.10. Механизм подъема свода

Конструктивно механизм перемещения электрода выполнен следующим образом (рис. VII.11, а). По квадратной колонне 2 перемещается каретка 6, с четырех сторон которой закреплены ходовые ролики 5. К каретке прикреплен кронштейн 17, несущий на себе электрододержатель, токоподводящие трубы 14 и механизм зажима электрода. Масса каретки, кронштейна и электрода частично уравновешена противовесом 3, находящимся внутри колонны. Противовес связан с кареткой пластинчатой цепью 4, огибающей гладкие направляющие ролики 7. Каретка вместе с электродом поднимается канатной лебедкой. Канат 10, идущий от барабана лебедки 1, огибает направляющие блоки 8 и подвижной блок 12 на кронштейне каретки и крепится к шкивной площадке 9.

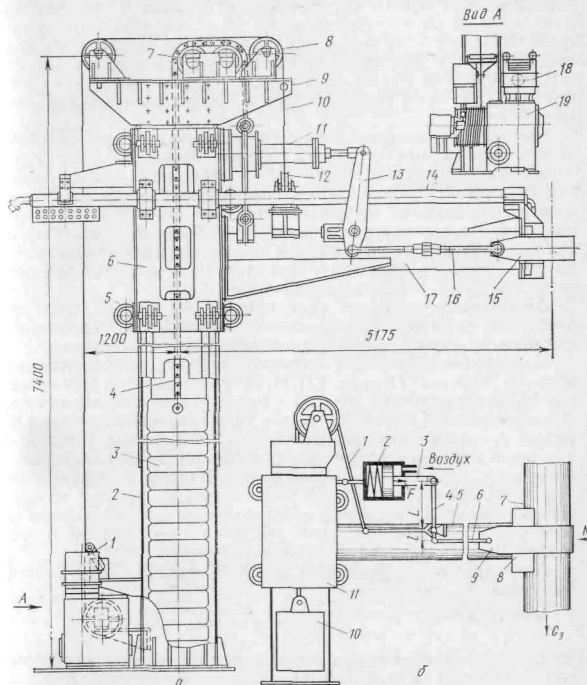


Рис. VII.11. Механизмы перемещения (а) и зажима (б) электрода

расположенной сверху колонны. Барабан лебедки приводится в движение фланцевым электродвигателем постоянного тока 18 ($P = 6,5$ кВт, $n = 1550$ об/мин) через двухступенчатый редуктор 19.

Максимальная скорость перемещения электрода 1,75 м/мин, ход электрода 3000 мм. Лебедки трех механизмов перемещения электродов располагаются на поворотной платформе полупортала и двигаются вместе с ним. Командоаппарат, соединенный с промежуточным валом червячного редуктора, дает импульс на от-

ключение электродвигателя лебедки, когда каретки подходят на расстояние 50 мм к верхнему упору. В случае опускания электрода на шихту и появления слабину каната электродвигатель останавливается вторым командоаппаратом, расположенным на отдельной стойке вблизи каната; провисающий канат воздействует на рычаг этого командоаппарата и электродвигатель отключается.

Электрод прижимается к торцовому башмаку на электрододержателе подвижным хомутом 15. Усилие зажима создается пружиной, находящейся в стакане 11, и передается хомуту рычагом 13 и тягой 16. Сила трения, возникающая между хомутом и электродом, надежно удерживает его. При перепуске электрода (операция по его опусканию вниз по отношению к каретке) и при замене электрод освобождается пневматическим цилиндром 14, воздействующим на пружину. При этом пневмоцилиндр сжимает и сдвигает шток влево, освобождая электрод.

Электрододержатели по типу привода зажима электрода делаются на пружинно-пневматические, пружинно-гидравлические, электромеханические, пневмоэксцентриковые и пневмоузловые.

Наибольшее применение получили пружинно-пневматические зажимы. Каретка 11 (рис. VII.11, б) уравновешена противовесом 10, подвешенным на канате 1 к рукаву 5 электрододержателя. Механизм зажима состоит из хомута 9 с регулируемыми тягами 6, рычага 4, соединенного шарнирно с тягой 6 и штоком 3. Рычаг 4 шарнирно опирается на неподвижную стойку 5. Пружины установлены в корпусе пневматического цилиндра 2. Пружинное устройство действует на шток 3, рычаг 4, тягу 6 и хомут 9, прижимающий электрод 7 к рабочей поверхности электрододержателя 8. Электрод 7 освобождается под действием пневматического цилиндра 2.

Для определения усилия на штоке F находим силу зажатия электрода

$$N = G_э \mu,$$

где $G_э$ — вес электрода; μ — коэффициент трения между электродом и зажимом ($\mu = 0,1 \div 0,15$).

Тогда

$$F = k_э \frac{NI}{L\eta},$$

где $k_э$ — коэффициент запаса ($k_э = 1,2 \div 1,3$); η — к. п. д. механизма.

Диаметр пневматического цилиндра

$$D_{ц} = \sqrt{F/0,785p},$$

где p — давление воздуха в цилиндре.

Дуговая электропечь ДСП-200

Создание дуговых электропечей большой вместимости преследует цель повышения технико-экономических показателей работы электросталеплавильных цехов, так как значительно сокращаются капитальные вложения на строительство печей, уменьшается расход электроэнергии и материалов, понижаются эксплуатационные расходы.

Общая компоновка электропечи ДСП-200 (рис. VII.12) выполнена аналогично печи ДСП-100. Повышенные нагрузки на опорно-поворотную часть портала определили своеобразие ее конструк-

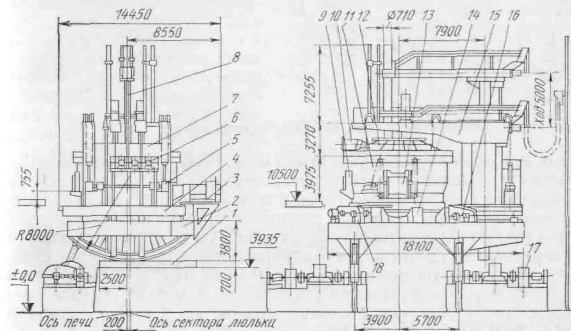


Рис. VII.12. Дуговая электропечь вместимостью 200 т:

1 — фундаментная балка; 2 — люлька; 3 — сливной носок; 4 — поворотная тумба; 5 — механизм подъема свода печи; 6 — механизм перемещения и зажима электрода; 7 — шихта; 8 — электрододержатель; 9 — вспомогательное окно; 10 — газостасывающий патрубок; 11 — корпус печи; 12 — свод печи; 13 — рабочее окно; 14 — ролик; 15 — портал; 16 — механизм поворота тумбы и свода печи; 17 — механизм наклона корпуса печи; 18 — механизм поворота вагона печи

ции (рис. VII.13). Полуportal 5 закреплен на платформе 10, которая поворачивается относительно оси 12 на девяти ходовых колесах 13 по неподвижному круговому рельсу 11. Привод выполнен с электродвигателем 17, передающим вращение через трехступенчатый редуктор 16 и коническую шестерню 15 зубчатому сектору 14, закрепленному на поворотной платформе. Скорость поворота свода 41 градус в минуту. Масса поворачиваемых частей 475 т.

Первоначально механизм подъема свода был запроектирован цепным. Однако большие нагрузки даже при максимальных параметрах цепей вызвали в них повышенные напряжения. Более рациональным явился рычажный механизм (см. рис. VII.13). Сводовое кольцо 3 соединено тягами 1 с трехшарнирными рыча-

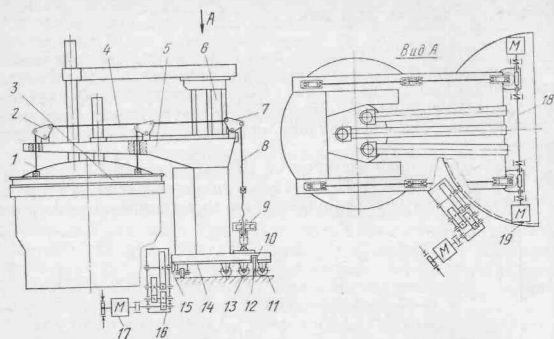


Рис. VII.13. Кинематическая схема механизма подъема свода

гами 2, в свою очередь связанными между собой горизонтальными тягами 4. Система подвески свода образует параллелограммные механизмы с обеих сторон свода и обеспечивает его плоскопараллельное движение. Поворот рычагов 2 производится через промежуточную рычажную систему, состоящую из горизонтальных 6 и вертикальных 8 тяг и трехшарнирных рычагов 7. Привод снабжен двумя электродвигателями 19 ($P = 22$ кВт, $n = 690$ об/мин) и двумя червячно-винтовыми редукторами 9 ($u = 36$), связанными между собой для синхронизации валом 18. Скорость подъема свода 0,69 м/мин, масса 116 т.

Механизм наклона электропечи (рис. VII.14) выполнен с индивидуальным приводом реек 4, шарнирно связанных с люлькой 7. Реечные передачи 5 заключены в качающиеся обоймы 6 роликового типа. Опорно-поворотная часть люльки — общепринятая конструкция с опорными сегментами 8 и фундаментными балками 9. Каждый привод снабжен электродвигателем 1

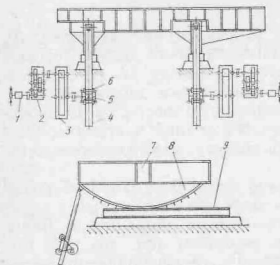


Рис. VII.14. Кинематическая схема механизма наклона электропечи

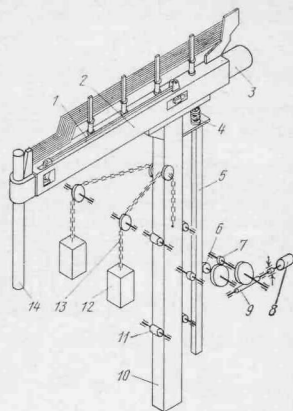
2 ($P = 45$ кВт, $n = 575$ об/мин), тормозом, трехступенчатым 2 и одноступенчатым 3 редукторами ($u = 675$) и обеспечивает скорость рейки 1,77 м/мин. Для предупреждения возможного самопроизвольного опрокидывания печи в сторону слива

Рис. VII.15. Кинематическая схема механизма перемещения электрода

металла установлен убирающийся упор поворотного типа с гидроприводом.

Электропечь снабжена тремя независимыми механизмами перемещения электродов реечного типа (рис. VII.15). Один из механизмов перемещает две рейки, из которых одна связана с электрододержателем, а вторая — с подвижным кронштейном бифилярной системы токоподвода. Электрододержатель 2 закреплен на колонне 10, перемещающейся в направляющих роликах 11 шахты. Зубчатая рейка 5 соединена с электрододержателем через амортизационную пружину 4. Масса подвижных частей частично уравновешена противовесами 12, связанными с колонной пластинчатыми цепями 13 и помещенными в шахту.

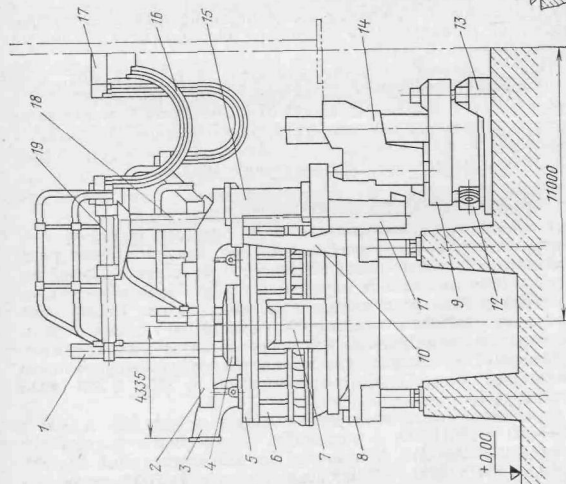
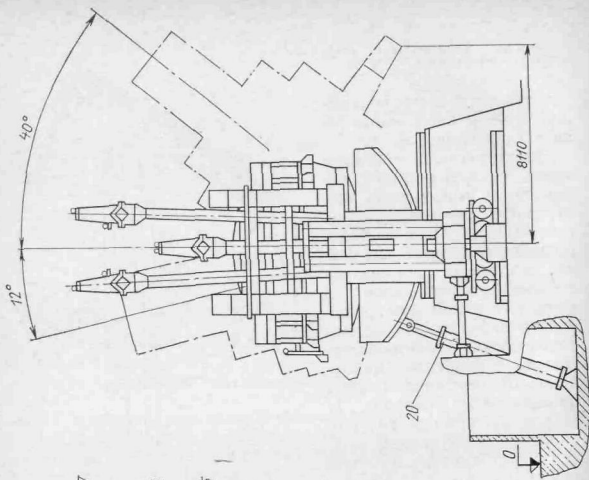
Привод состоит из электродвигателя 8 ($P = 12$ кВт; $n = 800$ об/мин), червячного редуктора 9, открытой 7 и реечной 6 передач. Масса подвижных частей 31 т. Механизм зажатия электрода 1 рычажно-пружинного типа. Освобождение электрода 14 производится пневмоцилиндром 3. Печь оборудована устройством для электромагнитного перемешивания металла.



Дуговые электропечи нового поколения

Рост производства электростали будет осуществляться за счет непрерывного увеличения единичной вместимости и электрической мощности электропечей. Увеличение вместимости печей является одним из способов улучшения технико-экономических показателей работы электросталеплавильных цехов. Так, применение электропечей вместимостью 200 т вместо 100-т снижает удельные капитальные затраты на 4 %, а производительность труда возрастает на 14 %. Аналогичного улучшения технико-экономических показателей следует ожидать при переходе от 200-т к 300—400-т электропечам.

Создаются новые электропечи вместимостью 300 и 400 т (ДСП-300 и ДСП-400) с мощностью трансформаторов соответственно 160 и 200 МВ·А и массой металлоконструкций соответственно 1150 и 1300 т. Компоновка их подобна 200-т печам.



Рассмотрены варианты печей с использованием в шихте металлизированных окатышей и фрагментированного лома.

Удельные капитальные затраты на сооружение электросталеплавильного цеха при переходе к большегрузным печам снижаются на 18 и 24 %.

Для печи ДСП-400 можно использовать технологическое оборудование, разрабатываемое для конвертерных цехов с агрегатами вместимостью 400 т.

В СССР разработана серия дуговых сталеплавильных печей нового поколения, характеризующихся следующими особенностями: увеличена удельная мощность трансформаторов до 600—900 кВ·А/т со ступенями постоянной мощности; предусмотрены водоохлаждаемые элементы футеровки стен и свода; установлены в своде газокислородные горелки; для управления печью применен вычислительный комплекс (УВК).

Техническая характеристика печей

Тип	ДСП-100И6	ДСП-100НЗА	ДСП-150	ДСП-200
Номинальная вместимость, т	100	100	150	200
Диаметр кожуха на уровне откосов, мм	6900	6900	7800	8400
Мощность трансформатора (максимально используемая), МВ·А	79	63	90	125
Максимальное вторичное напряжение, В	761	573	761	950
Максимальный вторичный ток, кА	69,4	63,5	79,5	87
Диаметр электрода, мм	610	610	610	610

Дуговая электропечь ДСП-100И6

Общий вид печи ДСП-100И6 приведен на рис. VII.16. Цилиндрический кожух неподвижно закреплен на льюлке. Наклон льюлки в сторону слива металла (на угол 40°) и в сторону скачивания шлака (до 12°) осуществляется двумя гидроцилиндрами. Портал с шахтой опирается на тумбы и льюлку механизма наклона; к portalу на консолях жестко подвешен свод печи. Перемещение электродержателей осуществляется гидроприводом. Механизмы подъема и поворота свода расположены на отдельном фундаменте. Поворотная платформа с колоннами, по которым при подъеме свода передвигается каретка с толкателем и поднимает свод, опирается на балансиры и при отвороте свода перемещается по радиальным рельсам. Загрузка печи осуществляется грейферной корзиной сверху при поднятом своде, который отводится в сторону слива. Для охлаждения применены секторы коробчатой кон-

Рис. VII.16. Дуговая электропечь ДСП-100И6:

1 — электрод; 2 — ковш; 3 — газопоток; 4 — огнеупорная часть свода; 5 — водоохлаждаемый свод; 6 — кожух; 7 — рабочее окно; 8 — льюлка; 9 — поворотная платформа; 10 — тумба; 11 — шахта; 12 — балансиры; 13 — основание; 14 — каретка; 15 — портал; 16 — кабельная гирлянда; 17 — мост; 18 — стойка; 19 — электродержатель; 20 — цилиндр наклона

струкции или трубчатые панели, установленные на стенах по периметру кожуха.

Диаметр распада электродов уменьшен до 170 мм с целью снижения тепловых потерь на огнеупорную и водоохлаждаемую части стен печи. Наряду с нагрузкой печи сверху грейферной корзиной возможна непрерывная подача металлургических окатышей через загрузочные устройства в своде печи. Наличие ступеней постоянной мощности позволяет рационально использовать энергетические режимы плавки в дуговой печи (периоды расплавления, плавление основной массы, доплавление). Продолжительность расплавления шихты под током составляет менее 70 мин. Для интенсификации расплавления шихты печь оборудована сводами топливно-кислородными горелками.

Применение водоохлаждаемых элементов сокращает расход огнеупорных материалов, снижает простой на холодные ремонты футеровки. Выделяемое тепло можно использовать в теплообменниках для отопления и других нужд.

Дуговая электропечь ДСП-200

Увеличение удельной электрической мощности дуговых электродов большой вместимости значительно повышает их производительность, улучшает технико-экономические показатели производства и сокращает капиталовложения в строительство электросталеплавильных цехов. На отечественных электропечах вместимостью 200 т предусмотрен ряд прогрессивных технических решений.

Дуговая электропечь ДСП-200, разработанная производственным объединением ВНИИметмаш и ВНИИЭТО, оборудована трансформатором мощностью 125 МВ. А и предназначена для выплавки конструкционных углеродистых, низколегированных и легированных сталей. Отличительными особенностями электропечи являются отсутствие механизма поворота корпуса печи, установка гидравлических приводов механизмов перемещения электродов и подъема свода, обладающих рядом преимуществ перед электрическим приводом, применение в механизмах навесных электроприводов и новые конструкции узлов крепления, исключающие возникновение дополнительных напряжений при перекосах и деформациях металлоконструкций. Общая компоновка механизмов печи представлена на рис. VII.17.

Корпус печи 14 выполнен цельносварной конструкции из листового металла толщиной 40 мм. Верхняя часть корпуса изготовлена цилиндрической, средняя — в форме усеченного конуса, нижняя (днище) — сферической. В верхней части корпуса закреплено кольцо жесткости, являющееся одновременно кольцевым желобом песочного затвора. К конической части корпуса приварен пояс жесткости с вставками для крепления сливного носка 10 и рамы рабочего окна 15. Печь опирается на четыре тумбы 13. Узлы соединения корпуса с тумбами обеспечивают сво-

бодное тепловое расширение корпуса при нагревании. На люльке, напротив днища корпуса, установлен статор устройства для электромагнитного перемешивания металла. Напряжение на электроды подается гибким кабелем 23.

Опорно-поворотная часть печи выполнена традиционной конструкции и состоит из двух опорных сегментов 4, прикрепленных к люльке 5, и двух ходовых балок 11. Механизм наклона печи снабжен двумя зубчатыми рейками 3 и навесными приводами 2, шарнирно соединенными с основанием 1.

Подъем и опускание свода 16 осуществляется механизмом, расположенным на полуортале 17 и состоящим из рычажной системы 18 и двух гидроцилиндров 24. Полуортал сварной конструкции закреплен на поворотной платформе 27 и служит основанием для роликоопор колонн электрододержателей, подвески свода и механизмов перемещения электродов и свода.

Платформа с одной стороны опирается на приводной и неподвижной балансиры 30, снабженные двумя коническими колесами каждый, а с другой стороны — на ось 28. Приводной балансир механизма отворота свода снабжен навесным электроприводом. Поворот платформы ограничивают упоры 29. Стопорение платформы производится гидравлическим механизмом 6.

Зажатие электродов 19 в электрододержателях 20 осуществляется пружинно-пневматическими механизмами 21. Колонны 22 электрододержателей помещены в роликовые направляющие, состоящие из нижнего 7 и верхнего 8 рядов продольных и поперечных опорных роликов. Механизмы перемещения электродов односторонние. Каждый механизм снабжен гидроцилиндром 26 с подвижным корпусом, закрепленным внутри штанги 25. Последняя прикреплена к электрододержателю и расположена между опорными роликами 9.

Подъем и опускание заслонки рабочего окна 15 производится ценным механизмом с приводом 12, расположенным на люльке.

Техническая характеристика печи ДСП-200

Вместимость номинальная, т	200
Продолжительность плавки, ч	4
Скорость перемещения электродов, мм/с	83
Ход электродов, мм	4500
Угол наклона печи на слив, град:	
металла	40
шлака	10
Продолжительность наклона печи на слив металла, мин	2—8
Угол поворота свода, град	60
Продолжительность поворота, мин	1
Высота подъема свода, м	0,48
Продолжительность подъема, мин	0,5
Масса металлоконструкций печи, т	870

Кинематические схемы механизмов электропечи показаны на рис. VII.18.

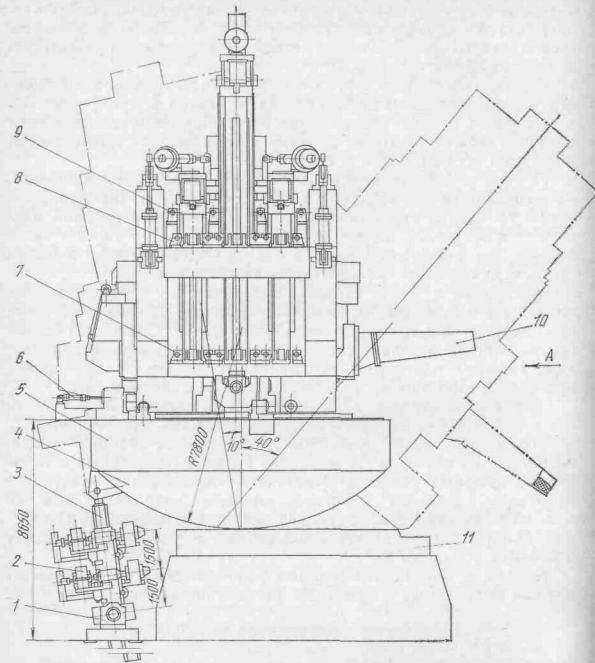
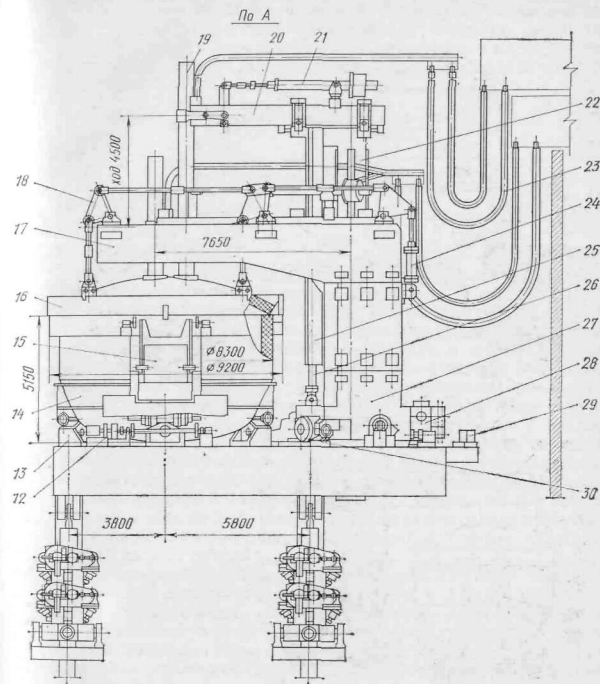


Рис. VII.17. Дуговая электропечь ДСП-200 нового поколения

Наклон люльки 10 и печи 18 (рис. VII.18, а) с одновременным поступательным движением происходит, как и в ранее рассмотренных электропечах, в результате обкатывания опорных сегментов 1 по ходовым балкам 2, расположенным на фундаменте. Печь снабжена двумя однотипными параллельно работающими механизмами наклона с навесными приводами. В состав каждого механизма входят двусторонняя зубчатая рейка 9, шарнирно прикрепленная к люльке, корпус 4 реечной передачи и четыре привода, состоящие из четырехступенчатых редукторов 7 и электродвигателей 6 со встроенными тормозами. Корпус по рейке центрируется в плоскости качания четырьмя роликами 5. Пра-



вильность зацепления реечной передачи достигнута установкой по обеим сторонам приводных реечных шестерен 8 роликов, находящихся в контакте с беговыми дорожками на гранях рейки. Парное расположение приводных шестерен с противоположных сторон рейки исключило ее изгиб. Навесные редукторы пустотельными ведомыми валами посажены на конические хвостовики валов приводных шестерен и соединены с корпусом реечной передачи пружинными буферами 11 (рис. VII.18, б). Шарнирный узел 3 соединения корпуса реечной передачи с основанием обеспечивает его поворот относительно двух взаимно перпендикулярных осей и создает условия самоустанавливания по рейке.

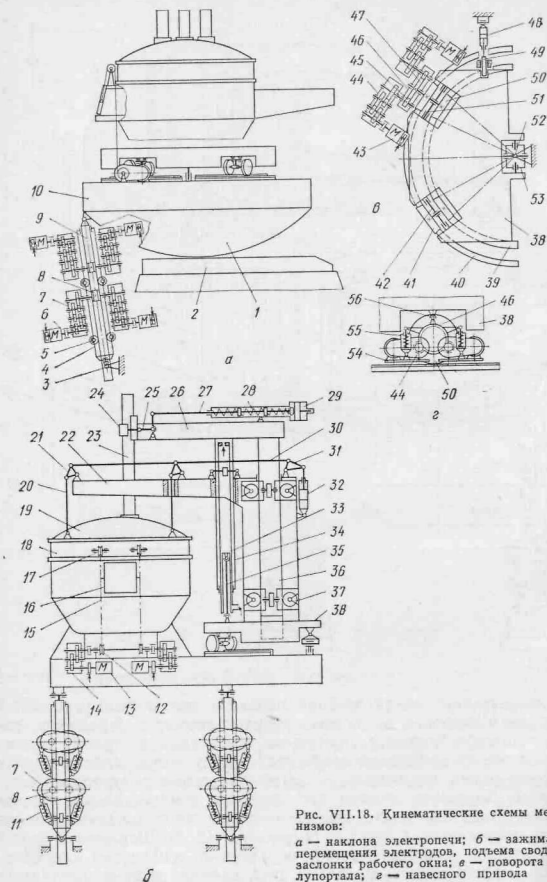


Рис. VII.18. Кинематические схемы механизмов:
 а — наклона электропечи; б — зажима и перемещения электродов, подъема свода и заслонки рабочего окна; в — поворота полупортала; г — навесного привода

Применение навесных приводов позволило уменьшить нагрузки, действующие на зубья реечной передачи, обеспечить работоспособность механизма при выходе из строя части электродвигателей и значительно уменьшить нагрузки механизма в период пуска.

Техническая характеристика механизма наклона электропечи

Скорость движения рейки, м/мин	2,18
Общее передаточное число редуктора	340
Электродвигатель:	
мощность, кВт	8×12
частота вращения, об/мин	790
продолжительность включения, %	25

Электропечь снабжена тремя однотипными электрододержателями и механизмами перемещения электродов (см. рис. VII.17, б), объединенными в один общий блок, расположенный на поворотной платформе 38 полупортала. Сварной рукав электрододержателя 26 выполнен из маломагнитной стали и жестко соединен с колонной 36, расположенной между двумя рядами продольных и поперечных роликов 37. К электрододержателю прикреплена пустотелая штанга 34 гидравлического механизма перемещения электрода. Два продольных ролика, расположенных в верхней части полупортала, воспринимают горизонтальные нагрузки, возникающие при наклоне электропечи. Вертикальные перемещения электрододержателя и электрода осуществляются гидравлическим цилиндром 33. Подвижный корпус гидроцилиндра закреплен внутри штанги 34, а неподвижный плунжер связан с платформой стойкой 35 со сферическими шарнирами. Такая конструкция узла крепления обеспечивает самоустанавливание и разрушает гидроцилиндр от действия горизонтальных сил при перекосах.

Механизм зажима электрода (см. рис. VII.18, б) состоит из хомута 24, двуплечего рычага 25, тяги 27, набора пружин 28 и пневматического цилиндра 29. Пружины помещены в стакан корпуса пневмоцилиндра. Усилие зажатия электрода 23 создается пружинами, величину сжатия которых регулируют гайками. Пневмоцилиндр служит для освобождения электрода при перепуске или замене. Шарнирное соединение корпуса пневмоцилиндра с электрододержателем и применение сферических шарниров в рычажной системе обеспечили компенсацию температурных деформаций и ликвидировали дополнительные нагрузки при перекосах электрода и электрододержателя.

Подъем и опускание свода 19 (см. рис. VII.18, б) производят механизмом, расположенным на полупортале 22 и состоящим из четырех тяг 20, двух рычажных параллелограммных механизмов 21, тяг 30, трехшарнирных рычагов 31 и двух качающихся гидроцилиндров 32 двустороннего действия. Применение гидропривода позволило упростить конструкцию механизма переме-

щения свода, уменьшить его габариты и массу по сравнению с электроприводным.

Опорно-поворотная часть платформы 38 полуортала (рис. VII.18, а) состоит из центральной оси 52, неприводного 41 и приводного 50 балансиров. Каждый балансир снабжен двумя безребордными коническими колесами, опирающимися на два концентричных дугообразных рельса 39 и 40. Оси конических колес балансиров заключены в качающиеся обоймы 42 и 51, поворачивающиеся в опорах платформы. Такое устройство опор балансира обеспечивает равномерное распределение нагрузок в паре конических колес. Центральная ось закреплена в люльке печи и соединена с платформой обоймой 53 с двумя взаимно перпендикулярными осями качания, образующими универсальный шарнир. Опорно-поворотная часть платформы рассмотренной конструкции является статически определенной системой, без пассивных связей, вследствие чего опоры разгружены от дополнительных усилий, возникающих из-за неточностей изготовления и монтажа, а также деформации металлоконструкций люльки и платформы.

Приводной балансир механизма отворота свода (рис. VII.18, в, е) снабжен навесным приводом, состоящим из двух электродвигателей 43 с встроенными тормозами, двух быстроходных трехступенчатых редукторов 44 и тихоходного одноступенчатого редуктора 46 с двумя ведущими валами. Электродвигатели и быстроходные редукторы установлены на качающихся рамах 54, шарнирно соединенных пружинными буферами 55 с корпусом тихоходного редуктора. Пустотелые выходные валы быстроходных редукторов посажены на конические хвостовики валов шестерен 45, а тихоходный редуктор пустотелым валом колеса 47 посажен на конусный участок вала конических ходовых колес. Корпус тихоходного редуктора связан с платформой сферическим шарниром 56, исключающим поворот корпуса. Помимо отмеченных ранее достоинств (см. многодвигательные приводы конвертеров), применение навесного привода в механизме отворота свода обусловлено необходимостью исключить воздействие на него нагрузок, возникающим при деформации металлоконструкции платформы.

Техническая характеристика механизма отворота свода

Передаточное число редуктора:	
быстроходного	102,3
тихоходного	4,56
Электродвигатель:	
мощность, кВт	6
частота вращения, об/мин	1130

Форсирование поворотной платформы в случае наклона электротечи осуществляется механизмом (см. рис. VII.17, в), состоящим из стопора 49 и гидроцилиндра 48 двойного действия. Гидро-

цилиндр и направляющие стопоры закреплены на металлоконструкции люльки. Стопор входит в гнездо, выполненное в платформе.

Перемещение заслонки 16 рабочего окна (рис. VII.17, б) производится цепным механизмом, состоящим из двух замкнутых пластинчатых цепей 15, приводных 12 и направляющих 17 звездочек и двух электроприводов, соединенных с валом приводных звездочек. В состав каждого привода входят электродвигатель 13 и двухступенчатый редуктор 14.

Дуговые электротечи с поворачивающимся сводом и гидравлическими приводами

По проектам Новосибирского СКБ создана новая серия дуговых сталеплавильных печей средней вместимости ДСП-12, ДСП-25 и ДСП-50 с поворачивающимся сводом и гидравлическими приводами основных механизмов.

Новые печи серии ДСП с гидравлическим приводом отличаются от печей ДСП-100 применением гидропривода на всех механизмах печи, включая механизм подъема электродов с гидрорегуляторами. Приводы механизма подъема и поворота свода смонтированы на отдельном фундаменте, стены ванны наклонены на 20°, что стало возможным при применении конусного кожуха и касетного кирпича.

Металлоемкость новой серии дуговых сталеплавильных печей с поворачивающимся сводом средней вместимости снижена на 15—20%, а площадь, занимаемая ими, уменьшена примерно на 15% по сравнению с ранее выпускаемыми печами серии ДСП.

Электротечь ДСП-50 (рис. VII.19) оборудована гидроприводами всех основных и вспомогательных механизмов. Опорно-поворотная часть люльки, как и в ранее рассмотренных печах, выполнена с опорными сегментами 9 и фундаментными балками 8. Наклон люльки осуществляется двумя качающимися гидроцилиндрами 1, шарнирно соединенными с люлькой и фундаментом.

Опорно-поворотная часть корпуса печи состоит из опорных и упорных роликов, помещенных в четыре тумбах 12. Поворот корпуса осуществляется гидроцилиндром двойного действия с вертикальной осью качания, расположенным на люльке и шарнирно соединенным с корпусом печи.

Механизмы подъема и поворота свода существенно изменены. Свод 14 и шахты 22 электрододержателей 23 закреплены на сварной траверсе 16. В опущенном положении свод свободно опирается на корпус печи. 5 Подъем и поворот свода производится гидравлическим устройством 20 с подъемно-поворотной колонной, расположенной в стороне от печи на фундаменте. При подаче масла в плунжерный гидроцилиндр 19 колонна перемещается вверх, входит в замок траверсы и при дальнейшем движении поднимает траверсу и свод.

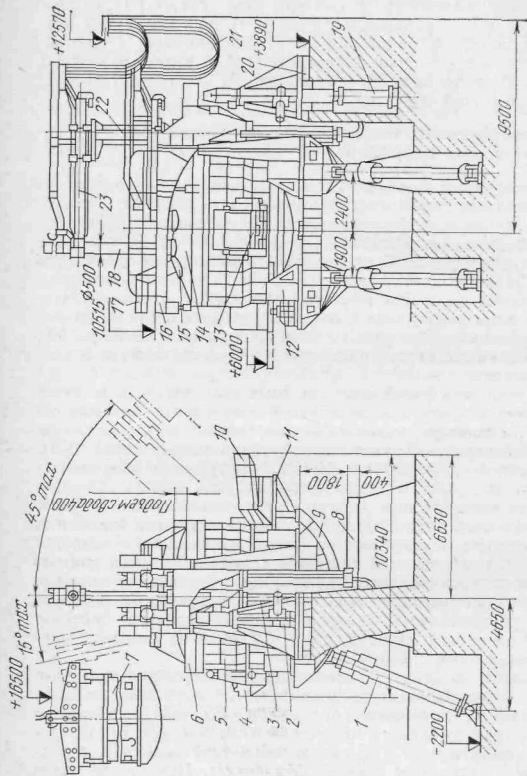


Рис. VII.19. Дуговая электропечь вместимостью 50 т с гидроприводами:

1 — гидроцилиндры механизма наклона печи; 2 — гидроцилиндр поворота несущей траверсы; 3 — гидроцилиндры перемещения электродов; 4 — корпус рабочего окна; 5 — корпус газовой затвор; 6 — корпус рабочего окна; 7 — загрузочная башня; 8 — фундаментные балки; 9 — опорные стеллажи; 10 — устройство для отсосов газов; 11 — траверсы; 12 — рама; 13 — упорные ролики; 14 — рабочее окно; 15 — ступень; 16 — устройство для подъема поворотной колонны; 17 — патрубок; 18 — электроподогреватель; 19 — электроподогреватель; 20 — электроподогреватель; 21 — тиглике реконструкция кабина; 22 — шахты колонны электрододержателей; 23 — электрододержатель.

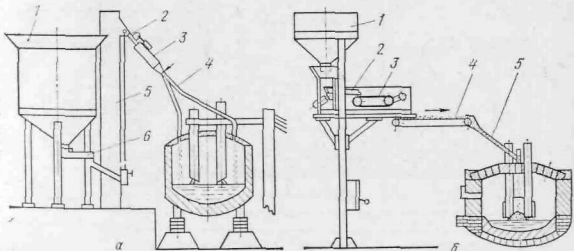


Рис. VII.20. Системы загрузки металлизированных окатышей в электропечи

Качающийся гидроцилиндр 2 поворачивает поднятую траверсу, отводя свод в сторону. Наклон электропечи возможен только при полностью опущенной колонне, для чего в гидросхеме управления предусмотрена блокировка работы механизмов. Гидроцилиндры 3 механизмов подачи электродов шарнирно соединены со стойками траверсы 16 и с электрододержателями 23. Колонны электрододержателей перемещаются в роликовых направляющих шахт.

Управление гидроприводами механизмов перемещения электродов осуществляется гидравлическим дроссельным регулятором. Масло подается от центральной масляной установки высокого давления, газ отсасывается из рабочего пространства печи через отверстие в своде по патрубку 17.

Другие узлы и элементы печи такие же, как у электропечи ДСП-100.

Агрегаты для прямого получения железа из металлизированных окатышей

Методы прямого получения железа позволяют миновать стадию выплавки чугуна, однако они еще не в состоянии составить конкуренцию доменному процессу. Достоинства методов заключаются в следующем:

замена (частичная или полная) скрапа и чугуна металлизированными окатышами, что расширяет сырьевую базу и снижает количество потребного кокса;

более низкие капиталовложения на 1 т стали;

полная автоматизация процесса благодаря его непрерывности.

Для этого процесса применяют обычные дуговые сталеплавильные печи, различие главным образом состоит в системе загрузки шихты в печь. Применяется схема непрерывной загрузки шихты из бункера через три трубочки и отверстия в своде (рис. VII.20, а). Окатыши из бункера 1 поступают на взвешиваю-

ший питатель 6, а дальше ковшовым элеватором 5 подаются к трубопроводам 2. Труботочки 4, имеющие раздвижные колена 3, входят во втулки, установленные на неподвижных трубопроводах 2. Окатыши попадают непосредственно в зону горения дуг, что способствует их быстрому плавлению. Для защиты стенок от излучения дуг в пространстве между электродами и стенкой непрерывно с помощью трубопроводов подается мелкая шихта, в результате чего образуется экран между электродами и стенкой.

Применяется и другая система загрузки (рис. VII.20, б) через одну труботочку и центральное отверстие в своде печи. Из бункера 1 вибрационным питателем 2 окатыши подаются ленточным дозатором 3 на ленточный конвейер 4, а затем в питающую трубу 5 и в центральную зону ванны печи.

Имеются и другие способы загрузки окатышей в печь через охлаждаемые отверстия в стенах печи с помощью ленточной машины и пневматического устройства.

Электроды для выплавки синтетических шлаков

Синтетические шлаки необходимы для обработки жидкой стали в ковше. Особенности этой печи диктуются высокой температурой и агрессивностью синтетических шлаков.

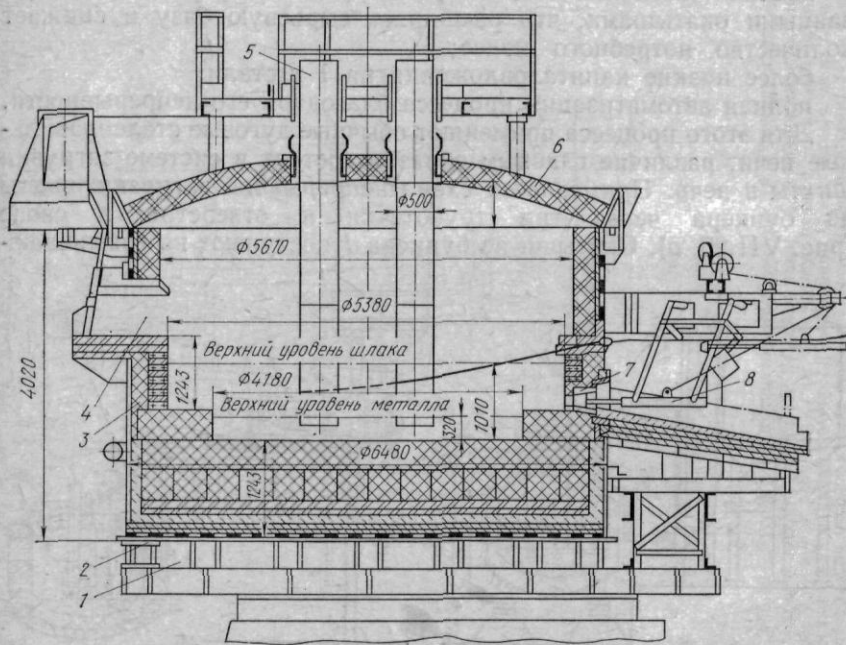


Рис. VII.21. Электроды для выплавки синтетических шлаков

Печь (рис. VII.21) имеет цилиндрический кожух 3 и плоское днище 2, опирающееся на фундаментные балки 1. Электрододержатели для зажима графитированных электродов 5 не отличаются от обычных. Свод печи 6 секторно-арочной конструкции. Шихта загружается через рабочее окно 4 машинами вибрационного типа. Надежная работа печи достигается интенсивным водоохлаждением холодильников.

Шлак из печи выпускается через водоохлаждаемую летку с чугунным холодильником и вставленной в него медной фурмой 7. Водоохлаждаемая пробка со стопором управляется механизмом 8. Шлаковывпускное отверстие открывается стопором с помощью пневмоцилиндра или электропривода. В печь загружают известь и глиноземсодержащие материалы с помощью наклонной качающейся трубы с водоохлаждаемой передней частью.

Устройство для улавливания и очистки газов дуговых электродпечей

В течение плавки количество выходящих из печи газов колеблется в пределах 40—500 м³/ч на 1 т. Большое количество газов выделяется во время продувки металла кислородом. Средний выход газа за плавку составляет 50—60 м³/ч на 1 т. Отходящие газы содержат взвешенные частички пыли, количество которой во время продувки изменяется в пределах 2—12 г/м³, а в период расплавления 0,25—7,6 г/м³. Пыль — высокодисперсна, отличается малой электропроводностью и содержит 35—65 % оксидов железа, 6—15 % оксидов кальция, 3—13 % глинозема, а также оксиды магния, марганца и кремния.

В процессе плавки газовая фаза постоянно обновляется; в ее состав входит до 20 % оксида углерода, до 10 % кислорода,

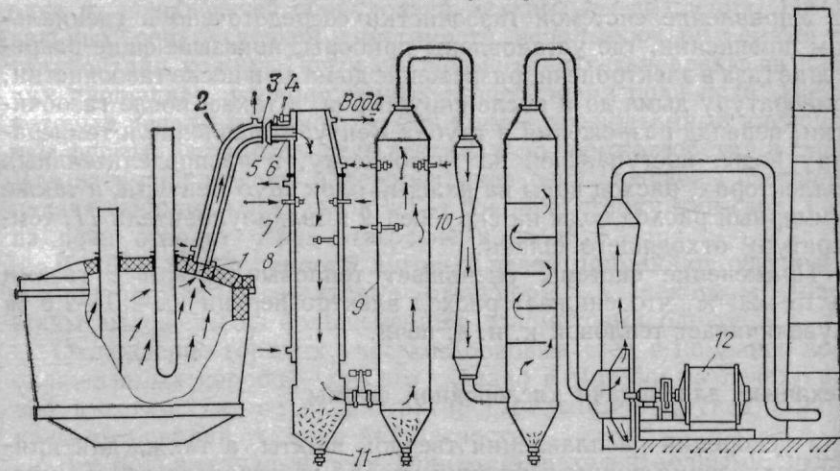


Рис. VII.22. Схема отбора и очистки газов электродпечи

а также диоксид углерода и водород. Температура ее примерно равна температуре металла. При соприкосновении с окружающим воздухом горючие составляющие газовой фазы сгорают. Потери тепла при этом достигают 10 % от вводимой в печь электрической мощности.

Отбор газа из рабочего пространства дуговой печи (рис. VII.22) осуществляют через сводовое отверстие 1. Между отверстием в своде и газоотборным футерованным патрубком 2 предусмотрен зазор 200—300 мм. Соединение патрубка 2 с неподвижным неохлаждаемым газоходом 6 выполнено также с зазором. Это позволяет перемещать патрубок 5 при повороте свода. Тяга создается вентилатором-дымососом 12. Для уплотнения сводовых отверстий у электродов и между заслонкой и рабочим окном применяют пневмодинамические уплотнители, газы почти полностью удаляются только через специальное отверстие. Для очистки от пыли установлен металлический мокрый скруббер 9 с трубами Вентури 10. После очистки содержание пыли в отходящих газах не превышает 80 мг/м³.

В своде печи установлен датчик давления, сигнал с которого поступает на регулятор давления. В соответствии с сигналом рассогласования между фактическим и заданным давлениями под сводом регулятор давления перемещает заслонку 3. Во время расплавления под сводом поддерживается давление от 10 до 20 Па. В период продувки при полностью открытой заслонке отрицательное давление под сводом составляет 10 Па. В восстановительный период дымосос отключают, поскольку отрицательное давление приводит к повышению угара легирующих и раскислителей; под сводом оно составляет плюс 5—20 Па. В испарителе 8 установлены терпары, сигнал с которых поступает на регулятор температуры 4. Последний управляет работой водяных форсунок 7.

Управление системой газоочистки сосредоточено в специальном помещении, где установлены приборы, показывающие разрежение газа в электропечи, разрежение дыма до и после газоочистки, температуру дыма до и после скрубберов, а также после газоочистки, перепад разрежения в трубах Вентури, давление и температуру воды, поступающей на газоочистку, в распределительных коллекторах, расход воды на каждый блок труб Вентури, а также суммарный расход воды на скруббер 9 и шламоуловитель 11, температуру отходящего шлака.

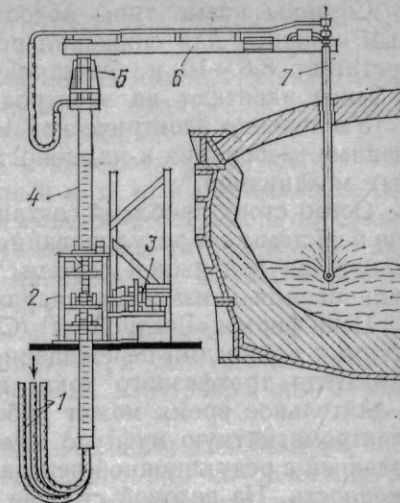
Применение системы уменьшает тепловые потери с газами на 15—20 %, что снижает расход электроэнергии на 2,0—2,5 % и увеличивает тепловой к. п. д. печи.

Механизм для подачи кислородной фурмы

Для ускорения расплавления твердой шихты, а также для прямого окисления ванны в жидкий металл электропечи вводят кислород.

Рис. VII.23. Механизм подачи и поворота кислородной фурмы:

1 — подвод кислорода; 2 — направляющие ролики; 3 — электродвигатель с реечным механизмом подачи фурмы; 4 — колонна; 5 — шарнирное поворотное устройство; 6 — рукав; 7 — фурменное устройство



Водоохлаждаемая фурма состоит из трех стальных труб, входящих одна в другую: по центральной трубе подается кислород, а две остальные образуют водоохлаждаемую рубашку.

Фурма подвешивается к Г-образной стойке, которая перемещается при помощи телекопического устройства в вертикальном и горизонтальном направлениях (рис. VII.23). Подъем и опускание фурмы осуществляются от электропривода с реечным механизмом и дистанционным управлением. Кислород подается под давлением 0,5—0,7 Па, вода под давлением 0,5—0,8 МПа.

Электросталеплавильные печи за рубежом

Новые зарубежные большегрузные печи, как правило, имеют цилиндрический кожух, купольный свод и сферическое днище. В некоторых случаях для работы электропечи на легковесном ломе увеличивают их высоту, а следовательно, и объем печи. Ряд печей вместимостью 140 и 180 т имеет высоту кожуха 3,35 м. Только одна из новых печей оборудована механизмом вращения. На отдельных печах средней вместимости используют разъемный по горизонтали кожух. Почти все новые печи установлены на рабочих площадках, расположенных выше уровня пола цеха. На некоторых печах вместимостью 230 т имеются подъемные кислородные фурмы, вводимые в печь вертикально через отверстия в своде. Для загрузки извести и ферросплавов печи снабжены системами подачи сыпучих материалов через боковую стенку или свод. Газы из печи отводят через отверстие в своде.

В США для футеровки дуговых печей применяют обычные и плавнелитые магнетитовые огнеупоры. У некоторых печей стены выложены из большемерных доломитовых блоков.

Охлаждение горячих участков боковых стен с помощью водоохлаждаемых коробок, как это сделано в Японии на печах средней вместимости, не нашло распространения в других странах из-за требований техники безопасности.

Все большегрузные печи являются трехэлектродными; шестиэлектродные печи не нашли широкого применения.

Созданы новые типы водоохлаждаемых кабелей с увеличенным сечением для снижения реактивности; длина одного кабеля достигает 8,8—10 м. Электродуговые печи вместимостью 140 т и выше работают на электродах диаметром 610 мм.

Увеличение электрической мощности печи предъявляет повышенные требования к надежности и быстродействию исполнительных механизмов.

Остро стоит проблема создания привода для подъема электродов и системы его регулирования с большим быстродействием, т. е. получения подвижной системы, согласованной по скоростям регулирования и изменения параметров дуги электрода.

Печи фирмы «Лектромелт» (США) оборудованы электромеханическими приводами перемещения электродов с помощью электродвигателя трехфазного тока, который установлен вертикально и длительное время может работать с полной скоростью. Через электромагнитную муфту с изменяемым возбуждением двигатель соединен с редукционной передачей, имеющей очень низкую инерционность. На ведомой стороне расположен барабан, регулирующий провисание троса, на который опирается колонна с электродвигателем. Для регулирования перемещения электродов используется система «Лектростат».

Для механизмов наклона печи, подъема и отворота свода фирма «Лектромелт» (США) применяет гидравлический привод. Фирма «Деаг» (ФРГ) для перемещения электродов широко применяет гидравлический привод, который обеспечивает возможность универсального регулирования перемещения электродов с оптимальными скоростями.

4. РЕГУЛЯТОРЫ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДУГОВЫХ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

В дуговых сталеплавильных печах автоматические регуляторы управляют вводом электроэнергии каждой из трех фаз в плавильное пространство печи. Автоматические регуляторы изменяют фактические значения или соотношения тех или иных регулируемых величин и при отклонении их от заданного значения воздействуют на механизм перемещения электродов (исполнительный механизм).

Механизмы перемещения электродов вследствие особых условий регулирования электрической мощности, вводимой в печь, должны отвечать следующим основным требованиям:

1) быть надежными в работе, удобными при ремонте и надзоре;

2) обеспечивать работу электродов без поломок при упоре в шихту при ручном управлении и в нетокопроводящий лом при автоматическом управлении;

3) гарантировать невозможность самопроизвольного опускания электродов под действием собственного веса;

4) обеспечивать минимальное и стабильное трение во всех элементах системы;

5) обеспечивать максимально жесткую кинематическую связь двигателя с электродом, исключая влияние податливости звеньев на качество процесса регулирования;

6) иметь минимальные зазоры в кинематической цепи;

7) иметь максимально возможный к. п. д. и минимальное различие в статических моментах нагрузки при подъеме и опускании электродов, что позволяет снизить мощность регулируемого двигателя и существенно улучшить динамические свойства системы регулирования;

8) обладать быстрым разгоном и торможением;

9) иметь максимально возможную (при соблюдении устойчивости регулирования) скорость подъема электродов при автоматическом и ручном управлениях.

Ускоренный подъем электродов необходим для быстрой ликвидации толчков тока в период расплавления, что облегчает работу электрической аппаратуры, а также снижает непроизводительные потери мощности, вводимой в электропечь. Быстродействие механизма подъема зависит от скорости установившегося движения и от времени его разбега. Время разбега определяется инерционностью системы, скоростью переходных электромагнитных процессов в регуляторе.

Механизм перемещения электродов с электрическим приводом обычно состоит из электродвигателя, редуктора (червячного или червячно-цилиндрического), канатной, реечной или винтовой передач и конструкций, несущих электроды. Применяют шунтовые электродвигатели постоянного тока, снабженные небольшой последовательной обмоткой для получения линейных характеристик зависимости скорости двигателя от силы тока. По эксплуатационным регулирующим и динамическим показателям реечный механизм значительно превосходит канатный. В последнее время находят применение гидравлические регуляторы, которые характеризуются рядом положительных качеств: небольшие габариты и масса, высокое быстродействие вследствие малой инерции системы, плавность регулирования, устойчивость, простота и надежность, предохранение от перегрузок и поломок.

5. РАСЧЕТЫ МЕХАНИЗМОВ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Механизм наклона печи

Основой правильного расчета механизма наклона является точное определение общих координат центра тяжести электропечи x , y , z . Для их определения находим координаты центров тяжести отдельных узлов и элементов печи: цилиндрической и нижней частей кожуха с футеровкой, сливного носка, арматуры рабочего окна с механизмами, песочного затвора, портала, меха-

низма перемещения электродов, механизма подъема свода, люльки и других элементов.

На основании размеров и веса q_i отдельных деталей и механизмов определяют их центры тяжести и координаты x_i , а затем находят координату x_0 для общего веса печи G_{Π} :

$$x_0 = \frac{q_1 x_1 + q_2 x_2 + q_3 x_3 + \dots + q_n x_n}{G_{\Pi}} \quad (\text{VII.1})$$

Аналогично находят y_0 и z_0 .

Очень часто бывает удобно связать координаты центра тяжести печи с осью ее вращения через радиус-вектор r_0 и $x_0 = e$, $y_0 = c$.

Если известны координаты центра тяжести e и c (рис. VII.24, а) для начального положения печи, то величина радиуса-вектора

$$r_0 = \sqrt{e^2 + c^2} \quad (\text{VII.2})$$

Угол α наклона радиуса-вектора к оси печи $I-I$ для начального положения печи $\alpha = \arcsin(e/r_0)$. Угол наклона радиуса-вектора к вертикали при повороте печи на угол φ будет $\alpha \pm \varphi$. Знаки «плюс» или «минус» берут в зависимости от направления вращения печи.

Плечо силы G_{Π}

$$a = r_0 \sin(\alpha \pm \varphi) \quad (\text{VII.3})$$

Опрокидывающий момент от веса печи

$$M_{\Pi} = G_{\Pi} a = G_{\Pi} r_0 \sin(\alpha \pm \varphi) \quad (\text{VII.4})$$

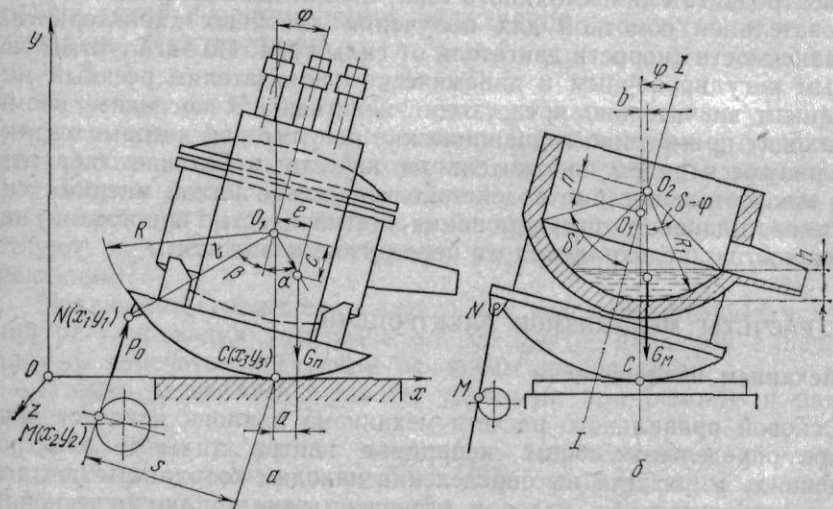


Рис. VII.24. Расчетные схемы к определению опрокидывающих моментов электропечи: a — от веса конструкции печи; b — от веса жидкого металла

Опрокидывающие моменты от веса печи и жидкого металла можно определять упрощенным аналитическим методом.

Момент, создаваемый жидким металлом, определим следующим образом. Объем жидкого металла в ванне печи V_M можно с достаточной для практических расчетов точностью представить в виде шарового сегмента (рис. VII.24, б)

$$V_M = \pi h^2 (R_1 - h/3), \quad (\text{VII.5})$$

где R_1 — радиус шарового сегмента (ванны печи), м; h — стрелка сегмента (высота уровня металла), м.

Тогда вес металла в объеме шарового сегмента

$$G_M = V_M \rho = \pi h^2 (R_1 - h/3) \rho, \quad (\text{VII.6})$$

где ρ — плотность металла.

Обозначим половинный центральный угол шарового сегмента для начального уровня металла (до сливного носка) через δ . При повороте печи на угол φ половинный центральный угол шарового сегмента станет равным $\delta - \varphi$. Высота уровня металла h определится выражением

$$h = R_1 - R_1 \cos(\delta - \varphi) = R_1 [1 - \cos(\delta - \varphi)]. \quad (\text{VII.7})$$

Подставляя значения h в выражение (VII.6), получим формулу для вычисления веса металла в зависимости от угла наклона печи

$$G_M = \pi R_1^3 [1 - \cos(\delta - \varphi)]^2 \left[1 - \frac{1 - \cos(\delta - \varphi)}{3} \right] \rho. \quad (\text{VII.8})$$

Центр тяжести шарового сегмента расположен на его оси симметрии, и поэтому координату центра тяжести по оси y находить не надо.

Центр образующей шарового сегмента (ванны печи) O_2 и центр опорных сегментов люльки O_1 расположены на оси печи $I-I$.

Причем центр O_2 смещен вверх по отношению к центру O_1 , на величину n . В этом случае плечо b силы G_M равно

$$b = n \sin \varphi. \quad (\text{VII.9})$$

Опрокидывающий момент от веса жидкого металла

$$M_M = G_M n \sin \varphi. \quad (\text{VII.10})$$

Момент от сил трения качения вследствие упругого сжатия опорных сегментов печи определим по формуле

$$M_R = (G_{\Pi} + G_M) k, \quad (\text{VII.11})$$

где k — плечо деформации. При сжатии цилиндра на плоскости согласно теории Герца

$$k = 0,6 \sqrt{\rho D/E}, \quad (\text{VII.12})$$

здесь ρ — нагрузка, приходящаяся на единицу длины образующей цилиндра (сегментов), Н/м; D — диаметр цилиндра (сегмента), м; E — модуль упругости материала, Па.

Величину p для данного случая найдем как

$$p = (G_{\Pi} + G_M)/l, \quad (\text{VII.13})$$

где l — суммарная длина образующих двух опорных сегментов. Полный опрокидывающий момент

$$M_0 = M_{\Pi} + M_M + M_R. \quad (\text{VII.14})$$

Для определения усилия P_0 , действующего на рейки, необходимо найти плечо действия этой силы s . Направление рейки определяется прямой линией, проходящей через точки M и N (см. рис. VII.24, а). Тогда N вместе с люлькой совершает вращательные и поступательные движения и ее координаты x_1 и y_1 устанавливаются параметрическими уравнениями удлиненной циклоиды, которые в общем виде запишутся как:

$$x = R\theta - l \sin \theta; \quad (\text{VII.15})$$

$$y = R - l \cos \theta, \quad (\text{VII.16})$$

где θ — угол поворота образующего круга циклоиды при его качении по прямой без скольжения.

Начало координат O удобно расположить в начале циклоиды на расстоянии $R\beta$ от точки C при нахождении люльки в исходном (горизонтальном) положении. В этом случае уравнения циклоиды, определяющие координаты точки N ,

$$x_1 = R(\beta + \varphi) - l \sin(\beta + \varphi);$$

$$y_1 = R - l \cos(\beta + \varphi), \quad (\text{VII.17})$$

где R — радиус опорного сегмента люльки, м; β — угол наклона линии NO_1 к оси печи $I-I$; φ — угол поворота печи; l — расстояние от центра люльки O_1 до шарнира рейки N .

Точка M касания рейки и шестерни при наклоне люльки перемещается по дуге окружности. Так как эти смещения точки M невелики, то можно с целью упрощения расчета принять ее координаты постоянными. Координаты x_2 и y_2 определяются конструктивными размерами механизма наклона печи.

Уравнение прямой, проходящей через две точки M и N ,

$$(x - x_1)/(x_2 - x_1) = (y - y_1)/(y_2 - y_1).$$

После преобразования получим

$$x \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} - y + y_1 - x_1 \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} = 0. \quad (\text{VII.18})$$

Вводя обозначения

$$A = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; \quad B = -1; \quad C = y_1 - x_1 \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = y_1 - Ax_1,$$

получим уравнение прямой в общем виде

$$Ax + By + C = 0. \quad (\text{VII.19})$$

Плечо s силы P_0 найдем как отрезок перпендикуляра, опущенного из точки C (мгновенного центра вращения) на ось рейки

$$s = (Ax_3 + By_3 + C)/\sqrt{A^2 + B^2}. \quad (\text{VII.20})$$

Координаты точки C :

$$x_3 = R(\beta + \varphi); \quad y_3 = 0. \quad (\text{VII.21})$$

Подставляя значения B , C и y_3 в формулу (VII.20), получим для рассматриваемого случая

$$s = [A(x_3 - x_1) + y_1]/\sqrt{A^2 + 1}. \quad (\text{VII.22})$$

Усилие на рейки от действия опрокидывающего момента $P_0 = M_0/s$.

При определении полного окружного усилия на речных шестернях необходимо учесть составляющую от веса самих реек

$$P_p = G_p \cos \alpha, \quad (\text{VII.23})$$

где G_p — вес реек; α — угол наклона рейки к вертикали.

Полное усилие на рейки

$$P = P_0 + P_p. \quad (\text{VII.24})$$

Крутящий момент на оси одной речной шестерни

$$M_p = Pd_w/4, \quad (\text{VII.25})$$

где d_w — начальный диаметр речной шестерни.

Дальнейший расчет мощности привода производим ранее изложенным способом.

Мощность электродвигателя механизма подъема свода

В связи с тем, что механизм подъема свода работает редко и в кратковременном режиме, ограничимся определением статической мощности

$$P_{ст} = G_c v / \eta,$$

где G_c — вес свода, кН; v — скорость подъема свода, м/с; η — к. п. д. механизма.

Так как в приводе два электродвигателя, то расчетную мощность одного принимаем $P_{ст}/2$. Электродвигатель выбираем по каталогу и проверяем на перегрузочную способность в период пуска.

Механизм поворота свода

На поворотное устройство действуют следующие нагрузки от сил тяжести (рис. VII.25): станины портала, кабелей, поворотной тумбы, свода с футеровкой, электродов, механизма подъема свода, механизма перемещения электродов.

Находим вначале координаты центров тяжести отдельных узлов, а затем определяем общие координаты центра тяжести всей поворотной системы (см. рис. VII.25).

Реакции опор:

вертикальные, приложенные в подпятнике,

$$R_C = Q_0,$$

где Q_0 — общий вес узлов поворотной системы, приложенный в центре тяжести;

горизонтальные, приложенные в радиальных подшипниках,

$$R_A = R_B = Q_0 x_0 / h,$$

где x_0 — расстояние от центра тяжести системы до оси вращения; h — расстояние между опорами.

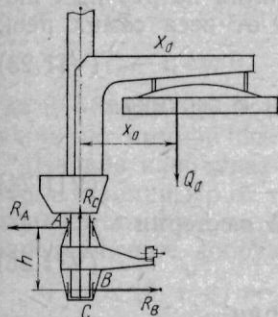


Рис. VII.25. Расчетная схема механизма поворота свода

Момент сопротивления вращению корпуса печи на опорных роликах

$$M_B = (G + Q) \left(\frac{\mu d + 2k}{D} \right) k_p R_0, \quad (VII.28)$$

где $G + Q$ — вес печи с металлом; μ — коэффициент трения в подшипниках опорных роликов; d — диаметр цапфы; k — коэффициент трения качения; D — диаметр опорного ролика; k_p — коэффициент, учитывающий дополнительные сопротивления; $k_p = 2,5$ — для цилиндрических роликов; $k_p = 1,5$ — для конических роликов; R_0 — средний радиус опорного кольца.

Статическая мощность двигателя

$$P_{ст} = M_B \omega_k / \eta_M,$$

где ω_k — угловая скорость вращения корпуса, c^{-1} ; η_M — к. п. д. механизма.

Затем определяем динамический момент от сил инерции при пуске и мощность двигателя.

Механизм перемещения электрода

Двигатель механизма рассчитывают из условий преодоления сил сопротивления перемещению каретки и динамических нагрузок при пуске привода.

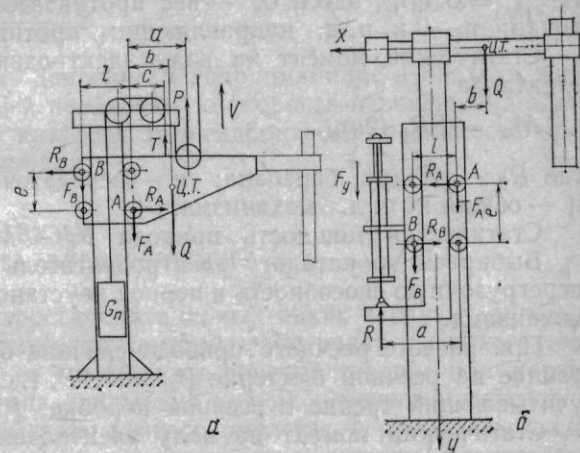


Рис. VII.26. Схемы действия сил на каретку электрододержателя:

a — с канатным приводом; b — с гидравлическим приводом

На каретку действуют следующие силы (рис. VII.26, a): суммарный вес каретки, электрододержателя, электрода, механизма зажима и части веса гибких токоподводящих шин Q ; натяжение цепи противовеса в точке крепления к каретке T ; сила, действующая на канатный блок, P ; силы реакции на опорные ролики R_A , R_B ; силы сопротивления перемещению каретки соответственно в роликовых опорах A и B F_A и F_B .

Находим силу P , действующую на ось подвижного блока при подъеме каретки. Составляем три уравнения статики для плоской системы сил: суммы проекций сил на оси x , y и уравнение моментов относительно точки A :

$$\left. \begin{aligned} R_A - R_B &= 0; \\ Q - P - T + F_A + F_B &= 0; \\ Qb - Pa - Tc - R_B e - F_B l &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (VII.29)$$

Неизвестными величинами являются P , R_A , R_B , F_A , F_B , число которых можно уменьшить до трех, если учесть, что F_A и F_B являются функциями соответствующих опорных реакций:

$$\left. \begin{aligned} F_A &= R_A \omega = R_A \frac{(\mu d + 2k)}{D} k_p; \\ F_B &= R_B \omega = R_B \frac{(\mu d + 2k)}{D} k_p. \end{aligned} \right\} \quad (VII.30)$$

где ω — коэффициент тяги; остальные обозначения такие же, как и в формуле (VII.28).

Подставляя в уравнения (VII.29) значения F_A и F_B и решая систему трех уравнений, получим формулу для определения силы P

$$P = \frac{Q[b + l/2 + e/(2\omega)] - T[c + l/2 + e/(2\omega)]}{a + l/2 + e/(2\omega)}, \quad (\text{VII.31})$$

где $T = G_k \eta_1^2 \eta_2$, здесь G_k — вес противовеса; η_1 — к. п. д. звездочки; η_2 — к. п. д. направляющих противовеса.

Статический момент на валу электродвигателя при подъеме электрода

$$M_c = PR_6/(2u\eta),$$

где R_6 — радиус барабана; u — передаточное число лебедки; η — общий к. п. д. механизма.

Статическая мощность привода $P_c = M_c \omega$.

Выбираем по каталогу электродвигатель и проверяем его на перегрузочную способность в период неустановившегося движения механизма.

При расчете реечного привода сначала определяем окружное усилие на реечной шестерне $P_{ш} = 1,1P$, где 1,1 — коэффициент, учитывающий трение в реечной коробке; P — сила подъема.

Статический момент на валу электродвигателя при подъеме электродов

$$M_c = P_{ш} d_w / (2u_0 \eta_0), \quad (\text{VII.32})$$

где d_w — начальный диаметр реечной шестерни; u_0 — общее передаточное число редуктора; η_0 — к. п. д. механизма.

Статическая мощность двигателя механизма $P_c = M_c \omega$.

При гидравлическом приводе противовес, как правило, не применяют. Поэтому расчетная схема для определения усилия, действующего на плунжер гидроцилиндра, несколько упрощается (рис. VII.26, б). Методика расчета усилия на плунжере аналогична описанной выше.

Составляем три уравнения статики для плоской системы: проекции сил на оси x , y и уравнение моментов относительно точки A :

$$\left. \begin{aligned} R_A &= R_B; \\ Q - P - F_y + F_A + F_B &= 0; \\ Qb + Pa - F_y a - F_B l - R_B e &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.33})$$

В этих уравнениях F_A и F_B определяют по формулам (VII.30). Силу сопротивления перемещению плунжера в уплотнениях гидроцилиндра можно найти по формуле

$$F_y = \rho \mu_y \pi d_{п} h_y, \quad (\text{VII.34})$$

где μ_y — коэффициент трения в уплотнении ($\mu_y = 0,05$); $d_{п}$ — диаметр плунжера; $h_y = 0,5d_{п}$ — высота уплотнения; p — давление в гидроцилиндре.

Так как давление в гидроцилиндре $p = 4P/\pi d_{п}^2$, то, подставив его значение в уравнение (VII.34), получим $F_y = 2\mu_y P = 0,1P$.

Подставив в уравнения (VII.33) значения F_A , F_B и F_y и решая систему трех уравнений, получим формулу для определения силы P

$$P = \frac{Q(2b + l + e/\omega)}{0,9l + 0,9e/\omega - 18a}. \quad (\text{VII.35})$$

По максимальному давлению в гидроцилиндре и расходу жидкости, обеспечивающей необходимую скорость перемещения электрода, выбирают по каталогу тип гидронасоса и мощность приводного электродвигателя.

6. МАШИНЫ ДЛЯ ЗАГРУЗКИ И ГОРЯЧЕГО РЕМОНТА ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ

В современных электросталеплавильных цехах загрузку дуговых электропечей металлической шихтой производят саморазгружающимися корзинами с секционным цепным днищем или корзинами грейферного типа, используя для их переноса и установки мостовой загрузочный кран печного пролета. Ферросплавы и сыпучие шлакообразующие материалы (руды, известь, плавленый шпат и т. д.) загружают в большинстве случаев мульдами, применяя крановые или напольные завалочные машины.

Для загрузки сыпучих материалов используют машины различных типов: бросковые, ленточные, роторно-ленточные, шнековые и т. д.

Механизированный горячий ремонт электропечей выполняют заправочными и торкретирующими машинами. На ряде предприятий для этих целей применяют пневматическое заправочное устройство, навешиваемое на хобот завалочной машины.

Крановые завалочные машины

Крановые завалочные машины имеют следующие механизмы: перемещения моста, перемещения главной тележки, вращения кабины с хоботом, качания и вращения хобота, замыкания мульды и подъема колонны с кабиной.

Типовые крановые завалочные машины выпускают грузоподъемностью 1,5/10; 1,5/20; 3/10; 5/20 и 8/20 т. Первая цифра обозначает грузоподъемность машины на хоботе, вторая — грузоподъемность вспомогательного подъема.

На рис. VII.27 представлена крановая завалочная машина грузоподъемностью 5/20 т. Кинематическая схема механизмов главной тележки машины показана на рис. VII.28. К раме 16

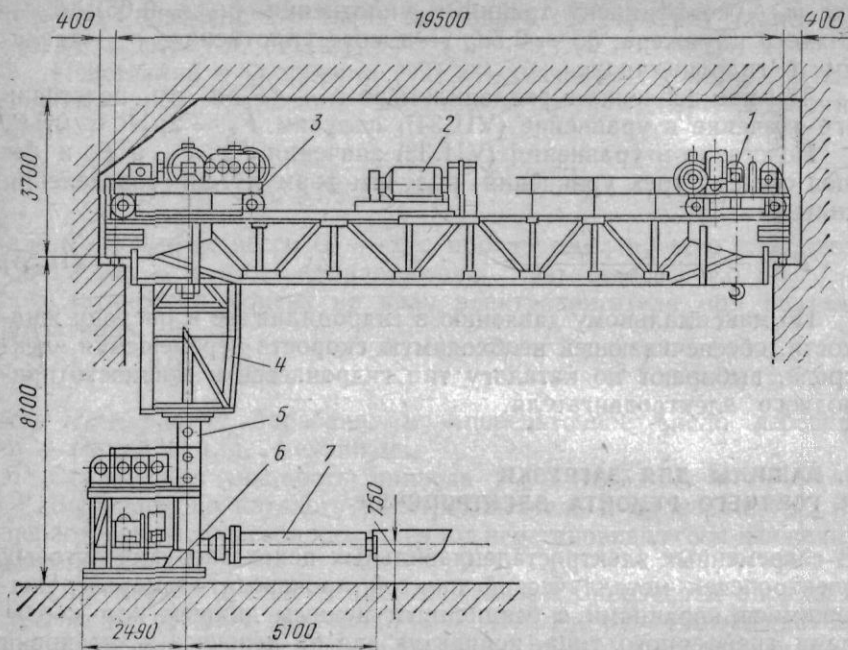


Рис. VII.27. Крановая завалочная машина грузоподъемностью 5/20 т: 1 — вспомогательная тележка; 2 — привод передвижения машины; 3 — загрузочная тележка; 4 — шахта; 5 — колонна; 6 — кабина; 7 — хобот

прикреплена решетчатая шахта 23, служащая направляющей для колонны 21. В верхней части колонны подвешена к тележке, а к нижней части колонны крепится кабина 30 с хоботом 24. На раме главной тележки смонтированы механизмы подъема колонны с кабиной, поворота кабины и передвижения тележки. В кабине, состоящей из верхней и нижней площадок, жестко связанных между собой, размещаются механизмы качания хобота, вращения хобота и стопорный механизм.

Механизм подъема колонны. Для подъема и опускания колонны с кабиной применен кривошипно-ползунный механизм. Составные шатуны 11 приводятся в движение от электродвигателя 14 через трехступенчатый цилиндрический редуктор 15 и две пары зубчатых передач 13, на колесах 12 которых эксцентрично закреплены пальцы кривошипов. Верхняя часть колонны (головка) подвешена на траверсе 6 при помощи опорного шарикоподшипника. Продолговатые пазы в составных шатунах предохраняют механизм от поломки при случайном опускании кабины на какие-либо препятствия. Для подвода тока в кабине на траверсе 6 установлен кольцевой токосъемник.

По сравнению с механизмами подъема кабины других типов — цепным и канатным — шатунный механизм отличается большей надежностью и простотой конструкции.

Механизм вращения колонны. Колонна вместе с кабиной вращается вокруг вертикальной оси на 360°. Электродвигатель 10 через зубчатую муфту и червячный редуктор 8, внутри которого вмонтирована муфта предельного момента 9, передает вращение вертикальному валу 7 и зубчатой передаче 20. Сквозь ступицу приводного зубчатого колеса 17 свободно проходит полая колонна

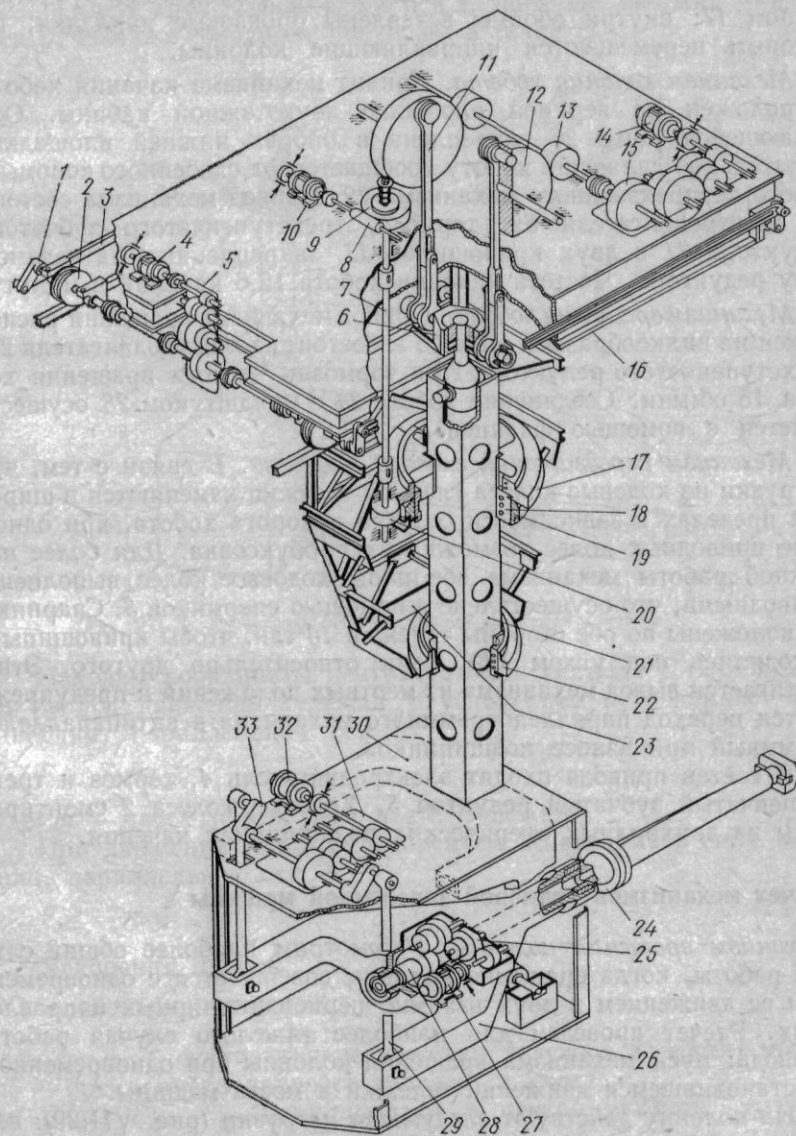


Рис. VII.28. Кинематическая схема механизмов главной тележки

квадратного сечения 21. Такая конструкция позволяет производить вращение колонны при одновременном ее поступательном движении от механизма подъема.

Горизонтальные усилия на колонну воспринимаются двумя радиальными подшипниками 19 и 22, расположенными в верхней и нижней частях шахты. Конструктивно верхняя опора выполнена следующим образом. Обойма 18 скреплена с приводным зубчатым венцом 17; внутри обоймы вставлены бронзовые накладки, по которым перемещаются направляющие колонны.

Механизм качания хобота. Привод механизма качания хобота расположен на верхней площадке двухэтажной кабины. Ось качающейся рамы 26 закреплена в опорах нижней площадки. Качательное движение хоботу сообщается от сдвоенного коромыслового четырехзвенного механизма 29. Привод механизма состоит из электродвигателя 32, тормоза, трехступенчатого зубчатого редуктора 31 и двух кривошипов 33, закрепленных на ведомом валу редуктора. Частота качания хобота 12,6 качаний в минуту.

Механизм вращения хобота. Привод механизма вращения расположен на вилкообразной раме 26 и состоит из электродвигателя 27, трехступенчатого редуктора 25 и тормоза. Частота вращения хобота 15 об/мин. Соединение хобота 24 с мундштуком 28 осуществляется с помощью фланцев.

Механизм передвижения главной тележки. В связи с тем, что нагрузки на ходовые колеса главной тележки изменяются в широких пределах в зависимости от угла поворота хобота, при одной паре приводных колес возможна их пробуксовка. Для более надежной работы механизма обе пары ходовых колес выполнены приводными, что осуществлено с помощью спарников 3. Спарники расположены по обе стороны тележки 16 так, чтобы кривошипы 1 находились под углом 120° один относительно другого. Этим достигается вывод механизма из мертвых положений и предупреждается переход параллелограммного механизма в антипараллелограммный при износе подшипников.

В состав привода входят электродвигатель 4, тормоз и трехступенчатый зубчатый редуктор 5. Ходовые колеса 2 смонтированы на двухрядных сферических подшипниках качения.

Расчет механизмов крановой завалочной машины

Механизм вращения колонны. Рассмотрим наиболее общий случай работы, когда вращение колонны совершается с одновременным ее движением в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Расчет проведем для наиболее тяжелого случая работы привода: пуск механизма вращения колонны при одновременном неустановившемся движении тележки и моста машины.

На колонну действуют следующие нагрузки (рис. VII.29): вес вращающихся частей (колонны, кабины) с груженой мульдой,

сосредоточенный в центре тяжести системы С; сопротивление трения в подшипниках колонны от действия сил реакций; силы инерции в период неустановившегося движения колонны, тележки и моста машины; окружное усилие, приложенное к начальной окружности зубчатого колеса привода колонны и необходимое для преодоления указанных сил. Систему координат, жестко связанную с вращающейся системой, выбираем так, чтобы движение моста происходило вдоль оси x , движение тележки — вдоль оси y . Начало координат помещаем в точку O .

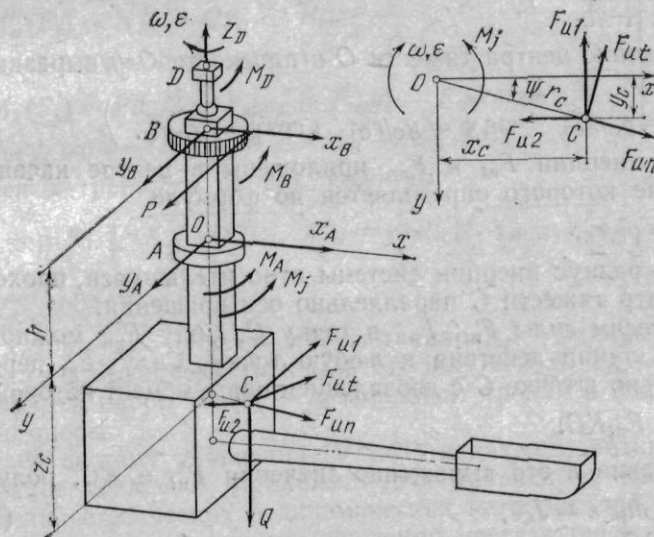


Рис. VII.29. Расчетная схема механизма вращения колонны

Находим координаты центра тяжести системы $C (x_c; y_c; z_c)$. В период движения тележки с ускорением a_1 возникает сила инерции, параллельная оси y

$$F_{и1} = ma_1, \quad (VII.36)$$

где m — масса поворотной части тележки.

При движении моста с ускорением a_2 возникает сила инерции, параллельная оси x

$$F_{и2} = ma_2. \quad (VII.37)$$

Ускорения a_1 и a_2 :

$$a_1 = v_T/t'_п; \quad a_2 = v_M/t'_п,$$

где v_T, v_M — скорости передвижения тележки и моста, м/с; $t'_п$ — время пуска приводов тележки и моста, с.

— Силы $F_{и1}, F_{и2}$ прикладываем в центре тяжести системы, в точке C .

Находим силы инерции, которые возникают при вращении колонны вокруг оси z с угловым ускорением ε и угловой скоростью ω_k . При вращательном движении касательная $F_{ит}$ и нормальная $F_{ин}$ силы инерции равны:

$$\left. \begin{aligned} F_{ит} &= ma_t; & a_t &= \varepsilon r_C; & F_{ит} &= m\varepsilon r_C; \\ F_{ин} &= ma_n; & a_n &= \omega^2 r_C; & F_{ин} &= m\omega^2 r_C, \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.38})$$

где r_C — расстояние от оси вращения до центра тяжести системы C ,

$$r_C = \sqrt{x_C^2 + y_C^2}.$$

Положение центра тяжести C в плоскости Oxy выразим через угол ψ

$$\text{tg } \psi = y_C/x_C; \quad \sin \psi = y_C/r_C; \quad \cos \psi = x_C/r_C.$$

Силы инерции $F_{ит}$ и $F_{ин}$ приложены в центре качания K , положение которого определяется по формуле

$$KC = \rho_C^2/r_C,$$

где ρ_C — радиус инерции системы относительно оси, проходящей через центр тяжести C параллельно оси вращения.

Переносим силы $F_{ит}$, $F_{ин}$ в точку C . Силу $F_{ин}$ можно перенести по линии действия в любую точку. Силу $F_{ит}$ переносим параллельно в точку C с добавлением пары, момент которой равен

$$M_j = F_{ит}KC.$$

Подставив в это выражение значения $F_{ит}$ и KC , получим

$$M_j = m\rho_C^2\varepsilon = J_C\varepsilon, \quad (\text{VII.39})$$

где $J_C = m\rho_C^2$ — момент инерции поворотной системы относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести C .

Момент M_j направлен в сторону, противоположную направлению вращения. Все силы инерции, действующие на поворотную систему тележки, расположены в одной плоскости перпендикулярной оси вращения колонны z . Приложим к системе силы и моменты: P — окружное усилие на приводном зубчатом колесе механизма вращения; M_A , M_B , M_D — моменты от сил трения в опорах A , B , D ; составляющие реакций в опорах A и B и реакции в опоре D (см. рис. VII.29).

Моменты сил относительно координатных осей находим по формулам:

$$\left. \begin{aligned} m_x(F) &= yF_z - zF_y; \\ m_y(F) &= zF_x - xF_z; \\ m_z(F) &= xF_y - yF_x, \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.40})$$

где F_x , F_y , F_z — проекции сил на координатные оси; x , y , z — координаты точки приложения силы F .

Уравнения равновесия по законам статики:

$$\left. \begin{aligned} \sum F_{ix} &= X_A + X_B - F_{н2} + F_{ин} \cos \psi + F_{ит} \sin \psi = 0; \\ \sum F_{iy} &= Y_A + Y_B - F_{н1} + F_{ин} \sin \psi - F_{ит} \cos \psi + P = 0; \\ \sum F_{iz} &= Z_D - Q = 0; \\ \sum M_x(F_i) &= -Y_B h - Ph - F_{н1} z_C - Q y_C + \\ &+ F_{ин} z_C \sin \psi - F_{ит} z_C \cos \psi = 0; \\ \sum M_y(F_i) &= X_B h + Q x_C + F_{н2} z_C - \\ &- F_{ин} z_C \cos \psi - F_{ит} z_C \sin \psi = 0; \\ \sum M_z(F_i) &= P d_w / 2 - F_{н1} x_C + F_{н2} y_C - F_{ит} x_C \cos \psi - \\ &- F_{ит} y_C \sin \psi - M_j - M_A - M_B - M_D = 0. \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.41})$$

Моменты трения в опорах колонны

$$\begin{aligned} M_A &= \mu_1 R_1 \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}; & M_B &= \mu_1 R_1 \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}; \\ M_D &= Z_D \mu_2 \frac{d_{п}}{2}, \end{aligned} \quad (\text{VII.42})$$

где h , x_C , y_C , z_C — плечи действия сил; R_1 — радиус опор A и B ; μ_1 — коэффициент трения в опорах A и B ; $d_{п}$ — диаметр цапф верхней опоры D ; μ_2 — коэффициент трения в подшипнике верхней опоры.

Решаем систему уравнений (VII.41) и находим реакции опор и окружное усилие P , приложенное к приводному колесу для преодоления статических и динамических нагрузок при повороте колонны в случае совместного движения моста и тележки крана.

Максимальный крутящий момент от сопротивления в опорах колонны и инерционных нагрузок в период пуска механизма

$$M_{кр} = P d_w / 2, \quad (\text{VII.43})$$

где P — окружное усилие на приводном колесе колонны; d_w — начальный диаметр зубчатого колеса.

Мощность электродвигателя рассчитывают общепринятым методом.

Механизм подъема колонны. Механизм подъема рассчитывают на суммарную нагрузку от веса металлоконструкций и механизмов, размещенных в кабине, веса полезного груза и сил трения в верхней и нижней опорах колонны

$$P = Q' + F_1 + F_2. \quad (\text{VII.44})$$

Суммарный вес поднимаемого груза

$$Q' = Q + G,$$

где G — дополнительный вес неповоротных деталей механизма подъема (траверсы, шатунов и др.).

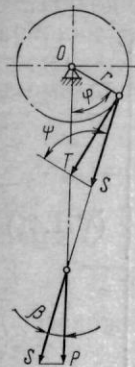


Рис. VII.30. Схема сил в кривошипно-ползунном механизме

Реакции опор колонны

$$\left. \begin{aligned} H_A &= \sqrt{X_A^2 + Y_A^2}; \\ H_B &= \sqrt{X_B^2 + Y_B^2}, \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.45})$$

где X_A, Y_A, X_B, Y_B — определены в предыдущем расчете.

Силы трения в верхнем и нижнем подшипниках колонны от реакций H_A и H_B :

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= H_A \mu; \\ F_2 &= H_B \mu, \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.46})$$

где μ — коэффициент трения скольжения на направляющих колонны.

Так как кривошипные механизмы применяются во многих машинах, то изложим более подробно расчет их приводов, имея в виду некоторую специфику, присущую механизмам с переменными параметрами, в которых моменты инерции масс и статические моменты изменяются в функции угла поворота кривошипа. Расчеты нагрузок и мощности двигателей здесь значительно усложняются, особенно в период неустановившегося движения приводов.

Предварительно мощность двигателя можно определить по приближенной формуле

$$P_{\text{дв}} = (1,25 \div 1,3) Qv/\eta,$$

где Q — вес перемещаемого груза, кН; v — скорость подъема, м/с. Крутящий момент на валу кривошипа (рис. VII.30)

$$M_K = Tr = Sr \sin \psi, \quad (\text{VII.47})$$

где r — радиус кривошипа; T — окружное усилие; S — усилие в шатуне; ψ — угол между шатуном и кривошипом.

Выразим момент через силу технологического сопротивления P

$$M_K = Pr \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}, \quad (\text{VII.48})$$

$$\text{где } \cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \varphi\right)^2};$$

здесь φ — угол поворота кривошипа; β — угол между направлением усилий S и P ; L — длина шатуна.

Тогда крутящий момент в функции угла поворота кривошипа может быть записан так

$$M_K = Pr \sin \varphi \left[1 - \frac{r \cos \varphi}{L \sqrt{1 - \left(\frac{r}{L} \sin \varphi\right)^2}} \right]. \quad (\text{VII.49})$$

При малом отношении радиуса кривошипа к длине шатуна $r/L \leq 1/5$ крутящий момент на валу кривошипа можно определять по формуле

$$M_K = Pr \sin \varphi. \quad (\text{VII.50})$$

Статический момент, приведенный к валу двигателя,

$$M_c = (Pr/u\eta) \sin \varphi, \quad (\text{VII.51})$$

где u, η — передаточное число и к. п. д. механизма.

Для построения нагрузочной диаграммы электродвигателя необходимо установить новую функциональную зависимость статического момента во времени. Часто рабочий цикл механизма (например, подъем груза из нижнего положения в верхнее) осуществляется поворотом кривошипа на 180° с периодами разгона и торможения.

Для трапециевидного графика изменения скорости привода нагрузочную диаграмму можно получить следующим образом.

В период пуска угол поворота кривошипа при постоянном угловом ускорении $\epsilon_{\text{п}}$ изменяется по квадратичной параболе

$$\varphi = \epsilon_{\text{п}} t_{\text{п}}^2 / 2; \quad \omega_{\text{п}} = \omega_{\text{к}} / t_{\text{п}},$$

где $\omega_{\text{к}}$ — угловая скорость установившегося движения кривошипа, $1/\text{с}$; $t_{\text{п}}$ — продолжительность пуска, с.

За период пуска кривошип повернется на угол (радиан) $\varphi_{\text{п}} = \omega_{\text{к}} t_{\text{п}} / 2$.

Тормозной угол $\varphi_{\text{т}} = \omega_{\text{к}} t_{\text{т}} / 2$; угол установившегося вращения кривошипа $\varphi_{\text{у}} = \pi - \frac{\omega_{\text{к}}}{2} (t_{\text{п}} + t_{\text{т}})$. Статический момент к концу разгона достигнет значения

$$M_2 = (Pr/u\eta) \sin \varphi_{\text{п}}.$$

Момент инерции поступательно движущихся масс, приведенный к валу двигателя (при пуске),

$$J_{\text{пр}} = m (v/\omega)^2 / \eta,$$

где v — скорость поступательно движущихся масс; ω — угловая скорость ротора двигателя; m — масса поднимаемого груза.

В первом приближении можно записать $v = v_{\text{к}} \sin \varphi$, где $v_{\text{к}}$ — окружная скорость кривошипа, $v_{\text{к}} = \omega_{\text{к}} r$.

Производная от выражения кинетической энергии механизма по углу поворота кривошипа представляет собой избыточный момент привода, поэтому дифференциальное уравнение движения можно записать так

$$\frac{dE}{d\varphi} = M_{\text{дв}} - M_c = \frac{d(J_{\text{пр}} \omega^2 / 2)}{d\varphi}, \quad (\text{VII.52})$$

где E — кинетическая энергия; $J_{\text{пр}}$ — момент инерции масс механизма, приведенный к валу двигателя; $M_{\text{дв}}$ — момент электродвигателя.

Так как $J_{пр} = f_1(\varphi)$ и $\omega = f_2(\varphi)$, то можно написать

$$M_{дв} - M_c = J_{пр}\omega \frac{dt}{d\varphi} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_{пр}}{d\varphi}. \quad (VII.53)$$

Имея в виду, что $\omega = d\varphi/dt$, получим дифференциальное уравнение движения привода при переменном моменте инерции

$$M_{дв} - M_c = J_{пр} \frac{d\omega}{dt} + \frac{\omega^2}{2} \frac{dJ_{пр}}{d\varphi}. \quad (VII.54)$$

Аналитически решить это уравнение в общем виде невозможно. Можно решить графическим методом конечных приращений или методом площадей, который сводится к графоаналитическому интегрированию уравнений. Уравнение (VII.54) лучше решать на ЭВМ.

С некоторым допущением определим необходимые данные для построения нагрузочного графика.

Усредненные величины моментов инерции: при пуске

$$J_{ср.п} = \delta J_1 + \frac{mr^2}{u^2\eta} \sin^2 \varphi_{п}; \quad (VII.55)$$

при торможении

$$J_{ср.т} = \delta J_1 + \frac{mr^2}{u^2} \eta \sin^2 \varphi_{т}. \quad (VII.56)$$

Динамические моменты двигателя: в период пуска

$$M_{д.п} = J_{ср.п} \omega / t_{п}, \quad (VII.57)$$

где ω — угловая скорость вращения вала двигателя, c^{-1} ; в период торможения

$$M_{д.т} = J_{ср.т} \omega / t_{т}. \quad (VII.58)$$

Полный усредненный момент двигателя в период пуска

$$M_1 = M_2/2 + M_{д.п}.$$

Максимальный статический момент

$$M_3 = M_{к.мах} = Pr/(u\eta); \quad (VII.59)$$

время его достижения

$$t_{y1} = (\pi/2 - \varphi_{п})/\omega_{к}.$$

Статический момент к началу торможения

$$M_4 = (Pr\eta/u) \sin \varphi_{т}.$$

Полный усредненный момент в период торможения

$$M_5 = M_{д.т} - M_4/2.$$

Время $t_{y2} = (\pi/2 - \varphi_{т})/\omega_{к}.$

По нагрузочной диаграмме (рис. VII.31) из условий нагрева определяем эквивалентный момент двигателя

$$M_0 = \sqrt{\frac{M_1^2 t_{п} + (M_2^2 + M_2 M_3 + M_3^2) t_{y1}/3 + (M_3^2 + M_3 M_4 + M_4^2) t_{y2}/3 + M_5^2 t_{т}}{k_n (t_{п} + t_{т}) + t_{y1} + t_{y2}}}, \quad (VII.60)$$

где k_n — коэффициент, учитывающий ухудшение охлаждения двигателя при пуске и торможении, $k_n = 0,65 \div 0,8$ для закрытых двигателей с внешним обдувом; $k_n = 0,85 \div 0,99$ для закрытых двигателей без обдува.

Выбранный по каталогу двигатель должен удовлетворять условию $M_n \geq M_0$. Затем двигатель проверяют на перегрузку.

Ходовые колеса тележки. Общее усилие на ходовые колеса тележки складывается из постоянных и переменных нагрузок от поворотной части тележки. Переменные нагрузки изменяются в функции угла поворота хобота. Схема нагрузок на тележку дана на рис. VII.32. Определим усилие на ходовые колеса от постоянной нагрузки неповоротной части тележки G , имеющей постоянные координаты центра тяжести x_0, y_0 . Если бы центр тяжести тележки совпадал с началом координат O , то усилия на каждое колесо были бы одинаковыми и равными $G/4$. При общем положении силы G усилия на колесо находим следующим образом.

Прикладывая в точку O две равные, но противоположно направленные силы $\pm G$, получим момент пары сил Gr_0 , где $r_0 = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}$. Разложим этот момент на две моменты Gx_0 и Gy_0 , действующих относительно осей x и y . Тогда дополнительные усилия на колеса от действия этих моментов равны:

$$\begin{aligned} &\text{на колеса } A-B \text{ и } C-D \text{ от момента } Gx_0 \\ &F_{AB} = -Gx_0/b; \quad F_{CD} = Gx_0/b; \end{aligned} \quad (VII.61)$$

$$\begin{aligned} &\text{на колеса } A-D \text{ и } B-C \text{ от момента } Gy_0 \\ &P_{AD} = Gy_0/d; \quad P_{BC} = -Gy_0/d; \end{aligned} \quad (VII.62)$$

$$\begin{aligned} &\text{на каждое колесо} \\ &F_A = F_B = -Gx_0/2b; \quad F_C = F_D = Gx_0/2b; \end{aligned} \quad (VII.63)$$

$$P_A = P_D = Gy_0/2d; \quad P_B = P_C = -Gy_0/2d. \quad (VII.64)$$

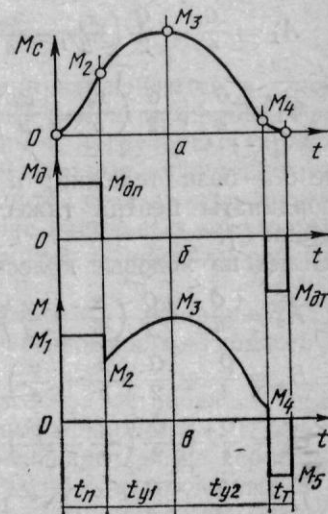


Рис. VII.31. Графики изменения крутящих моментов кривошипного механизма:

a — статического; b — динамического; δ — полного (нагрузочная диаграмма)

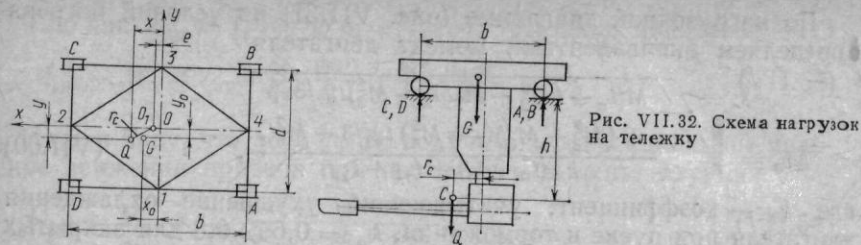


Рис. VII.32. Схема нагрузок на тележку

При этом усилия на ходовые колеса равны:

$$A_1 = \frac{G}{4} - \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{b} - \frac{y_0}{d} \right); \quad B_1 = \frac{G}{4} - \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{b} + \frac{y_0}{d} \right);$$

$$C_1 = \frac{G}{4} + \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{b} - \frac{y_0}{d} \right); \quad D_1 = \frac{G}{4} + \frac{G}{2} \left(\frac{x_0}{b} + \frac{y_0}{d} \right), \quad (\text{VII.65})$$

где b — база тележки; d — ширина колеи тележки; x_0, y_0 — координаты центра тяжести неповоротной части тележки (нагрузки G).

Усилия на ходовые колеса от поворотной нагрузки:

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= \frac{Q}{4} - \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{b} - \frac{y}{d} \right); \\ B_2 &= \frac{Q}{4} - \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{b} + \frac{y}{d} \right); \\ C_2 &= \frac{Q}{4} + \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{b} - \frac{y}{d} \right); \\ D_2 &= \frac{Q}{4} + \frac{Q}{2} \left(\frac{x}{b} + \frac{y}{d} \right), \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.66})$$

где Q — вес поворотной части тележки; x, y — переменные координаты центра тяжести нагрузки. Суммарные усилия на ходовые колеса

$$\left. \begin{aligned} A &= A_1 + A_2; \\ B &= B_1 + B_2; \\ C &= C_1 + C_2; \\ D &= D_1 + D_2. \end{aligned} \right\} \quad (\text{VII.67})$$

Из выражений (VII.66) видим, что для данного положения хобота максимальное усилие будет на ходовом колесе D . Выразим усилие D_2 от переменной нагрузки через угол поворота хобота φ

$$D_2 = \frac{Q}{4} + \frac{Q}{2d} r_c \sin \varphi + \frac{Q}{2b} (e + r_c \cos \varphi), \quad (\text{VII.68})$$

где r_c — расстояние от оси вращения O_1 до силы Q ; e — смещение оси колонны относительно центра тележки.

Чтобы определить значение угла φ , при котором усилие на колесо D будет максимальным, следует взять производную и приравнять ее нулю $dD_2/d\varphi = 0$, откуда получим

$$\text{tg } \varphi = b/d. \quad (\text{VII.69})$$

Следовательно, усилие на ходовое колесо D будет тогда максимальным, когда хобот повернется перпендикулярно диагонали, соединяющей середины сторон контура опирания тележки 1, 2, 3, 4. По найденным усилиям ходовые колеса рассчитывают на прочность.

Гидравлическая напольная завалочная машина

Недостатки крановых завалочных машин заключаются в сложности устройства и трудности проведения ремонтных работ. Расположение крановых завалочных машин и загрузочных кранов (производят бадьевую загрузку и вспомогательные работы в печном пролете) на одном ярусе подкрановых путей создает затруднения в их работе. Более оправдано применение напольных завалочных машин безрельсового типа, перемещающихся по настилу рабочей площадки.

Напольную гидравлическую завалочную машину ПКТИ (рис. VII.33) отличает компактность, автономность, гибкость и надежность в работе.

На раме машины 8 расположены насосная установка 6, приводимая дизельным двигателем 5, и кабина машиниста 4. К основной раме шарнирно присоединена качающаяся рама хобота 3. Ходовая часть машины состоит из передних неприводных 9 и задних приводных 7 колес, снабженных резиновыми литыми шинами. Мульду 1 навешивают на головку хобота 2 и движением машины вводят в электропечь. Разгрузку мульды производят поворотом хобота. Захват и перемещение мульды в вертикальной плоскости выполняют качанием хобота.

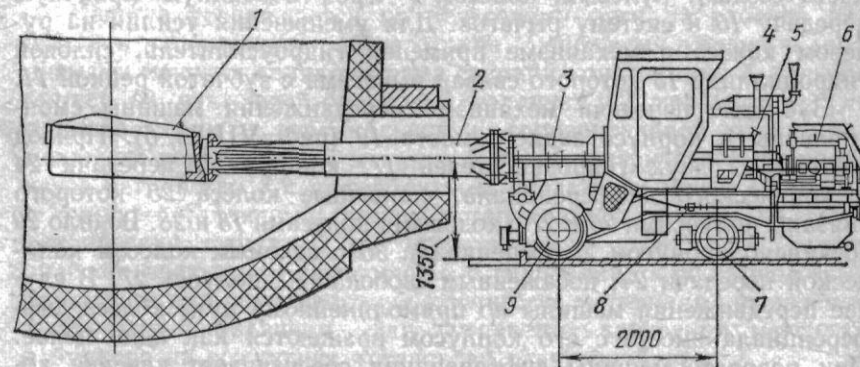


Рис. VII.33. Напольная гидравлическая машина для загрузки ферросплавов в электропечь

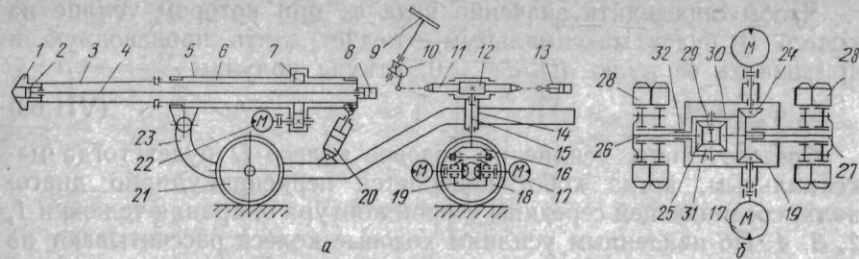


Рис. VII.34. Напольная завалочная машина:
 а — схемы механизмов вращения и поворота хобота; б — схема механизма передвижения

Криволинейное движение машины создают поворотом задних ходовых колес. Машина снабжена механизмами вращения и качания хобота, стопорения мульды, передвижения и поворота машины, оснащенными гидроприводами.

Механизм вращения хобота (рис. VII.34, а) состоит из гидродвигателя 22 и цилиндрической зубчатой передачи 7, колесо которой закреплено на мундштуке 6. Последний установлен в качающейся раме 5 на подшипниках качения. Соединение хобота 3 с мундштуком — болтовое фланцевое. Стопорный механизм мульды оснащен гидроцилиндром 8, связанным штоком 4 с подвижным сухарем 2 в головке хобота 1. Механизм качания хобота снабжен двумя параллельно работающими качающимися гидроцилиндрами 20, соединенными шарнирно с основной 23 и качающейся 5 рамами. Рама 23 опирается на неприводные 21 и приводные 18 колеса.

Машина выполнена с рулевым механизмом поворота. Корпус заднего моста 19 шарнирно связан с поворотной вилкой 16, на вал 15 которой посажена шестерня 12, находящаяся в зацеплении с зубчатой рейкой 11. Опоры вала с подшипниками качения смонтированы в стакане 14, закрепленном в раме машины. Поступательное движение рейки, а следовательно, и поворот заднего моста создают рулевым, колесом 9 через глобoidную червячную передачу 10 и систему рычагов. Для уменьшения усилия на рулевом колесе в механизме применен гидроусилитель, силовой гидроцилиндр 13 которого связан рычагами с зубчатой рейкой 11.

Зубчатые передачи механизма передвижения машины смонтированы в корпусе заднего моста 19 (рис. VII.34, б). Привод состоит из двух гидродвигателей 17, конической передачи 24 и конического дифференциала, солнечные колеса 25 которого связаны полуосями 26 и 27 с ходовыми колесами 18 и 28. Водило 29 соединено корпусом дифференциала 30 с ведомым колесом конической передачи 24, посаженным свободно на полуось 27. В случае передвижения машины по прямолинейному пути колеса дифференциала вместе с его корпусом вращаются как одно целое. При повороте машины дифференциал обеспечивает качение ходовых колес без проскальзывания в результате обкатывания са-

теллитов 31 по одному из колес 25, вращающемуся с меньшей угловой скоростью. Ходовые колеса попарно посажены на пустотелые оси 32 заднего моста на подшипниках качения.

Машины для загрузки электропечей шлакообразующими материалами

Для наводки шлака применяют шлакообразующие материалы (известь, руду, плавиковый шпат и др.), которые забрасывают в печь в процессе плавки. Эта операция механизирована и частично выполняется завалочной машиной. К недостаткам загрузки шлакообразующих в мульдах относятся большая кучность материала, отрицательно влияющая на технологический процесс; значительная продолжительность загрузки и невозможность ее автоматизации. Эти недостатки можно устранить применением загрузочных машин, подающих шлакообразующие в печь с рассевом на значительной площади ванны и позволяющих автоматизировать процесс загрузки.

По принципу работы различают следующие типы загрузочных машин: ленточные, бросковые и вибротрубные.

Ленточные машины отличает высокая производительность, простота устройства рабочего органа и хороший рассев материала по ванне печи.

Машины броскового типа осуществляют подачу материала мелкими порциями. Они не нашли широкого применения из-за малой производительности, неудовлетворительного отсева материала и частых поломок броскового механизма, подверженного действию больших динамических нагрузок.

Машины с вибрационными трубами используют при загрузке пылеобразующих компонентов шихты в электропечи для выплавки синтетических шлаков.

В ленточной загрузочной машине струя материала регулируется в вертикальной и горизонтальной плоскостях (рис. VII.35).

Машина перемещается по рельсовому пути на рабочей площадке в направлении рабочего окна. Основными узлами и механизмами машины являются рама сварной конструкции 8, съемный бункер 18, ленточный бросковый механизм 12, механизм регулирования струи в вертикальной и горизонтальной плоскостях, механизм передвижения машины 5 и тензометрическое взвешивающее устройство 3 с циферблатным указателем массы материала в бункере. Грузный бункер устанавливаем краном на тензометрические датчики 2, расположенные на стойках 16. Бункер снабжен челюстным затвором 15 с гидравлическим приводом 17, служащим для регулирования количества материала, подаваемого в бросковый механизм. Для устранения зависания материала в бункере на его стенке установлен электровибратор 1.

Привод броскового механизма 10 состоит из электродвигателя ($P = 9,2; 10,2$ и $13,7$ кВт при регулируемой частоте вращения

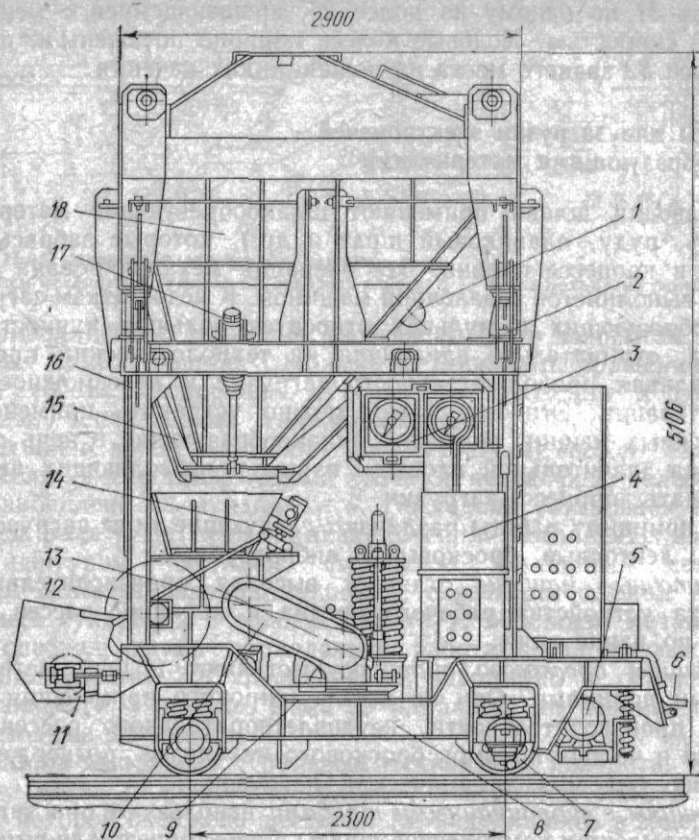


Рис. VII.35. Ленточная загрузочная машина

730, 965, 1450 об/мин) и клиноременной передачи. Дальность бросания материала регулируется частотой вращения электродвигателя.

Рассеивание материала в продольном направлении (по оси рабочего окна) достигается качательным движением нижней ветви ленты в вертикальной плоскости механизмом 14, состоящим из качающегося гидроцилиндра и рычажной системы. Механизм осуществляет качательное движение раструба 11, переднего ролика и нижней ветви ленты. Бросковый механизм с приводом смонтирован на поворотной платформе 9, которая рычажным механизмом с качающимся гидроцилиндром может поворачиваться в горизонтальной плоскости. Этим достигается регулирование струи материала в поперечном направлении.

Машина перемещается на четырех поддресоренных ходовых колесах 7.

Вся конструкция опирается на ось ската и на раму машины через систему спиральных пружин. Подвод тока к машине осуществлен гибким кабелем 6. Питание гидроприводов производится маслonaпорной установкой 4 с электродвигателем ($P = 5,5$ кВт). Постоянство давления масла в гидросистеме поддерживается пружинным гидроаккумулятором 13. Дальность бросания материала до 11 м, производительность 65—240 т/ч.

На рис. VII.36 показана машина с роторно-ленточным бросковым механизмом для загрузки двух компонентов шихты. Машина состоит из рамы 8 со стойками 11, переносных бункеров 1 и 2 механизмов управления шиберными затворами 9, кареточных питателей 10, приемной воронки 6, наклонного ленточного конвейера 5, тетки 3, роторно-ленточного броскового механизма 4, расположенного на консоли рамы, ходовой части и механизма передвижения машины 7.

Бросковый механизм (рис. VII.37) состоит из приводного ротора (барабана) 4, смонтированного на валу 3, бесшовной ленты 7, охватывающей ротор снаружи по большей части окружности, и направляющих роликов 6. Лопатки 2 не доходят до центра ротора, образуя пространство для подачи материала по течке из бункеров.

При центральной подаче материала в ротор лопатки внутренними кромками захватывают порции материала при сравнительно небольшой скорости. Затем материал перемещается по лопаткам и плавно переходит на ленту, так как ее скорость примерно равна скорости наружных кромок лопаток.

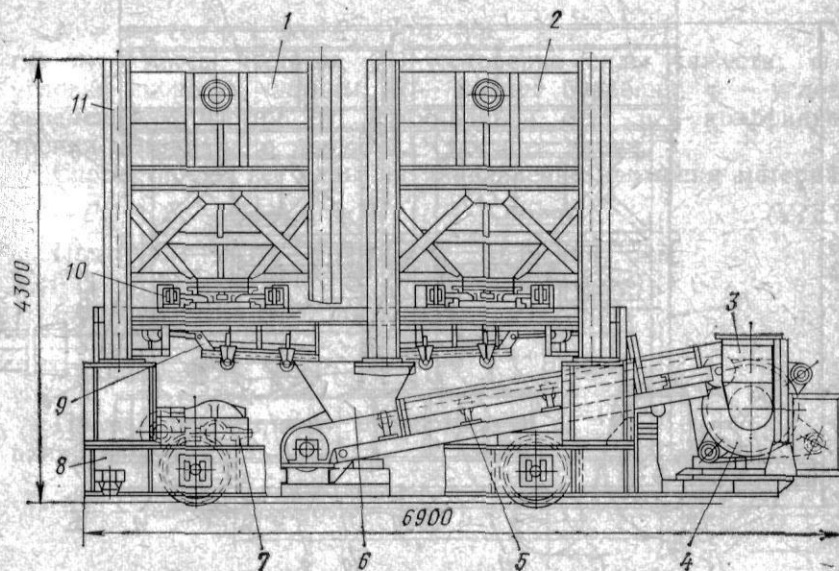


Рис. VII.36. Загрузочная машина с роторно-ленточным бросковым механизмом

Регулирование струи материала в вертикальной плоскости при настройке осуществляют поворотом корпуса броскового механизма 5 при помощи винтовой стяжки 8. Распределение материала по ванне печи в продольном направлении (по оси рабочего окна) достигают перемещением машины. Натяжение ленты производят винтовым устройством 1.

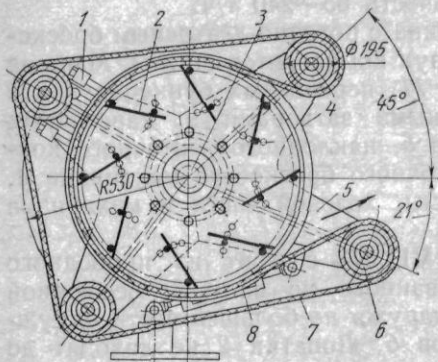


Рис. VII.37. Роторно-ленточный бросковый механизм

Для загрузки электропечей, выплавляющих синтетические шлаки, применяют машину с инерционным конвейером (рис. VII.38), исключая пылеобразование в процессе загрузки материалов.

На раме машины 14 установлены два бункера 1 и 2 для различных компонентов шихты. Материалы из бункеров в приемную воронку 11 подают кареточными питателями 3, снабженными электроприводами. Качающаяся

рама трубы 12 подвешена на двух рычагах 4, образующих вместе с рамой и стойкой параллелограммный механизм подвески. При-

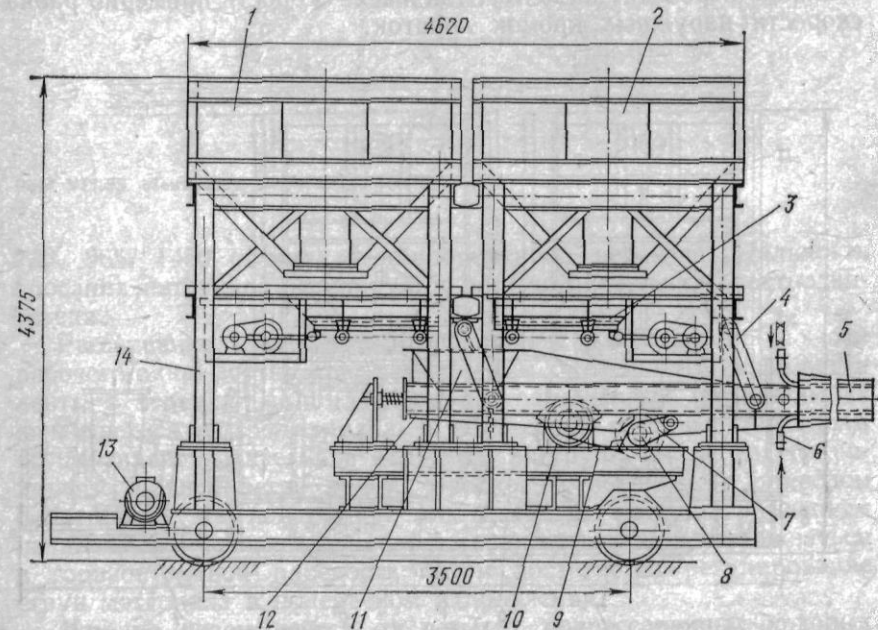


Рис. VII.38. Машина для загрузки электропечей с инерционным конвейером

вод механизма качания и электромеханический выбратор состоит из электродвигателя 10 ($P = 14$ кВт, $n = 970$ об/мин) и клиноременной передачи 9 ($u = 3,15$), на ведомом валу 8 которой посажен составной эксцентрик, связанный с качающейся рамой шатуном 7.

Изменение величины амплитуды качания (0—28 мм) достигают поворотом эксцентриковой втулки, посаженной на хвостовик приводного вала. Головная часть трубы 5, вводимая в печное пространство, охлаждается водой, поступающей по патрубкам 6. Перемещение машины по рельсовому пути на рабочей площадке осуществляется механизмом 13 обычного типа.

Расчет ленточного броскового механизма

На частицу материала, находящегося на вогнутой поверхности движущейся ленты броскового механизма, действуют следующие силы (рис. VII.39): сила тяжести G , центробежная сила инерции P_n , тангенциальная сила инерции P_τ , нормальная реакция ленты N и сила трения F . Материал при движении прижимается к ленте центробежной силой инерции и нормальной составляющей силы тяжести, в результате чего его скорость возрастает; сила трения направлена в сторону движения материала и сообщает ему ускорение.

Значения сил, действующих на частицу материала:

$$P_n = m\omega^2 R; \quad P_\tau = mR \frac{d\omega}{dt};$$

$N = mg \cos \varphi + m\omega^2 R$; $F = N\mu$,
где m — масса частицы; g — ускорение силы тяжести; ω — угловая скорость частицы; R — радиус барабана; φ — угловое перемещение частиц от вертикальной оси; μ — коэффициент трения материала о ленту; t — текущее время.

Спроектируем все силы на направление движения материала — $P_\tau + F - G \sin \varphi = 0$. (VII.70)

Подставим в это уравнение значения сил

$$-mR \frac{d\omega}{dt} + (mR\omega^2 + mg \cos \varphi)\mu - mg \sin \varphi = 0.$$

После элементарных преобразований получим

$$\frac{d\omega}{dt} - \mu\omega^2 = \frac{g}{R} (\mu \cos \varphi - \sin \varphi).$$

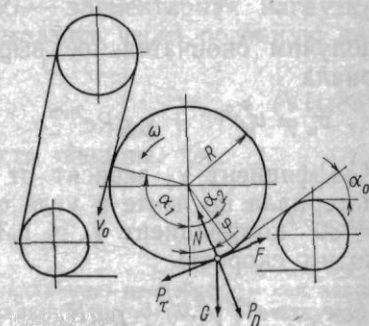


Рис. VII.39. Расчетная схема ленточного броскового механизма

Так как $d\varphi/dt = \omega$, то уравнение можно переписать в виде

$$\omega \frac{d\omega}{d\varphi} - \mu\omega^2 = \frac{g}{R} (\mu \cos \varphi - \sin \varphi). \quad (\text{VII.71})$$

После интегрирования уравнения типа Бернулли получим выражение для угловой скорости движения материала

$$\omega^2 = \frac{2g}{R(1+4\mu^2)} [3\mu \sin \varphi + (1+2\mu^2) \cos \varphi + Ce^{2\mu\varphi}],$$

где C — произвольная постоянная интегрирования; e — основание натуральных логарифмов.

Линейная скорость движения $v = \omega R$:

$$v^2 = \frac{2gR}{1+4\mu^2} [3\mu \sin \varphi + (1+2\mu^2) \cos \varphi + Ce^{2\mu\varphi}]. \quad (\text{VII.72})$$

Постоянную интегрирования C определяем из начальных условий: угол $\varphi = -\alpha_1$, скорость материала равна начальной скорости поступления материала на ленту (зависит от загрузочного устройства) $v = v_0$.

Подставив начальные условия в формулу (VII.72), находим C

$$C = \left[\frac{1+4\mu^2}{2gR} v_0^2 + 3\mu \sin \alpha_1 - (1+2\mu^2) \cos \alpha_1 \right] e^{2\mu\alpha_1}. \quad (\text{VII.73})$$

Конечную скорость v_k материал получает при сходе ленты с барабана. Для определения v_k подставляем в уравнение (VII.72) значение угла $\varphi = \alpha_2$ и произвольной постоянной C

$$v_k^2 = v_0^2 e^{2\mu\alpha} + 2gR \left[\frac{(1-2\mu^2) \cos \alpha_2 + 3\mu \sin \alpha_2}{(1+4\mu^2) e^{2\mu\alpha}} - \frac{(1-2\mu^2) \cos \alpha_1 - 3\mu \sin \alpha_1}{1+4\mu^2} \right] e^{2\mu\alpha}, \quad (\text{VII.74})$$

где $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ — угол обхвата барабана лентой, рад. Обозначив

$$\chi_0 = 2 \left[\frac{(1-2\mu^2) \cos \alpha_2 + 3\mu \sin \alpha_2}{(1+4\mu^2) e^{2\mu\alpha}} - \frac{(1-2\mu^2) \cos \alpha_1 - 3\mu \sin \alpha_1}{1+4\mu^2} \right], \quad (\text{VII.75})$$

получим окончательное выражение для скорости вылета материала

$$v_k^2 = v_0^2 e^{2\mu\alpha} + \chi_0 g R e^{2\mu\alpha}. \quad (\text{VII.76})$$

Коэффициент χ_0 зависит от коэффициента трения заправочного материала по ленте и угла α_2 . Для $\mu = 0,6 \div 0,7$ при угле $\alpha_2 = 30^\circ$ коэффициент $\chi_0 = 1,38 \div 1,2$. Из выражения (VII.76) находим скорость

$$v_k = e^{\mu\alpha} \sqrt{v_0^2 + \chi_0 g R}. \quad (\text{VII.77})$$

Скорость v_k — это максимальная скорость, которую бросковый механизм может сообщить материалу. Скорость ленты $v_{л}$ принимается близкой к этой скорости: $v_{л} \geq v_k$.

Дальность вылета материала находится из уравнения траектории свободного полета куска материала (парабола)

$$y = x \operatorname{tg} \alpha_0 - \frac{gx^2}{2v_k^2 \cos^2 \alpha_0}, \quad (\text{VII.78})$$

где x, y — координаты; α_0 — угол бросания, град ($\alpha_0 = \alpha_2$).

Подставив в это уравнение $y = 0$, получим формулу для определения дальности полета материала

$$L = (v_k^2/g) \sin 2\alpha_0. \quad (\text{VII.79})$$

Наибольшая высота траектории полета

$$H = v_k^2 \sin^2 \alpha_0 / g. \quad (\text{VII.80})$$

Соппротивление воздуха незначительно уменьшает дальность бросания материала, так как скорость метания сравнительно мала. Размеры кусков заправочного материала оказывают существенное влияние на дальность полета и рассеивание материала.

Мощность электродвигателя броскового механизма заправочной машины расходуется на сообщение материалу кинетической энергии и на преодоление сил сопротивления. Мощность, потребляемая для сообщения материалу кинетической энергии, кВт

$$P = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} v_{л} dF, \quad (\text{VII.81})$$

где $v_{л}$ — скорость ленты, м/с; dF — элементарная сила трения материала о ленту.

Сила dF от действия центробежной силы может быть написана в виде¹

$$dF = dG v^2 \mu / (gR), \quad (\text{VII.82})$$

где v — скорость материала, м/с; dG — элементарная нагрузка на дуге ленты ds , которую можно выразить через погонную нагрузку материала на ленте $\Pi / (3,6v)$:

$$dG = \Pi ds / 3,6v, \quad (\text{VII.83})$$

здесь Π — часовая производительность машины, т/ч.

Ввиду того, что $ds = R d\varphi$

$$dF = \Pi \mu v d\varphi / 3,6g. \quad (\text{VII.84})$$

¹ Силой от собственного веса куска материала здесь пренебрегаем как малой величиной, практически не оказывающей влияния на точность расчета мощности.

Скорость материала, соответствующая углу перемещения частиц материала ($\alpha_1 + \varphi$), может быть выражена в следующем виде:

$$v_k = e^{\mu(\alpha_1 + \varphi)} \sqrt{v_0^2 + \chi_0 g R}. \quad (\text{VII.85})$$

Из формулы (VII.77)

$$\sqrt{v_0^2 + \chi_0 g R} = v_k / e^{\mu\alpha},$$

тогда

$$v = v_k e^{\mu\varphi} / e^{\mu\alpha_2}. \quad (\text{VII.86})$$

Подставив значение v в выражение (VII.84), получим

$$dF = \frac{\Pi \mu v_k}{3,6g} \frac{e^{\mu\varphi} d\varphi}{e^{\mu\alpha_2}},$$

тогда

$$P = \int_{-\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\Pi \mu v_k}{3,6g} \frac{e^{\mu\varphi} d\varphi}{e^{\mu\alpha_2}}. \quad (\text{VII.87})$$

После интегрирования получим мощность двигателя с учетом холостого хода

$$P_p = \frac{1,7 \Pi v_k}{3600} \left(1 - \frac{1}{e^{\mu\alpha}} \right). \quad (\text{VII.88})$$

Электродвигатели заправочной машины работают в зоне высоких температур. Поэтому при отсутствии принудительной вентиляции установочная мощность двигателя должна быть увеличена.

Выбор мощности электродвигателя (кВт), работающего при температуре окружающей среды больше 35 °С, производится по формуле

$$P = P_p / k_t, \quad (\text{VII.89})$$

где k_t — температурный коэффициент,

$$k_t = \sqrt{\frac{t_o - t_{ок}}{t_o - 35} (\alpha_n + 1) - \alpha_n}, \quad (\text{VII.90})$$

здесь t_o — максимальная допустимая температура нагрева обмоток двигателя, зависящая от класса изоляции. Для изоляции класса *A* температура $t_o = 105$ °С; класса *B* $t_o = 120$ °С; класса *H* $t_o = 160$ °С; $t_{ок}$ — температура окружающей среды; α_n — коэффициент потерь, зависящий от номинальной скорости вращения и способа возбуждения двигателя; $\alpha_n = 0,5 \div 2$ для электродвигателей постоянного тока последовательного возбуждения; $\alpha_n = 1 \div 2$ для электродвигателей параллельного возбуждения и $\alpha_n = 0,5 \div 1,5$ для асинхронных электродвигателей.

Машины для горячего ремонта футеровки электропечей

Горячий ремонт огнеупорной кладки электропечей производят двумя основными способами — заправкой и торкретированием. Для заправки используют обожженный доломит и магнетитовый порошок, хорошо приваривающиеся к нагретой футеровке. Заправку стен и подины осуществляют механизированным способом с применением специальных заправочных машин.

Использование для этих целей ленточных и бросковых машин периодического действия неэффективно, так как заправка, производимая через одно рабочее окно, затруднена, требует длительного времени и не позволяет получить необходимого качества наварки.

Ограниченное применение получили пневматические заправочные машины, в которых используется принцип перемещения материала струей сжатого воздуха. Их существенным недостатком является охлаждение воздухом места заправки и, как следствие, ухудшение привариваемости материала и снижение срока службы футеровки.

На ряде заводов заправку производят пневматическим устройством, навешиваемым на хобот крановой завалочной машины, с использованием вместо воздуха газокислородной смеси, что удорожает этот процесс.

Более прогрессивными машинами для заправки электропечей являются машины центробежного типа, обеспечивающие высокое качество при минимальной затрате времени.

На рис. VII.40 показана навесная центробежная заправочная машина, используемая для ремонта футеровки электропечей большой вместимости. Основными частями машины являются бросковый механизм и цилиндрическо-конический бункер 5. В верхней части бункера к траверсе 3 прикреплена скоба 1 для переноса машины мостовым краном. Бросковый механизм состоит из электродвигателя 2 и центробежного метательного диска 10

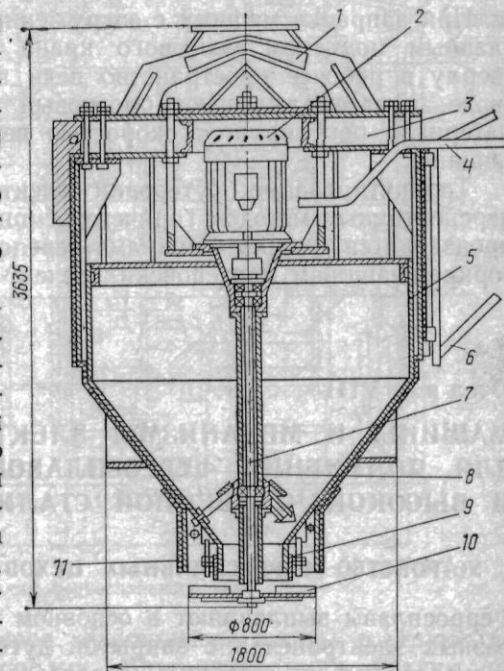


Рис. VII.40. Центробежная машина для заправки электропечей

с торцовыми лопатками, соединенных между собой вертикальным валом 7. Защитная труба 8 исключает трение вала о материал и его износ.

Подача материала на метательный диск регулируется перемещением по высоте телескопического патрубка 11 на горловине бункера. Нижняя часть бункера охлаждается водой, подаваемой гибким шлангом в кольцевую трубу 9. Ток к машине подводится гибким кабелем 4, поддерживаемым при работе съемным трубчатым кронштейном 6.

При заправке машину с загруженным бункером захватывают главным подъемом мостового крана печного пролета, вводят сверху в рабочее пространство печи при отведенном в сторону своде, а затем включают бросковый механизм. Толщина слоя материала регулируется скоростью вертикального перемещения машины.

Торкретирование футеровки электропечей является новым перспективным методом горячего ремонта, которое, как правило, производится торкрет-машинами переносного типа, аналогичными торкрет-машинам мартеновских печей.

Глава VIII

МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ЭЛЕКТРОПЕЧЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОСПЛАВОВ И ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ СТАЛИ

1. УСТРОЙСТВО ФЕРРОСПЛАВНЫХ ЦЕХОВ

Ферросплавы выплавляют в основном в руднотермических трехфазных электропечах с закрытой дугой. По конструкции печи подразделяют на открытые (без свода) и закрытые; по способу установки — на стационарные и вращающиеся; по числу электродов — на трехэлектродные и шестиэлектродные; по форме — на цилиндрические и прямоугольные. В печах закрытой конструкции возможно улавливание отходящих газов. Во вращающихся печах улучшаются условия расплавления шихты. Мощность современных ферросплавных печей составляет 48—63 МВ. А с тенденцией к дальнейшему увеличению до 100 МВ. А.

В состав современного ферросплавного цеха входят отдельно расположенное шихтовое отделение и главное здание цеха с электропечами. Шихтовое отделение предназначено для хранения запаса материалов, их подготовки и дозирования. При подготовке шихтовых материалов подвергают грохочению, дроблению, мойке и сушке, для чего используют грохоты различных типов, щековые и валковые дробилки, моечные барабаны и сушила. Подъемно-транспортное оборудование состоит из мостовых грейферных кра-

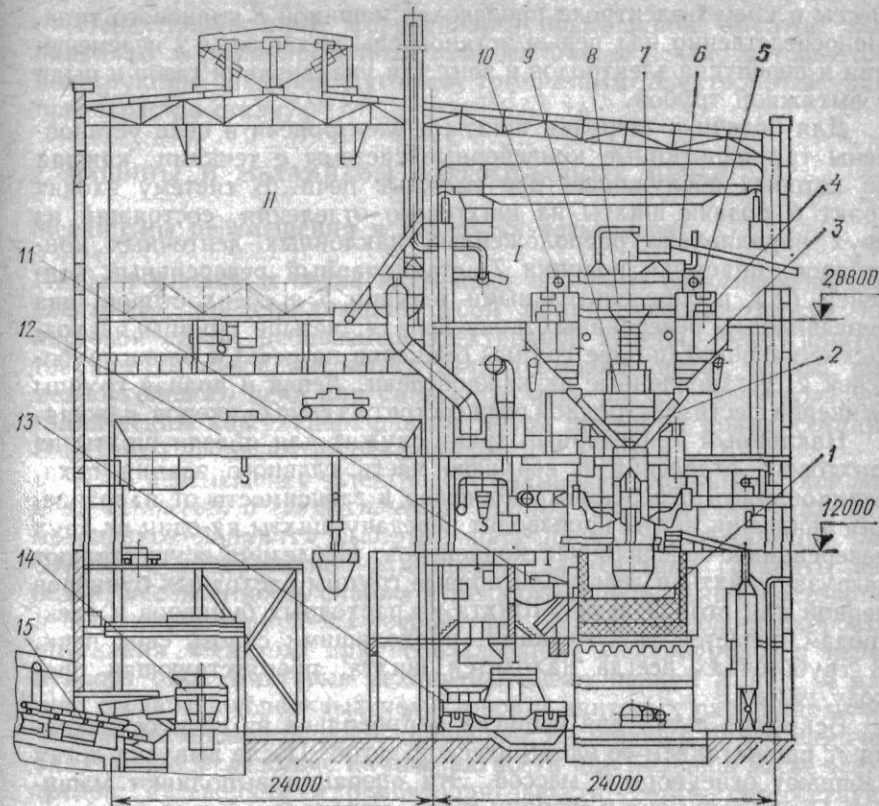


Рис. VIII.1. Разрез главного здания ферросплавного цеха

нов и ленточных конвейеров. Компоненты шихты дозируют весовыми ленточными дозаторами. Материалы (руду, коксик, металлическую дробленую стружку, кварцит и т. д.) доставляют в отделение железнодорожным транспортом и разгружают в приемные бункера. Подготовленную шихту подают из шихтового отделения в главное здание ленточными конвейерами.

На рис. VIII.1 показан поперечный разрез главного здания ферросплавного цеха для выплавки ферромарганца с двумя вращающимися трехэлектродными руднотермическими печами мощностью по 16,5 МВ. А и четырьмя шестиэлектродными прямоугольными печами стационарного типа мощностью 48 и 63 МВ. А.

Главное здание цеха выполнено с тремя пролетами: печным I, разливочным II и трансформаторным, примыкающим к печному пролету справа.

Электропечь I — закрытого типа с набивными электродами. Подина печи выложена угольными блоками, стены — алюмосиликатными плитами и блоками. Доставку и загрузку электродной

массы в кожух электрода производят машиной 8 кранового типа. Непосредственно над печью установлены механизмы 9 перемещения и перепуска электродов и зонт для улавливания газов и пыли с вытяжной трубой.

Для подачи и загрузки шихты в электропечи в цехе установлены три однотипные конвейерные системы с течками, каждая из которых обслуживает две смежные печи. В систему входят тракт 6 подачи шихты из шихтового отделения, состоящий из двух параллельно расположенных наклонных ленточных конвейеров, приемная воронка 7, стационарный реверсивный конвейер 10 с распределительными течками 5 с обеих сторон, два передвижных реверсивных конвейера 4, четыре группы расходных бункеров 3 (по две группы бункеров на печь) и блоки трубоотечек 2, установленные на каждой печи. Левая и правая группы бункеров шестиэлектродной печи состоит из семи бункеров каждая.

Наклонный конвейерный тракт служит для подачи шихты из шихтового отделения в верхнюю часть главного здания цеха. Стационарный реверсивный конвейер в зависимости от направления движения ленты производит передачу шихты на один из двух реверсивных передвижных конвейеров. Последние осуществляют загрузку шихты в левые или правые группы расходных бункеров первой или второй печей. Шихта из расходных бункеров к электродам подается трубоотечками, проходящими сквозь свод печи. В трубоотечках всегда находится шихта, препятствующая проходу газов.

Вскрытие летки для выпуска ферросплава из печи осуществляют прожиганием ее электрической дугой. После выпуска летку забивают огнеупорной массой. Эти операции выполняет машиной 11 для вскрытия и забивки летки, управляемой дистанционно. Ферросплав выпускают в приемный ковш, установленный вместе со шлаковым ковшом на передаточной тележке 13. При заполнении приемного ковша шлак по его носку сливается в шлаковый ковш. Передача тележки из печного пролета в разливочный и ее возврат осуществляются канатной лебедкой.

Разливочный пролет обслуживают мостовые краны 12 общего назначения, которые, помимо обычных погрузочно-разгрузочных работ, производят перенос ферросплавного и шлакового ковшей с использованием специальной грузозахватной траверсы. Ковш с ферросплавом устанавливают краном на стелу у разливочной машины и поворачивают на слив гидравлическим механизмом кантования 14. Разливку ферросплавов в чушки производят на ленточной разливочной машине 15, принципиально не отличающейся от машины для разливки чугуна. Ковш со шлаком краном переставляют с передаточной тележки на шлаковоз и вывозят из цеха локомотивом для дальнейшей переработки шлака.

В трансформаторном пролете главного здания установлены печные трансформаторы, аппаратура управления, охладители масла и оборудование газоочистки с трубами Вентури.

Ненауглероженные ферросплавы повышенной чистоты выплавляют в рафинировочных ферросплавных печах, которые по конструкции подобны дуговым трехфазным электропечам для производства стали.

2. МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ПЕЧЕЙ

Механизмы перемещения и перепуска электродов

На ферросплавных печах применяют набивные самоспекающиеся электроды, представляющие собой цилиндрический кожух из листовой стали, набиваемый электродной массой. Массу готовят из смеси антрацита (или термоантрацита), кокса, каменноугольного пека или смолы. По мере расхода электрода металлургический кожух наращивают путем приварки новых секций. Электроды набивают в среднем один раз в сутки.

Для перемещения электродов применяют механизмы канатного, винтового и гидравлического типов. Недостатками канатных механизмов являются быстрый износ проволочных канатов, работающих в абразивной атмосфере, значительные габариты лебедок, необходимость снабжать механизм специальным постоянно действующим тормозным устройством, ограничивающим скорость опускания электрода при использовании электроприводов переменного тока. Винтовые механизмы имеют низкий к. п. д. и малую стойкость червячных редукторов и винтовых пар. Гидравлические механизмы широко применяют на мощных руднотермических печах вследствие их компактности при большой массе электродов, надежности и ремонтпригодности. Этому способствует также удобство их компоновки с пружинно-гидравлическими механизмами перепуска электродов.

На каждом электроде установлено отдельное гидравлическое подъемно-перепускное устройство, состоящее из двух механизмов перемещения и перепуска электрода. Механизм перемещения электрода обеспечивает его большой ход и требуемое положение в ванне печи, а механизм перепуска — опускание электрода под действием собственного веса на ограниченную величину по мере стгорания.

Общая компоновка узла механизмов перемещения и перепуска электродов руднотермической печи мощностью 16 500 кВт. А приведена на рис. VIII.2. Электрод вводят в несущий цилиндр 8 и удерживают пружинно-гидравлическим механизмом перепуска электрода, расположенным на несущей траверсе 5 и состоящим из колец 1 и 3 с зажимами и гидроцилиндров 2. Передвижение траверсы, а вместе с ней несущего цилиндра и электрода осуществляют тремя плунжерными гидроцилиндрами 4 с подвижными корпусами, связанными с траверсой и расположенными под углом 120°. Масло подводят через пустотелые плунжеры. Сферические головки плунжера входят в опорные стаканы 9 и обеспечивают

самоустанавливание устройства. Во избежание прохода газов и пыли между несущим цилиндром и рамой устройства 10 применено кольцевое уплотнение 6 из резиновой ленты с огнеупорными вставками и нажимными пружинами. Для предупреждения возможного перекаса несущего цилиндра на двух горизонтах установлены упорные ролики 7, по шесть роликов в каждом ряду.

Механизм перепуска электрода (рис. VIII.3) состоит из двух колец 1 и 4, снабженных шестью пружинно-гидравлическими зажимами (буксами) 3 каждое, и подъемных гидроцилиндров 2.

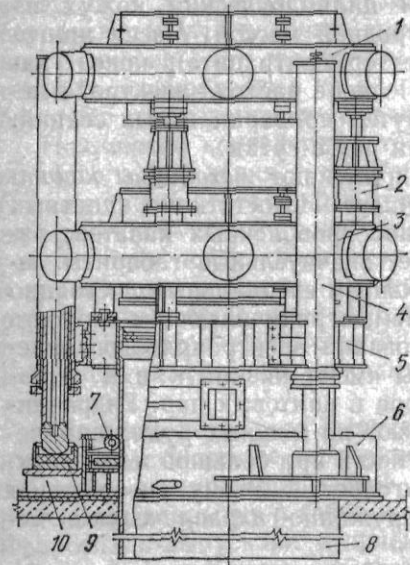


Рис. VIII.2. Механизмы перемещения и перепуска электрода гидравлического типа

Нижнее кольцо 1 закреплено на несущей траверсе, верхнее перемещается тремя плунжерными гидроцилиндрами, закрепленными на нижнем кольце. Electrodes are clamped by six jaws 5, covered with a layer 7 of oil-resistant rubber and connected to each other by cross-pieces 6. Radial clamping of the jaws is performed by working springs 10, acting on the lugs 9. Release of the electrode is performed by hydraulic cylinders 11, which at this time compress the springs and move the lugs. Hydraulic cylinders are connected to ring-shaped oil pipes 8 with a pressure station and a control panel.

Последовательность операций при перепуске электрода следующая. Перед началом работы механизма верхнее кольцо опущено и на электрод наложены зажимы обоих колец. Освобождают зажимы верхнего кольца и поднимают его гидроцилиндрами в крайнее верхнее положение. Далее последовательно накладывают на электрод зажимы верхнего кольца и освобождают зажимы нижнего кольца. При сбросе масла из подъемных гидроцилиндров электрод получает перепуск, равный их ходу. На опущенный электрод накладывают зажимы нижнего кольца.

Электрододержатель (рис. VIII.4) должен обеспечить удержание электрода и надежный подвод тока к нему. В кольцо электрододержателя 1 закреплены по окружности шесть гидроцилиндров 7, обеспечивающих прижатие токоподводящих бронзовых башмаков к электроду. Кольцо с несущим цилиндром 3 механизма перемещения электрода соединено трубчатыми водоохлаждаемыми подвесками 2. Нижний пояс несущего цилиндра снаружи защищен

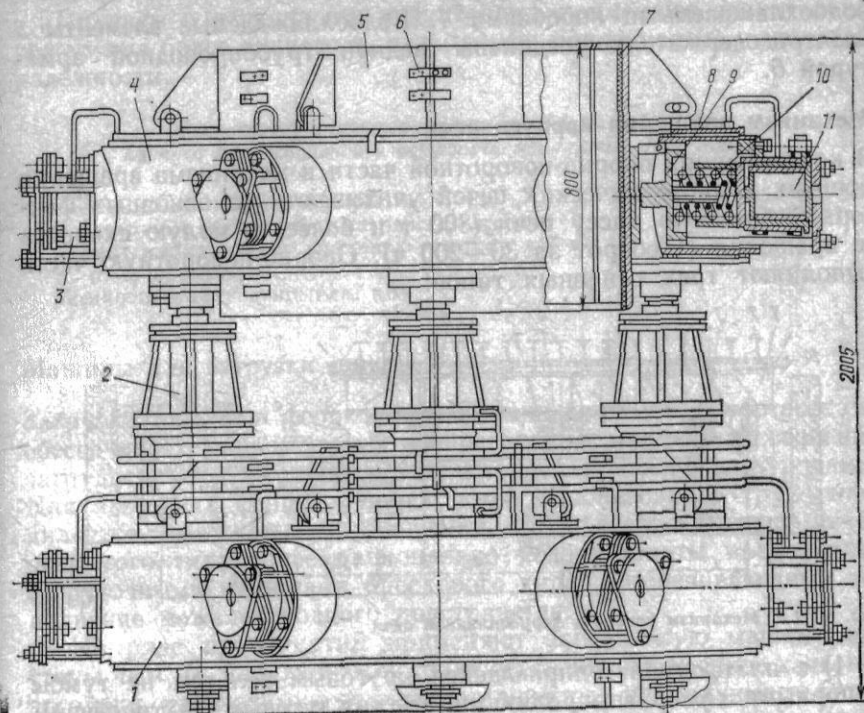


Рис. VIII.3. Механизм перепуска электрода

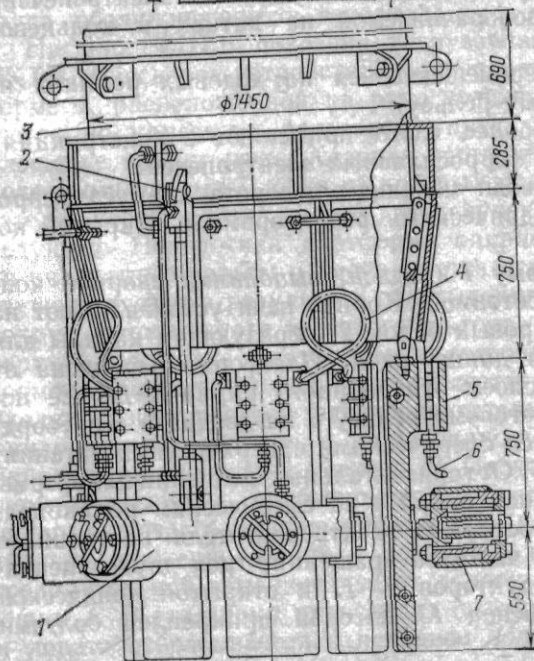


Рис. VIII.4. Механизм зажима электрода

водоохлаждаемыми коробками 4. Водоохлаждаемые элементы 5 электрододержателя соединены медной трубопроводной арматурой 6.

Механизм вращения корпуса печи

В конструкциях опорно-поворотной части и механизма вращения мощных руднотермических печей учитывают два основных фактора — большую массу печи (800 т и более) и малую скорость ее вращения (1 оборот за 30—200 ч). Опорно-поворотную часть выполняют трех основных типов:

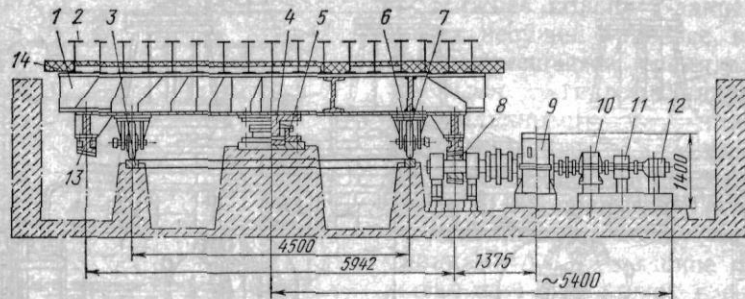


Рис. VIII.5. Механизм поворота ферросплавной печи

1) с платформой, опирающейся круговым рельсом на тумбы с опорными и упорными роликами (по типу дуговых электропечей);
2) с платформой, поворачиваемой на катках в кольцевой обойме;

3) с платформой, перемещающейся на ходовых роликах по стационарному круговому рельсу.

Последний тип наиболее часто применяют в конструкциях мощных отечественных ферросплавных электропечей.

На рис. VIII.5 показан механизм поворота корпуса ферросплавной печи с цилиндрическими редукторами и открытой конической передачей.

Поворотную платформу 1 (поддон) выполняют сварной конструкции, реже железобетонной. Корпус печи устанавливают на систему мощных двутавровых балок 2, образующих каналы для воздушного охлаждения днища печи. Платформа защищена от теплового воздействия слоем огнеупорного кирпича 14. Ее поворот происходит по круговому рельсу 3 на двадцати безребордных ходовых роликах 7 со сферическими поверхностями катания, заключенных в обоймы 6. От горизонтальных смещений платформы предусмотрена центральная опора 4 со сферическим роликоподшипником 5. Привод состоит из электродвигателя постоянного тока 12 с регулируемой частотой вращения, трех двухступенчатых цилиндрических редукторов 9—11 и открытой конической передачи 8, зубчатый венец 13 которой прикреплен болтами к платформе.

Приводы с червячными редукторами применяют значительно реже из-за более низкого к. п. д., повышенного износа и меньшей надежности.

Техническая характеристика механизма вращения корпуса ферросплавной электропечи мощностью 16,5 МВ·А

Время одного оборота корпуса, ч	33—132
Передаточное число зубчатых передач привода	1 975 000
Момент сопротивления вращению корпуса, кН·м	332
К. п. д. привода	0,1
Мощность электродвигателя, кВт	1,6

Машины для загрузки шихты

Загрузка шихты в ферросплавные печи системой труботечек не обеспечивает равномерного распределения материала, особенно затруднена подача шихты в пространство между электродами. Для закрытых ферросплавных печей использование труботечек является вынужденным решением. Для ферросплавных печей открытого типа более рационально подачу шихты производить загрузочными машинами броскового типа, обеспечивающими заполнение межэлектродного пространства.

На ряде предприятий применяют загрузочную машину системы инж. П. С. Плюйко, которая обеспечивает высокое качество загрузки, необходимого производительность и нормальные условия труда обслуживающего персонала.

На рис. VIII.6 показана загрузочная машина конструкции ПКТИ. Бросковое устройство смонтировано на поворотной платформе 4, расположенной на раме тележки 6. Тележка передвигается по круговому рельсовому пути, уложенному на рабочей площадке вокруг печи. Ходовая часть тележки снабжена двумя колесными парами 7, одна из которых приводится от электродвигателя через вертикальный двухступенчатый цилиндрический редуктор. Поворотная платформа опирается четырьмя катками на квадратные рельсы и центрируется осью. Поворот платформы осуществляется в результате обкатывания приводной шестерни 8 вокруг неподвижного зубчатого сектора. Привод установлен на верхней площадке платформы и состоит из электродвигателя, тормоза и червячного редуктора. В состав броскового механизма 5 входят трехскоростной электродвигатель, двухступенчатый цилиндрический редуктор и кривошипно-ползунный механизм 13, приводящий качающийся сектор 14. Последний расположен между щеками рычага 3, снабженного специальной защелкой 15. Защелку включают педалью управления 16. Рычаг, совершая качательное движение вместе с сектором, при помощи шарнирно-соединительной тяги перемещает лопату 2 вперед по направляющим 1. В это время происходит сжатие воздуха в цилиндре 9, и лопата отбрасывается в исходное положение. При этом авто-

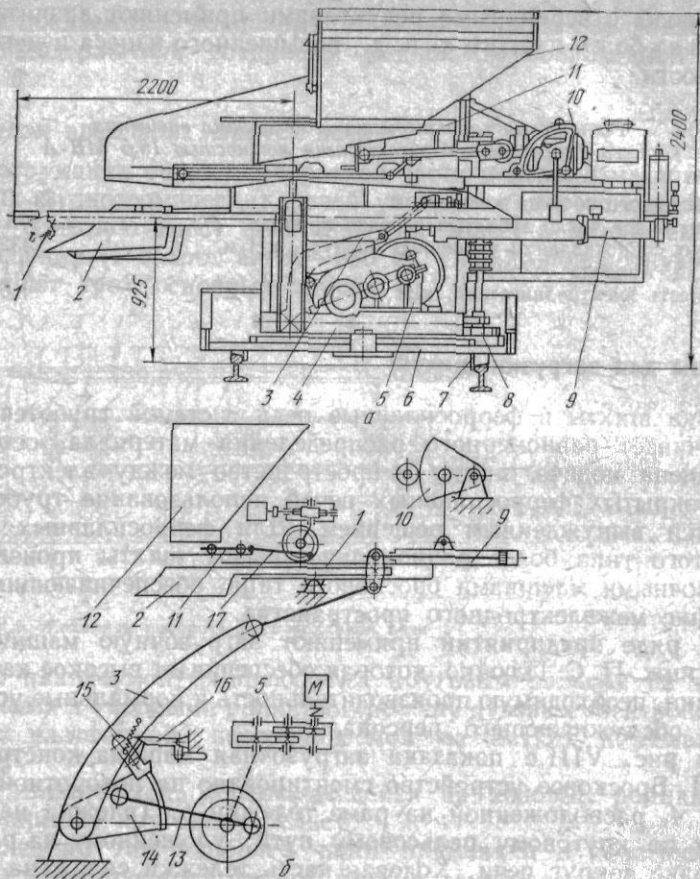


Рис. VIII.6. Загрузочная машина броскового типа:
а — общий вид; б — кинематическая схема броскового механизма

матически включается привод загрузочного механизма, и порция материала подается в лопату.

Материал выдается из бункера 12 кареточным питателем 11, приводным кривошипно-ползунным механизмом 17. Кривошип вращается от электродвигателя через червячный редуктор.

Материал в лопату сбрасывается листом, совершающим возвратно-поступательное движение, противоположное движению каретки. Этим достигается улучшение дозировки и кучности подачи материала. Лист перемещается рычажным механизмом. Количество выдаваемого материала из бункера регулируют шибером. Угол наклона лопаты к горизонту в пределах 0—7° устанавливают зубчатым сектором 10, находящимся в зацеплении с приводной шестерней. Для стопорения служит фиксатор.

Питание машины электроэнергией осуществляется посредством токосъемников. Управляет машиной машинист с площадки, расположенной на поворотной платформе.

*Техническая характеристика загрузочной машины
Бросковый механизм*

Наибольшая скорость движения лопаты в момент броса, м/с	5,4
Масса шихты на лопате, кг	25
Ход лопаты, мм	1200
Дальность броска, мм	1500—5000
Число бросков в минуту	44—88
Производительность машины, т/ч	6
Вместимость бункера, м ³	1,4
Передаточное число редуктора	12,5
Электродвигатель:	
мощность, кВт	12,5
частота вращения, об/мин	715/960/1450
Скорость передвижения машины, м/мин	45
Мощность электродвигателя, кВт	3,5

Механизм поворота платформы

Угол поворота, град	30—90
Частота вращения, об/мин	1,28
Мощность электродвигателя, кВт	2,2

3. ВАКУУМНЫЕ ИНДУКЦИОННЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

В индукционных печах разогрев шихты и расплава происходит в результате индуктирования в них мощных вихревых токов. Плавку производят в тигле, окруженном индуктором. Для получения высококачественного металла в промышленности используют вакуумные индукционные печи вместимостью 0,5—55 т. В ближайшее время можно ожидать увеличения вместимости печей до 100 т и более. Высокое качество выплавляемого металла определяется его глубиной дегазацией в вакууме, полным раскислением и равномерным распределением включений в результате длительной выдержки и интенсивного перемешивания под действием электромагнитного поля индуктора, возможностью регулирования температуры и т. д. Основные недостатки — контакт расплава с материалом тигля, что не позволяет получать сверхчистые металлы, и относительно невысокая стойкость тигля.

По принципу работы вакуумные индукционные печи делятся на два типа — периодического и полунепрерывного действия.

Печи периодического действия выполняют с одной вакуумной камерой, в которой после откачки воздуха производят плавку и разливку металла в изложницу или форму. После этого печь разгерметизируют с целью удаления изложницы со слитком, ревизии и ремонта тигля, загрузки шихты, для чего снимают или отводят в сторону крышку или корпус.

Печи полунепрерывного действия оборудуют тремя вакуумными камерами — плавильной, загрузочной и разливочной. Последняя

в ряде печей заменена камерой изложниц; в этом случае разливают сталь в плавильной камере. Загрузочная и разливочная камеры, как и камера изложниц, отделяются от плавильной вакуумными затворами шибберного типа. Печь работает без разгерметизации всю кампанию, продолжительность которой обычно определяется стойкостью тигля. В то время когда в плавильной камере ведут плавку, в разливочной — производят заполнение изложниц металлом в вакууме, а затем их подготовку при атмосферном давлении к приему новой плавки; в загрузочной камере устанавливают корзину с шихтой. Если печь оборудована камерой изложниц, то в период плавки в ней ведут работы, связанные с удалением и подготовкой изложниц к новой заливке. После выполнения работ при атмосферном давлении камеры герметизируют, откачивают из них воздух до величины вакуума плавильной камеры и только затем открывают вакуумные затворы. По окончании плавки металл наклоном тигля выливают в сталеразливочный ковш или непосредственно в изложницы.

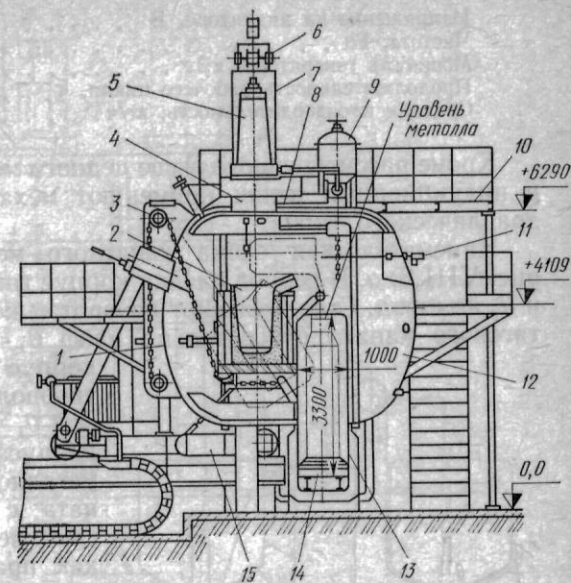
Полунепрерывные печи получили широкое применение вследствие ряда преимуществ по сравнению с печами периодического действия — повышенной производительности из-за устранения откачки воздуха перед каждой плавкой, большей стойкости тигля, который в значительно меньшей мере подвержен периодическому нагреву и охлаждению, уменьшения загрязнения металла оксидами, образующимися на тигле после разгерметизации печи.

За рубежом начинают применять вакуумные индукционные печи периодического действия, работающие на расплавленном металле. Разливают сталь после плавки в изложницы на воздухе. С целью создания благоприятных условий для залива и слива металла корпуса печей выполняют составными — из двух половин. По окончании плавки одну часть печи откатывают в сторону или поднимают, обеспечивая свободный доступ к тиглю и возможность заполнения изложниц, установленных вне печи. Экономичность таких печей определяется уменьшением стоимости изготовления и сокращением времени плавки. Высокое качество слитков при заполнении изложниц на воздухе достигают использованием новых прогрессивных способов разливки.

На рис. VIII.7 показана современная вакуумная индукционная электропечь ИСВ-2,5НИ полунепрерывного действия вместимостью 2,5 т.

Печь состоит из тигля 2 с четырехсекционным индуктором, составного корпуса плавильной камеры с цилиндрической частью 8 с отъемной 1 и глухой 12 крышками, загрузочной камерой 7, камеры изложниц 13, цепного механизма 3 наклона тигля, дозатора 9 для подачи добавок, канатного механизма 6 перемещения корзины, самоходной тележки 15 для отката отъемной крышки, тележек 14 для изложниц и вакуумной системы. Сверху на плавильной камере установлены радиационный пирометр, дозатор добавок и ломик для пробивки корки шлака и осаживания шихты.

Рис. VIII.7. Вакуумная индукционная электропечь ИСВ-2,5НИ вместимостью 2,5 т



Тигель зачищают ломиком 11, расположенным на глухой крышке. Отъемная крышка закреплена на самоходной тележке, которая откатывается в сторону при замене тигля и проведении ремонтных работ в вакуум-камере. Механизм наклона тигля состоит из электропривода, расположенного снаружи плавильной камеры, цепного барабана, направляющей звездочки и цепи, прикрепленной к днищу корпуса тигля и к барабану. Корпус поворачивается на цапфах.

Шихту в печь загружают саморазгружающейся корзиной 5, перемещаемой канатным механизмом 6. Последний вместе с загрузочной камерой и устройством для замера температуры жидкого металла с термопарой погружения установлен на кронштейне, поворачиваемом отдельным механизмом с электроприводом. Такая конструкция позволяет располагать над вакуумным затвором 4 и последовательно вводить в работу устройства для загрузки материалов и замера температуры, не нарушая вакуума.

Восьмисекционный дозатор поворотного типа позволяет подавать в тигель по ходу плавки восемь весовых порций легирующих элементов и раскислителя. Для направления материала от дозатора к тиглю установлен лоток. Дозатор, подобно загрузочной камере и камере изложницы, снабжен отдельной системой откачки воздуха и вакуумным затвором, что позволяет заполнять секции дозатора материалами при атмосферном давлении.

Изложницы между камерами перемещаются на тележках посредством механизма с электроприводом. Для обслуживания механизмов загрузки, дозатора и устройства для замера температуры предусмотрена рабочая площадка 10. Вакуумная система снабжена форвакуумными и бустерными насосами, обеспечивающими откачку воздуха из вакуум-камер и дозатора.

Техническая характеристика вакуумной индукционной электропечи ИСВ-2,5НИ

Вместимость тигля, т 2,5
Остаточное давление в камере, Па $665 \cdot 10^{-3}$

Напряжение на индукторе, В	1000
Частота, Гц	500
Мощность генератора, кВт	1500
Продолжительность рабочего цикла, ч	3,35
Средняя производительность, кг/ч	750

Кроме рассмотренного выше цепного механизма наклона тигля, в индукционных печах применяют механизмы канатного и гидравлического типов.

Кинематическая схема канатного механизма приведена на рис. VIII.8, а. В период плавки корпус тигля опирается цапфами θ и θ_1 на стенд. Сталь сливают поворотом корпуса под воздействием тягового каната относительно цапф θ ; при скачивании шлака корпус поворачивается в противоположную сторону на цапфах θ_1 под воздействием массы корпуса, индуктора и тигля с металлом при сматывании каната с барабана. Гидравлические механизмы наклона тигля, как правило, снабжают качающимися гидроцилиндрами и выполняют по схеме, показанной на рис. VIII.8, б.

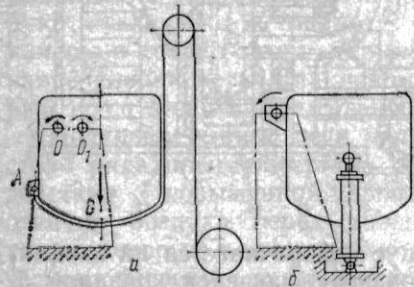


Рис. VIII.8. Кинематические схемы механизмов наклона тигля

На рис. VIII.9 приведено принципиальное устройство мощной вакуумной индукционной печи вместимостью 30 т (США), работающей на твердой шихте и на жидком чугуне. На рис. VIII.9, а показана загрузка печи твердой шихтой бадьями 9, а на рис. VIII.9, б — заливка чугуна из ковша 19 через вакуумный затвор 20. Подготовленная шихта поступает на рабочую площадку 12 в бадьях 9 большой вместимости на тележках 11. Снятие бадей с тележек, их перемещение к печи и разгрузка производятся загрузочной машиной 10, снабженной механизмами подъема 8 и передвижения. В поднятом положении бадья оказывается помещенной в колпак 7 загрузочной машины. Рельсовый путь машины расположен над печью на эстакаде 6.

Печь выполнена трехкамерной: в плавильной вакуум-камере 5 и тигле осуществляется плавка, в разливочной камере 3 производится заполнение изложниц металлом. Загрузочная камера позволяет осуществить бадьевую загрузку печи шихтой без потери вакуума. Изложницы 21 устанавливаются на сталеразливочные тележки 23, подаваемые по сквозному рельсовому пути 1. Их конструкция обеспечивает установку изложниц различной высоты. Разливочная камера может быть герметизирована вакуумными затворами 15 и в ней осуществляется разливка в вакууме. Плавка из тигля в плавильной камере по желобу 4 выпускается в сталеразливочный ковш 18, установленный на самоходной те-

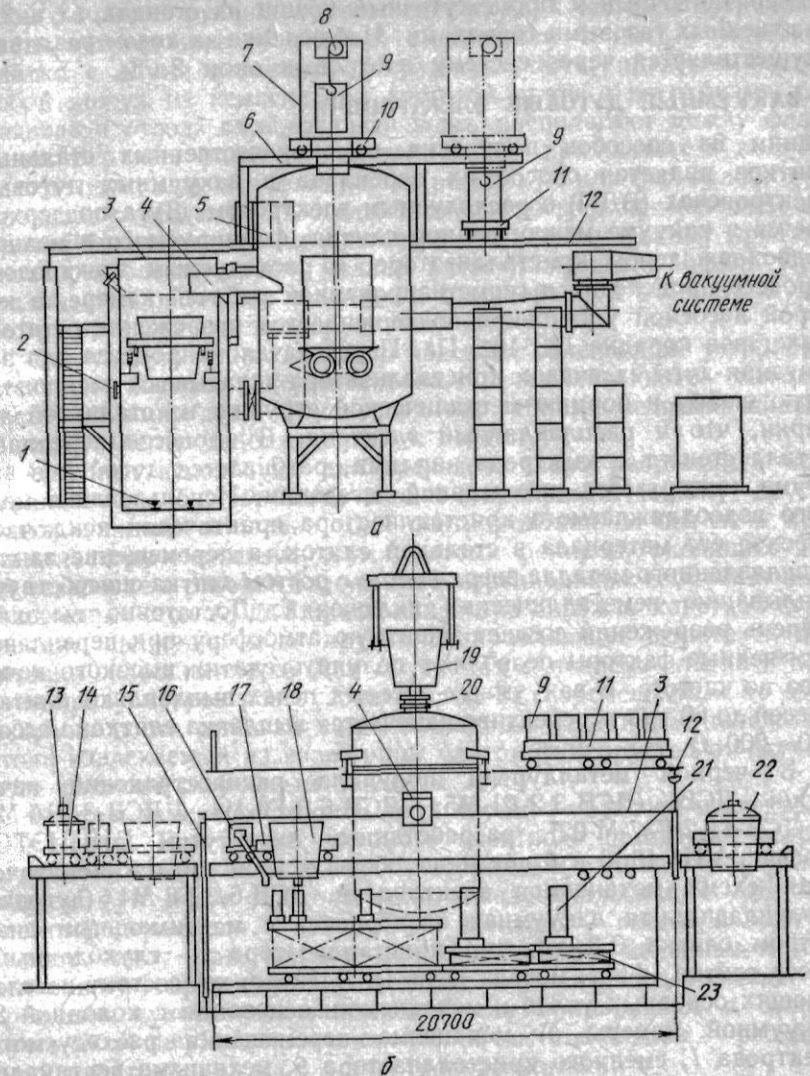


Рис. VIII.9. Принциальное устройство вакуумной индукционной печи вместимостью 30 т

лежке 17. Разливку производят, перемещая ковш над изложницей на тележках. Утеплительная смесь в залитые изложницы подается из бункера вспомогательной тележки 16, прикрепляемой к тележке сталеразливочного ковша. При отливке одного слитка большой массы используют промежуточный ковш на тележке 14, устанавливаемый под выпускным желобом печи. Его транспортируют также тележкой сталеразливочного ковша. Подогревают

сталеразливочный и промежуточный ковши на стендах 13 и 22, снабженных газовыми горелками. Наблюдение за ходом разливки осуществляется через систему смотровых окон 2.

4. ВАКУУМНЫЕ ДУГОВЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ

Одним из способов получения высококачественных стальных слитков является способ их переплава в вакуумных дуговых электропечах (ВДП) с расходуемым электродом. Дуга поддерживается в вакууме между ванной слитка, формируемого в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе, и расходуемым электродом. Процесс происходит в герметизированной рабочей камере, в которой насосной установкой поддерживается разрежение остаточных газов порядка $133 \cdot 10^{-3}$ Па. Перед началом процесса для зажигания дуги на поддон кристаллизатора укладывают расплавляемую шайбу и порцию металлической стружки из стали той же марки, что и расплавляемый электрод. В процессе переплава металл стекает с электрода каплями, разбивается дугой и в вакууме подвергается интенсивной дегазации. Использование медного водоохлаждаемого кристаллизатора практически исключает переход его материала в стальной слиток, а перемещение ванны расплавленного металла вверх вместе с ростом слитка способствует всплыванию неметаллических включений. Достаточно высокая степень разрежения создает защитную атмосферу при переплаве. Отмеченные факторы позволяют получить слитки высокого качества по чистоте. В вакуумных дуговых печах выплавляют слитки массой до 60 т (в перспективе намечается выплавка слитков массой 100—200 т).

В черной металлургии получили распространение печи серии ДСВ (ДСВ-3,2-Г1-М5, ДСВ-6,3-Г6-М4, ДСВ-8-Г16-М1 и ДСВ-11,2-Г37-М-02), разработанные институтом ВНИИЭТО. На рис. VIII.10, а и б показаны общее устройство и кинематическая схема механизмов электропечи ДСВ-6,3-Г6-М4 (дуговая сталеплавильная вакуумная электропечь с максимальным диаметром слитка 6,3 дм, тип кристаллизатора — глухонный, масса слитка — 6 т, модель печи 4). Электропечь состоит из следующих основных узлов и механизмов: основания с колонной 2, вакуумной камеры 6, механизма перемещения расходуемого электрода 1, сменного кристаллизатора 9, механизма вертикального перемещения кристаллизатора 16, механизма прижима 8 кристаллизатора к вакуум-камере, механизма вертикального перемещения слитка (механизма разгрузки) 15, механизма отката кристаллизатора 12, механизма смены кристаллизатора 11 и вакуумной насосной установки 20. Все механизмы электропечи гидравлические с гидроцилиндрами двустороннего действия, за исключением механизма перемещения расходуемого электрода, где установлен электропривод.

Кристаллизация слитка происходит в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Наиболее часто применяют кристаллиза-

торы с водяной рубашкой, состоящие из двух частей. Внутреннюю часть изготавливают из медных листов или трубы по профилю слитка с двумя фланцами. Наружную часть, представляющую собой кожух из немагнитной листовой стали с патрубками для подвода и отвода охлаждающей воды, располагают между фланцами. Верхним фланцем кристаллизатор прижимают к вакуум-камере печи, помещая между ними резиновую или фторопластовую прокладку. Надежность соединения достигнута применением гидравлического механизма прижима. К нижнему фланцу кристаллизатора болтами крепят медный водоохлаждаемый поддон. Кристаллизатор и поддон соединяют с напорной и возвратной магистралями воды металлорукавами 19.

Снаружи на кристаллизатор надевают соленоид 23 устройства электромагнитного перемешивания расплавленного металла и стабилизации дуги. Ток подводится гибкими медными шинами к штоку электрододержателя и к поддону.

На печи используют два последовательно работающих кристаллизатора 9 и 10; когда в одном производят плавку, другой подготавливают к плавке. Для центрирования по оси печи кристаллизаторы оснащены двумя парами роликов, входящих при их установке в рабочее положение в вертикальные направляющие. Подъемный стол 18 для кристаллизатора снабжен кареткой с роликами, движущейся по круглой направляющей штанге 17 при помощи гидроцилиндра. Для опускания и подъема слитка и поддона предусмотрен разгрузочный стол 14, перемещаемый по двум направляющим штангам гидроцилиндром. В нижнем положении стола извлекаемый из изложницы слиток фиксируется от случайного падения роликовым зажимом 13.

Вакуум-камера состоит из двух частей — рабочей и электродной камеры. Камера расходуемого электрода примыкает сверху к рабочей камере и снабжена многорядным сальниковым уплотнением 4 в месте прохода полого водоохлаждаемого штока 3 электрододержателя. Расходуемый электрод 7 вводят в вакуум-камеру снизу при подъеме кристаллизатора механизмом вертикального перемещения. Электрод в электрододержателе закрепляют кулачковым зажимом 5 или приваривают к огарку контактной сваркой, пропускающей ток по системе поддон — расходуемый электрод — огарок — электрододержатель.

Механизм перемещения расходуемого электрода цепного типа с электроприводом и дифференциальным редуктором. Цепная система состоит из приводной звездочки 22, подвижного цепного блока на обойме штока электрододержателя, двух направляющих блоков и трехрядной втулочно-роликовой цепи, прикрепленной одним концом к площадке привода, а другим к противовесу 21. Свободная подвеска электрода обеспечивает его опускание под действием собственного веса и предупреждает поломку электрододержателя и привода при вводе электрода в печь снизу. Привод выполнен с двумя электродвигателями постоянного и переменного

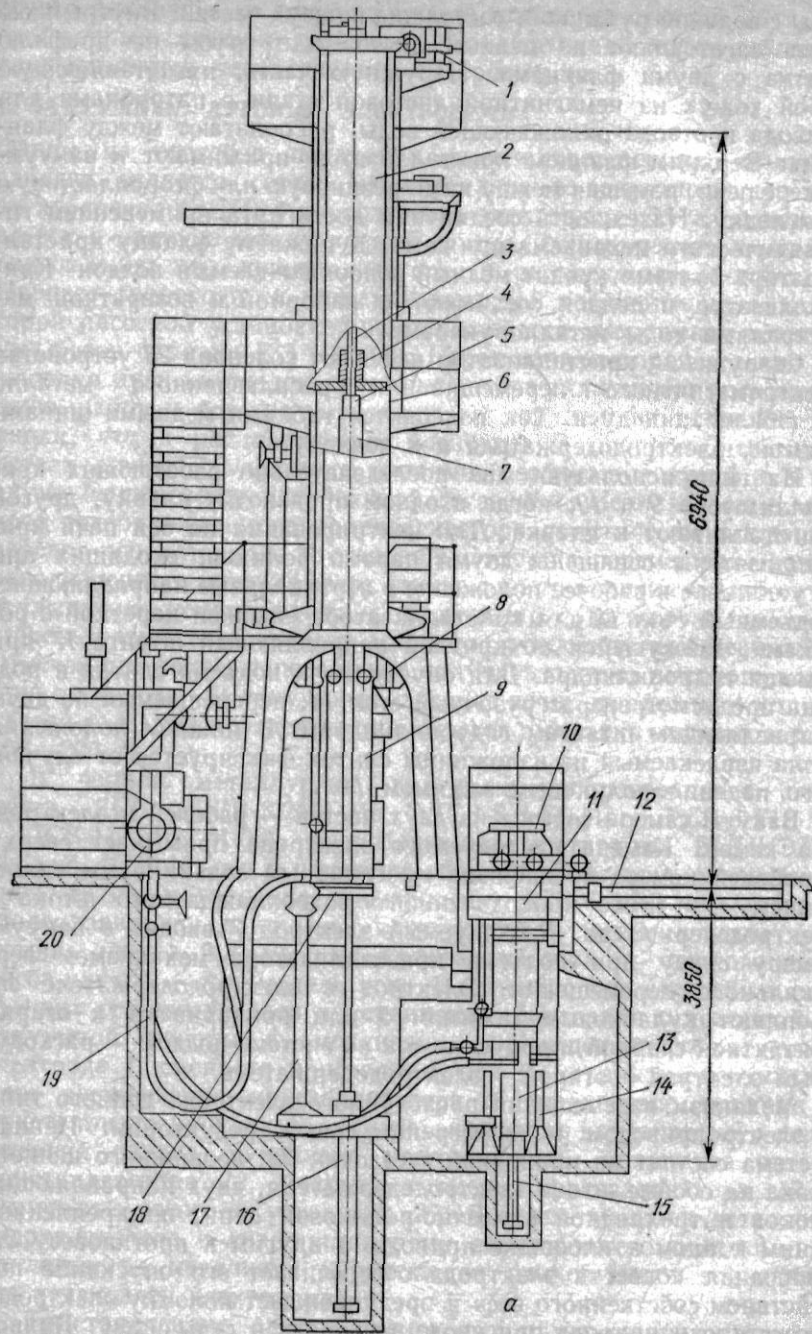
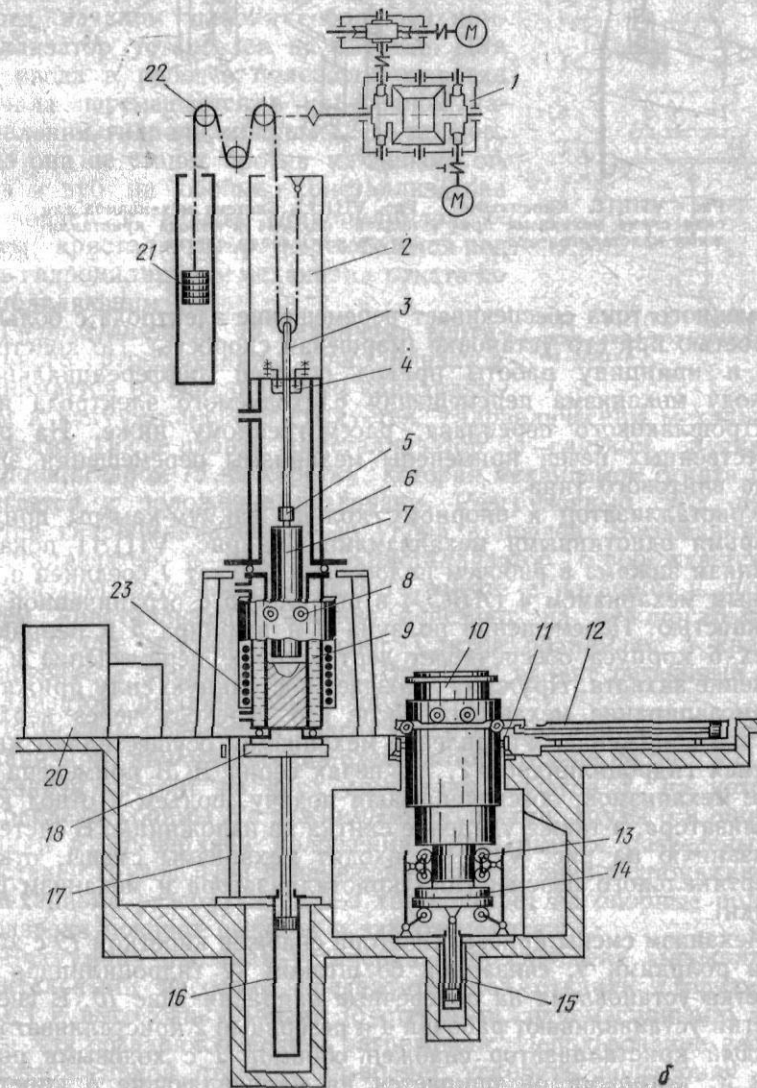


Рис. VIII.10. Вакуумная дуговая электропечь ДСВ-6,3-Г6-М4

тока и дифференциальным редуктором с коническим дифференциалом и червячными передачами. Между выходным валом дифференциального редуктора и приводной звездочкой установлена открытая цилиндрическая передача. В кинематическую цепь передач, создающую рабочую скорость перемещения электрода, введены дополнительные червячный и цилиндрический редукторы. Электродвигатель постоянного тока создает малую рабочую скорость движения электрода в процессе плавки и управляется системой автоматического регулирования; электродвигатель



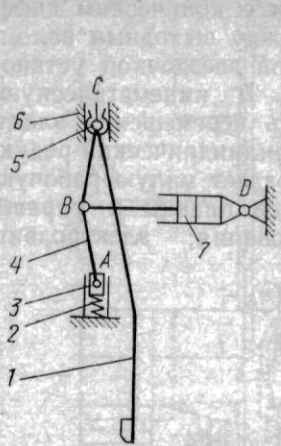


Рис. VIII.11. Кинематическая схема механизма прижима кристаллизатора

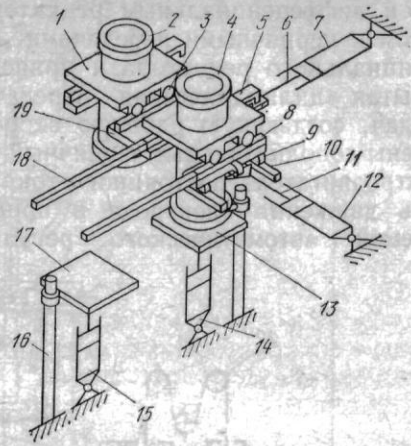


Рис. VIII.12. Система механизмов для подачи, подъема и отвода кристаллизатора и удаления слитка

переменного тока обеспечивает перемещение электрода с большой скоростью при его установке (маршевая скорость). По конструкции и принципу работы привод подобен дифференциальному приводу механизма перемещения расходуемого электрода печи электрошлакового переплава, рассмотренному ниже. На ряде отечественных печей применены механизмы перемещения электрода винтового типа.

Кристаллизатор к опорному кольцу вакуум-камеры прижат четырьмя однотипными механизмами. На рис. VIII.11 показан механизм зажима в рабочем положении. Захват 1 соединен с рычажным механизмом 4 (ABCD) в шарнире 5 с ограниченной подвижностью. Перемещение ползуна 3 и шарнира 5 в направляющих 6 корпуса обеспечивает вертикальное перемещение и отклонение захвата. Пружина 2 создает постоянную силу прижатия и самозапирание механизма после его перехода через верхнее мертвое положение. Управление механизмом осуществляют качающимся гидроцилиндром 7. На печах серии ДСВ применена система механизмов, обеспечивающая подачу, подъем и отвод кристаллизатора, а также удаление слитка из изложницы. В систему, показанную на рис. VIII.12, входят механизмы смены, отката и вертикального перемещения кристаллизатора и механизм разгрузки.

Механизм смены кристаллизатора снабжен кареткой 19 с ходовыми роликами 9, связанной со штоком 11 гидроцилиндра 12. Каретка установлена на поперечные направляющие 10. В гнезда каретки устанавливают рабочий 4 и резервный 2 кристаллизаторы. Каждый кристаллизатор снабжен ободкой 1 с ходовыми роликами 3, которыми он опирается на направляющие 8 каретки.

Для подачи кристаллизатора к печи установлены продольные направляющие 18.

Механизм откатки кристаллизатора снабжен гидроцилиндром 7, на штоке 6 которого закреплен захват, входящий в зацепление с зубом 5 на ободке кристаллизатора.

Механизм вертикального перемещения кристаллизатора состоит из подъемного стола 17, гидроцилиндра 15 и направляющей штанги 16. В механизм разгрузки входят стол 13, гидроцилиндр 14 и две направляющие штанги (на рисунке показана одна штанга).

Система работает следующим образом. Перед началом плавки собранный кристаллизатор установлен на каретке. Для его ввода в рабочее положение каретка сначала перемещается в поперечном направлении гидроцилиндром 12 до тех пор, пока она не станет против механизма отката и зуб на ободке кристаллизатора не войдет в захват гидроцилиндра 7. Затем кристаллизатор перемещается под печь гидроцилиндром механизма отката по направляющим 18.

Гидроцилиндром 15 механизма вертикального перемещения кристаллизатор поднимается по вертикальным направляющим к вакуум-камере и стыкуется гидравлическим механизмом прижима. После плавки кристаллизатор со слитком опускается гидроцилиндром 15 на каретку, которая механизмом отката передвигается в положение разгрузки. Разгрузочный стол поднимается гидроцилиндром 14 до упора в поддон. Рассоединяются кристаллизатор и поддон. Кристаллизатор освобождается от слитка при опускании последнего вместе с поддоном и столом. Затем кристаллизатор краном передают на вспомогательный участок для чистки и ревизии. Слиток поднимают в крайнее положение и убирают краном. В работу вводят резервный кристаллизатор, расположенный на каретке.

В нижнем положении разгрузочного стола слиток зажимается механизмом, кинематическая схема которого дана на рис. VIII.13. Механизм состоит из двух двуплечих рычагов 3, на которых закреплены ободки 2 с зажимными роликами, грузы 6 и опорные ролики 5. В верхнем положении стола рычаги разведены под действием грузов. При перемещении слитка вниз гидроцилиндром 7 механизма разгрузки стол 4 воздействует на опорные ролики, производя поворот рычагов и зажатие слитка 1.

Вакуумная насосная установка печи снабжена высокопроизводительными насосами предварительной откачки (форвакуумными) и высоковакуумными (бустерными, паромасляными) насосами для создания рабочего разрежения. Использование насосов предварительной откачки позволяет ускорить подготовку печи

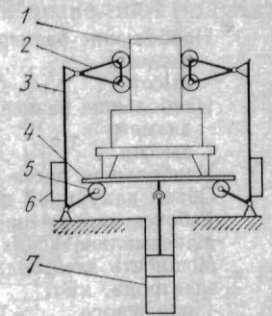


Рис. VIII.13. Кинематическая схема механизма зажима слитка

к плавке. В вакуумной системе печи предусмотрена установка фреоновых или азотных пылеуловителей (ловушек), предупреждающих выход из строя вакуумных насосов. Питание гидроприводов механизмов печи осуществляется маслonaпорной установкой. В качестве источника постоянного тока питания дуги используют двигатель — генераторные установки и выпрямительные агрегаты на полупроводниках.

Техническая характеристика вакуумной дуговой электропечи ДСВ-6,3-Г6-М4

Наибольшие размеры слитка, мм:	
диаметр	630
высота	2700
Наибольшие размеры электрода, мм:	
диаметр	500
высота	4450
Наибольшая масса слитка, т	6,3
Объем вакуумной камеры, м ³	4,5
Рабочее напряжение, В	30—40
Максимальная сила тока, кА	25
Мощность электродвигателя механизма перемещения электрода, кВт:	
маршевого	10
рабочего	0,45
Продолжительность рабочего цикла, ч	10,5—19,5
Масса печи, т	35

5. ПЕЧИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО ПЕРЕПЛАВА МЕТАЛЛА

Для современного машиностроения в связи с все возрастающей мощностью машин в одном агрегате требуются высококачественные отливки, достигающие несколько сот тонн, как, например, валы мощных турбин, прокатные валки и др. Получить такие отливки можно способом электрошлакового переплава (ЭШП). Это принципиально новый способ, разработанный в ИЭС им. Е. О. Патона. Достижения нашей промышленности в этой области хорошо известны во всем мире. Печи электрошлакового переплава отечественной конструкции экспортируются во многие страны мира.

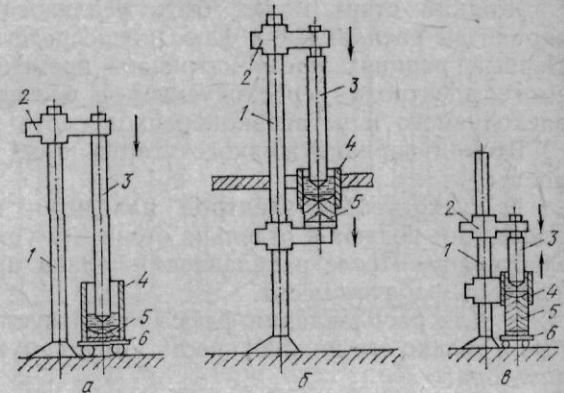
Этот способ обеспечивает получение металла самого высокого качества в заготовке необходимой массы или отливок требуемой сложной и разнообразной формы (коленчатые валы, крупные зубчатые передачи, корпуса и т. п.). Технология ЭШП не требует плавильных печей, разливочных ковшей и другого оборудования.

Расходуемый электрод, предварительно полученный отливкой или прокаткой, переплавляют в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе в среде жидкого шлака. Тепло выделяется в результате прохождения тока через слой электропроводного шлака. Капли металла стекают с расплавляемого электрода и, проходя через шлак, подвергаются интенсивному рафинированию. Металл собирается в нижней части кристаллизатора и формирование

слитка идет снизу. Отсутствие окислительной атмосферы, определенный химический состав шлака и глубокая ванна расплавленного металла создают условия получения высококачественного слитка с улучшенной структурой и с малым содержанием неметаллических включений и газов. Первоначально принятый способ расплавления твердого шлака в кристаллизаторе перед началом плавки вытесняется заливкой предварительно расплавленного шлака. Большинство промышленных печей ЭШП выплавливают слитки массой 3,5—15,0 т, уникальные печи позволяют получать

Рис. VIII.14. Схемы печей ЭШП:

1 — колонна; 2 — каретка; 3 — расходуемый электрод; 4 — кристаллизатор; 5 — направляемый слиток; 6 — тележка поддона



слитки массой до 100—200 т. Вводятся в действие для получения трубной заготовки, слябов, непосредственного переплава слитков и т. д.

В настоящее время в СССР и за рубежом эксплуатируются и строятся печи ЭШП самых различных типов и назначения. Классифицировать все эти печи довольно сложно, так как они могут отличаться по многим признакам, основными из которых являются: конструктивные, технологические, электротехнические и др.

Рассмотрим схемы печей ЭШП, отличающихся только по некоторым конструктивным и технологическим признакам. По конструктивному признаку печи ЭШП подразделяются на: *печи с неподвижным поддоном и кристаллизатором* (рис. VIII.14, а); *печи с неподвижным коротким кристаллизатором и подвижным поддоном*; *слиток вытягивается вниз* (рис. VIII.14, б); *печи с неподвижным поддоном и перемещающимся вверх коротким кристаллизатором*; *слиток вытягивается вверх* (рис. VIII.14, в).

С целью создания агрегатов непрерывного действия в последние годы получают широкое распространение печи ЭШП с вытягиванием слитка из неподвижного короткого кристаллизатора (см. рис. VIII.14, б). Длина слитка при этом практически неограниченна. Преимуществом печей такого типа является не-

прерывность технологического процесса, а недостатком — большая высота установок.

Для сокращения высоты установок ЭШП в последние годы начали применять ЭШП с подвижным кристаллизатором (см. рис. VIII.14, в). В этом случае слиток также превосходит по длине высоту кристаллизатора. Но в данном случае непрерывная плавка не может быть осуществлена.

В зависимости от технологии наведения шлаковой ванны печи ЭШП разделяют на печи, работающие на так называемом твердом старте, и печи, работающие на жидком старте.

Жидкий старт может быть реализован по двум основным вариантам расплавления флюса: непосредственно на печи и вне ее. Первый вариант предусматривает временную замену расходоемого электрода нерасходуемым с последующим изъятием нерасходуемого и установкой расходоемого электрода.

Второй вариант жидкого старта имеет следующие разновидности:

1. Расходуемый электрод находится вне кристаллизатора. Последний подают к отдельно стоящему устройству с графитовым электродом. После расплавления шлака кристаллизатор возвращают на рабочее место.

2. Для расплавления флюса используют не весь кристаллизатор, а только его нижнюю часть, отделяемую от рабочего кристаллизатора.

3. Жидкий шлак, подготовленный вне печи, заливают в кристаллизатор, неизменно находящийся на своем рабочем месте.

В зависимости от типа продукции, выплавляемой на печах ЭШП, печи бывают специализированные и универсальные. К специализированным относятся печи, предназначенные для выплавки однотипных слитков, например слитков сплошного сечения. К числу универсальных можно отнести так называемые многоцелевые печи ЭШП, приспособленные для выплавки слитков разного типа, например сплошного сечения и полых. К универсальным относятся и печи, которые наряду со слитками квадратного и прямоугольного сечений с малым соотношением шириной и узких граней позволяют выплавлять также слэбы.

Для выплавки полых слитков конструктивные решения электрошлаковых печей в большей степени определяются выбором тех или иных вариантов технологии. Наиболее распространена известная схема выплавки полых слитков с расположением электродов в кольцевом зазоре, образуемом наружным и внутренним кристаллизаторами (рис. VIII.15, а).

При выплавке относительно коротких слитков, например с соотношением высоты и наружного диаметра не более 1,5 : 1,0, целесообразно иметь внутренний кристаллизатор, подвижный относительно наружного кристаллизатора и поддона (рис. VIII.15, б). По мере заполнения кольцевого зазора металлом внутренний кристаллизатор опускается. Вполне естественно, что

внутренний кристаллизатор может оставаться неподвижным в ходе плавки, но в этом случае поддон со слитком и наружным кристаллизатором должен подниматься вверх (рис. VIII.15, в).

Современная технология ЭШП предусматривает принудительный барботаж шлаковой и металлической ванны путем вдувания газа или газопорошковых смесей. Для этого требуются кристаллизаторы и другие устройства специальной конструкции.

С целью управления процессами кристаллизации слитка в плавильное пространство вводят, например, упругие колебания.

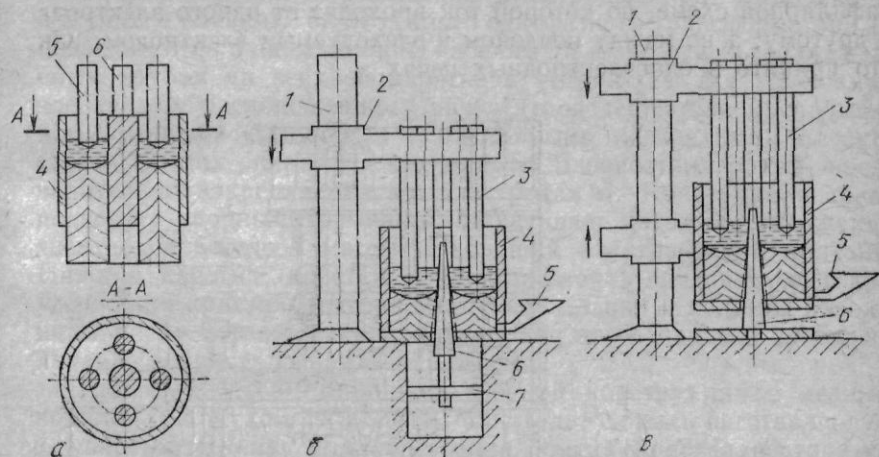


Рис. VIII.15. Схемы печей ЭШП для выплавки полых слитков:

1 — колонна; 2 — каретка; 3 — расходоемый электрод; 4 — наружный кристаллизатор; 5 — воронка; 6 — внутренний кристаллизатор; 7 — поршень гидроцилиндра

Возможны и другие способы внешнего воздействия на жидкие шлак и металл, в том числе электротехнического характера.

Известны плавка в так называемом сжатом или переменном физическом поле, плавка с принудительным дроблением капель, образующихся на конце электрода, а также с модулированием переменного тока наложением импульсов различной интенсивности и скважности. Использование любого из этих средств влечет за собой соответствующие изменения не только электрической части печи ЭШП, но также ее механизмов и устройств, в том числе, например, кристаллизаторов.

Техническая характеристика некоторых промышленных установок ЭШП

Тип установки . . .	ЭШП-10	У-436/6СШЛ	ЭШП-20	ЭШП-75	ЭШП-200
Сечение слитка, мм	500×1000	600×1700	700×1450	∅1600	∅2700
Масса слитка, т . . .	8	16	20	75	200
Сечение электрода, мм	350×350	150×1450	200×1200	∅1000	∅1000
Максимальный ток, кА	25	50	50	20	20

Вторичное напряжение, В	41—122	41—122	40—160	40—120	40—160
Мощность трансформатора, кВ·А	2500	5000	5000	2800	5000
Число электродов	1—2	2	2—4	7	7

На рис. VIII.16 показана печь электрошлакового переплава металла У-436, предназначенная для выплавки слитков массой до 13 т для листовой прокатки путем переплава двух расходоуемых электродов в один кристаллизатор. Переплав осуществляют по бифилярной схеме, по которой ток проходит от одного электрода к другому, а не между поддоном и расходоуемым электродом, как это принято в одноэлектродных печах.

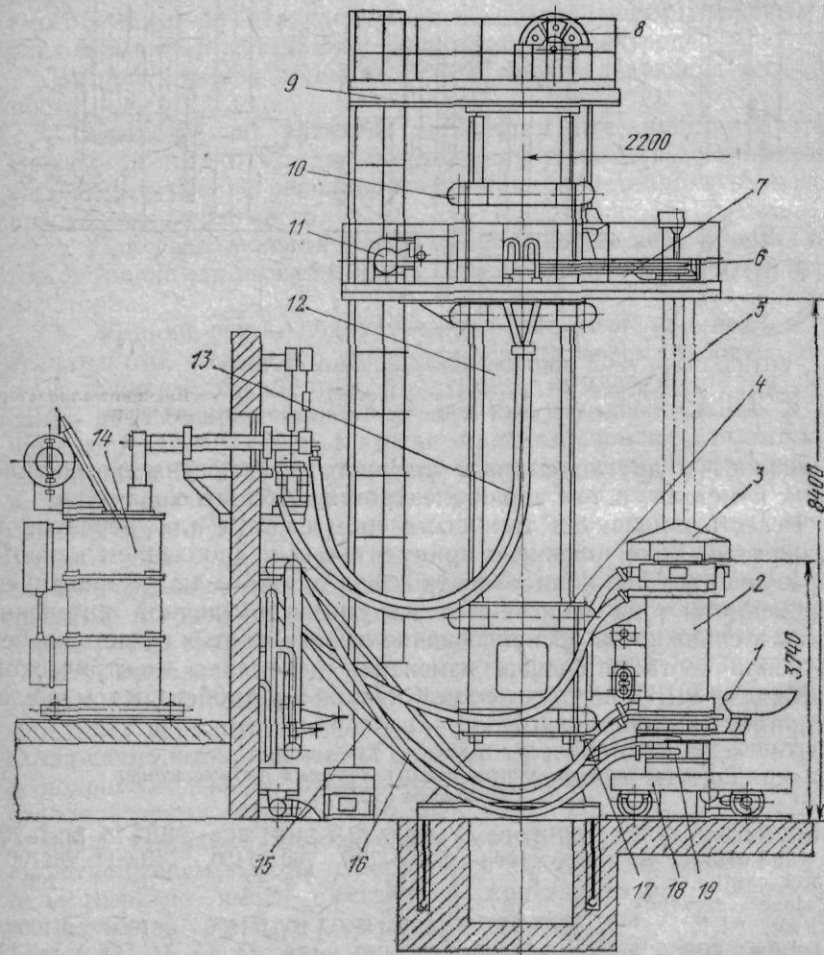


Рис. VIII.16. Печь электрошлакового переплава У-436 для выплавки слитка массой 13 т

Основными узлами и механизмами печи являются пустотелая колонна 12, закрепленная на фундаменте, верхняя каретка 10 с электрододержателем 7 и устройством 6 для удержания электродов и подвода тока, механизм 11 перемещения электрода с системой уравновешивания 8, нижняя каретка 4, кристаллизатор 2 с поддоном 19 и сифонным устройством 1 для заливки расплавленного шлака и откатная самоходная тележка 18.

Обе каретки перемещаются по колонне на роликах, расположенных со всех четырех сторон. Верхняя каретка (электродная) предназначена для перемещения электродов при установке и в процессе плавки. Ток от печного однофазного трансформатора 14 подводится по шинам, гибким кабелям 13 и медным водоохлаждаемым трубам на верхней каретке к устройству для удержания электродов, расположенному на электрододержателе и снабженному медными башмаками с наклонными контактными плоскостями. На них опираются наклонными плоскостями рамки, предварительно закрепляемые на электродах 5. Конструкция токоподвода с опорными рамками обеспечивает надежное удержание электродов большой массы и хороший электрический контакт. Нижняя каретка (каретка кристаллизатора) предназначена для удержания кристаллизатора в процессе плавки и подрыва изложницы после формирования слитка. Для этого каретка снабжена лапами, а кристаллизатор — цапфами.

Кристаллизатор выполняют сборной конструкции с медным кокилем и кожухом из немагнитной стали. Кокиль изготавливают с уширением книзу для облегчения снятия кристаллизатора со слитка. Кристаллизатор, как и медный поддон, делают водоохлаждаемым, осуществляя подвод и отвод воды шлангами 15. Подрыв изложницы производят гидроцилиндром 17, снятие ее со слитка — верхней кареткой, используя для этого цепи. Масло в гидроцилиндр подается маслonaпорной станцией 16. Отдельные плавки проводят с подачей инертного газа в кристаллизатор через газораспределительную коробку 3 с мелкими отверстиями, устанавливаемую сверху на кристаллизатор. Для подачи добавок в кристаллизатор порциями по ходу плавки предусмотрен барабанный дозатор секционного типа.

Самоходная тележка 18 предназначена для подачи собранного кристаллизатора к печи и отката от печи выплавленного слитка и кристаллизатора, подлежащего ремонту, в зону действия мостовых кранов. В период плавки тележка служит основанием для кристаллизатора.

Образующиеся при плавке газы удаляют газоотсосной системой, заборное устройство которой расположено у кристаллизатора. Для обслуживания оборудования используют огражденные площадки 9, расположенные на колонне и на электродной каретке.

Кинематические схемы механизмов печи У-436 и уборочной тележки приведены на рис. VIII.17.

Электродная тележка 11 (рис. VIII.17, а) снабжена безбордными роликами 12, расположенными в два ряда с четырех сторон по восемь роликов в каждом ряду. Масса каретки с электродо-держателем 13 и электродом частично уравновешена противовесом 16, подвешенным на канате 9. Последний огибает подвижный блок 15 на противовесе, направляющие блоки 10 и обоими концами прикреплен к каретке. Каретка перемещается в результате качения реечной шестерни 8 по неподвижной зубчатой рейке 14, закрепленной на колонне 22. Масса противовеса выбрана из условия равенства избыточных моментов на реечной шестерне, создаваемых массами электродов и противовеса в случаях навески электродов и без них. Верхней каретке и электроду задают две скорости движения — быструю (маршевую) скорость в случае перемещения на большие расстояния и медленную (рабочую) скорость при подаче электрода в период расплавления. В привод механизма перемещения электродов входят два электродвигателя постоянного тока — маршевый 1 и рабочий 7, червячный редуктор 6, комбинированный редуктор с двумя червячными 3 и 2 и цилиндрической 4 передачами, управляемая электромагнитная муфта 5 и тормоз. Медленная скорость перемещения электрода получена в результате установки дополнительного червячного редуктора в кинематическую цепь рабочего электродвигателя. При включении маршевого электродвигателя червячный редуктор и рабочий электродвигатель отсоединяются от комбинированного редуктора электромагнитной муфтой. Привод позволяет получить при включенном рабочем электродвигателе «пульсирующую» подачу электрода путем периодического включения и выключения электромагнитной муфты и заблокированного с ней тормоза.

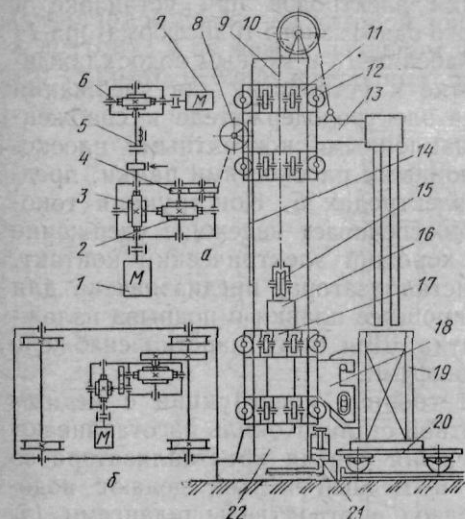


Рис. VIII.17. Кинематические схемы механизмов перемещения электрода и подрыва слитка (а) и перемещения уборочной тележки (б)

Ходовые части нижней и верхней кареток одинаковы. При подрыве изложницы гидроцилиндр 21 воздействует на каретку 17, которая кронштейном 18 смещает изложницу 19 по отношению к слитку.

Уборочная тележка 20 снабжена подвижным столом и механизмами перемещения стола тележки. Направления движения стола и тележки взаимно перпендикулярны. Механизм попереч-

ного перемещения стола предназначен для точной установки кристаллизатора по продольной оси электродов. В состав механизма входят электродвигатель, червячный редуктор и винтовая передача с поступательно движущейся гайкой, вмонтированной в стол.

Механизм передвижения тележки (рис. VIII.17, б) состоит из электродвигателя, комбинированного редуктора с двумя червячными и цилиндрической зубчатой передачами и открытой пары, колесо которой посажено на ось приводного ската. Электропривод позволяет получить две скорости движения тележки. С большой скоростью тележка перемещается при подводе кристаллизатора и откатке слитка, на медленной скорости производится точная установка кристаллизатора по поперечной оси электродов.

Техническая характеристика печи У-436

Техническая характеристика печи У-436

Наибольшее сечение слитка, мм	1460×640
Наибольшее сечение электрода, мм	1230×140
Сила тока плавки, кА	40
Напряжение, В	50—150
Производительность печи, т/ч	0,3—1,5
Скорость перемещения электродов, м/ч:	
рабочая	7,3
маршевая	22
Скорость передвижения тележки, м/мин	0,325 и 0,65
Передаточное число механизма перемещения электродов:	
червячного редуктора	31
комбинированного редуктора	1975,7
Рабочий электродвигатель:	
мощность, кВт	3,2
частота вращения, об/мин	1500
Маршевый электродвигатель:	
мощность, кВт	14
частота вращения, об/мин	1460

В современных печах верхнюю и нижнюю каретки снабжают однотипными механизмами передвижения с дифференциальными редукторами, обеспечивающими рабочую и маршевую скорости. Для каждой каретки предусматривают систему грузового уравновешивания. Верхние каретки имеют механизмы корректировки положения электродов в поперечном направлении, используемые при совмещении осей электродов и кристаллизаторов. Нижние каретки предназначены для удержания, подрыва и подъема кристаллизаторов.

Недостаток ранее рассмотренного двухдвигательного привода механизма перемещения электрода с электромагнитной муфтой состоит в частом выходе ее из строя по износу. Повышение надежности механизма достигнуто установкой редуктора с коническим дифференциалом.

На рис. VIII.18 показана кинематическая схема механизма перемещения расходоуемых электродов с коническим дифференциальным редуктором.

Электродвигатель 1 предназначен для перемещения электродов с маршевой скоростью; электродвигатель 10 — для получения рабочей скорости. Применение электродвигателя постоянного тока для рабочего хода обусловлено необходимостью регулирования частоты вращения, частых пусков и остановок, задаваемых системой автоматического управления процессом плавки. Кинематическая цепь от рабочего электродвигателя к коническому дифференциалу выполнена с большим передаточным числом, чем линия передач от маршевого электродвигателя. В кинематическую цепь от рабочего электродвигателя к дифференциалу входят червячные передачи 9, 11 и 13; в цепь маршевого электродвигателя — передачи 4 и 7. На валу водила посажена шестерня, находящаяся в зацеплении с реечной шестерней 6. Как и в ранее рассмотренном механизме, поступательное движение каретки создается в результате обкатывания реечной шестерни по неподвижной рейке 5, закрепленной на колонне печи.

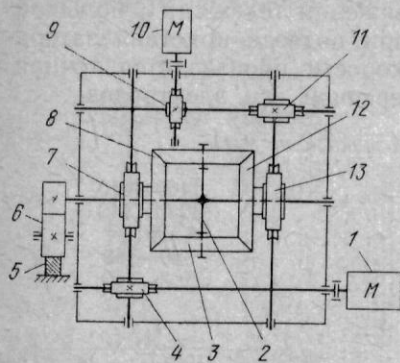


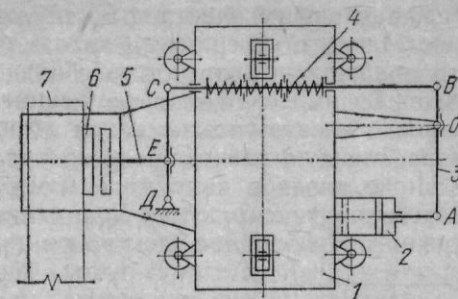
Рис. VIII.18. Кинематическая схема механизма перемещения расходоуемых электродов с коническим дифференциальным редуктором

Привод обеспечивает только две скорости, создаваемые при раздельной работе электродвигателей. Две другие скорости, которые можно получить дифференциальным редуктором при одновременном вращении обоих электродвигателей в одном или в разных направлениях, не используются.

При включении электродвигателя 10 на рабочую скорость вращение через червячные редукторы 9 и 11 передается червячной паре 13, колесо которой жестко связано с коническим колесом 12 дифференциала. Поскольку электродвигатель 1 остановлен, то заторможены червячные передачи 4 и 7 и солнечное колесо 8, связанное в блок с червячным колесом передачи 7. Сателлиты 3, обкатываясь по неподвижному колесу 8, приводят во вращательное движение водило 2, которое через цилиндрическую передачу вращает реечную шестерню 6. Маршевую скорость получают аналогичным образом при работающем электродвигателе 1 и остановленном электродвигателе 10.

В мощных печах ЭШП применены устройства для удержания электрода и подвода тока к контактными рамками, что обусловлено большой массой электродов. Их недостаток заключается в необходимости предварительной установки на электрод контактной рамки и грузовой траверсы, выполняемой на специальном стенде. На печах с массой выплавляемого электрода до 3,5 т успешно применяют пружинно-пневматические и пружинно-гидравли-

Рис. VIII.19. Кинематическая схема пружинно-пневматического механизма зажима электрода



ские механизмы зажима электрода. Примером может служить пружинно-пневматический механизм зажима электрода печи ОКБ-1065 для выплавки слитков массой 3,5 т, кинематическая схема которого представлена на рис. VIII.19.

Механизм смонтирован на каретке электрододержателя 1 и состоит из рычажной системы 3 (многозвенный шарнирный механизм АОВСЕД), пружин 4, штока 5 с закрепленным на нем башмаком 6 и пневматического цилиндра 2 одностороннего действия. При отключенном пневмоцилиндре пружины воздействуют на рычажный механизм, перемещая шток влево и зажимая башмаком 6 электрод 7 в головке электрододержателя. Освобождения электрода достигают подачей сжатого воздуха в правую полость цилиндра, который преодолевает действие пружин и отводит башмак от электрода.

6. ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПЕЧИ

Одним из новых методов плавки, получившим в последние годы широкое промышленное применение, является метод электронно-лучевой плавки, который осуществляется в специальных печах электронно-лучевого переплава (ЭЛП).

Плавка в электронно-лучевых печах основана на выделении тепла при торможении быстро движущихся свободных электронов, направленных на расплавляемый металл, в результате перехода их кинетической энергии в тепловую. Процесс плавки происходит в вакууме $133 \cdot 10^{-5}$ Па, создаваемом внутри герметичного корпуса печи. Источником свободных электронов служит нагретый катод (термокатод) или полый плазменный катод. Высокую скорость электронам сообщает разгоняющее напряжение, приложенное между катодом и анодом. Для сбора электронов, создания узконаправленного пучка и его перемещения по поверхности расплавляемого металла применяют собирающую фокусирующую и отклоняющую системы, работающие на принципе взаимодействия свободных электронов с электрическими и магнитными полями.

На рис. VIII.20 показана принципиальная схема устройства электронной плавильной печи, которая представляет собой вакуумный прибор, состоящий из камеры, где заключены два основных электрода — катод К и анод А. Анод А обычно выполняют в виде диафрагмы с отверстием. Анод электрически связан с заземленным корпусом печи, а катод изолирован от земли.

Управляющий электрод \mathcal{E}_y служит для собирания электронов, вылетающих с поверхности катода, в узкий пучок, который должен пройти через отверстие небольшого диаметра в диафрагме — аноде. Взаимодействие вылетающих с поверхности катода электронов с электрическим полем этого электрода и создает силу, направляющую электроны к центральной оси печи.

Ниже анода в вакуумной камере или за ее пределами располагаются фиксирующая L_Φ и отклоняющая L_o системы. Первая служит для собирания электронов, прошедших через анод, в узкий пучок, а вторая — для распределения пучка по поверхности нагреваемого металла, который помещается в кристаллизаторе M .

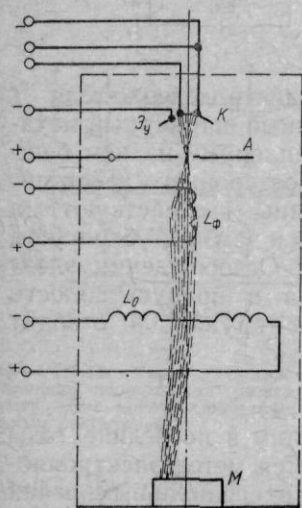


Рис. VIII.20. Принципиальная схема электронной плавильной печи

Устройство для получения свободных электронов, сообщения им больших скоростей и собирания потока электронов в пучок с выделением его в плавильное пространство, называют *электронной пушкой*.

Достоинствами метода электронно-лучевой плавки являются возможность регулирования температуры и длительности пребывания расплавленного металла в глубоком вакууме, что обеспечивает более полное его рафинирование и дегазацию по сравнению с другими способами плавки; получение слитков как из расходующих электродов, так и из шихты различного вида; возможность получения не только слитков, но и высококачественных фасонных отливок.

Электронно-лучевые печи предназначены для получения чистых и сверхчистых металлов. В черной металлургии наибольшее применение получили печи электронно-лучевого переплава с формированием слитка в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Наиболее широко используют печи мощностью 250—1700 кВт, позволяющие получать слитки диаметром 250—1000 мм и массой 0,5—11 т. Годовая производительность этих электронно-лучевых печей 3000—4000 т.

Электронно-лучевые печи делятся на два основных типа в зависимости от места расположения разгоняющего электрического поля — внутри плавильного пространства и вне его.

В печах первого типа анодом служит расплавляемый металл, катод выполнен в виде кольца и электрическое поле создается внутри плавильной камеры. Обладая относительной простотой конструкции и пониженным расходом электроэнергии, печи первого типа не получили широкого распространения из-за присущих им крупных недостатков. Выделение газов и испарение легко-

ионизирующихся примесей и элементов при плавке часто приводят к переходу электронного разряда в дуговой. Для того чтобы ликвидировать это явление, необходимо постоянно поддерживать глубокий вакуум в большом объеме плавильного пространства, что связано с установкой мощных вакуумных насосов и быстродействующей системы автоматического управления. Попадание паров расплавляемого металла на катод и их конденсация вызывают потерю эмиссии, нестабильную работу электронной системы и быстрый выход из строя катода. Печи первого типа используют в основном для получения слитков тугоплавких металлов и сплавов, не содержащих легкоиспаряемых элементов.

Отличительной особенностью печей второго типа является использование для нагрева металла электронных пушек радиального и аксиального типов, позволивших вынести разгоняющее электрическое поле за пределы пространства плавильной камеры. Применение пушек дало возможность создать в печах более глубокий вакуум путем установки отдельной откачной системы, исключить попадание паров металла на катод, обеспечить условия стабильной работы печей, предупредить переход электронного разряда в газовый при недостаточном вакууме, повысить стойкость катода, создать надежную систему водоохлаждения. Наиболее перспективными являются *пушки аксиального типа*, представляющие собой отдельный блок, в котором заключены термокатод, анод, собирающая, фокусирующая и отклоняющая системы. Мощные печи снабжают несколькими пушками.

Недостатками электронно-лучевого переплава являются — повышенный расход электроэнергии, в 1,5—2 раза больший, чем при вакуумно-дуговом переплаве, повышенные эксплуатационные расходы, большая сложность конструкции, испарение металла, которое требует специальной защиты вакуумных насосов, и т. д.

Основными узлами и механизмами электронно-лучевой печи для переплава металла являются: вакуум-камера, электронно-лучевые пушки, механизмы вращения и вертикального перемещения расходующего электрода, водоохлаждаемый медный кристаллизатор, механизм вытягивания слитка и вакуумная система.

На рис. VIII.21 показаны принципиальное устройство и кинематическая схема механизмов электронно-лучевой печи У-270М отечественной конструкции, предназначенной для выплавки слитков диаметром до 200 мм.

Механизм перемещения электрода состоит из электродвигателя 13 ($P = 0,23$ кВт; $n = 2500$ об/мин), комбинированного червячно-цилиндрического редуктора 12, конической передачи 11 и винтовой пары с поступательно движущейся гайкой, вмонтированной в каретку 9. Рабочую и маршевую скорости получают переключением шестерни на скользящей шпонке. Механизм вытягивания слитка из кристаллизатора аналогичен рассмотренному.

В механизм вращения электрода входят электродвигатель 6 ($P = 0,155$ кВт; $n = 3600$ об/мин), восьмиступенчатый цилиндри-

ческий редуктор 7 и открытая передача 8, колесо которой посажено на шток электроподдержателя.

В механизмах перемещения электрода и вытягивания слитка, снабженных электроприводами, помимо рассмотренных двухскоростных многоступенчатых редукторов соосного типа, применяют двухскоростные редукторы с коническими и цилиндрическими дифференциалами, а также приводы с управляемыми электромагнитными муфтами.

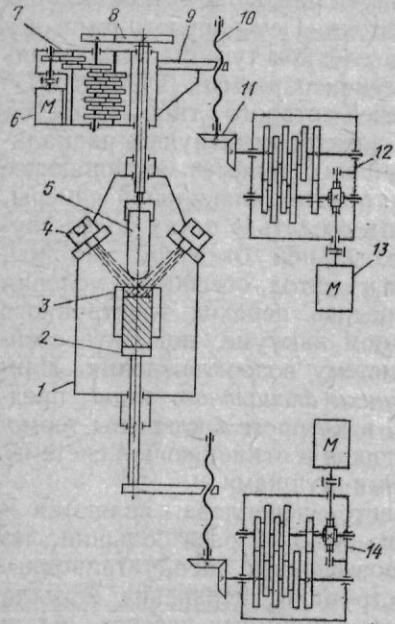


Рис. VIII.21. Принципиальное устройство и кинематические схемы механизмов электронно-лучевой печи У-270М:

1 — вакуумная камера; 2 — шток механизма вытягивания слитка; 3 — водоохлаждаемый кристаллизатор; 4 — радиальная электронная пушка; 5 — расходимый электрод; 6, 7, 8 — электродвигатель, редуктор и открытая передача механизма вращения расходимого электрода; 9 — каретка; 10, 11, 12, 13 — винтовая пара, коническая передача, червячно-цилиндрический редуктор и электродвигатель механизма перемещения расходимого электрода; 14 — механизм вытягивания слитка

Операции плавления, загрузки заготовок и выгрузки слитка происходят одновременно без нарушения вакуума. Одна из камер находится в рабочем положении, в то время, как вторая подготавливается к работе. Камера подачи заготовок от плавильной камеры откатывается гидроцилиндром 27, при этом плавильная камера перекрывается вакуумным затвором 7.

Заготовка 9 загружается сверху, при этом она одним концом укладывается на переднюю каретку 8, а вторым удерживается

электромагнитными муфтами. Ряд отечественных и зарубежных печей выполнен с гидравлическими механизмами перемещения электрода и вытягивания слитка.

Созданы новые печи ЭЛП с боковой подачей расходимых электродов (рис. VIII.22). Отличительной особенностью печей является то, что загрузка и разгрузка слитка осуществляются посредством поворотной траверсы, на которой размещены холодильные камеры с гидравлическим механизмом вытягивания слитка.

Печь ЭЛП состоит из плавильной камеры 11 с четырьмя электронно-лучевыми аксиальными пушками 10, двух механизмов подачи и вращения заготовки, рабочие органы которых находятся в герметичных камерах 1, медного водоохлаждаемого кристаллизатора 13, двух холодильных камер 21, закрепленных вместе с гидравлическими механизмами вытягивания слитка 19 на поворотной раме 14, которая в свою очередь крепится на поворотной колонне 16.

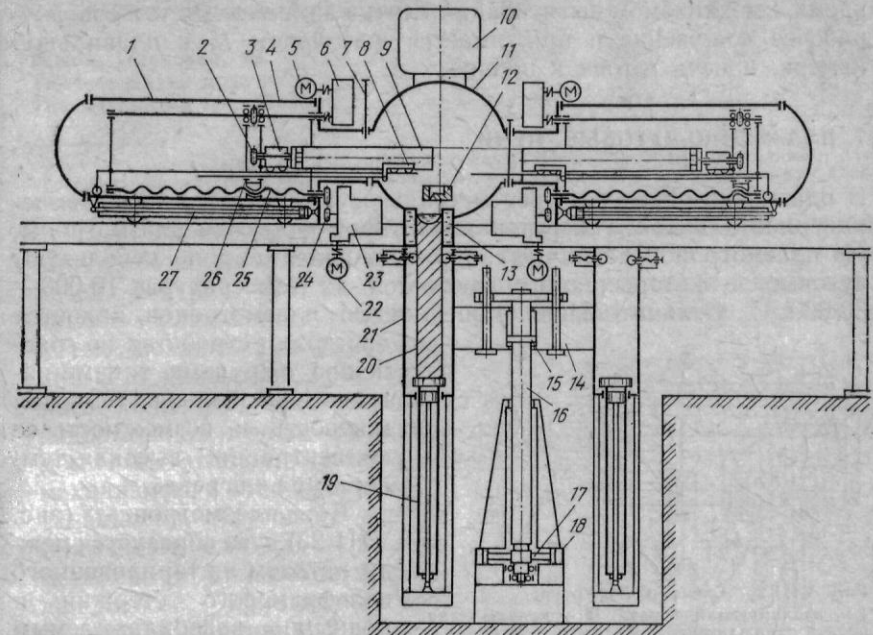


Рис. VIII.22. Электронно-лучевая печь с боковой загрузкой электродов

зажимом задней каретки 3. После этого камера заготовки гидроцилиндром 27 возвращается в исходное положение и заготовка может подаваться в плавильную камеру. Движение каретки 3 с заготовкой осуществляется от электродвигателя 22 через коробку скоростей 23, цепную передачу 24, винтовую пару 25 и траверсу 26.

Для равномерного оплавления заготовка вращается механизмом, состоящим из двигателя 5, червячного редуктора 8, вала 4, цепной передачи 2, звездочки которой расположены на траверсе 26, перемещаемой от винтовой передачи 25.

Печь обеспечивает работу по двум схемам: плавка с применением промежуточной емкости 12 или плавка непосредственно в кристаллизатор 13.

Слиток формируется в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе. Водоохлаждаемый поддон в начальный момент подается в кристаллизатор, образуя замкнутую емкость, в которую поступает расплавленный металл. Когда расплав в кристаллизаторе достиг определенного уровня, включается механизм вытягивания и слиток 20 вытягивается в холодильную камеру 21. После завершения наплавления слитка холодильная камера вместе с механизмом вытягивания гидроцилиндром 15 опускается вниз, а затем с помощью гидроцилиндра 18 и ременной передачи 17 камера поворачивается под разгрузку. Вторая холодильная камера в это

время с механизмом вытягивания слитка занимает место первой — рабочее положение и прижимается цилиндром 15 к плавильной камере, и печь готова к плавке.

7. ПЛАЗМЕННО-ДУГОВЫЕ ПЕЧИ

В плазменных печах нагрев металла осуществляется низкотемпературной плазмой, генераторами которой являются плазмотроны. Из плазмотронов различных типов наиболее широко используют дуговые, в которых газ нагревается до температуры 10 000—30 000 °С. Отличительной особенностью плазмотронов является

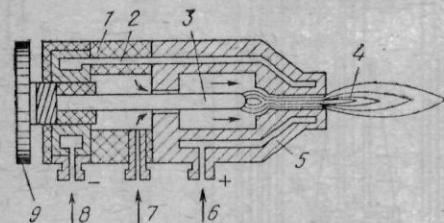


Рис. VIII.23. Схема плазмотрона:

1 — изолирующая втулка; 2 — каналы для подачи охлаждающей жидкости; 3 — вольфрамовый катод; 4 — плазма; 5 — анод (сопло); 6 — подача воды и (+) подвод электрического тока; 7 — подача инертного газа; 8 — подача воды и (-) подвод электрического тока; 9 — регулятор катода

простота устройства по сравнению с другими типами нагревателей, большая тепловая мощность и возможность ее концентрации, высокая температура нагрева. В плазмотроне (рис. VIII.23) дуга образуется между катодом из тарированного вольфрамового стержня и медным водоохлаждаемым анодом. Под воздействием газового потока дуга «выдувается» в узкое отверстие в аноде и сжимается. Из отверстия выходит струя плазмы, в ядре которой выделяется большое количество тепла в результате перехода ионизированного газа в первоначальное состояние. Газ в камеру дуги подают аксиально по отношению к оси дуги, в результате чего между дугой и стенками камеры образуется прослойка холодного газа, охлаждающего периферию дуги и стенки камеры.

На отечественных предприятиях черной и цветной металлургии работают плазменно-дуговые печи, разработанные в институте электросварки (ИЭС) им. Е. О. Патона АН УССР, позволяющие вести плавку сталей и сплавов в медном водоохлаждаемом кристаллизаторе.

Техническая характеристика печей плазменно-дугового передела, разработанных в ИЭС им. Е. О. Патона

Тип	У-461	У-468	У-550	У-600
Мощность плазмотрона, кВт	160	240	2000	1800
Напряжение питания плазмотрона, В	40—80	40—80	До 200	До 200
Число плазмотронов	4	6	6	6
Максимальная масса слитков, кг	30	130	3500	5000
Максимальная длина заготовки, мм	840	1250	3000	3700
Максимальный диаметр слитка, мм	100	150	630	650

Скорость вытягивания слитка, мм/мин	0,5—	1,0—	1,5—	2,0—
Высота установки, мм	30,0	10,0	15,0	20,0
Тип механизма подачи ¹	Бв	Шт	Тр	Штс
Тип механизма вытягивания	Бпн	Штк	Шт	Штс

¹ Шт — штоковый; Штс — штоковый соосный; Штк — штоковый консольный; Тр — тросовый; Бв — бесштоковый винтовой; Бпн — бесштоковый с призматическими направляющими.

Печи плазменно-дугового передела по конструкции и принципу работы механизмов мало отличаются от электронно-лучевых печей. На рис. VIII.24 приведена кинематическая схема механизмов плазменно-дуговой печи ОКБ-1304. Печь снабжена пятью механизмами перемещения 5 и вращения 2 расходоугольного электрода, механизмом 3 поворота электрода, механизмом 1 вытягивания слитка и механизмом 4 отвода слитка.

Плазменно-дуговой нагрев применяют как для передела металлов и сплавов в водоохлаждаемом кристаллизаторе, так и для выплавки и рафинирования стали и сплавов в печах с керамическим тиглем.

Общий вид плазменно-дуговой печи с керамическим тиглем показан на рис. VIII.25. По форме ванны и материалам, применяемым для футеровки подины и рабочего пространства, плазменно-дуговая печь не отличается от обычной дуговой электропечи.

Свод печи во избежание загрязнения печной атмосферы уплотняют при помощи лабиринтного песочного затвора. Выпускное отверстие во время плавки закрывают газонепроницаемой крышкой. Плазмотрон работает на постоянном токе с прямой полярностью; при этом катодом служит водоохлаждаемый электрод, а анодом ванна. Катод изготовлен из сплава на основе вольфрама и защищен от брызг металла и шлака медным водоохлаждаемым соплом. Плазменная дуга формируется в потоке аргона, подаваемого в зазор между катодом и соплом. Технический аргон, применяемый для стабилизации дуги, одновременно служит защитным газом, необходимым для создания в печи нейтральной атмосферы. Водоохлаждаемый медный подовый электрод смонтирован заподлицо с подиной. Он находится в контакте с жидким металлом и служит анодом.

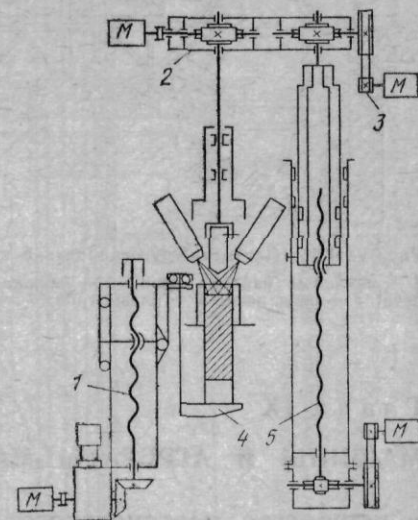


Рис. VIII.24. Кинематические схемы механизмов плазменно-дуговой печи ОКБ-1304

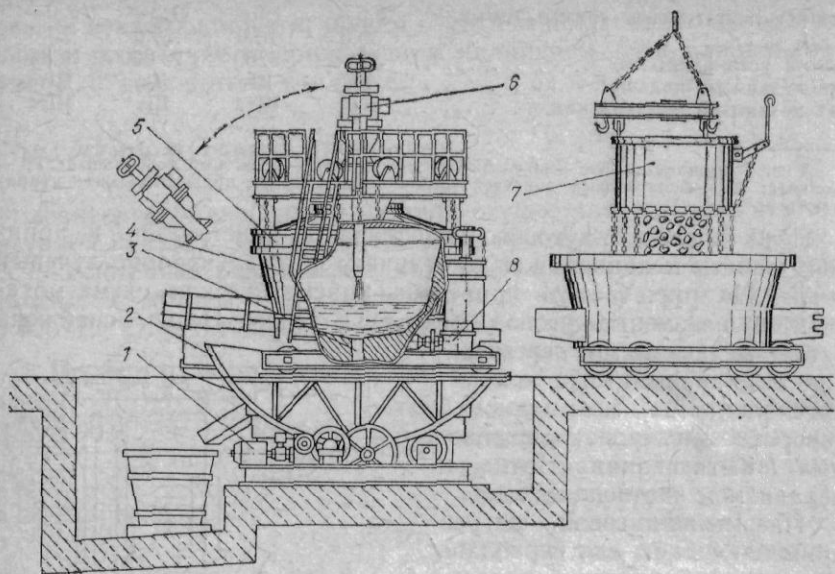


Рис. VIII.25. Плазменно-дуговая печь с керамическим тиглем:

1 — механизм наклона печи; 2 — льюшка печи; 3 — подовый электрод; 4 — кожух печи; 5 — свод печи; 6 — плазматрон; 7 — загрузочная корзина; 8 — механизм отката

Глава IX

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ МАРТЕНОВСКИХ ЦЕХОВ

1. УСТРОЙСТВО МАРТЕНОВСКОГО ЦЕХА

В современный мартеновский цех входят следующие отделения: главный корпус с мартеновскими печами, шихтовое отделение, миксерное отделение, отделение разведения слитков, парк охлаждения изложниц, отделение чистки и смазки изложниц, отделение подготовки ферросплавов и цех огнеупорных порошков. Максимальная вместимость мартеновских печей 600—900 т.

На рис. IX.1 представлен план главного корпуса мартеновского цеха с печами вместимостью 600 т. В главном корпусе находятся три отделения: шихтовый открылок, печной и разливочный пролеты.

В мартеновскую печь загружают жидкий чугун, металлический лом, флюсы, железную руду и легирующие добавки. Жидкий чугун в чугуновозных ковшах вместимостью 140 т поступает из доменного цеха в миксерное отделение, где при помощи специального мостового крана грузоподъемностью 180/50 т его заливают в 1300-т миксер.

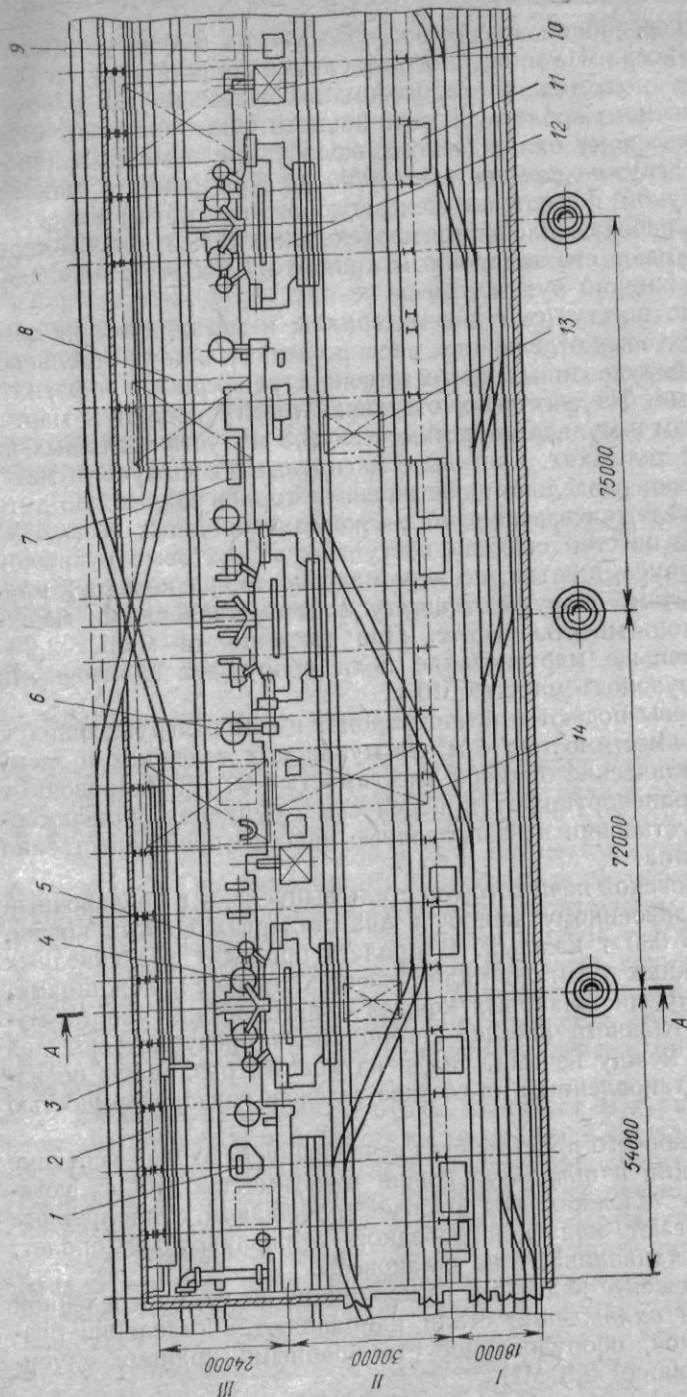


Рис. IX.1. План и разрез мартеновского цеха с 600-т печами: 1 — шихтовый открылок; 2 — печной пролет; 3 — печной пролет; 4 — печной пролет; 5 — печной пролет; 6 — печной пролет; 7 — печной пролет; 8 — печной пролет; 9 — печной пролет; 10 — печной пролет; 11 — печной пролет; 12 — печной пролет; 13 — печной пролет; 14 — печной пролет; 15 — печной пролет; 16 — печной пролет; 17 — печной пролет; 18 — печной пролет; 19 — печной пролет; 20 — печной пролет; 21 — печной пролет; 22 — печной пролет

Для бесперебойной подачи жидкого чугуна в печь устанавливают два миксера. Из миксерного отделения жидкий чугун в 140-т чугуновозах подается электровозом по эстакаде на рабочую площадку печного пролета. В печь жидкий чугун заливают через окна по подвесному охлаждаемому желобу при помощи заливочного крана грузоподъемностью 180/50 т. При ремонте миксера ковш с чугуном подают по железнодорожным путям непосредственно под рабочую площадку мартеновских печей, откуда через проем поднимают его заливочным краном на рабочую площадку и заливают жидкий чугун в печь.

Холодную шихту (сыпучие материалы и металлический лом) хранят в шихтовых отделениях, расположенных в двух отдельных зданиях и оборудованных соответственно грейферными и магнитными кранами. Из шихтовых отделений шихту подают к мартеновским печам в мульдах вместимостью 3,3 м³, установленных на специальных тележках. Составы с магнитными и сыпучими материалами подают отдельно по эстакадам с торцов здания. По пути следования тележки взвешивают на железнодорожных весах.

Составы с шихтой сначала поступают в шихтовый отсек главного корпуса, а затем, по мере надобности, их подают к мартеновским печам. Загружают шихту в печь завалочными машинами грузоподъемностью 15 т. При вместимости мульд 2,2—1,75 м³ и меньше мартеновские цехи оборудуют завалочными машинами грузоподъемностью 10 т.

Ферросплавы подают в печной пролет в саморазгружающихся контейнерах вместимостью 4 м³ на мульдочных тележках и засыпают в металлические бункера вместимостью 60 м³. Заправочные материалы транспортируют в переносных бункерах, приспособленных для установки на заправочные машины преимущественно ленточного типа.

Из мартеновской печи готовую сталь выпускают в разливочный пролет по раздвоенному желобу в два сталеразливочных ковша, вместимостью 330 т каждый. В пролете проходят два сквозных железнодорожных пути: один для подачи составов с изложницами, другой для подачи шлаковых ковшей и вагонов для уборки мусора. Кроме главного въезда, с торца цеха предусмотрены два косых заезда между печами. Сталь из ковшей разливают по изложницам, установленным на составе тележек грузоподъемностью 160 т.

Шлак из рабочего пространства печей выпускают через средние завалочные окна в шлаковые ковши вместимостью 16 м³, установленные на тележках под рабочей площадкой. Заполненные ковши выдвигают канатной лебедкой в разливочный пролет, где краном устанавливают на шлаковозы.

Состав тележек с залитыми изложницами после определенной выдержки для охлаждения стали направляют в отделение разделения слитков, оборудованное стрипперными кранами с усилием выталкивания 2,5 МН.

Характерной особенностью грузовых потоков мартеновских цехов является большая их концентрация на сравнительно небольших участках. Можно выделить следующие основные технологические грузопотоки: подача шихты, жидкого чугуна и изложниц; выдача стали и шлака; вспомогательные грузопотоки — подача огнеупорных и ремонтных материалов и выдача отходов при ремонтах.

Шихтовые отделения предназначены для хранения шихтовых и заправочных материалов. В новых цехах предусмотрено раздельное хранение шихтовых материалов: в одном здании хранят сыпучие материалы — железную и марганцевую руды, флюсы и заправочные материалы; в другом — магнитные материалы (металлическую шихту). Ферросплавы, за исключением доменного ферросилиция, который хранят в шихтовом отделении, подают из общезаводского склада в контейнерах, известь поступает из известково-обжигательного цеха.

Другим способом загрузки шихтовых материалов в мульды является применение скиповых подъемников (США). Из подвесных бункеров сыпучие материалы поступают на ленточные конвейеры, а оттуда в скиповой подъемник. Последний подает материалы наверх, где они распределяются ленточными конвейерами по расходным бункерам, из которых самотеком загружаются в мульдочные составы.

2. МАШИНЫ ПЕЧНОГО ПРОЛЕТА

В печном пролете установлено оборудование для подачи жидкого чугуна и холодной шихты в мартеновские печи и для их заправки, а также вспомогательное оборудование.

Заливка жидкого чугуна в печи осуществляется заливочными кранами. Они же выполняют и вспомогательные работы: переносят бункер с заправочными материалами, контейнеры с раскислителями, устанавливают заливочные желоба. Их используют и при ремонтных работах. Грузоподъемность заливочных кранов определяется вместимостью чугуновозных ковшей и составляет 125/30 и 180/50 т. Кранами грузоподъемностью 180/50 т оборудуют мартеновские цехи с большегрузными печами при вместимости ковшей 140 т.

Основным способом загрузки холодных материалов в мартеновские печи большой вместимости является мульдочная загрузка, осуществляемая завалочными машинами напольного типа. Мульты с шихтой, установленные на тележках перед печами, захватывают по одной хоботом завалочной машины и загружают в печь.

Для ускорения загрузки металлического лома напольной завалочной машиной применяют специальную перегрузочную воронку, смонтированную на тележке. Лом подают на рабочую площадку на железнодорожной платформе, которая заменяет 8—10 мульдочных тележек. Тележку с воронкой в процессе за-

валки располагают перед печью и загружают краном одновременно по три мульды.

На ряде отечественных металлургических предприятий проведена реконструкция мартеновских печей на двухвантные сталеплавильные агрегаты. В своде каждой ванны установлены кислородные фурмы для продувки металла. Лом нагревается теплом отходящих газов, а на некоторых печах его дополнительно подогревают с помощью подвижных газокислородных горелок. Преимуществами двухванных сталеплавильных агрегатов являются большая производительность, меньший объем ремонтных работ, отсутствие регенеративных насадок, меньший расход топлива и огнеупоров, чем в мартеновских печах.

Ритмичная работа двухванных печей и увеличение выплавки стали позволили более равномерно загрузить оборудование без увеличения числа завалочных машин, заливочных и разливочных кранов.

3. ЗАВАЛОЧНЫЕ МАШИНЫ

Конструкция машин

Мартеновские печи оборудованы в основном напольными завалочными машинами грузоподъемностью 7,5; 10 и 15 т. Конструкция и компоновка механизмов одинаковы. Общий вид 15-т завалочной машины показан на рис. IX.2.

В напольно-завалочной машине установлены следующие механизмы: на мосту четыре механизма передвижения машины; на тележке компактно смонтированы механизмы передвижения тележки, вращения и качания хобота, а также механизм замыкания мульды.

Мост напольно-завалочной машины сварной конструкции состоит из двух главных ходовых балок коробчатого сечения, двух концевых балок и портала с токосъемниками. Габариты портала по высоте приняты из условий прохождения под ним подвижного железнодорожного состава. Основными требованиями, предъявляемыми к конструкции моста, являются повышенная жесткость и прочность, так как завалочная машина при загрузке печи хоботом передвигает мультдовый состав.

При перемещении состава с мультдами тележка завалочной машины испытывает большие боковые нагрузки. Для передачи этих нагрузок на продольные балки моста по обе стороны рамы тележки на двух уровнях предусмотрены пружинные опоры.

Машина оборудована двумя системами смазки: жидкой циркуляционной и густой централизованной. Некоторые узлы механизмов имеют индивидуальную смазку. Предусмотрена электрическая блокировка, не допускающая пуск электродвигателей механизмов, если отсутствует подача смазки.

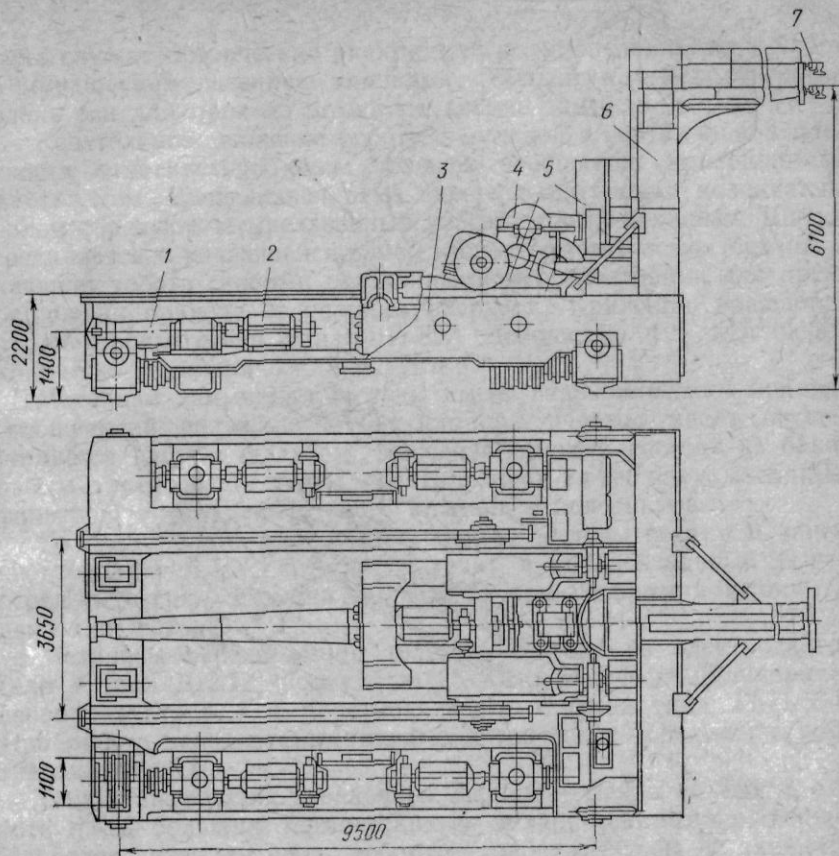


Рис. IX.2. Напольно-завалочная машина грузоподъемностью 15 т:
1 — хобот; 2 — механизм передвижения машины; 3 — мост; 4 — загрузочная тележка;
5 — кабина машиниста; 6 — портал; 7 — токосъемник

Механизм передвижения машины — индивидуальный на каждое колесо. Привод состоит из электродвигателя ДП-62 мощностью 50 кВт, редуктора и тормоза типа ТКП-400. Редукторы с ходовыми колесами соединены зубчатыми муфтами. Кинематическая схема механизмов и конструкция тележки завалочной машины показаны на рис. IX.3.

Особенностью конструкции тележки является устройство ее ходовой части. Колеса тележки перемещаются по рельсам, уложенным на разных уровнях моста. Передний приводной скат 2 опирается на верхние рельсы; задний неприводной скат 7 перемещается между двумя парами рельсов — верхним и нижним; колеса — безребордные. Такая схема опорно-ходовой части тележки продиктована условиями обеспечения ее устойчивости от опрокидывания под действием веса груженой мульды на конце хобота.

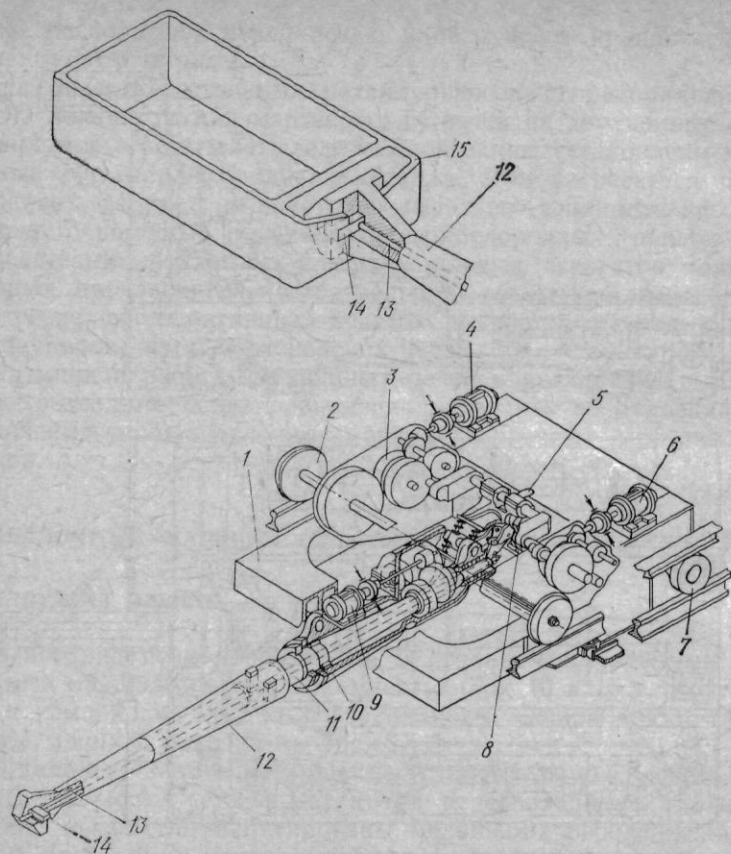


Рис. IX.3. Кинематическая схема механизмов тележки завалочной машины

К передней части рамы 1 тележки шарнирно подвешена литая рама 10 качания хобота, внутри которой на роликоподшипниках смонтирован мундштук 11. На мундштуке закреплен хобот 12. Задний конец рамы качания шарнирно присоединен к шатуну кривошипного механизма 8 качания хобота с приводом 6. Вращение хобота осуществляется механизмом 9, установленным на качающейся раме. Мульда 15 замыкается на конце хобота гидравлическим механизмом 5.

Механизм вращения хобота смонтирован на качающейся раме мундштука, размещенной внутри рамы тележки. Зубчатые цилиндрические передачи весьма компактно встроены внутри качающейся рамы, служащей одновременно корпусом редуктора. Привод механизма состоит из электродвигателя типа ДП-62, короткоходового тормоза и трехступенчатого цилиндрического редуктора. Последнее зубчатое колесо редуктора, закрепленное на мундштуке 11, приводит хобот во вращение. Опорами мундш-

тука служат сферические двухрядные роликоподшипники. Хобот с мундштуком соединен клиньями. Мундштук имеет отверстие вдоль оси для прохода штока механизма замыкания.

Качательное движение хоботу с мульдой в вертикальной плоскости относительно рамы тележек сообщается кривошипным механизмом. Качающаяся рама вместе с шатуном и коленчатым валом образуют четырехзвенный коромысловый механизм. Шатун соединяется с качающейся рамой эксцентриковой осью. Механизм качания хобота снабжен пружинными амортизаторами для предохранения привода от ударных нагрузок. Кривошип вращается от электродвигателя типа ДП-82А мощностью 125 кВт через коническо-цилиндрический редуктор.

Механизм замыкания мульды имеет гидравлический привод, сообщающий движение штоку стопора. Подвод масла осуществляется гибким шлангом. Насосная станция состоит из бака, насоса с электродвигателем и вентилятором на его валу, масляных фильтров, предохранительного клапана и золотников.

Головка хобота заводится в карман мульды сверху и замыкается сухарем 14, который заходит в горизонтальный вырез передней стенки кармана мульды 15 при сообщении штоку 13 движения вперед.

Механизм передвижения тележки состоит из электродвигателя 4 типа ДП-72, мощностью 75 кВт, коническо-цилиндрического редуктора 3 и короткоходового тормоза типа ТКП-500. При работе используется также электрическое торможение противотключением.

Общий недостаток завалочных машин — малая стойкость хобота из-за больших термических и механических напряжений. Наиболее уязвимая часть хобота — головка. Чтобы не заменять весь хобот при выходе из строя головки, ее делают сменной. Для удлинения срока службы головку выполняют более прочной и усиливают гребнями, а также наплавляют твердыми сплавами. Однако коренное решение проблемы долговечности хоботов — применение стали специальных жаропрочных марок с высокой механической прочностью и выносливостью на ударные нагрузки.

Расчет механизмов

Механизм вращения хобота. На хобот и мундштук завалочной машины действуют следующие нагрузки: вес груженой мульды Q , вес хобота G_1 , вес мундштука и деталей подшипниковых узлов G_2 , вес приводного зубчатого колеса G_3 . Схема нагрузок показана на рис. IX.4.

Находим реакции опор A и B , составив уравнение суммы моментов относительно одной из опор:

$$B = (Ql + G_1l_1 - G_2l_2 - G_3l_3)/b;$$

$$A = Q + G_1 + G_2 + G_3 + B.$$

В общем случае при вращении мульды в печном пространстве во время опрокидывания материала на механизм вращения хобота действуют моменты от сил трения в опорах вращения хобота; от сил трения мульды о шихту при ее опрокидывании; от эксцентричного расположения материала в мульде.

Момент трения в опорах зависит от величин сил реакций, диаметров цапф подшипников и коэффициентов трения:

$$M_{\text{тр}} = A\mu_1 \frac{d_1}{2} + B\mu_2 \frac{d_2}{2}, \quad (\text{IX.1})$$

где μ_1, μ_2 — коэффициенты трения в подшипниках опор (0,015); d_1, d_2 — соответственно диаметр цапф подшипников.

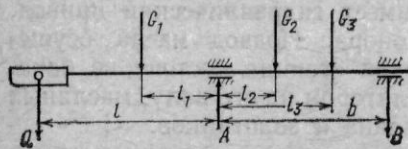


Рис. IX.4. Схема сил, действующих в механизме вращения хобота

Момент от дополнительных сил трения мульды о шихту при опрокидывании, согласно экспериментальным данным, достигает больших значений. Приблизительно этот момент можно учесть следующей формулой:

$$M_{\text{ш}} = Q_1\mu_3 R, \quad (\text{IX.2})$$

где Q_1 — сила воздействия грузной мульды на шихту, $Q_1 = (0,4 \div 0,5) Q$; μ_3 — коэффициент трения мульды о шихту ($\mu_3 = 0,3$); R — расстояние от оси вращения до дна мульды.

При максимальном весе мульды общий момент сопротивления

$$M_{\text{м}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{ш}}. \quad (\text{IX.3})$$

Момент от эксцентричного расположения груза в мульде относительно оси вращения при ее повороте на весу

$$M_e = Qe, \quad (\text{IX.4})$$

где e — эксцентриситет, $e \approx b_1/6$ (здесь b_1 — внутренняя ширина мульды).

Мощность электродвигателя

$$P = M_{\text{м}}\omega_x/\eta, \quad (\text{IX.5})$$

где ω_x — угловая скорость вращения хобота, с^{-1} ; η — к. п. д. передаточного механизма.

Так как хобот машины при высыпании материала поворачивается на 360° , то время пуска определяем при грузной мульде, а время торможения — при порожней.

Момент инерции вычисляем по приближенным формулам:

для грузной мульды

$$J_{\text{м}} = \frac{m}{12} (h^2 + b^2); \quad (\text{IX.6a})$$

для порожней мульды

$$J_{\text{м1}} = \frac{m}{12} (h^2 + b^2) - \frac{m - m_{\text{м}}}{12} (h_1^2 + b_1^2), \quad (\text{IX.6б})$$

где m — масса мульды; h, h_1 — наружная и внутренняя высота мульды; b, b_1 — средняя наружная и внутренняя ширина мульды.

Момент инерции деталей, находящихся на оси хобота:

при грузной мульде

$$J_{\text{х}} = J_{\text{м}} + J_1 + J_2 + J_3 + J_4; \quad (\text{IX.7})$$

при порожней мульде

$$J_{\text{х1}} = J_{\text{м1}} + \sum_1^4 J,$$

где J_1, J_2, J_3, J_4 — соответственно моменты инерции головки хобота, хобота, мундштука и зубчатого колеса.

Момент инерции механизма, приведенный к валу двигателя:

при грузной мульде с учетом потерь во время пуска

$$J_{\text{пр}} = J_{\text{я}} + J_{\text{т}} + J_{\text{п}} + J_{\text{х}}/(u^2\eta);$$

при порожней мульде с учетом потерь во время торможения

$$J_{\text{пр1}} = J_{\text{я}} + J_{\text{т}} + J_{\text{п}} + J_{\text{х1}}\eta/u^2;$$

где $J_{\text{я}}, J_{\text{т}}$ — момент инерции якоря двигателя и муфты с тормозным шкивом; $J_{\text{п}}$ — момент инерции передаточного механизма, приведенный к валу двигателя; u — передаточное число редуктора.

Средние пусковой и тормозной моменты двигателя можно определить, пользуясь известным соотношением между моментом, мощностью и частотой вращения двигателя с учетом коэффициента перегрузки двигателя:

$$M_{\text{ср}} = P\lambda_{\text{ср}}/\omega, \quad (\text{IX.8})$$

где P — номинальная мощность двигателя; ω — номинальная угловая скорость вращения двигателя; $\lambda_{\text{ср}}$ — средний коэффициент перегрузки двигателя при пуске и торможении.

Статический момент механизма, приведенный к валу двигателя, от сил трения в опорах вращения хобота:

при грузной мульде $M_{\text{с}} = M_{\text{тр}}/(u\eta)$;

при порожней мульде $M_{\text{с1}} = M_{\text{тр1}}/(u\eta)$.

Время пуска $t_{\text{п}} = J_{\text{пр}}\omega/(M_{\text{ср}} - M_{\text{с}})$.

Время торможения $t_{\text{т}} = J_{\text{пр1}}\omega/(M_{\text{ср}} - M_{\text{с1}})$.

Имея в виду, что углы поворота хобота при пуске и торможении равны $\varphi_{\text{п}} = \omega_y t_{\text{п}}/2$; $\varphi_{\text{т}} = \omega_y t_{\text{т}}/2$, установившаяся угловая скорость вращения хобота $\omega_y = \pi n_x/30$ и что полный угол поворота хобота $\varphi_x = 2\pi$ рад, найдем время поворота при установившемся движении

$$t_y = \frac{\varphi_y}{\omega_y} = \frac{2\pi}{\omega_x} - \frac{t_{\text{п}} + t_{\text{т}}}{2}. \quad (\text{IX.9})$$

Полное время оборота хобота

$$T = t_{\text{п}} + t_y + t_{\text{т}}. \quad (\text{IX.10})$$

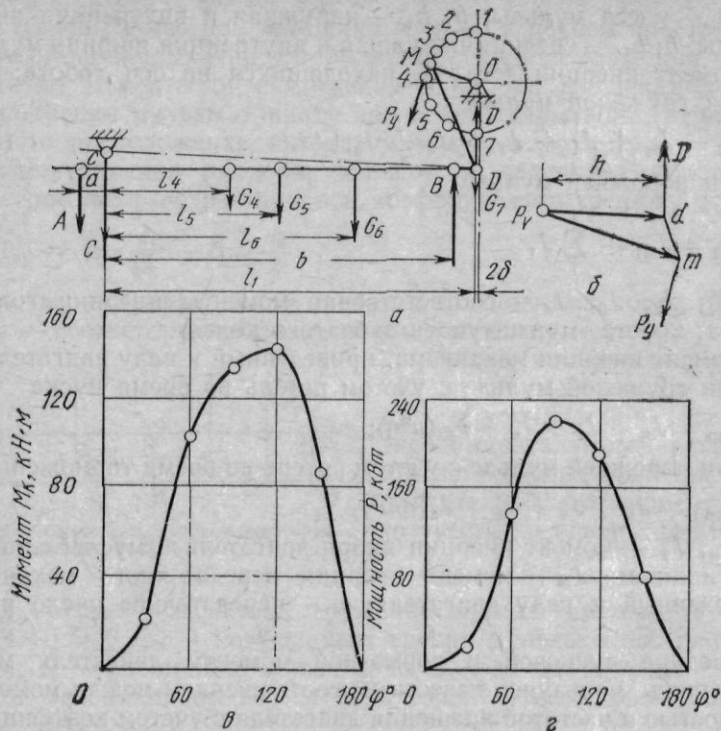


Рис. IX.5. Схемы и графики к расчету механизма качания хобота: а — схема действия сил; б — рычаг Жуковского; в — график изменения крутящего момента на кривошипе; г — график мгновенных мощностей

Механизм качания хобота. На раму хобота действуют следующие нагрузки (рис. IX.5, а): реакции опор мундштука А и В, вес электродвигателя механизма вращения хобота (с тормозом) G_4 , вес рамы хобота G_5 , вес редуктора механизма вращения хобота G_6 , вес шатуна G_7 .

Опорами для рамы служит подвеска рамы хобота к тележке С и шатун механизма качания рамы D. Составив сумму моментов всех сил относительно точки С и приравняв ее нулю ($\sum M_C = 0$), находим реакцию опоры D, т. е. вертикальную составляющую усилия, действующего на шатун.

Определяем скорость точки М

$$v_M = \omega_R r, \quad (IX.11)$$

где r — радиус кривошипа; ω_R — номинальная угловая скорость вращения кривошипа.

Строим план скоростей для различных углов поворота кривошипа. На основании метода Н. Е. Жуковского находим уравновешивающие силы и моменты на кривошипе (рис. IX.5, б, в).

Мгновенные значения мощности от статических нагрузок, кВт

$$P_i = M_R \omega_i / \eta,$$

где M_R — крутящий момент на кривошипе; η — к. п. д. передаточного механизма.

В период пуска мгновенные значения угловой скорости кривошипа в функции угла поворота при постоянном угловом ускорении определяем по формуле

$$\omega_i = \sqrt{2\varepsilon\varphi_i}, \quad (IX.12)$$

где ε — угловое ускорение хобота при пуске и торможении, $\varepsilon = \omega_R / t_{п(т)}$ (здесь $t_{п(т)}$ — время пуска или торможения).

Строим график мгновенных мощностей $P = f(\varphi)$ (рис. IX.5, г).

Принимая с некоторым допущением нагрузочную кривую за синусоиду, можно написать формулу для среднеквадратичной мощности при полном подъеме грузовой мульды

$$P_{ср} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left(\frac{P_A}{\eta} \sin \varphi\right)^2 d\varphi} = \sqrt{\frac{P_A^2}{2\eta^2}} = \frac{P_A}{\eta\sqrt{2}}, \quad (IX.13)$$

где P_A — амплитудные значения статической мощности (по графику).

В практике эксплуатации завалочной машины случай полного качания хобота с максимальными нагрузками является крайне редким. В основном машина работает при небольших качаниях хобота, когда положение кривошипа относительно шатуна близко к перпендикулярному. При этом крутящие моменты на кривошипе будут максимальными, их с небольшими допущениями можно принять за постоянные. Тогда среднеквадратичную мощность с учетом продолжительности включения можно рассчитать по следующей формуле:

$$P = \sqrt{\frac{P_A^2 t_p}{t_p + t_0}} = P_A \sqrt{PB}, \quad (IX.14)$$

где t_p — продолжительность работы механизма; t_0 — продолжительность паузы; PB — относительная продолжительность включения привода.

Расчет механизма передвижения тележки. Тележка воспринимает следующие усилия (рис. IX.6): реакцию опор в шарнире рамы С, усилие в шатуне качания хо-

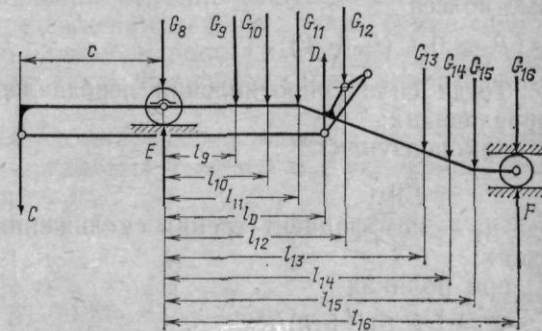


Рис. IX.6. Схема сил в механизме передвижения тележки

бота D (при грузеной мультде C, D ; при порожней мультде C_1, D_1), вес переднего ската G_8 , вес редуктора механизма передвижения тележки G_9 , вес рамы тележки G_{10} , вес редуктора механизма качания хобота G_{11} , вес коленчатого вала G_{12} , вес кабины и площадки с электрооборудованием G_{13} , вес электродвигателя, тормоза и фундаментной плиты механизма передвижения тележки G_{14} , вес электродвигателя, тормоза и фундаментной плиты механизма качания хобота G_{15} , вес заднего ската G_{16} .

Нагрузки на передние E и задние F колеса тележки определяют обычным способом: составляют уравнения моментов сил относительно каждой опоры и приравнивают их нулю:

$$\sum M_E = 0; \quad \sum M_F = 0.$$

Нагрузки на колеса при грузеной мультде E, F ; при порожней мультде E_1, F_1 .

При грузеной мультде реакция на задние колеса может быть отрицательной, что указывает на отрыв колеса от нижних рельсов; сила давления передается на верхние рельсы.

Сила, преодолевающая сопротивление передвижению от трения ходовых колес:

$$\left. \begin{array}{l} \text{передних} \quad W'_{\text{тр}} = E \left(\frac{\mu d_1 + 2k_1}{D_1} \right) k_p; \\ \text{задних} \quad W''_{\text{тр}} = F \left(\frac{\mu d_2 + 2k_2}{D_2} \right), \end{array} \right\} \quad (\text{IX.15})$$

где D_1, D_2 — диаметры передних и задних ходовых колес; d_1, d_2 — диаметры шеек осей; μ — коэффициент трения в подшипниках, $\mu = 0,015$; k_1, k_2 — коэффициенты трения качения передних и задних ходовых колес по рельсам; k_p — коэффициент, учитывающий трение в ребордах передних ходовых колес.

Полное сопротивление от сил трения в ходовых колесах $W_{\text{тр}} = W'_{\text{тр}} + W''_{\text{тр}}$.

Сила сопротивления передвижению от трения на направляющих моста проявляется в результате боковых смещений тележки во время ее движения. Силу прижатия тележки к направляющим в расчетах принимают в зависимости от общей нагрузки на ходовые колеса

$$P = 0,1 (E + F). \quad (\text{IX.16})$$

Тогда сила сопротивления передвижению от трения на направляющих:

$$\text{при ползунах} \quad W_H = P \mu_1, \quad (\text{IX.17})$$

где μ_1 — коэффициент трения скольжения на боковых направляющих;

при роликах

$$W_H = P (\mu r + k) / R_p, \quad (\text{IX.18})$$

где μ — коэффициент трения в подшипниках (для игольчатых подшипников $\mu = 0,06$); k — коэффициент трения качения роликов по направляющим; R_p — радиус ролика; r — радиус цапфы ролика.

Сопротивление от сил трения мультды о шихту в печи приближенно можно найти по формуле

$$W_{\text{ш}} = Q_1 \mu_3, \quad (\text{IX.19})$$

где Q_1 — сила воздействия грузеной мультды на шихту, $Q_1 = (0,4 \div 0,5) Q$; μ_3 — коэффициент трения мультды о шихту ($\mu_3 = 0,3$).

Мощность двигателя определяют известным методом по статическим и динамическим нагрузкам при пуске и торможении привода.

Расчет механизма передвижения завалочной машины. Ходовые колеса воспринимают следующие усилия (рис. IX.7, а, б): вес передних и задних концевых балок G_1, G_2 ; вес моста машины с механизмами передвижения G_3 ; вес портала и кронштейнов G_4 ; силу давления колес тележки E и F . Нагрузки на ходовые колеса завалочной машины R_1, R_2 рассчитывают для трех положений тележки на мосту: в крайнем переднем положении с грузом (E_1, F_1), в крайнем заднем положении без груза (E_2, F_2) и при толкании состава с мультдами, когда конец хобота находится посередине колес мультдового состава (E_0, F_0). При крайнем переднем положении тележки с полным грузом давления на колесе будут максимальными.

Общая сила сопротивления передвижению, на которую рассчитывают механизм передвижения машины, равна сумме сопротивлений передвижению самой машины и состава мультдовых тележек, при этом учитывают дополнительные сопротивления от уклона пути.

Исходные данные для расчета: вес машины G_M ; вес грузеной мультды Q ; вес состава мультдовых тележек G_C ; установившаяся скорость движения машины v_M .

Сопротивление передвижению машины от сил трения ходовых колес

$$W_{\text{тр}} = (Q + G_M) \left(\frac{d\mu + 2k}{D} \right) k_p. \quad (\text{IX.20})$$

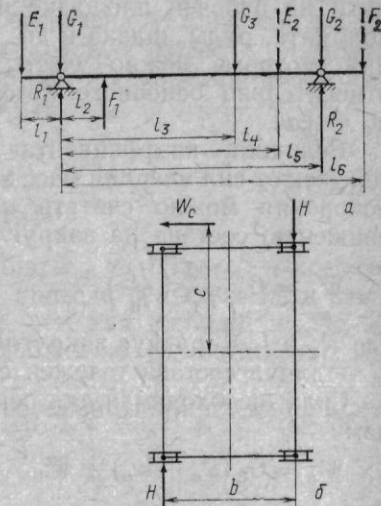


Рис. IX.7. Расчетные схемы механизма передвижения машины: а — схема вертикальных сил; б — схема горизонтальных сил

Сопротивление передвижению машины от уклона пути

$$W_y = (Q + G_m)\alpha_y, \quad \alpha_y = 0,0015 \div 0,0020.$$

Общая сила сопротивления передвижению машины

$$W_m = W_{тр} + W_y. \quad (IX.21)$$

Максимальные нагрузки в механизме возникают при передвижении состава с мульдами.

При расчете сопротивлений передвижению состава тележек с мульдами следует иметь в виду плохое состояние рельсового пути на рабочей площадке печей: на рельсах находятся куски доломита, руды, шлака и др. Это создает добавочные сопротивления, которые можно учесть коэффициентом запаса $\xi = 1,5 \div 2$ относительно основного коэффициента сопротивления w . Тогда $w_c = \xi w$.

Величина коэффициента сопротивления движению состава тележек от сил инерции масс $w_m = 0,11a$, где средними значениями ускорения можно считать $a = 0,05 \div 0,25$ м/с². Сопротивление движению состава на закруглениях пути

$$W_k = G_c \frac{700}{R_1} \left(\frac{l_1}{l_c} \right), \quad (IX.22)$$

где R_1 и l_1 — радиус закругления и длина криволинейного пути; l_c — длина состава тележек с мульдами.

Сила, необходимая для передвижения состава тележек с мульдами

$$W_c = G_c (w_c + w_m) + W_k. \quad (IX.23)$$

Сила сопротивления передвижению завалочной машины без учета трения в ребордах

$$W_m = G_m \left(\frac{d\mu + 2k}{D} + \alpha_y \right). \quad (IX.24)$$

При передвижении состава к концу хобота завалочной машины прикладывается сила W_c (см. рис. IX.7, б), вызывающая поворотный момент $W_c c$ относительно оси машины. Под действием этого момента возникает перекося машины с появлением горизонтальных реактивных сил H , приложенных к ребордам диагонально расположенных ходовых колес.

Из равенства моментов $W_c c = Hb$ находим

$$H = W_c c / b. \quad (IX.25)$$

Дополнительные силы сопротивления передвижению машины от горизонтальных сил H

$$W_r = 2H\mu_1, \quad (IX.26)$$

где μ_1 — коэффициент трения скольжения реборд по рельсу ($\mu_1 = 0,15$).

Суммарная сила статического сопротивления, которую должен преодолеть механизм передвижения завалочной машины при толкании состава

$$W_{об} = W_c + W_m + W_r. \quad (IX.27)$$

Скорость передвижения состава мульдовых тележек принимают несколько меньшей, чем номинальная скорость передвижения завалочной машины $v_c = 0,8v_m$.

Мощность электродвигателя определяют исходя из статических и инерционных нагрузок при пуске.

При пуске завалочной машины в момент толкания состава мульдовых тележек должна быть обеспечена устойчивая работа машины без нарушения сцепления ходовых колес с рельсами (без пробуксовок). Величину допустимого ускорения при пуске машины можно определить по формуле

$$a_{п} = \frac{G_m (\mu_{сц} - k_{сц} \omega_m) + G_c \omega_c \left(\frac{2c\mu_{сц}}{b} - k_{сц} \right)}{G_m k_{сц} - G_c \left(\frac{2c\mu_{сц}}{b} - k_{сц} \right)} g, \quad (IX.28)$$

где $k_{сц}$ — допустимый запас сцепления, $k_{сц} \geq 1,1$; $\mu_{сц}$ — коэффициент сцепления ведущих ходовых колес с рельсами (для завалочных машин в 2—3 раза больше, чем для кранов); w_m , w_c — коэффициенты сопротивлений передвижению соответственно машины и мульдового состава; b , c — размеры, см. IX.7, б.

Минимально допустимое ускорение машины при пуске $a_{п. min} = 0,2$ м/с².

4. ЗАПРАВочные машины

Заправочные машины служат для заправки (исправления) огнеупорной кладки задних и передних стен, откосов и подины ванны мартеновской печи, поврежденных под действием расплавленного шлака и металла. В качестве заправочного материала применяют в основном обожженный доломит и магнезитовый порошок, которые благодаря высокой температуре футеровки хорошо к ней привариваются. От качества и скорости заправки в значительной степени зависит продолжительность кампании и повышение производительности мартеновской печи.

Основными требованиями, предъявляемыми к заправочным машинам, являются: обеспечение плотности струи и кучности материала, падающего на кладку, а также надежность и простота конструкции.

В мартеновских цехах наибольшее распространение получили заправочные ленточные машины двух исполнений — самоходные и подвесные. В самоходной заправочной машине (рис. IX.8, а) два механизма — бросковый и передвижения машины. Машина передвигается вдоль фронта мартеновских печей по железнодорожному пути мульдовых тележек, на который она устанавли-

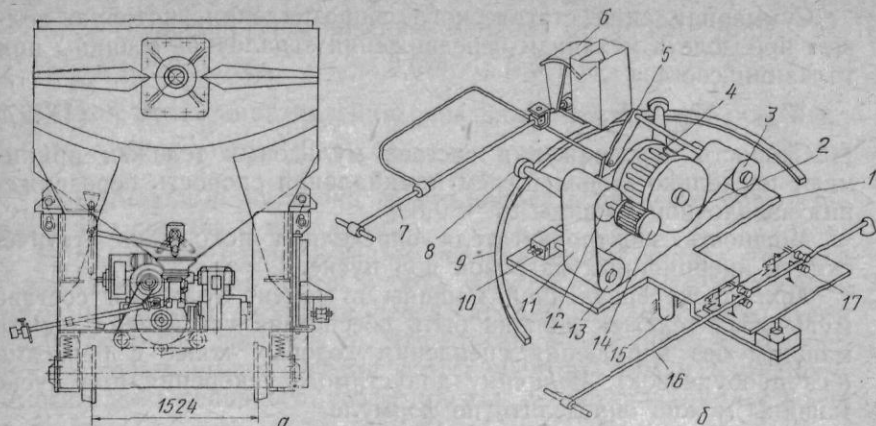


Рис. IX.8. Ленточная заправочная машина:
а — общий вид; б — схема броскового механизма

вается заливочным краном. Подвесную машину при заправке подвешивают к крюку мостового крана. Бункер для заправочного материала снабжен двумя цапфами для захвата крюками, механизмом для разрыхления и секторным затвором.

Рабочим органом броскового механизма (рис. IX.8, б) является бесшовная лента 11, движущаяся со скоростью 12 м/с. Лента огибает приводной 12, натяжной 13 и регулируемый направляющий 3 ролик и прижимается к барабану 2. Натяжное устройство винтового типа 10 служит для увеличения силы трения между лентой, роликами и барабаном. В средней части барабана по окружности меньшего диаметра расположены штыри 4 для захвата материала, поступающего из бункера; материал через направляющую воронку попадает в пространство, образованное лентой и средней частью барабана. Барабан выполняет роль дозирующего устройства, регулируя толщину слоя материала и его распределение на ленте. Под действием центробежной силы материал прижимается к ленте, перемещается вместе с ней до направляющего ролика 3 и забрасывается в печное пространство.

Привод ленты броскового механизма состоит из электродвигателя 14 постоянного тока типа П-61 мощностью 6 кВт.

Для изменения дальности полета материала частота вращения электродвигателя регулируется реостатом. Количество поступающего на ленту материала регулируется секторным затвором 6, поворот которого осуществляется рукояткой 7. Этой же рукояткой при помощи рычага наклона 5 направляющего ролика изменяют направление струи материала по вертикали.

Бросковый механизм смонтирован на поворотной платформе 1, которая двумя роликами 8 опирается на круговой рельс 9. Платформа центрируется опорой 15, закрепленной на раме тележки. Поворачивая весь бросковый механизм, можно управлять на-

правлением струи материала в горизонтальной плоскости. Сбоку механизма расположен отражательный щиток, управляемый рычагом 16, который служит для изменения направления и концентрации струи материала при заправке передней стенки. В некоторых конструкциях заправочных машин щиток устанавливается между роликами 17 и поворачивается вместе с платформой.

Привод механизма передвижения машины состоит из электродвигателя типа ДП-31, цилиндрического трехступенчатого редуктора и тормоза.

Для предохранения от теплоизлучения механизмы защищены кожухами.

5. МЕХАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА МАРТЕНОВСКИХ ПЕЧЕЙ

Увеличения производства стали достигают не только максимальным использованием печей в процессе их эксплуатации, но и всемерным сокращением продолжительности ремонтов.

Ремонты печей скоростными методами обеспечиваются следующими организационно-техническими мероприятиями: выполнением максимально возможного объема работ до остановки печи; широким применением метода крупноблочного монтажа, при котором металлоконструкции собирают в стороне от печи до остановки ее на ремонт с последующим передвижением в проектное положение; производством разборочных работ укрупненными блоками с максимальным применением механизации уборки боя огнеупоров и удаления других отходов ремонта; полной механизацией подачи огнеупорных материалов и растворов ко всем ремонтируемым участкам печи; поставкой огнеупоров в контейнерах; применением укрупненных блоков из жароупорного бетона.

Ломку огнеупорной кладки печи осуществляют следующими способами: взрывами, завалочными машинами со специальными приспособлениями на хоботе или мульде, например двурогим тараном, качающимся тараном и др.; заливочным краном со специальным крюком или лебедкой; пневматическими инструментами. Взрывной метод почти полностью исключает участие рабочих в разрушении кладки и, как показывает практика, вполне безопасен. Удаление козла производится заливочным краном или лебедкой с последующей порезкой кислородом. Для сокращения срока ремонта демонтажные и разборочные работы по верхнему строению печи и удалению шлака из шлаковиков производят одновременно. Для выгребания разрушенного нижнего строения печи применяют бульдозеры со специальными приспособлениями, экскаваторы и погрузчики.

Удаление шлака из шлаковиков является трудоемкой операцией. Выбор способа механизированного удаления шлака зависит от его физического состояния (монолитный, рыхлый, жидкий), периодичности удаления. Монолитный шлак убирают во время

остановки печи на ремонт целиком (краном) либо отдельными кусками после разрушения монолита взрывным способом.

Для хранения огнеупоров предусмотрены стационарные механизированные склады, связанные с печами системой конвейеров.

Монтажные работы при ремонтах полностью механизированы. Металлоконструкции, литье и оборудование изготавливают одновременно с контрольной сборкой. Монтаж производят отдельными узлами или укрупненным блоком всего верхнего строения мартеновской печи, собранного в стороне. Крупноблочный монтаж с надвижкой конструкции верхнего строения печи является высокопроизводительным и прогрессивным методом ремонта. Степень укрупнения монтажных блоков определяют в зависимости от грузоподъемности кранов печного и разливочного пролетов. Для подъема и точной установки верхнего строения печи, кроме кранов, применяют также гидравлические домкраты.

Машины для очистки поднасадочного пространства регенераторов

Чистка поднасадочного пространства регенераторов мартеновской печи является тяжелой и трудоемкой работой, проводимой в крайне стесненных условиях.

Машина для чистки регенераторов представляет собой самоходный односкиповый подъемник с двумя участками наклонного пути (рис. IX.9). Один наклонный участок пути расположен на машине, второй — на стреле. Сектор снабжен переходным участком пути, очерченным по дуге окружности, и жестко соединен со стрелой. Наклон стрелы осуществляется поворотом зубчатого

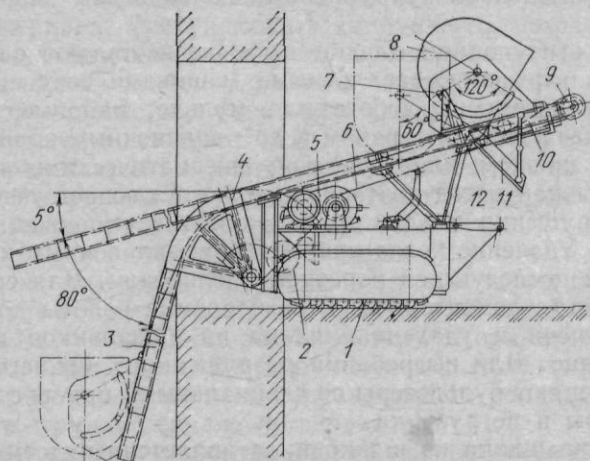


Рис. IX.9. Самоходный скиповый подъемник:
1 — погрузчик; 2 — механизм наклона стрелы; 3 — стрела;
4 — сектор; 5 — лебедка; 6 — канат; 7 — пальцы; 8 — с ип;
9 — блок; 10 — наклонный путь; 11 — желоб; 12 — упор

сектора от механизма, состоящего из электродвигателя и цилиндрического редуктора. Скип перемещается лебедкой.

Центры тяжести порожнего и груженого скипов выбраны ниже оси поворота, и поэтому при движении по наклонному пути они сохраняют вертикальное положение. При перемещении скипа в положение разгрузки пальцы наезжают на упоры, скип поворачивается и материал по наклонному желобу высыпается в короб или на ленту уборочного конвейера. Опускание скипа происходит под действием силы тяжести.

Универсальная машина для ремонта печей

Машина со сменными рабочими органами, применяемая при холодных и капитальных ремонтах мартеновских печей, позволяет сократить время проведения ремонтов, создает гибкость в работе и дает значительный экономический эффект.

Универсальная машина (рис. IX.10) предназначена для уборки боя кирпича, а также кладки верхнего строения печи, ломки и уборки насадок регенераторов, чистки шлаковиков, ломки и уборки футеровки миксера и т. д. Она может быть использована также в конвертерных и электросталеплавильных цехах при наличии свободного пространства для работы. Разнообразие работ, выполняемых машиной, обеспечивается при помощи многочисленных сменных рабочих органов с большим числом движений в широком диапазоне. На поворотную головку стрелы навешивают следующие рабочие органы: при ломке кладки и монолитов — пневмоударник; для разрыхления и уборки — прямую и обратную лопаты; при уборке материала (боя) — двухчелюстной и многочелюстной одноканатные грейферы или гидрогрейферы; для подъема груза — крюковую подвеску; при кладке печи укрупненными блоками — вилочный захват. Машина выполняет следующие движения: перемещение по рабочей площадке во всех направле-

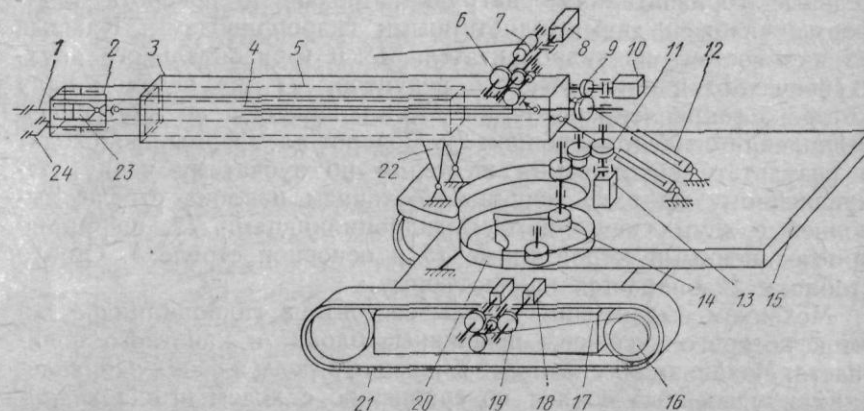


Рис. IX.10. Универсальная машина для ремонта мартеновских печей

ниях и поворот, качание стрелы в вертикальной плоскости, полный поворот стрелы в горизонтальной плоскости, поступательное движение стрелы (выдвижение), качание и поворот рабочего органа.

Все механизмы машины снабжены гидроприводами. Гидро-насосные установки приводятся электродвигателями, получающими питание по гибкому кабелю, подведенному к машине. В случае использования пневмоударника сжатый воздух подают по гибкому шлангу от цеховой магистрали.

Рабочий орган закрепляют в шарнирах вилки 24 поворотной головки 2 и в штоке 1 гидроцилиндра 23. Наклон рабочего органа происходит при подаче масла в одну из полостей гидроцилиндра. Механизм поворота головки установлен на основной стреле и состоит из гидродвигателя 10 и вертикального редуктора 9, соединенного с головкой телескопическим валом 4 с универсальными шарнирами, обеспечивающим передачу крутящего момента в различных положениях подвижной стрелы 5.

Канатная лебедка грузоподъемностью 3 т расположена сверху на основной стреле и снабжена гидродвигателем 8 и специальным одноступенчатым редуктором 6 с двумя выходными валами к барабану 7 и тормозу.

Ходовая часть 21 машины гусеничная, приводится в движение отдельными приводами. Привод каждой гусеницы снабжен двумя тихоходными высокомоментными гидродвигателями 18 (все гидродвигатели однотипны: $M = 4200$ Н·м; $n = 10$ об/мин; $p = 10$ МПа) и редуктором 19 с двумя ведущими валами, связанным цепной передачей 17 с приводной звездочкой 16. Натяжение гусеницы создается перемещением неприводной звездочки винтовым устройством.

Опорно-поворотная часть платформы 15 выполнена в виде радиально-упорного роликподшипника большого диаметра, что позволяет воспринимать не только вертикальные, но и значительные горизонтальные нагрузки. Механизм поворота платформы снабжен двумя однотипными гидроприводами. Каждый из них состоит из гидродвигателя 13 и горизонтального двухступенчатого цилиндрического редуктора 11, на ведомом валу которого закреплена шестерня 14, находящаяся во внутреннем зацеплении с зубчатым венцом 20. Поворот платформы происходит в результате обкатывания шестерни по зубчатому венцу, закрепленному на раме машины. Механизм наклона стрелы выполнен с двумя качающимися гидроцилиндрами 12, шарнирно присоединенными к платформе 15 и основной стреле 3. Стрела стойками 22 опирается на платформу.

Механизм выдвижения стрелы состоит из гидроцилиндра, на шток которого насажены подвижные блоки, и канатного полиспаста. Механизм обеспечивает движение стрелы в обоих направлениях и удвоенный ее ход по сравнению с ходом штока гидроцилиндра. Опорами подвижной стрелы 5 являются две обоймы

с восемью опорными роликами в каждой, расположенными парно в балансирах по углам стрелы. Передняя обойма с четырьмя роликовыми балансирами жестко соединена с основной стрелой 3. Задняя роликсовая обойма прикреплена к подвижной стреле и перемещается по внутренним трубчатым направляющим основной рамы.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МАШИН И АГРЕГАТОВ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. Развитие сталеплавильного производства в мире характеризуется вытеснением мартеновского способа и расширением кислородно-конвертерного и электросталеплавильного способов выплавки стали с увеличением единичной мощности сталеплавильных агрегатов. Но вместе с заменой мартеновских печей кислородными конвертерами возникла проблема использования стального лома, поскольку доля его в шихте кислородных конвертеров составляет около 25 %. В связи с этим получают дальнейшее развитие электродуговые печи, работающие в основном на металлоломе. Таким образом, основное направление увеличения производства стали на ближайшее время — это сочетание кислородно-конвертерного и электросталеплавильного способов. При этом принимаются меры по увеличению интенсивности продувки конвертеров кислородом, сокращающей длительность плавки.

Применение в кислородно-конвертерных цехах систем автоматизации позволяет повысить их производительность, улучшить качество стали, снизить расход кислорода и ферросплавов. Наиболее перспективно управление процессом плавки с помощью ЭВМ на базе динамической модели. Получит дальнейшее развитие выплавка стали в конвертерах с донным газокислородным дутьем, которые требуют цехов меньшей высоты, чем обычные кислородно-конвертерные; в ряде случаев они могут быть установлены в существующих мартеновских цехах.

2. В новых электросталеплавильных цехах будут предусмотрены агрегаты для аргоно-кислородной продувки при выплавке низколегированных нержавеющей сталей, комплексная механизация и автоматизация всех производственных процессов, возможность выплавки стали по заранее разработанной программе с помощью ЭВМ.

Получит дальнейшее развитие специальная металлургия, обеспечивающая промышленность специальными сталями высокого качества, способными работать в условиях высоких температур и нагрузок, агрессивных сред, при глубоком вакууме и холоде, радиоактивных излучениях.

Весьма перспективным является развитие и совершенствование бескоксового производства особо чистых высококачественных сталей из металлизированных окатышей в дуговых электропечах. Производство металлизированных окатышей будет осуществляться

в автоматизированных шахтных печах с использованием в качестве восстановителя конвертированного природного газа.

3. Наряду с созданием и совершенствованием мощных кислородных конвертеров и электропечей проводятся работы по дальнейшей интенсификации сталеплавильного производства, более полному использованию оборудования, повышению качества продукции, автоматизации всего производственного цикла.

Процесс производства стали до сих пор остается дискретным, хотя современная доменная печь уже может выдавать чугун практически непрерывно, а процессы непрерывного литья и прокатки давно освоены и успешно применяются в промышленности.

Основная тенденция дальнейшего развития металлургического машиностроения связана с переходом на *непрерывные процессы производства металла*.

В непрерывном агрегате объединены в единый цикл все процессы от выплавки чугуна до прокатки, превращены в единый комплекс агрегат САНД, машина непрерывного литья и прокатный стан, что является важнейшей тенденцией в развитии машиностроения — переход от отдельных агрегатов к системе машин. Разрабатываемые в большинстве промышленных стран варианты САНД разделяются на: конвертерные (агрегаты ВНИИметмаш — ЦНИИЧМ в СССР, ИРСИД во Франции, НРИМ в Японии, «Бет-лем стил» в США); подовые (агрегаты МИСиС на базе мартеновской печи в СССР, агрегат УОРКРА (на базе электродуговой печи — совместные австрийско-шведские разработки) и струйные (БИСРА в Англии, Фест в Австрии).

Наиболее перспективными признаны САНДы конвертерного типа, совмещающие достоинства кислородных конвертеров типа ЛД с преимуществами агрегатов непрерывного действия. К ним относятся близкие по конструктивным и технологическим идеям разработки ИРСИД во Франции и ВНИИметмаш — ЦНИИЧМ в СССР.

САНД конвертерного типа целесообразно применять для производства стали в больших объемах (3—10 млн. т/год). Шихтой для него является жидкий доменный чугун с добавкой металлизированных окатышей либо металлолома.

Струйный непрерывный процесс признан целесообразным для рафинирования жидкого чугуна от вредных примесей перед последующим сталеплавильным переделом.

В качестве разновидности «подового» процесса разрабатывается процесс выплавки стали в электродуговой печи непрерывного действия. Этот вариант, вероятно, найдет применение при выплавке специальных сталей в небольших масштабах.

Учитывая потенциальные преимущества САНД конвертерного типа (высокие удельная производительность и единичная мощность агрегатов, не требует внешних источников энергии, простота обслуживания и автоматизации процесса и т. д.), можно считать, что этот вид непрерывного сталеплавильного процесса получит дальнейшее развитие.

До последнего времени серьезным недостатком рассматриваемого процесса считалась невозможность использования твердого стального лома. Специфика непрерывного процесса (в первую очередь требование стандартности химического состава, расхода и параметров вводимых в процесс материалов) затрудняет использование в агрегате твердой металлошихты без предварительной подготовки.

Кардинальным решением проблемы должно быть применение фрагментированного лома, который может дозированно и непрерывно вводиться в реакционную ванну аппарата, освободив его от примесей цветных металлов, пластика, текстиля, и предупреждение загрязнения окружающей среды продуктами сгорания.

Большие возможности по использованию металлолома в САНД открывает получающий большое развитие криогенный способ фрагментации. Он предусматривает охлаждение кусков лома любых размеров в жидком азоте до температуры -120°C и последующее дробление лома, ставшего хрупким. Этот способ значительно уменьшает мощность дробильных устройств и в несколько раз снижает их стоимость.

Параллельно следует решить новые проблемы, связанные с непрерывным характером производства: вести разработки надежных систем подачи жидкого чугуна, реагентов и лома, уборки шлака и газов; быстродействующих способов измерения и контроля температуры, химического анализа металла, шлака и газов, новых огнеупоров и т. д.

Наряду с разработкой и внедрением САНД, базирующихся на переработке доменного чугуна, дальнейшее развитие получит бескоксая металлургия.

Технологическая схема на этих заводах включает производство сырых окатышей и их упрочняющий обжиг, получение металлизированных окатышей в шахтных печах и их переплав в электродуговых сталеплавильных печах.

Опыт эксплуатации промышленных установок типа «шахтная печь — электропечь» показал их преимущества по сравнению с другими действующими агрегатами бескоксая металлургии: высокая удельная производительность шахтных печей (5—10 т/м³ в сутки), высокая степень использования тепла и металлизации продукта (95 %).

Дальнейшее развитие сталеплавильного производства, и в частности непрерывных сталеплавильных агрегатов конвертерного типа, пойдет по пути переработки продукта прямого получения железа с включением в САНД восстановительной ступени.

ВНИИметмаш совместно с ЦНИИЧМ разработал новый восстановительный процесс, отвечающий требованиям непрерывного сталеплавильного передела, а именно:

1) процесс базируется на режимах с интенсивным массо- и теплообменом, позволяющих применять агрегаты весьма высокой удельной производительности и единичной мощности;

2) создаются условия, способствующие хорошей стойкости футеровки;

3) продукт процесса получается в жидком виде и имеет состав, удобный для последующего передела в САНД.

Одновременно была решена задача замены кокса недефицитными энергетическими углями и металлизированных окатышей — порошкообразным железорудным концентратом. Новый процесс был исследован на опытном агрегате во ВНИИметмаше. Он реализуется в две стадии. В первой — циклонной плавке — железорудный концентрат в смеси с известняком и углем плавится и частично (на 20—25 %) восстанавливается в условиях полного сжигания топлива. Во второй — конвертерной стадии процесса — происходит окончательное восстановление железа из расплава и его науглероживание. Агентом-восстановителем является растворенный углерод чугуна, убыль которого восполняется вдуванием соответствующего количества угольной пыли. Одновременно ванна продувается кислородом. Режим продувки обеспечивает тепловыделение, компенсирующее затраты тепла на восстановительные реакции и потери в окружающую среду.

Дальнейшая переработка полупродукта производится в рафинировочных аппаратах САНД.

Технология процесса в агрегате «руда—стальная заготовка» заключается в следующем. Железорудный концентрат с добавкой извести подается непрерывно в плавильный циклон, работающий в режиме неполного сжигания. Шихта расплавляется с частичным восстановлением до закиси железа. Окончательное восстановление офлюсованного закисного расплава проходит в проточной ванне восстановительного конвертера, заполненной жидким углеродистым продуктом и промежуточной смесью пылевидного угля и кислорода.

Конвертерная ванна служит также копильником расплава, поступающего из шахтной ломоплавильной печи, в которой происходит восстановление окисленного в печи железа, науглероживание расплава и смешивание его с продуктом восстановления закисного циклонного расплава. Циклон и ломоплавильная печь отапливаются горячими газами (в основном оксидом углерода), выделяющимися из ванны восстановительного конвертера.

В отстойной зоне восстановительного конвертера жидкий полупродукт и шлак разделяются: шлак непрерывно удаляется, а металл по желобу поступает в рафинировочный агрегат.

Рафинирование жидкого полупродукта производится двухстадийно в проточных аппаратах САНД с основной огнеупорной футеровкой. В первом рафинировочном аппарате осуществляется десульфурация продувкой металла пылевидной известью в струе природного газа. Во втором рафинировочном аппарате производятся окисление избыточного углерода до требуемого его содержания и дополнительная очистка стали от вредных примесей путем продувки металла кислородом с пылевидной известью.

Там осуществляется также корреляция температуры стали подачей твердых охладителей (металлизированных окатышей или мелкого металлолома).

Жидкий шлак с обоих аппаратов удаляется самотеком через лотки отстойных ванн в шлаковики, установленные на тележках под рабочими площадками, и вывозится в зону действия заливочного крана.

Нераскисленная сталь из второго аппарата поступает в миксер, предназначенный для усреднения химического состава и температуры стали. В заливочный канал миксера в струю металла подают раздробленные ферросплавы. Раскисленная сталь направляется в промежуточные емкости машины непрерывного литья заготовок радиального типа.

Существенное снижение себестоимости стали и удельных капитальных затрат в этих агрегатах обусловлено главным образом заменой агломерата порошкообразным железорудным концентратом и кокса энергетическим углем открытой и неглубокой добычи.

При разработке САНД учитывают экологические и социальные требования. Агрегат представляет собой закрытые поточные линии, работающие без тепловых излучений и выделения газов.

4. Наряду с разработкой САНД, базирующихся на переработке доменного чугуна, дальнейшее развитие получит *бескоксая металлургия*. Технологическая схема работы на этих заводах включает производство сырых окатышей и их упрочняющий обжиг, получение металлизированных окатышей в шахтных печах и их переплав в электродуговых сталеплавильных печах. Опыт эксплуатации промышленных установок типа «шахтная печь — электропечь» показал их преимущества по сравнению с другими действующими агрегатами бескоксвой металлургии:

5. Преимущества непрерывного литья заготовок — не только в сокращении цикла металлургического производства, но, главное, — повышении качества отливок в связи с высокой степенью их однородности и больших технико-экономических преимуществах, которые определяли весьма высокие темпы его внедрения.

Дальнейшее развитие МНЛЗ будет идти *в сочетании с созданием новых высокопроизводительных агрегатов большой единичной мощности и автоматизации систем управления* работой конвертеров и электродуговых печей. Увеличение скорости разливки стали будет связано с разработкой новых конструкций кристаллизаторов с равномерным теплоотводом по периметру и более эффективным использованием длины.

Одним из главных направлений в металлургическом производстве является совмещение непрерывной разливки стали с прокаткой и создание совершенных конструкций литейно-прокатных агрегатов. Совмещение разливки и прокатки стали является важным этапом на пути к созданию полностью автоматизированного непрерывного процесса получения проката из жидкой стали.

Рекомендательный библиографический список

- Еднерал Ф. П.* Электрометаллургия стали и ферросплавов. М.: Metallургия, 1978. 180 с.
- Залкин А. Е.* Механизация ремонтов сталеплавильных агрегатов. М.: Metallургия, 1982. 144 с.
- Марголин Ш. М.* Электрооборудование сталеплавильных цехов. М.: Metallургия, 1977. 248 с.
- Механическое оборудование электросталеплавильных и ферросплавных цехов. / *Гребеник В. М., Сапко А. И., Демьянец Д. А.* и др. Киев: Вища школа, 1980. 255 с.
- Механическое оборудование сталеплавильных цехов. / *Левин М. З., Се-душ В. Я., Мачикин В. И.* и др. Киев—Донецк: Вища школа, 1985. 168 с.
- Морозов С. И.* Оборудование для переработки легковесного стального лома. М.: Metallургия, 1983. 231 с.
- Оборудование по переработке черных металлов. / *Тамуров В. П., Ярошевский С. М., Левин М. И.* и др. М.: Metallургия, 1976. 283 с.
- Патон Б. Е., Медовар Б. И., Бойко Г. А.* Электрошлаковое литье. Киев: Наукова думка, 1981. 191 с.
- Сапко А. И.* Устройство и расчет узлов и механизмов электросталеплавильного передела, электронно-лучевых и плазменно-дуговых. М.: Энергия, 1974. 120 с.
- Сапко А. И.* Механическое и подъемно-транспортное оборудование электрометаллургических цехов. М.: Metallургия, 1986. 328 с.
- Свистунов Е. А., Чиченов Н. А.* Расчет деталей и узлов металлургических машин. М.: Metallургия, 1985. 203 с.
- Целиков А. И.* Металлургические машины: настоящее и будущее. М.: Metallургия, 1979. 114 с.
- Шевченко В. Ф.* Устройство и эксплуатация оборудования ферросплавных заводов. М.: Metallургия, 1982. 207 с.
- Электрошлаковые печи. Под ред. Б. Е. Патона и Б. И. Медовара. Киев: Наукова думка, 1982. 415 с.
- Энергосиловые параметры установок непрерывной разливки стали. / *Бровман М. Я., Сурич Е. В., Целиков А. А.* и др. М.: Metallургия, 1969. 280 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агрегат:

- горячего брикетирования стружки 24
- для дробления и сортировки крупногабаритного легковесного лома 26
- непрерывного уплотнения стального лома 47
- — — — расчет усилий прессования 48
- прямого получения железа 327
- разделки крупных изделий 37
- сортировки лома 49

- статического брикетирования 25
- — — — автомобильного и бытового лома 28
- сортировки лома 49
- криогенной переработки лома 30
- стружкодробильный непрерывного действия 17

Бункер расходный 94

- Вакууматор порционный 179
- струйный 178

- Грохот барабанный 50
- электровибрационный 100

- Дозатор весовой 102
- Дробитель молотковый 27

Затравка 233

Изложница:

- подготовка составов 292
- смазка 290
- чистка 286

Ковш сталеразливочный:

- затвор скользящий 258
- — шибберный 260
- — — расчет 260
- стопорный 257
- ремонт 166

Конвертер:

- кольцо опорное 120
- конструкция 114
- корпус 118
- объем удельный 114
- опоры 127
- привод 115, 123
- механизм поворота 131
- расчет 131
- ремонт 153
- с донным дутьем 129
- торкретирование футеровки 164
- фурма 138
- механизм центрирования 144

Кран:

- для раздевания слитков 273
- — — выталкивающий механизм 278
- — — загруженность 273

- — — работа 279
- — — расчет механизмов 282
- — — тележка 275
- разливочный 262
 - задолженность 262
 - мост 263
 - подвески крюковые 272
 - расчет 270
 - тележка главная 265
 - — — механизм подъема 266
 - механизм передвижения 264
 - храповой 267
- стрипперный трехоперационный 274
 - механизм главного подъема 275
 - — — выталкивающий 278
 - — — передвижения 274
 - — — управления клещами 277
 - работа 279
 - расчет механизмов 282
 - тележка 275

Лом 11

- легковесный 28
- пакетирование 38
- сортировка 49

Машина:

- для ввода алюминия в сталеразливочный ковш 185
 - выталкивания слитков 284
 - горячего ремонта футеровки электропечей 363
 - загрузки электропечей шлакообразующими материалами 355
 - металлической сечки в сталеразливочный ковш 187
 - замера температуры и взятия проб металла в конвертере 147
- кладки футеровки ковшей 168
- ломки футеровки конвертеров 156
 - — — ковшей 166
- набивки футеровки ковшей 170
- *наборки стопоров* 175
- обработки стали в ковше 184
- отбора лома 51
- очистки поднасадочного пространства регенераторов 418
- подачи кислорода в конвертер 137
 - — — — расчет механизмов 145
- продувки стали в ковше аргоном 186
- ремонта мартеновских печей 419
 - футеровки ковшей 167
 - — — конвертеров 153
 - скачивания шлака 71, 152
 - смазки изложниц 290
 - торкретирования футеровки конвертеров 164
 - уборки продуктов плавки 150
 - установки конвертера 163
 - чистки изложниц 286
- завалочная крановая 341
 - расчет механизмов 344
 - напольная 353, 404
- загрузочная 102
 - крановая 104
 - ленточная 356

- мостовая 104
- напольная рельсовая 110
- полупортальная 108
- с инерционным конвейером 358
- — — роторно-ленточным бросковым механизмом 357
- тележка 105
- заправочная 415
 - карусельная для отбора лома 52
 - непрерывного литья заготовок 191
 - — — горизонтальная 203
 - — — кристаллизатор 214
 - — — — механизм качания 217
 - — — машина газовой резки 238
 - — — — для ввода затравки 235
 - — — — тянуще-правильная 228
 - — — ножницы гидравлические 241
 - — — проводки роликовые 223
 - — — — — приводные 225
 - — — расчет механизмов 244
 - — — — слябовая 193
 - — — — — двухручьевая 195
 - — — — — сортовая 200
 - — — — — радиальная 201
 - — — — — производительность 202
 - — — — — стэнд сталеразливочный 204
 - — — — — поворотный 207
 - — — — — стол подъемно-поворотный 209
 - — — — — тележка для промежуточного ковша 210
 - разрывная 17
 - стружкодробильная 18

Миксер передвижной 53

- стационарный 54
- — — конструкция 56
- — — механизм поворота 58
- — — — рычажно-реечный 59
- — — расчет 60

Ножницы аллигаторные 31

- гидравлические 33
- — — механизм резания и прижима 35

Отделение миксерное 54

Перемешивание электромагнитное 222

Печь:

- вакуумная индукционная 373
 - дуговая 378
 - для выплавки синтетических шлаков 328
 - дуговая 294
 - ДСП-100И6 316
 - ДСП-200 311, 318
 - конструкция 304
 - механизм для подачи кислородной фурмы 330
 - — — перемещения электрода 310, 339
 - — — поворота свода 308, 337
 - — — расчет механизмов 333
 - — — регуляторы перемещения электродов 332
 - — — с поворачивающимся сводом и гидравлическими приводами 325
 - — — устройство улавливания и очистки газов 329

мартеновская 400
— машины печного пролета 403
— ремонт 417
плазменно-дуговая 398
ферросплавная 365
— машина для загрузки шихты 371
— механизм вращения корпуса печи 370
— — перемещения электродов 367
электронно-лучевая 393
— — пушка электронная 395
— — с боковой загрузкой электродов 397
электрошлакового переплава 384
Пневмоударник бесклапанный 158
— — расчет 160
Питатель электровибрационный 101
Пресс:
для брикетирования стружки 19
— — — двухвалковый 24
— — — конструкция механизма брикетирования 22
пакетировочный 38
— гидравлический 40
— зарубежных фирм 46
— расчет усилий прессования 48
Пневмоударник бесклапанный 158
— — расчет 160
Процесс:
кислородно-конвертерный 73
— — Кал-До 75
— — «Ротоверт» 75
— — роторный 75
— — с донным дутьем 76
мартеновский 400
электросталеплавильный 294
Пушка электронная 394

Скраповоз 112
Сталевоз 150
Сталь:
вакуумирование ковшовое 176
— порционное 177
— струйное 177
— циркуляционное 177
обработка синтетическими шлаками 190
разливка 255
Стружка стальная 12
— брикетирование 19
— дробление 13
Стружкодробилка:
валковая 16
конусная фрезерная 13
молотковая 14
молотковоножевая 17

Толкатель состава тележек с изложницами 261
Торкретирование футеровки 164
Торкрет-фурма 165

Установка для дозирования и смешивания добавок 189
— дробеметная 289

Цех:

кислородно-конвертерный 73
— — грузопотоки 76
— — отделение дробильное 90
— — — непрерывного литья заготовок 86
— — — разгрузочное 89
— — — сыпучих материалов 89
— — — ферросплавов 90
— — производительность 76
— — разливка стали 78
— — система дозирования и загрузки материалов 94
— — тракт конвейерный 92
— — узел перегрузочный 93
— — устройство 79
мартеновский 400
— отделение стрипперное 273
— пролет печной 403
ферросплавный 364
электросталеплавильный 294
— устройство 299

Чугуновоз 113

Шлак синтетический 190

Шлаковоз 151

Электродержатель 312, 368

У Ч Е Б Н И К

Александр Иванович ЦЕЛИКОВ Петр Иванович ПОЛУХИН
Виктор Михайлович ГРЕБЕНИК Федор Кондратьевич ИВАНЧЕНКО
Михаил Аркадьевич ТЫЛКИН Андрей Андреевич КОРОЛЕВ
Владимир Петрович ПОЛУХИН Дмитрий Александрович СТОРОЖИК
Борис Александрович ПАВЛЕНКО Андрей Александрович ЦЕЛИКОВ
Исаак Маркович ЕЛИНСОН Владимир Иванович ЗЮЗИН

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ЗАВОДОВ

Т о м 2

МАШИНЫ И АГРЕГАТЫ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ

Редактор Ф. К. Иванченко
Редактор издательства Н. Ф. Фокина
Художественный редактор Ю. И. Смурыгин
Технический редактор Н. А. Сперанская
Корректоры Ю. И. Королёва, Г. Ф. Лобанова

ИБ № 2998

Сдано в набор 01.06.87. Подписано в печать 07.08.87. Т-16063.
Формат бумаги 60×90^{1/16}. Бумага книжно-журнальная. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 27,0. Усл. кр.-отт. 27,0. Уч.-изд. л. 30,63.
Тираж 10000 экз. Заказ 3388. Цена 1 р. 50 к. Изд. № 1478.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Металлургия»,
119857, ГСП Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер., д. 14.

Отпечатано с набора Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10 в Ленинградской типографии № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном Комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли. 191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.