

3. ГАРЯЧА ПРОКАТКА НА ШИРОКОШТАБОВИХ СТАНАХ

Основне виробництво гарячекатаної штабової сталі зосереджено на неперервних широкоштабових станах. Частина продукції широкоштабових станів споживається цехами, які випускають холоднокатані штаби, гнуті профілі, зварні труби (рис. 3.1). Друга частина гарячекатаного металу – товарний продукт – спрямовується безпосередньо на машинобудівні заводи, в будівництво та інші галузі народного господарства. Підкатом для станів холодної прокатки служить гарячекатана сталь товщиною 1,8...6 мм. На виготовлення зварних труб йде метал товщиною 2...16 мм і більше із вуглецевих і низьколегованих марок сталей. Для виробництва гнутих профілів використовують штабову і листову сталь товщиною 2...10 мм.

Широкоштабову сталь в гарячому стані прокатують на станах різного типу (із слябів від слябінгу і машин неперервного лиття заготовок – МНЛЗ):

- неперервних широкоштабових станах гарячої прокатки (ШСГП);

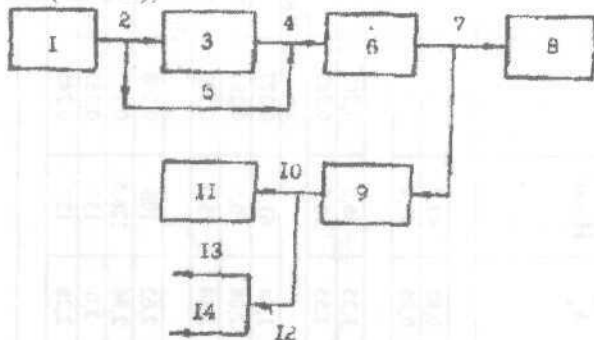


Рис. 3.1. Схема вантажопотоку металу листового циклу прокатки: 1-слябінг або МНЛЗ; 2-сляби; 3-складування і зачистка слябів; 4-зачищені сляби; 5-транзитна подача слябів; 6-неперервний широкоштабовий стан (ШСГП); 7-рулони гарячекатаної штаби; 8-цех холодної прокатки (ШСХП); 9-обробка (травлення); 10-рулони гарячекатаної штаби; 11-цех гнутих профілів; 12-товарна продукція, 13-листи, 14-рулони

- напівнеперервних широкоштабових станах;
- неперервних станах поєднаних із МНЛЗ (прокатка із тонких слябів);
- реверсивних станів типу Стеккеля з пічними моталками;
- планетарних станах.

На широкоштабових станах (ШСГП) прокатують штаби товщиною від 0,8 до 20 мм із слябів вагою 5...40 т. Матеріал штаб: низьковуглецева, низьколегована, легована, електротехнічна сталі та ін. Не дивлячись на різницю конструкцій станів, характерними для них є такі основні технологічні операції:

- нагрів слябів у методичних печах;
- прокатка на стані з інтенсивним деформуванням металу;
- охолодження прокатої штаби, у тому числі і в душируючих пристроях, для поліпшення механічних властивостей і зниження окалиноутворення;
- змотка штаби у рулон;
- охолодження рулонів;
- дресування і обробка (поперечна і поздовжня);
- упакування листів, відвантаження споживачу, у цех холодної прокатки.

Листовий прокат є найважливішим конструкційним матеріалом, застосування якого у всьому світі постійно збільшується. Ця тенденція буде зберігатися ще багато років, оскільки інші матеріали в осяжному майбутньому не зможуть з ним конкурувати за вартістю, показниками якості або об'ємами виробництва.

В даний час йде інтенсивне технічне переозброєння підприємств, що випускають листовий прокат, з переходом на енергозбережні технології, що призводить до зниження собівартості продукції, що випускається, і підвищенню її якості [60,62,65,66].

Історію розвитку широкоштабових станів гарячої прокатки прийнято ділити на п'ять етапів, а самі стани, відповідно до цього, на п'ять поколінь. Основні характеристики станів різних поколінь приведені табл. 3.1 [60].

Широкоштабову сталь прокатують в Україні на двох металургійних комбінатах – ВАТ «Запоріжсталь» (широкоштабовий стан гарячої прокатки 1680, і стани холодної прокатки 1200 і 1680 і ВАТ «Маріупольський металургійний комбінат» (широкоштабовий стан гарячої прокатки 1700, який введено в експлуатацію в 1960 р. і неперервний стан холодної прокатки 1700, який введено в експлуатацію в 1963 р.). На станах удосконалюється технологія прокатки і устаткування.

На ШСГП 1680 освоюється виробництво гарячокатаних штаб товщиною 1,5 мм, упроваджена технологія прокатки по схемі «слиток-сляб-рулон», проведена заміна двигунів головних приводів клітей чорнової і чистової груп, вдосконалена система прискореного охолодження штаб на відвідному рольгангі, встановлений койлбокс та ін. Реконструкція стана продовжується і зараз.

На ШСГП 1700 в 1994-1996г.г. спільно з французькою фірмою «Clisim» виконано реконструкцію чистової групи клітей. Введено в експлуатацію гідравлічні нажимні пристрої, противоізгиб валків і системи осьового їх зсуву системи автоматичного управління процесом прокатки (АСУТП). Реалізація даних заходів дозволила значно поліпшити точність геометричних розмірів штаб [60,70].

Якість штаб на вітчизняних станах гарячої прокатки визначається рівнем і станом устаткування та систем автоматизації, які переважно відповідають сучасному рівню.

Застосування гідравлічних нажимних пристроїв, ефективного противоізгиба валків, осьового їх зсуву дозволяє істотно понизити поперечну різнововщинність штаб. Так, реалізація цих заходів на ШСГП 2000 ВАТ «НЛМК» (Новоліпецький металургійний комбінат, Росія) дозволила понизити поперечну різнововщинність штаб до 0,02-0,05 мм. Оснащення системою SVC широкоштабового стана дозволило забезпечити практично на всьому сортаменті відхилення профілю поперечного перетину штаб від заданого значення в межах 15 мкм, при цьому відхилення від площинності штаб не перевищує 10-12 ед. $I_v(6-7\text{ мм/м})$.

Таблиця 3.1 Розвиток станів гарячої прокатки

Параметри	Покоління станів гарячої прокатки				
	I	II	III	IV	V
Період пуску станів, рік	1926-1960.	1960-1970.	1970-1980.	1980.	1990.
Продуктивність, млн. т/р	1,5-2,5	3-4	5-6	5-6	1,5-2,5
Відносна маса рулонів, кг/мм ширини	4-10	16-25	27-35,7	18-25	18-25
Маса рулонів, т	10-15	20-40	39,5-45	20-30	20-30
Максимальна швидкість, м/с	10-12	16-22	27-34,3	20	20
Товщина штаб, мм	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	$\geq 0,8$	$\geq 1,2$	$\geq 0,8$
Ширина штаб, мм	1100-500	1600-2200	до 2300	600-2000	до 1800
Допуск на товщину, мм	0,15	0,15	0,15	0,07	$\leq 0,05$
Допуск на ширину, мм	20	20	20	12	10
Число чистових клітей	6	6	7-9	7	5-7
Сляб	Катаний	Катаний	Катаний і непереривнолітій	Непереривнолітій	Непереривнолітій тонкий сляб

Одним з найбільш ефективних технічних рішень, яке дозволяє стабілізувати температурні і енергосилові параметри прокатки, є оснащення широкоштабових станів проміжними пристроями перемотувань (Coilbox). Такі пристрої встановлені

на 46 станах гарячої прокатки. Підвищення стабільності температурного режиму прокатки і відсутність необхідності вести прокатку з прискоренням дозволило зменшити відхилення по товщині штаби приблизно від ± 25 мкм (прокатка без системи Coilbox) до ± 10 мкм (прокатка з системою Coilbox).

Останніми роками має місце зростання виробництва гарячекатаних штаб за рахунок введення компактних ливарно-прокатних модулів (ЛПМ) з використанням тонких слябів (50-75 мм). Застосування новітніх досягнень науки і техніки дозволило досягти високих показників якості прокату. Наприклад, відхилення по товщині складає $\pm 10 - \pm 5$ мкм. Така технологія із застосуванням сучасних способів виплавки, позапічної обробки і розливання сталі дозволяє гарантовано забезпечити вищі і стабільніші експлуатаційні властивості прокату в порівнянні прокаткою штаб з неперервнолитих слябів, або із злитків, які розлиті у виливниці [26-28, 60, 62, 65, 66].

Обидва широкоштабові стани України до теперішнього часу, як заготовку використовують сляби, зі слябінгу. Широкоштабовий прокат вітчизняного виробництва декілька поступається зарубіжному по точності геометричних розмірів і стабільності механічних властивостей, хоч і відповідає вимогам стандартів, у тому числі і деяких міжнародних. Дані з якості прокату приведені в таблиці 3.2 [60].

Корінного підвищення якості гарячекатаних штаб можна досягти наступними шляхами.

Рівень і стабільність механічних властивостей:

- перехід на використання неперервнолитої заготовки із застосуванням сучасних способів виплавки, позапічної обробки і розливання сталі;
- оснащення прокатного стану засобами стабілізації і управління температурним режимом прокатки і охолодження (екрани, сучасні пристрої перемотувань, охолодження штаб перед змотуванням в рулони і ін.);
- введення систем автоматичного управління температурою прокатки і охолодженням штаб;
- оснащення пристроями для регульованого охолодження рулонів.

Таблиця 3.2. Показники якості гарячекатаних штаб

Найменування показників якості	Продукція старих станів	Продукція сучасних станів
Поздовжня різнововщинність, мм (до)	$\pm 0,16-0,25$	0,01-0,05
Поперечна різнововщинність, мм (до)	0,06-0,15	0,01-0,05
Відхилення від площинності, мм/м (до)	10-15	6-10
Відхилення від ширини, мм	+15-30	$\pm 8-10$
Точність забезпечення температур кінця прокатки і змотування °С	$\pm 20-50$	$\pm 5-10$
Розкид значень прочностних властивостей*, Н/мм ²	$\pm 30-75$	± 20

Точність геометричних розмірів і якість поверхні:

- оснащення гідравлічними натискними пристроями вертикальних валків чорнової групи клітей і клітей чистої групи;
- оснащення сучасними системами автоматичного управління процесом прокатки і регулювання технологічних параметрів з одночасним застосуванням сучасних засобів вимірювання поперечної різнововщинності, площинності штаб;
- застосування ефективних систем охолодження і управління температурним режимом прокатних валків і сучасних зносостійких матеріалів робочих валків;
- використання сучасного обробного устаткування (ізгибно-растяжних пристроїв, дресирувальних клітей і ін.).

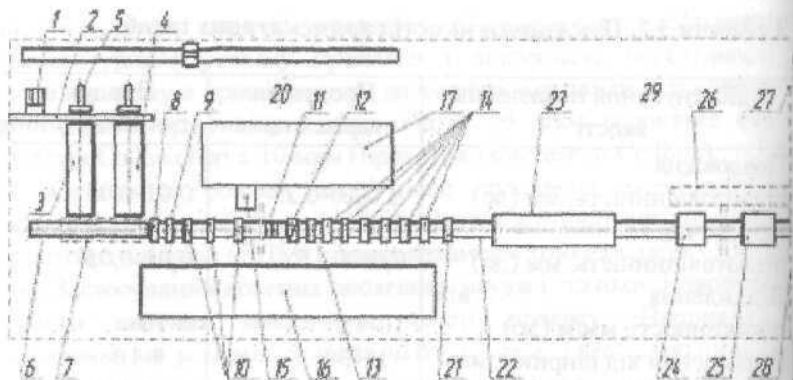


Рис.3.2. Схема розташування устаткування ШСГП 1680: 1 – завантажувальний стіл для слябів; 2 – завантажувальний рольганг; 3,4 – нагрівальні печі; 5 – штовхачі слябів; 6 – транзитний рольганг від слябінгу; 7 – теплові екрани; 8 – двошвалковий окалиноламач; 9 – перша чорнова кліть кварто; 10 – чорнові кліті з вертикальними валками; 11 – ГПУ; 12 – летючі ножиці; 13 – чистовий окалиноламач; 14 – шість клітей кварто (№№ 5-10) чистової групи; 15 – індукційна установка для підігріву робочих валків перед установкою в кліть; 16 – машинний зал; 17 – вальцешлифовальна майстерня; 18 – рельсовий шлях від слябінгу; 19 – візок; 20 – ділянка верстатів для зачистки поверхонь слябів з якісних марок сталей; 21 – вимірник розмірів штаби; 22 – відповідний рольганг; 23 – душируюча установка; 24,25 – моталки; 26 – конвейер прибирання рулонів; 27,28 – конвейери рулонів; 29 – ділянка оброблення рулонів.

3.1. Прокатка штаб на ШСГП 1680 ВАТ меткомбінат «Запоріжсталь»

В Україні встановлено два неперервних широкоштабових стана (стан 1680 в м. Запоріжжі і стан 1700 в м. Маріуполі), на яких постійно удосконалюється технологія прокатки, забезпечується одержання штабової сталі з високою якістю поперечного профілю і механічних властивостей штаб.

Неперервний стан 1680 гарячої прокатки штаб – перший стан, побудований в Україні в 30-і роки. На цьому стані прокатують штаби товщиною 2...8 мм і шириною 1000...1450 мм із низьковуглецевих, нержавіючих, низьколегованих і легованих

сталей. Заготовкою для стана є сляби товщиною 120...165 мм довжиною $L_{сл} \approx 4,5; 9,0$ м і вагою 5,5...15,0 т. На стані встановлено п'ять методичних чотирьохзонних печей (рис. 3.2) із торцевою посадкою і виданням слябів. Печі опалюються сумішшю доменного, коксового і природного газів калорійністю 1070...1350 ккал/м³. Довжина печей 31,54 м, а ширина 5,22 м. Сляби поступають із складу на стіл 1 (холодний посад) і по рольгангу 2 – у гарячому стані. Посадка слябів у печі 3, 4 робиться штовхачами 5. Одночасно із печей видають нагріті сляби на рольганг 6. З 1995р. використовують транзитну (пряму) прокатку слябів на штаби, а 1-2 днів за місяць працюють 1,2 пічі. На поверхні сляба завжди є товстий (4...6 мм) шар окалини, зламування якої робиться в окалиноломачі 8 при обтисненні сляба на 15...25 мм. Після окалиноломача встановлений гідросбив, який подає на поверхню воду з тиском 0,9...1,2 МПа. У чорновій групі встановлено чотири кліті: кліть 1 з діаметрами робочих і опорних валків, рівними відповідно 940 і 1320 мм; кліть 2 – з діаметрами 810/1240 мм; кліті 3, 4 – з діаметрами – 600/1240 мм. Усі опорні валки клітей і робочі валки клітей 1 та 2 виготовлені із кованої сталі 9ХФ. В клітях 3 і 4 робочі валки виготовлені із чавуну з відбіленою поверхнею. Валки вертикальних клітей діаметром 810 мм виготовлені із кованої сталі марок ст. 50 і ст. 55. Потужності двигунів клітей з горизонтальними валками рівні (кВт): 1 – 5400; 2-4 – 4000, а колова швидкість приводних робочих валків у кліті 4 - $v_4 = 2,21$ м/с. У чорновій групі клітей розкат прокатується в напівнеперервному режимі (одночасна прокатка: окалиноломач-кліть №1, кліті №2-№3, кліті №3-4). При вході у кліть окалиноломача сляб має температуру 1180...1200°C; по мірі прокатки температура розкату зменшується і за клітю 4 складає 1080...1100°C, тобто втрати температури розкату у чорновій групі складають ~ 100°C).

Величини обтиснень у кожній кліті застосовують з урахуванням допустимих кутів захвату металу валками, міцності валків і потужності двигунів [див. розділи 1, 2]. У відповідності з цими умовами в клітях чорнової групи

допустимі обтиснення для вуглецевих і низьколегованих сталей дорівнюють (мм):

Кліті	Δh	Кліті	Δh
1	35...37	3	37...40
2	37...40	4	37...40

Менші величини Δh відносяться до штаб із шириною $B > 1250$ мм. Кліті з вертикальними валками усувають лише розширення металу у попередній кліті.

Розкат, який вийшов із кліті 4 по проміжному рольгангу довжиною ~ 60 м проходить летучі ножиці 12, де відрізають передній дефектний кінець, чистовий окалиноломач 13 для попереднього зламування повторної окалини і захватується робочими валками кліті 5 чистової групи 14.

У чистову групу поступають розкати товщиною і $H_p = 20-28$ мм. При роботі проміжного перемотувального пристрою (ППУ-койлбокс) 11 розкат змотують в рулон а потім задній кінець рулону задають в першу кліть чистової групи. В цьому випадку перед чистовим окалиноломачем температура розкату складає $1000-1050^\circ\text{C}$, а заднього кінця – $930-970^\circ\text{C}$. Після окалиноломача температура розкату знижується на $15-20^\circ\text{C}$.

У чистовій групі установлені шість однотипних чотирьохвалкових клітей (№№5-10) з діаметрами робочих валків 600-620 мм (двошарові чавунні валки з вибіленою поверхнею марок ЛПХН_д – (70-73) (литі прокатні хромонікельові з твердістю 70...73 HSD – за Шором). Опорні валки із кованої сталі марки 9ХФ з твердістю поверхні 40...42 HSD. Між клітями установлені ролики петлетримачів. Робочі валки кожної кліті приводяться через редуктор і шестеренну кліть електродвигуном потужністю 7000 кВт, а колова швидкість робочих валків зумовлена розміром штаби, яку прокатують. Максимальна практична швидкість прокатки у кліті 10 буде $v_{10} \approx 9$ м/с. В попередніх клітях окружні швидкості відповідно до закону постійності секундних об'ємів металу визначають за формулами

$$v_9 = v_{10} h_{10} / h_9; \quad v_8 = v_{10} h_{10} / h_8; \quad v_7 = v_{10} h_{10} / h_7 \text{ і т.д.}$$

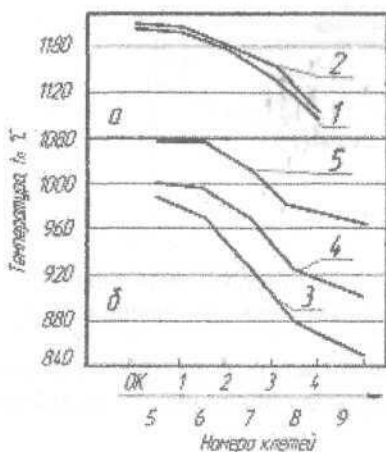


Рис.3.3. Розподіл температур штаби по клітках чорнової (а) і чистової (б) груп ШСГП 1680. Розміри штаби після кліті 4: 1 - 20x1200 мм (сляб Н=150 мм); 2 - 23x1250 мм (сляб Н = 160 мм). Розмір штаби після кліті 10: 3 - 2x1170 мм (h = 20 мм); 4 - 3x1250 мм (h = 23 мм); 5 - 4x1400мм (h = 25 мм). Криві 1, 3, 4, 5 - дані М.М. Саф'яна; 2 - авторів [22] (нагрів слябів в печях)

Після захвату валками кліті №5 штаба входить в наступні кліті, а після виходу заднього кінця із кліті №5 штаба послідовно виходить із кожної кліті стана. Таким чином, кінцеві ділянки штаби на виході із кожної кліті прокатуються без натягання, тоді як у сталому процесі штаба прокатується із невеликим натяганням ($\sigma_n = 10...30 \text{ Н/мм}^2$), що менше напруження течії низьковуглецевого металу при відповідних температурах. На рис.3.4 подано зміна товщини по довжині штаби.

Для зменшення товщини заднього кінця в клітках №№5-9 необхідно виконувати додаткове обтиснення кінцевої ділянки в межах 0,05-0,5 мм (більше обтискання в кліті 5).

На рис.3.4 подано зміна товщини по її довжині на ділянках 2 зміна товщини (високочастотна різнотовщинність) виникає унаслідок биття робочих і опорних валків, що мають діаметральний ексцентриситет, а на ділянках 3 (глісажні мітки) - виникає унаслідок охолодження сляба на глісажних трубах методичних печей, якщо сляби піддають в них нагріву. Різнотовщинність на ділянках штаби (проти номінальної товщини) складає (δh , мм): 1 - 0,05 - 0,08; 2 - 0,03; 3 - 0,04 - 0,05; 4 - 0,1 - 0,2. При транзитній (прямій) прокатки і слябів із слябінгу ділянки 3 різнотовщинності відсутні, а за наявності коїлбокса товщина переднього і заднього кінців штаби істотно зменшуються.

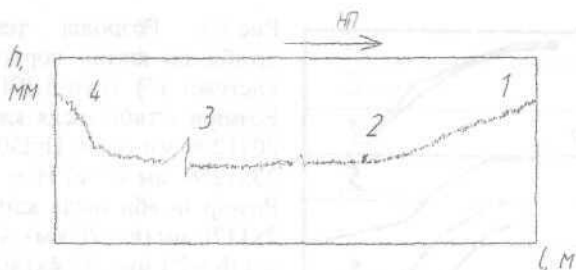


Рис. 3.4. Товщина штаби по довжині L при нагріві слябів у пічах: 1 – передній кінець; 2 – мінімальна; 3 – глісажні мітки; 4 – задній кінець

Частина рулонів по підземному конвейєру спрямовують у цех холодної прокатки, а другу частину - для поділу на листи, вузькі штаби у цеху гарячої прокатки.

Виконані роботи по удосконаленню технології гарячої прокатки штаб, які спрямовані на скорочення енерговитрат і підвищення якості поперечного профілю штаб. Як визначали у розділі 1, на слябінзі 1150 меткомбінату «Запоріжсталь» посадку злитків низьковуглецевих марок сталей роблять з рідкою серцевиною, що дає змогу у перші 1,5...2 ч після посадки злитків не опалювати осередки газом (відбувається вирівнювання температури по перерізу зливка). Потім в осередок подають газ на протязі 1...1,5 год. і нагрівають злитки перед виданням на стан слябінг.

Злитки низьковуглецевої сталі на слябінзі прокатують донною частиною уперед, що виключає забурювання розкату в клітках ШСГП 1680 під час транзитної прокатки слябів подвійної довжини. Крім того, завдяки застосування такого способу прокатки слябів декілька зменшилась довжина кінцевих накатів («риб'ячий хвіст»).

На самому ШСГП 1680 здійснення транзитної прокатки слябів виключило необхідність використання нагрівальних печей, які вмикають один раз у місяць для нагріву і наступної прокатки слябів, непрокатаних раніше транзитом. Така технологія транзитної прокатки дає змогу суттєво скоротити витрати газу на меткомбінаті. Крім цього у черновій групі кліті роботають в змінно-неперервному режимі (окаліноломач – кліть №1; кліть №2-№3; кліть №3-№4).

3.3. Режим деформації штаби 3x1250 мм із сляба 160x1250 мм (ШСПП 1680)

№№ клітей	H, мм	h, мм	Δh , мм	ϵ , %	v, м/с	t_n , °C	P_{cp} , Н/мм ²	P, МН	M, МН·м	N, кВт
Чорнова група										
OK	160	135	25	15,7	1,0	1180	-	-	-	-
1	135	95	40	29,8	1,05	1176	86,7	15,5	1,69	3330
2	95	57	38	40	1,45	1159	97,2	15,5	1,84	5750
3	57	36	21	36,7	1,59	1140	115	11,6	0,835	3870
4	36	23	13	36	2,21	1096	138	12,6	0,73	4670
Чистова група										
5	23	14,5	8,5	36,9	1,9	972	265	16,7	0,745	4160
6	14,5	9,53	4,97	34,3	2,87	961	317	15,3	0,528	4400
7	9,53	6,27	3,26	34,4	4,3	952	371	14,95	0,403	5080
8	6,24	4,57	1,7	27,1	5,8	938	409	11,7	0,236	4000
9	4,57	3,65	0,92	20,1	7,22	924	402	8,33	0,131	2780
10	3,65	3,0	0,65	17,8	8,8	908	402	7,10	0,096	2450

Після виходу з кліті №10 штаба охолоджується на душируючому пристрої для зменшення температури до 500-660°C з метою отримання необхідної мікроструктури, змотується моталкою в рулон, а потім конвейерами транспортується до складу і в цех холодної прокатки штаб (ЦХП). Штаби деяких марок сталей змотують на моталки без охолодження.

3.2. Технологічний процес прокатки на неперервному широкоштабовому стані 2030

Широкоштабові стани гарячої прокатки, які установлені після 1970 р., характеризуються високою продуктивністю (до 6 млн. т/рік), швидкістю прокатки до 30 м/с і вагою рулонів до 45 т. Крім неперервних станів з'явилися 3/4 - неперервні стани, у яких останні дві-три кліті чорнової групи об'єднані у неперервну групу. Таке розташування клітей дає змогу задавати у чистову групу більш тонкий розкат з більш високою

температурою і, отже, прокатувати більш тонку штабу. Сучасні широкоштабові стани мають у складі 4-6 клітей кварто у чорновій групі і 6-7 клітей у чистовій групі. Прокатують штаби товщиною 0,8...30 мм, шириною 600...2300 мм із слябів з розмірами (130...300)х(600...2300) мм і довжиною 9...15 м (табл.3.4).

Характерні особливості неперервних станів [12,24,65]:

- широке застосування нагрівальних печей з крокуючими балками; упровадження 3/4 – неперервних станів; збільшення кількості чорнових (до 5-6) і чистових (до семи) клітей; установа окремих моталок для тонких і товстих штаб; широке втілення системи автоматичного регулювання товщини штаби і пристроїв регулювання прогину валків; застосування методу прискорення прокатки у чистовій групі клітей з метою регулювання температури за довжиною штаби; механізація зміни робочих валків; повне освоєння управління технологічним процесом за допомогою ЕОМ.

В Україні і Росії встановлено декілька неперервних (безперервних) широкоштабових станів, у тому числі і НІСГП 2030 на Череповецькому металургійному комбінаті (рис.3.5, табл.3.4).

Останні потребують і великих капітальних витрат на будівництво. Сучасні штовхальні п'ятизонні печі опалюються із 200-214 горілок, які розташовані у торцевих, бічних ділянках пічі і на своді, у тому числі 76 пальників у томільній зоні. Як паливо застосовують природний і доменний газ, суміш газів, мазут.

Коливання товщини штаб викликаються пониженням температури слябів на ділянках їх контакту з глісажними трубами. З метою зменшення утворення ділянок з пониженою температурою передбачають спеціальну конструкцію подових труб, особливість якої складається в наявності жаростійких рейтерів (опорних брусів), які виготовлені із кобальтового сплаву. У печах з крокуючими балками виключено утворення темних ділянок і подряпин на поверхнях слябів через відсутність глісажних труб. Томільна зона в сучасних печах часто розділена на дві зони регулювання температури, що дає змогу задній кінець сляба (відносно

прокатки) нагрівати декілька більше, ніж передній. Цим компенсується перепад температури по довжині розкату при проходженні його через стан.

Із складу сляби подають візками 4 до печей 1, у яких, в залежності від хімічного складу, сляби нагрівають до температури 1180...1250^oC і видають штовхачами 2 на приймальні пристрої 26 і рольганг 28. Першою операцією усунення окалини із сляба є зламання її у вертикальному окалиноломачі 25. Діаметр валків окалиноломача дорівнює $D = 1200$ мм (обтиск за шириною 50...100 мм) і дає змогу руйнувати суцільний шар окалини по всій ширині сляба. Крім того, інтенсивний обтиск по ширині запобігає утворенню розривин на кромках штаб. У горизонтальному окалиноломачі 24 з діаметром валків 1200 мм, зламання окалини відбувається із обтиском 15...40 мм. Після зламання окалину усувають з поверхні гідрозбивачем з тиском струменя води на виході із форсунок у межах 15...20 МПа.

У чорнових клітках сляби товщиною 200...305 мм обтискують до товщини 25...80 мм (коефіцієнт витягання до $\mu=12$). Обтиски в клітках визначаються виходячи із граничних умов [формули (1.8)-(1.11)] і технологічною особливістю прокатки у чорновій і чистовій групах клітей. Максимальні обтиски у чорновій групі, як правило, не перевищують 60 мм і складають, в залежності від товщини розкату, 15...50% (табл. 3.5).

Сучасні широкоштабові стани обслуговуються п'ятизонними (шестизонними) печами з продуктивністю до 300 т/г і печами з крокуючими балками продуктивністю 350 т/г і більше. Витрати на нагрів металу у штовхальних печах на 10...15% менше, ніж у печах із крокуючими балками. Із складу сляби подають візками 4 до печей 1, у яких, в залежності від хімічного складу, сляби нагрівають до температури 1180...1250^oC і видають штовхачами 2 на приймальні пристрої 26 і рольганг 28. Першою операцією усунення окалини із сляба є зламання її у вертикальному окалиноломачі 25.

Діаметр валків окалиноломача дорівнює $D = 1200$ мм (обтиск за шириною 50...100 мм) і дає змогу руйнувати суцільний шар окалини по всій ширині сляба. Крім того, інтенсивний обтиск по ширині запобігає утворенню розривин на кромках штаб. У горизонтальному окалиноломачі 24 з діаметром валків 1200 мм, зламування окалини відбувається із обтиском 15...40 мм. Після зламування окалину усувають з поверхні гідрозбивачем з тиском струменя води на виході із форсунок у межах 15...20 МПа.

У чорнових клітках сляби товщиною 200...305 мм обтискують до товщини 25...80 мм (коефіцієнт витягання до 12). Обтиски в клітках визначаються виходячи із граничних умов (розд.1) і технологічною особливістю прокатки у чорновій і чистовій групах клітей. Максимальні обтиски у чорновій групі, як правило, не перевищують 60 мм і складають, в залежності від товщини розкату, 15...50% (табл. 3.5).

3.4. Технічна характеристика неперервних широкоштабових станів

Показники	Стани		
	2030 Чер МК	2285 Японія	2285 Франція
1	2	3	4
Розмір готової штаби, мм:			
товщина	1...16	1,2...16	1...16
ширина	1000...1800	600...2100	600...2135
Розміри слябів, мм:			
товщина	200...250	150...300	180...220
ширина	1000...1800	600...2200	600...2135
довжина	≤ 10,5	4...13	≤ 14,5
Максимальна вага слябів, т	36	45	38
Вага рулонів на 1 м його ширини, т	20	28,6	26,8

Продовження табл.3.4

Чорнова група			
1	2	3	4
Кількість клітей	6	5	6
Діаметр валків у вертикальному окалиноломачі, мм	1200	1200	1220
Діаметр валків горизонтального окалиноломача, мм	1200	1270	1270
Діаметри валків чорнових клітей, мм:			
робочі	1200	1270	1170
опорні	1600	1630	1625
Швидкість в останній чорновій кліті, м/с	5,0	4,17	4,7
Потужність двигунів, кВт:			
горизонтальний			
окалиноломач	5000	4500	3680
наступні кліті	800010000	10000... ...12500	7320...9820

Чистова група			
1	2	3	4
Число клітей	7	7	7
Діаметр валків, мм:			
робочих	800	815...765	760
опорних	1600	1630	1625
Максимальна швидкість прокатки, м/с	21	27,2	27
Потужність двигунів, кВт	7x12000	5x12000 1x9000 1x6750	7x9750

Таблиця 3.5. Відносні обтиснення у клітках стана

Номер кліті	Чорнова група	Чистова група	
	ε , %	ε в шестикліт- твовій групі, %	ε в семиклі- твовій групі, %
1	15...23	40...50	40...48
2	22...30	40...45	40...46
3	26...35	34...40	35...41
4	27...40	30...35	32...39
5	30...50	25	25...35
6	33...35	15...20	20...28
7	-	-	12...25

Для прокатки штаб різної товщини у чистовій групі застосовують відповідні розміри підкатів (розкатів) і слябів (табл. 3.6).

У чорновій групі чотирихвалкові кліті 22 універсального типу. Вертикальні валки цих клітей калібрують ширину розкату за рахунок обтиску металу (до 25 мм у кожній кліті), яке відповідає розширенню у попередній кліті. Особливістю цього стана є наявність трьохклітвової неперервної групи, у якій розкат прокатують із невеликим натяганням ($\leq 10...15 \text{ Н/мм}^2$). Для дотримання цієї умови крефіцієнт неузгодження швидкостей сусідніх клітей $k \geq 1,005...1,01$. Колова швидкість у першій кліті $v_1 \approx 1,2 \text{ м/с}$, а в останній кліті чорнової групи $v_5 \leq 5,0 \text{ м/с}$.

Таблиця 3.6. Рекомендовані розміри слябів, розкатів і штаб

Товщина сляба, мм	Товщина розкату, мм	Товщина штаби у чистовій групі, мм	
		6 клітей	7 клітей
305	38	-	2,0
255	32	-	1,3...3,0
205	25	1,7...2,7	1,0

Після чорнкової групи розкат з температурою 1080...1120⁰С видають на проміжний рольганг довжиною 115...140 м, по якому він переміщується до чистової групи клітей 18. У випадку раптової зупинки клітей чистової групи, розкат із проміжного рольганга скидувачем 7 передають у карман 21 для недокатів і товстих штаб. Перед входом у першу кліть чистової групи передній кінець відрізають на летучих ножицях 20 барабанного типу. За мірою руху розкату (підката) по рольгангу відбувається втрата тепла і температура його заднього кінця, який входить у першу кліть чистової групи, буде на 70...90⁰С нижче, ніж переднього.

Наявність перепаду температур по довжині розкату обумовлює появу поздовжньої різнотовщинності на готовій штабі з більшою товщиною на задньому кінці (див. рис. 3.4). Для компенсації впливу температурного клину прокатку в чистовій групі виконують з прискоренням $v = 0,05 - 0,1 \text{ м/с}^2$ після захвату моталкою переднього кінця штаби. При такому способі прокатки поздовжня різнотовщинність штаби виявляється мінімальною за рахунок зменшення градієнта температур, напруження течії, зусилля прокатки і зменшення вертикальних деформацій деталей кліті і, отже, товщини штаби.

Останніми роками набувають поширення проміжні пристрої перемотувань (ППУ-Coilbox), що встановлюються перед чистовою групою клітей (перед кінцевими ножицями). На ППУ змотується в рулон розкат, що виходить з чорнкової групи. Рулон потім кантують і задній кінець штаби подається в першу кліть чистової групи. Тепер задній кінець розкату входить до чистової групи першим, а охолодженню внутрішніх витків рулону перешкоджає великий запас теплоти. Використання ППУ практично виключає відмінність температури по довжині розкату. Крім того, ППУ дозволяє зменшити довжину проміжного рольганга до 45 – 90 м. На випадок затримок в стані передбачена піч що підігріває рулон. Сучасні ППУ призначені для змотування розкату з швидкістю до 5,1 м/с масою 4,5 – 31 т при ширині 510 – 1930 мм.

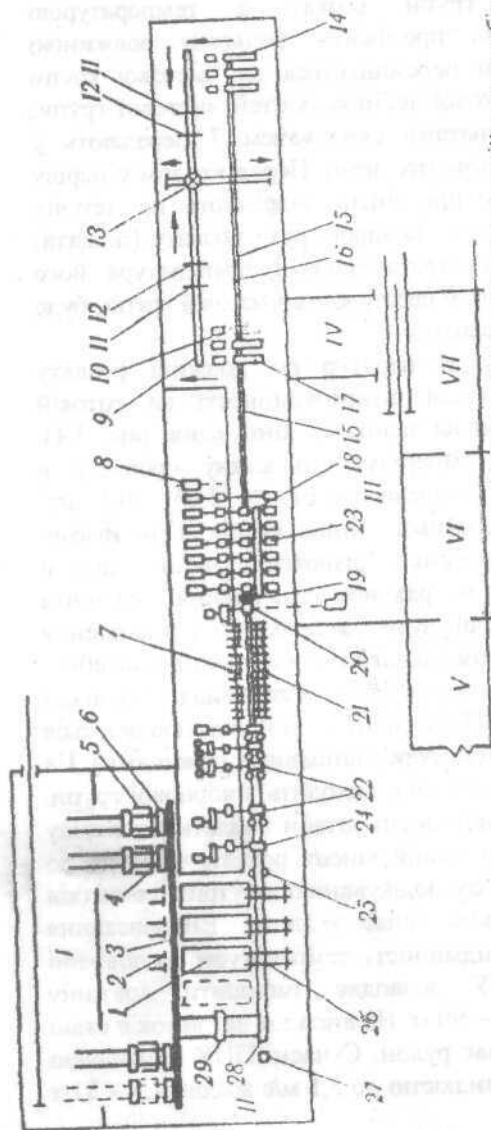


Рис. 3.5. Схема розташування обладнання стана 2030 Череповецького металургійного комбінату: I- склад слябів; II-проріг стана; III-ділянка підгрівання валків; IV-насосна станція; V-майстерня ревізії підшипників кочення; VI-вальцешпінфвальна майстерня; VII-склад валків: 1-нагрівальна піч; 2- штовхач слябів у піч; 3-завантажувальний рольганг; 4-візок для слябів; 5-штовхач слябів у стана; 6- штовхач слябів у піч; 7-зкидувач недокатів; 8-чистова клітть №8 (штриховими лініями показана підйомний стіл; 9-чистова робоча клітть №8, намічені до установки); 9-конвейер рулонів; 10-кантувач нагрівальна піч і чистова робоча клітть №8; 11-маршрувальник рулонів; 12-рулоно-в'язальна машина; 13-підйомно-поворотний стіл; 14- друга група моталок; 15-система охолодження штаб на відвідних рольгангах; 16-відвідні рольганги; 17-перша група моталок; 18-чистова група кліттей; 19-чистовий роликівий окалиноломач; 20-летучі ножиці; 21-карман для недокатів і товстих штаб; 22-торнова клітть; 23-вертикальна клітть; 24-торнова клітть; 25-вертикальна клітть; 26-приймач слябів; 27- механізми для зміни валків; 28-підйомний рольганг для слябів; 29-передаточний візок для слябів.

Перед чистовою групою клітей установлений окалиноломач 19 роликів типу, який забезпечує зламвання повторної окалини на поверхні розкату.

У чистовій групі, так само як і у чорновій, установлені чотирьохвалкові кліті (два робочих валків діаметром 800 мм і два опорних валка діаметром 1600 із довжиною бочок 2030 мм), які дають змогу отримувати поперечний профіль готових штаб належної якості. Як відомо, опорні валки, які мають великий діаметр і відповідну високу жорсткість, знижують прогин робочих валків. Менший діаметр робочих валків забезпечує деформацію металу із порівняно невеликими нормальними контактними напруженнями. Чотирьохвалкові кліті мають більш високу ефективність зниження поперечної різнотовщинності штаб порівняно із двовалковими і трьохвалковими клітями, які мають меншу жорсткість.

Режим деформації штаб у клітях чистової групи обумовлено кількістю клітей, товщиною і хімічним складом штаби (табл. 3.5). При розробці технології прокатки штаб основною задачею є установлення раціонального режиму обтисків у чистовій групі стана, який повинен забезпечувати наступне:

1. Температуру кінця прокатки, яку потрібно.
2. Сила прокатки не повинна перевищувати допустиму за міцністю валків.
3. Потужність, яка затрачується на прокатку, не повинна перевищувати потужність встановленого головного привода, який встановлено.
4. Поперечна різнотовщинність і площинність готової штаби повинна відповідати стандарту і технічним умовам (ТУ).

На сучасних станах застосовують режим з максимальним відносним обтиском у першій кліті чистової групи ($\epsilon = 40...50\%$) і мінімальне – у чистовій кліті ($\epsilon = 15...20\%$). Вказані обтиски у чистовій групі у сукупності із заданою температурою штаби забезпечують отримання необхідної мікроструктури металу і механічних властивостей.

Регулювання міжвалкового зазору в процесі прокатки штаби виконують електромеханічними і гідравлічними натискними пристроями, а центрування штаби по осі стана здійснюють керованими бічними лініями. З метою контролю

натягання штаби між клітями застосовують роликові петлерегулятори з гідравлічним або пневматичним приводом. Ці пристрої вмикаються у роботу після захвату переднього кінця штаби наступною кліттю. Нормальним є процес прокатки при відсутності або при мінімальному натягуванні, що забезпечує отримання штаби з мінімальним відхиленням товщини на її кінцевих ділянках. Під час прокатки штаб на сучасному стані досягається наступна різнотовщинність на 99% усій довжині, мм:

при товщині штаби менше 12,7 мм $\pm 0,025$;
при товщині штаби 12,7 і більше $\pm 0,05$;
по ширині ± 10 .

Сучасні широкоштабові стани працюють з обчислювальними машинами (ЕОМ), які керують усіма основними операціями технологічного процесу:

реєстрація і облік; стеження за металом;
регулювання і оптимізація: режим нагріву; темп прокатки; температура кінця прокатки; температура змотування; профіля і форми штаби; товщини штаби; ширини штаби;
керування: посадкою і виданням слябів із печі; міжвалковими зазорами у чорновій і чистовій групах; транспортними засобами; ножицями і моталками.

У процесі прокатки штаб робочі і опорні валки інтенсивно охолоджують водою через спеціальні колектори з форсунками. Не дивлячись на охолодження, температура робочих валків у середині довжини досягає $70...80^{\circ}\text{C}$ із зменшенням до країв до $30...40^{\circ}\text{C}$. Експлуатація робочих валків з такими температурами сприяє збільшенню зносу їх поверхонь. З метою зниження зносу валків у ряді станів у перших трьох клітках чистової групи застосовують технологічне мастило [25], яке подають на поверхню робочих або опорних валків разом із водою або індивідуально із форсунок. Застосування мастила (мініральні масла) забезпечує збільшення стійкості валків на 20...50%, зниження енерговитрат на 5...10%, зменшення сили прокатки на 10...15%, підвищення продуктивності стана на 3...10%, підвищення швидкості травлення до 15%. Для одержання після прокатки рівноосного зерна фериту у штабі,

дрібнодисперсну структуру і необхідні механічні властивості металу штаби прокатують у чистовій кліті із певними значеннями температури, швидкості і ступеня деформації. Так, для стана 2030 під час прокатки штаб із сталі 08пс, 10пс температура кінця прокатки повинна дорівнювати 860...900°C, а обтиск в останній кліті стана при $v = 20$ м/с складає 15...20%. Після виходу із кліті штаба піддається душированню із пристрою на відводному рольгангу 15. При цьому температура на початку душирування 770...800°C, а температура змотування штаби у рулон на моталці – 550...600°C. Такий режим прокатки і душирування забезпечує високу міру штампування металу, та прискорює процес травлення окалини. Продуктивність сучасного ШСПП досягає 6,0 млн. т.

3.3. Неперервна розливка – пряма прокатка слябів

Неперервна розливка рідкої сталі – прогресивний і високоефективний процес виробництва литих слябів. Переваги отримання напівпродукту потрібних розмірів по перерізу із рідкої сталі, минаючи звичайні обтискні агрегати, важко переоцінити. При цьому не тільки вельми значно скорочується увесь процес виробництва металу і зменшуються капітальні витрати, але і різко підвищується якість заготовок і знижується витрата металу, наприклад, при методі “плавка на плавку” в обріз потрапляє лише незначна частина заправного кінця на початку розливки. Підбираючи відповідним чином умови кристалізації, на МНЛЗ можна розливати сляби усіх сортів і марок починаючи від низьковуглецевої і закінчуючи високолегованою [65].

На Новоліпецькому металургійному комбінаті (Росія) утворено комплекс кисневих конвертерів з МНЛЗ, який забезпечує високу якість і однорідність заготовок, що зумовлено неперервністю процесу, його механізацією і автоматизацією. Першими МНЛЗ, які отримали промислове застосування, були машина вертикального типу, а зараз установлюють МНЛЗ радіального типу, які мають меншу висоту і добре поєднуються з прокатним станом в одному комплексі.

На рис. 3.6 показані основні елементи обладнання і технології, які забезпечують процес неперервна розливка-пряма прокатка (НР – ПП) [26-28,65].

Коротка характеристика комплексу:

Конвертери (кількість; місткість, т)	3x179
Вакууматор (тип)	Дві камери на рухомій платформі із механізмом підйому ковша
МНЛЗ:	Криволінійна (радіальна)
Тип	з випрямленням у чотирьох точках
Кількість рівчаків	2
Розміри слябів, мм	250x600...1300x4300...9200
Повторне охолодження	Водоповітряне
Широкоштабовий стан 1420 гарячої прокатки неперервний:	
Розмір штаб, мм	1,2...16x600...1300
Масса рулону, т	14...20

Ефективність процесу НР – ПП при виробництві гарячекатаних рулонів визначають три основних фактора:

- застосування технології, яка забезпечує високу якість металу, дає змогу виключити проміжну обробку слябів і прокатують їх одразу після затвердіння металу;

- заходи по збереженню температури металу, які необхідні для використання прямої прокатки без застосування нагрівальної пічі;

- повна відповідність програм виплавлення і прокатки металу, що досягається шляхом правильного складання графіків виплавлення, розливки і прокатки, контролювання усіх операцій кожного переду.

До заходів, які гарантують високу якість штаби і забезпечують виробництво бездефектних слябів, відносяться вакуумування металу, захист струменя металу від повторного окислення на ділянках між розливним і проміжним ковшами, а також проміжним ковшем і кристалізатором; розливка із високою постійною швидкістю шляхом використання

проміжного ковша великої місткості, у якого є затвор і пристрій для механічного усунення шлаку; автоматизація процесу розливки і регулювання рівня металу у кристалізаторі; рівномірне повільне охолодження в результаті застосування водоповітряної суміші.

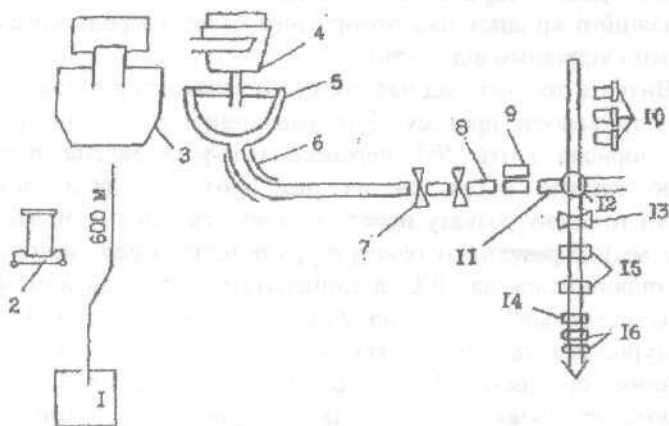


Рис. 3.6. Головні елементи обладнання і технології, які забезпечують необхідні умови для процесу НР – ПП: 1-сталеплавильний цех з трьома конвертерами; 2-транспортування рідкого металу на візку; 3-позапична обробка металу (вакуумування); 4-розливка із захистом струменя металу; 5-проміжний ковш; 6-кристалізатор із регулюванням ширини сляба; 7-високошвидкісний різак; 8-вогнева зачистка поверхні у потоці; 9-індукційний підігрів кромки; 10-нагрівальні печі; 11-ділянка безпосереднього з'єднання неперервної розливки з прокаткою; 12-поворотний стіл; 13-вертикальна кліть; 14-установка чорнової кліті №3 перед чистою групою клітей (кліть М); 15-чорнова група клітей; 16-чистова група клітей.

Для попередження утворення внутрішніх дефектів у метали скорочують крок роликів з метою зменшення випинування сляба, застосовують випрямлення у чотирьох точках і розливку з піджимом. В результаті упровадження цих засобів прокатка без попередньої обробки слябів досягла 95%.

Для збереження високої температури сляба довжина зони примусового охолодження повинна бути мінімальною. При

цьому серцевина сляба на виході із зони охолодження не встигає затвердіти і в результаті теплота серцевини металу використовується на відновлювання температури поверхні сляба. В результаті рівномірного розпилення тонкого шару води на поверхню, температура сляба на виході із МНЛЗ вище звичайної. Для збереження теплоти сляба застосовують теплоізоляційні кришки над поворотним столом і рольгангами (підвідним і відвідним від столу).

Витрата теплоти під час прокатки залежить від поверхні металу і тривалості процесу. Для зменшення площі поверхні розкату чорнова кліть №3 перенесена і встановлена перед чистою групою (кліть 14 на рис. 3.6), що дало змогу збільшити товщину розкату перед чистою групою на 30 мм (з 28 до 58 мм). В результаті температура розкату перед чистою групою підвищилась на 40°C , а температура готової штаби при виході із останньої кліть – на 24°C . Підігрівання кромки до температури, яка забезпечує якісну прокатку слябів, ведеться індукційним способом. Для того, щоб ширина слябів, які поступають на прокатку, відповідала ширині штаб, змінюють ширину кристалізатора із швидкістю регулювання 32 мм/хв. (на одну сторону) при розливі на МНЛЗ із постійною швидкістю 1,6 м/хв. Рідку сталь розливають на сляби розмірами 120...250x900...1850 мм із швидкістю 0,7...2 м/хв.

Процес безперервної розливки сталі у сляби порівняно з розливкою у виливницю і наступною прокаткою на обтискних станах має такі переваги:

- збільшується вихід придатного на $\sim 10\%$ при виробництві слябів із вуглецевої сталі і $\sim 15\%$ - із легованої сталі;

- виключаються операції по підготуванню виливниць, "роздяганню" зливків, нагріву зливків в колодязях і прокатки їх на обтискних станах;

- для цеху МНЛЗ скорочуються на $\sim 50\%$ виробнича площа і на $\sim 40\%$ капітальні витрати порівняно із звичайним сталеплавильним цехом, де виробляється розливка сталі у виливницю.

3.4 Прокатка штаб з тонких слябів

Слябовая технологія виробництва штаб (рис. 3.6) має ряд недоліків, в числі яких:

- невелика швидкість лиття заготовки;
- необхідність установки великої кількості клітей для пластичної деформації металу в кінцеву штабу;
- значна витрата електроенергії на здійснення пластичної деформації;
- порівняно великі витрати металу у вторинну окалину впродовж всього ланцюжка перетворення сляба в штабу.

Прагнення до усунення цих недоліків привело до створення ливарно-прокатних комплексів (ЛПК), для виробництва з тонких слябів (завтовшки 25 – 80 мм) [27, 28, 62, 65].

Успіхи в створенні сучасних МНЛЗ з високим рівнем автоматизації і управління дозволили, з урахуванням досягнень у виплавці чистої сталі, попереджати її забруднення при безперервному розливанні і пошкодженні металу при кристалізації, направляти литі заготовки без огляду в неперервний стан (пряма прокатка), зберігаючи тепло лиття.

Процес безперервного лиття дозволив одержувати не тільки сляби, блюми і заготовки, але і тонкі штаби і заготовки з перетином, ближчим до готового. Із зменшенням товщини сляба зростає швидкість лиття (рис.3.7). Ідея поєднання безперервного розливання і гарячої прокатки вперше реалізована в промисловості в 1989 г.на заводі фірми Nucor (США).

Можливість відливання тонких слябів, зниження загальної гарячої деформації і отримання готової гарячекатаної листової сталі в єдиній технологічній лінії означала появу нової стадії розвитку металургії – епохи ЛПК із застосуванням для прокатки штаб, головним чином, клітей з системою CVC [71].

При переході до сучасних МНЛЗ, криволінійного (радіального) типу, значно ускладнилася технологія розливання і конструкція машин. При створенні ЛПК вирішували основні проблеми: безпека безперервного розливання, висока зовнішня і внутрішня якість штаб, узгодження роботи устаткування в умовах низької швидкості лиття і високої швидкості прокатки і ін. Вирішальну роль в подоланні основних проблем зіграли:

отримання чистої сталі завдяки досягненням в сталеплавильному виробництві; створення нових машин і пристроїв; здійснення концепції автоматизації всієї технологічної лінії і комп'ютерного управління процесами.

Створення пакетів програмного управління на базі математичного моделювання процесів забезпечило при безперервному розливанні сталі: попередження проривів рідкого металу при кристалізації штаби, виключення утворення тріщин в металі, ущільнення серцевини штаб, а також отримання листів з високою точністю розмірів і планшетністю.

Модель динамічного твердіння металу при його обтисканні і додатковому охолодженні в роликівих провідках МНЛЗ після виходу з кристалізатора дозволяє контролювати температурний профіль поперечного перетину тонкого сляба (рис. 3.8). Завдяки ефективному управлінню і збереженню стабільних умов лиття сляби можна направляти в прокат без огляду або обробки.

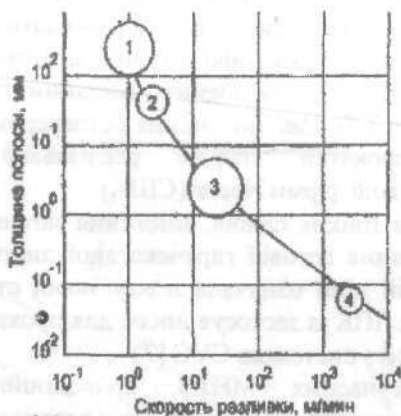


Рис. 3.7. Залежність товщини штаби від швидкості безперервного розливання (1 - сляби; 2 - тонкі сляби; 3 - штаба; 4 - штаба металу з аморфною структурою)



Рис. 3.8. Температурний профіль плоскої штаби при розливанні сталі в радіальній МНЛЗ

За даними фірми MDM, висока однорідність механічних властивостей, поліпшення якості структури, зменшення сегрегації (ликвації) свідчило про отримання якості литих штаб вищого, ніж у штаб, які одержани традиційним способом. Цьому сприяло застосування підігріву проміжних ковшів, використання теплообмінних сталеразливальних стаканів, інтенсивне вторинне охолодження металу після виходу з кристалізатора, а також застосування м'якого (невеликого приватного) обтискання неперервнолитого злитка в роликівих провідках. Точний контроль рівня рідкої фази виявився одним з головних чинників в отриманні високої якості продукції.

Обтискання тонкого злитка (штаби) з рідкою серцевиною в роликівих провідках досягає 70 %, сприяє швидкому сходженню фронтів кристалізації, зниженню відстані між осями дендритів і підвищенню однорідності відливання.

Відливання тонких перетинів надає сприятливу дію на внутрішню якість у зв'язку із зменшенням відстані між осями дендритів (рис. 3.8). За свідченням результатів роботи заводу NUCOR з двома 2-х рівчаківими установками виробництва гарячекатаних штаб завтовшки 1,5 - 12,7 мм (спосіб CSP), якість листів вище, ніж у одержаних за традиційною технологією. На багатьох ЛПК освоєно виробництво різних

сталей: вуглецевих, конструкційних, корозіоностійких, електротехнічних, підшипникових, інструментальних.

Принципова схема ЛПК показана на рис. 3.9. Основними вузлами комплексу є МНЛЗ типу CSP («Комплексне виробництво штаби»), піч для вирівнювання температури, прокатний стан, ділянка охолодження і змотування, яка розташована нижче за рівень цеху [27, 28, 65].

Рідка сталь із двох електропічей піддається позапічній обробці у печі-ковші. Вага плавки – 112 т, цикл випуску плавки – 50 хв. Печі працюють на шихті із 100% лому. Виплавляються сталі для наступної гарячої та холодної прокатки і рядові конструкційні сталі з максимальним складом вуглецю 0,15%, і складом марганцю 0,60%. Вертикальна однорівчачова МНЛЗ з вигнутим кристалізатором характеризується такими основними параметрами:

Товщина безперервно-ливої заготовки, мм	50
Ширина, мм	1100...1350
Максимальна довжина, м	47
Швидкість розливки, м/хв.	2,5...6,0
Довжина кристалізатора, мм	1100
Металургійна довжина МНЛЗ, мм	5800
Радіус згину, мм	3000

На МНЛЗ застосовано жорстку затравку, яка вводиться у кристалізатор знизу; заготовку розрізують на мірні довжини на механічних ножицях.

Піч відпалу 3 обладнано газовими пальниками, які працюють на природному газі. При виборі розмірів печі, в доповнення до камер нагріву і витримки, додали накопичувач довжиною 38 м, так що сумарна довжина печі складає 158 м. Ножиці 4 аварійного різання перед чистовою групою клітей, які повинні забезпечити можливість роботи печі при зупинці прокатного стану, виконано механічними і за конструкцією відповідають ножицям 2 для різання неперервно-литих заготовок. Виконується гідрозбив водою високого тиску.

На чотирьохклітьовому широкоштабовому стані гарячої прокатки 6 у всіх клітках є гідравлічні натискні механізми, системи осьового переміщення валків (CVC) і системи протизгину робочих валків.

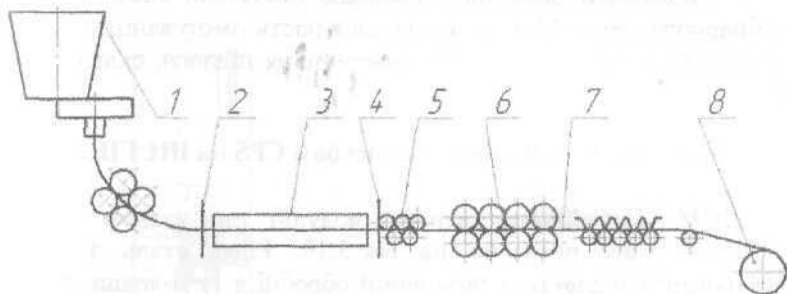


Рис. 3.9. Однорівчачковий ЛПК типу CSP: 1 – МНЛЗ; 2 – ножиці; 3 – піч вирівнювання температури; 4 – ножиці; 5 – окалиноламач; 6 – прокатний стан (чистова група); 7 – ділянка охолодження штаб; 8 – моталка.

Комплексні системи регулювання товщини і форми профілю (планшетності) забезпечують дотримання геометричних параметрів якості. Привідні електродвигуни прийнято однаковими у всіх клітках (потужність 7000 кВт, основна частота обертання 108 об/хв.).

Стан характеризується наступними основними параметрами:

Товщина штаби на виході, мм	2,5...12,7
Максимальна ширина штаби, мм	1350
Зовнішній діаметр рулонів, мм	1000...1950
Внутрішній діаметр рулонів, мм	760
Вага рулонів, т	24
Питома вага рулонів, кг/мм ширини	18
Діаметр робочих валків, мм	780
Довжина бочки робочих валків (із системою SVC)	1700
Діаметр опорних валків, мм	1350
Довжина бочки опорних валків, мм	1500
Максимальне зусилля прокатки, МН	30
Потужність електродвигуна кожної кліті, кВт	7000

Підводний рольганг обладнано системою охолодження ламінарного типу. Максимальна швидкість змотування штаби моталками 8, які розташовано нижче рівня підлоги, складає 12 м/с.

3.5 Технологічний процес за способом CPS на ШСГП 2000

ЛПМ (литейно-прокатний модуль) зі станом 2000 сучасного типу показано на рис.3.10. Рідка сталь з двох електропечей піддається позапічній обробці в печі-ковші. Маса плавки – 160 т, цикл випуску плавки – 50 хв. Печі працюють на шихті з 100% лому. Виплавляються вуглецеві сталі для подальшої холодної прокатки і рядові конструкційні сталі з максимальним змістом вуглецю 0,15% і змістом марганцю 0,06% (рис. 3.10).

Вертикальна двовалкова МНЛЗ 1 характеризується наступними основними параметрами:

Товщина безперервно литої заготовки, мм	30
Ширина, мм	1000-1800
Швидкість розливання, м/хв	6,0-12,0
Довжина кристалізатора МНЛЗ, мм	1100
Металургійна довжина МНЛЗ, мм	5800
Радіус вигину, мм	3000
Річна продуктивність МНЛЗ млн. т в рік.	2

На МНЛЗ застосована жорстка затравка, що вводиться в кристалізатор знизу. Після відливання тонкого сляба, у разі послябової прокатки його розрізають на мірні довжини на механічних ножицях 2.

Піч з роликівим черенем 3 обладнана газовими пальниками, що працюють на природному газі, довга печі складає 180 м.

Температура тонких слябів після печі 1100-1150°C, що вище за досягну температуру прокату при старих процесах. Через це швидкість прокатки в чистовій групі, особливо у разі прокатки тонких штаб, є меншою, ніж на традиційних станах гарячої прокатки смуги. Графік розподілу температури в процесі CPS показаний на рис.3.11.

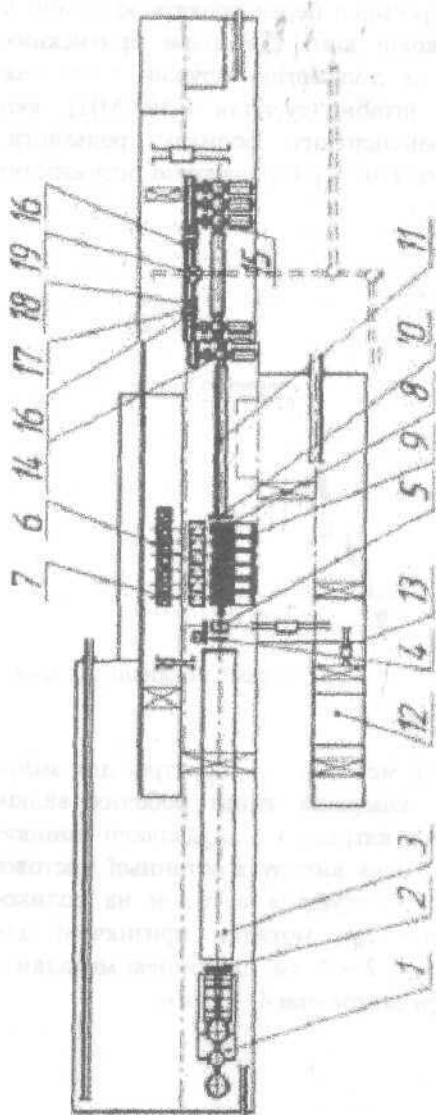


Рис. 3.10 Схема розташування устаткування в цеху із станом 2000

1 – МНЛЗ; 2 – аварійні ножиці, 3 – піч з роликівкою подиною, 4 – летючі ножиці для різання слябів, 5 – чистовий роликівий окатиноламач, 6 – шестеренні кліті ($A=900\text{мм}$), 7 – головні електродвигуни клітей, 8 – робочі кліті, 9 – пристрій для зміни валків, 10 – вимірники ширини і товщини штаби, 11 – рольганг, з ламінарним охолодженням штаби, 12 – насосно-аккумуляторна станція Гидросбива окалини, 13 – передавальні візки, 14 – моталки №1 – 3 для змотування штаби завтовшки до 4 мм, 15 – моталка №3 – 6 для змотування штаби 4 – 10 мм, 16 – машина для обв'язування ролонів, 17 – веси, 18 – машина для маркіровки ролонів, 19 – поворотний

Чистовий окалиноламач роликів типу призначені для руйнування вторинної (повітряної) окалини і подальшого її видалення за допомогою гидросбива перед прокаткою штаби в першій чистовій чотиривалковій клітці. Дві пари притискних роликів діаметром 500 мм за допомогою пружин і важелів системи притискаються до штаби (зусилля 0,50 МН), яка рухається по нижніх транспортних роликах рольганга. Притискні ролики мають привід від електродвигуна потужністю 95 кВт через редуктор ($i=5,7$).



Рис. 3.11. Розподіл температури в процесі поєднання лиття і прокатки CSP

Всі робочі клітці мають механізовані пристрої для зміни робочих і опорних валків. Операція зміни робочих валків здійснюється за 8-10 хв. Між клітцями є направляючі лінійки, проводки і петледержателі. Після виходу з останньої чистової клітці штаба охолоджується і змотується в рулон на роликотарабанних моталках. Перші три моталки призначені для змотування штаби завтовшки 1, 2 – 4 мм; дві кінцеві моталки – для змотування в рулон штаби завтовшки 4 – 12 мм.

Після зламування окалину усувають з поверхні гідрозбивачем з тиском струменя води на виході із форсунок у межах 15...20 МПа.

При виході з печі з роликової подиною температура тонкого сляба по всій його ширині і довжині постійна, тому зниження температури на кромках штаби по відношенню до температури кінця прокатки за останньою кліттю значно менше, чим на звичайних станах. Завдяки меншому температурному перепаду від середини штаби до її кромки вимоги до аустенітного процесу прокатки за останньою кліттю повністю виконуються, навіть якщо температура кінця прокатки у сталей з низьким змістом вуглецю складає 850-860°C.

Постійність температури по довжині тонкого сляба дає можливість на подальших етапах процесу – при прокатуванні і охолодженні – застосовувати однакові швидкості.

Ножиці 4 аварійного реза перед чистою групою клітей, які повинні забезпечувати можливість роботи печі в холосту при неполадках на прокатному стані, виконані механічними і по конструкції відповідають ножицям 2 для резки безперервно литих заготовок. Перед станом встановлений окалиноламач з високим тиском води.

Всі шість чотиривалкових клітей чистої неперервної групи розташовані на відстані 6 м одна від одної. Діаметри валків: опорних 1600 мм, робочих 800 (830) мм; опорні валки встановлені в ПЖТ, а робочі – на підшипниках кочення. Всі кліті мають безредукторний привід від двоякірних електродвигунів постійного струму потужністю 12000 кВт через шестеренні кліті. Максимальні зусилля металу на валки при прокатуванні 32 МН, максимальні моменти прокатки 0,4-2,3 МН·м. Швидкість переміщення нажимних пристроїв 0,5-1 мм/с. Литі сталеві станини мають прямокутні стійки, перетин стійки близько 8600 см². Робоча кліть – чотиривалкова, при максимальному зусиллі металу на валки при прокатуванні має підвищену жорсткість 8,5 МН/мм. З метою підвищення якості поверхні штаби і зменшення її різнотовщинності в останніх трьох клітях застосовується противоізгиб робочих валків за

допомогою гідравлічних пристроїв. Перед першою чистовою чотиривалковою кліттю встановлений чистовий окалиноламах. Моталки мають чотири формуючі ролики діаметром 380 мм з індивідуальним приводом, центральний приводний барабан діаметром 850 мм. Ролики, що тянуть, різного діаметру (900 і 400 мм), мають індивідуальний привід від електродвигунів. Відвідний рольганг довжиною 100 м складається з пустотілих водоохолоджувальних роликів, які встановлені з прекосом в горизонтальній і вертикальній площинах, дякуючи чому забезпечується стійке положення штаби (що набуває коритоподібну форму) при її транспортуванні з великою швидкістю до моталок. По всій довжині рольганга встановлені душируючі пристрої для охолодження штаби перед змотуванням її в рулон (витрата води близько 2 м^3). Рулон візком-знімачем і після кантовки у вертикальне положення встановлюється на ланцюговий транспортер; рулони об'язуються по діаметру вузькою стрічкою на в'язальній машині, маркуються термостійкою фарбою на спеціальній машині-маркірувальнику, зважуються на автоматичних вагах і прямують в цех холодної прокатки або у відділення резки на листи.

Для контролю і регулювання технологічного процесу на стані встановлені наступні прилади і пристрої: месдозы для вимірювання сили на валки у всіх клітках; безконтактні товщиноміри для вимірювання товщини прокату перед чистовою кліттю і товщини штаби, що виходить з останньої чистової кліті; безконтактні шириномери для вимірювання ширини підкату на проміжному рольганге і ширини штаби за останньою чистовою кліттю; пірометри для реєстрації температури: сляба перед чорновим окалиноламахом, підкату на проміжному рольганге, штаби, що виходить з останньої чистової кліті; штаби перед моталкою; прилади для вимірювання натягання штаби між клітками чистової групи.

На стані передбачено широке застосування локальних систем автоматизації, роботи пристроїв для гидросбива окалини, режиму обтискань в чистовій групі клітей, режиму охолодження штаби на відвідному рольганге, швидкості моталок і транспортерів з рулонами. Для оперативного обліку

всіх даних від локальних систем автоматизації в цеху є електронна обчислювальна машина, що управляє (УЭВМ). Перші кліті чистої групи обладнані системою технологічного мастила.

Стан характеризується наступними основними параметрами:

Товщина штаби на виході, мм	1,0-10,0
Ширина штаби, мм	1000-1800
Зовнішній діаметр рулонів, мм	1000-1950
Внутрішній діаметр рулонів, мм	760
Маса рулонів, т	36
Питома маса рулону, кг/мм	18
Діаметр робочих валків, мм	800
Довжина бочки робочих валків, мм	2000
Діаметр опорних валків, мм	1600
Довжина бочки опорних валків, мм	2000
Максимальне зусилля прокатки, МН	32
Потужність електродвигуна кожної кліті, кВт	12000

3.6 Установки ЛПМ для виробництва тонких штаб

Окрім розглянутого, для виробництва штаб використовують і інші ЛПМ, у складі яких застосовують стан Стеккеля з моталками в печах, планетарний стан Платцена з клітьми кварто для отримання штаб товщиною 1,8 мм або двохклітвий стан, для отримання штаб 4,5 – 6 мм. Технологія прямого відливання використовується для отримання штаб завтовшки 1 – 3 мм (г) [28, 65].

Головним стимулом розвитку ЛПМ з відливанням тонких перетинів і доведенням до мінімуму рівня гарячої деформації в прокатному стані є поліпшення економічних показників. Безперервне відливання рідкої сталі на заготовки з поперечним перетином, який ближче за розмірами до готової продукції, є головним засобом підвищення якості металопродукції в новому столітті. На рис.3.12 подано схему розташування ЛПМ фірми “Даніелі” [28].

Особливий інтерес представляє пряме виливання плоскої штаби і, перш за все, технологія валкового розливання сталевих штаб.

В 1865 р. Г. Бессемер запропонував безсліткову прокатку при розливанні рідкого металу в охолоджувані валки, що обертаються. Проте певні успіхи одержали лише через 100 років [62] (рис. 3.13-3.15). Хоча продукція, що одержується цим способом, застосовується лише в окремих областях, його економічна ефективність сприятиме подальшому розвитку нових технологій. Сьогодні є промислові установки для розливання плоских сталевих штаб (рис.3.15). На заводах низки країн вже одержують у такий спосіб сталевий лист завтовшки 2 – 8 мм і шириною 1000 мм.

Сляб, який виходить з МБЛЗ, попадає у піч 5 на ~30хв і виходить з температурою 1100-1150⁰С. Після обрєзи на ножицях сляб подають кліті 9 через ППУ, в чистову групу клітей 12. Із другої лінії нагрітий сляб паромом (тунельна піч) подають к термостату 7 довжиною 48м, де сляб витримують з температурою 1100-1150⁰С. Печі індукційного нагріву. Сляб має товщину 90мм, а після обтиснення у ролікових проводках МБЛЗ-70мм. В чотирьохвалкової кліті товщина сляба зменьшується до h=18-35мм і раскат прокатують у чистової групі клітей до товщини h=0,8-16мм, шириною B=800-1600мм. Сучасні ВЛПМ подано на рис.3.14, 3.15. ВЛПМ "Кастрін" (рис.3.14) розміщено на ділянці довжиною 155м і шириною 135м. Власна довжина ЛПМ від поворотного стенда 2 до моталок-60м.

ВЛПМ має розливальні валки діаметром D=500мм (на інших ЛПМ до D=1500мм) (матеріал валків -медь). На ЛПМ розливають низьковуглецеві і нержавіючі сталі. Його вартість 100млн.долларів і 500млн.долларів витрати на його розробку [28]. Властивість горячекатаних штаб з ВЛПМ практично однакові зі властивостями холоднокатаних штаб.

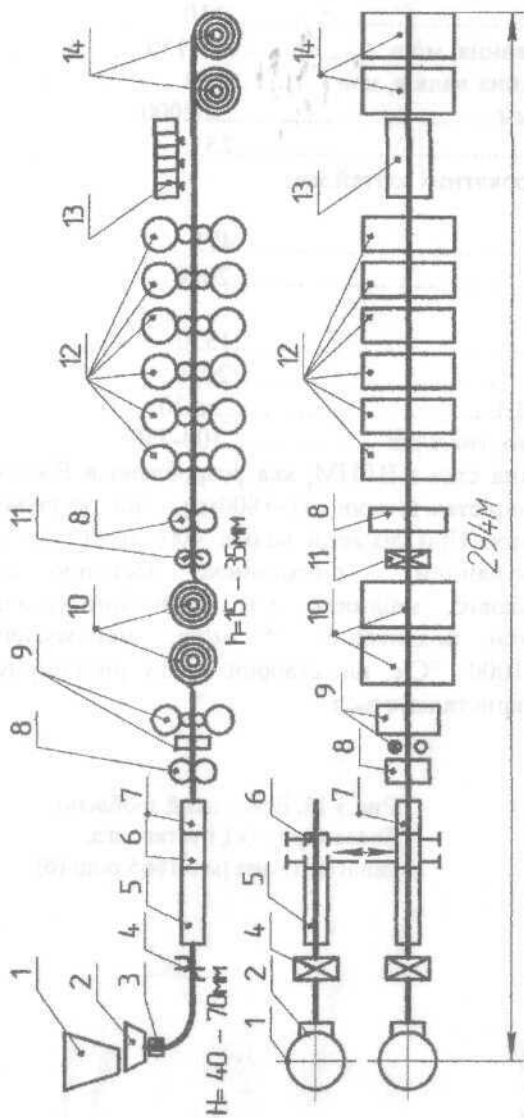


Рис.3.12. Схема розташування основного обладнання ЛПМ фірми "Данісил"[28]: 1 - розливний ковп, 2 - проміжний ковп, 3- кристалізатор, 4 - ножиці, 5 - тунельна п'ч, 6 - паром, 7 - п'ч витримання (теростат), 8 - окислювач, 9 - чорнова універсальна кліть, 10 - ІПЧ, 11 - легючі ножиці, 12 - чистова груша клітей, 13 - душіруюча установка, 14 - моталки.

Технічна характеристика ВЛПМ "Castrip"

Маса плавки, т.....	110
Швидкість розливання, м/хв.....	80-150
Діаметр розливочних валків, мм.....	500
Товщина штаби, мм.....	до 2000
Маса рулона, т.....	25
Розмери валків прокатних клітей, мм:	
робочих:	
діаметр.....	475
довжина бочки.....	2050
опорних:	
діаметр.....	1550
довжина бочки.....	2050
Сила прокати, МН.....	до 30
Річне виробництво, тис. т/рік.....	300-750

На рис.3.15 надана схема ВЛПМ, яка розроблена в Росії і має діаметр валків-кристалізаторів $D=1800$ мм, що суттєво більше, ніж на відомих. При діаметрі валків 400...1000 мм з внутрішнім охолодженням і синхронною частотою їх обертання в двовалкових машинах при розливанні сталі досягають швидкостей розливання 35 м/хв, швидкостей охолодження 100...1000 °С/с, що створює тонку рівномірну структуру металу, що кристалізується.

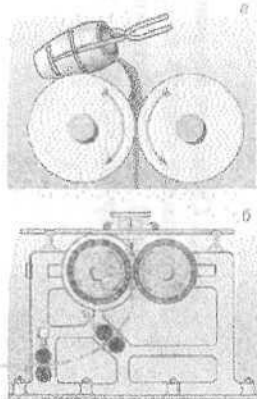


Рис.3.13. Ескіз, який зроблено Бессемером (а), і установка, запатентована їм в 1865 році (б)

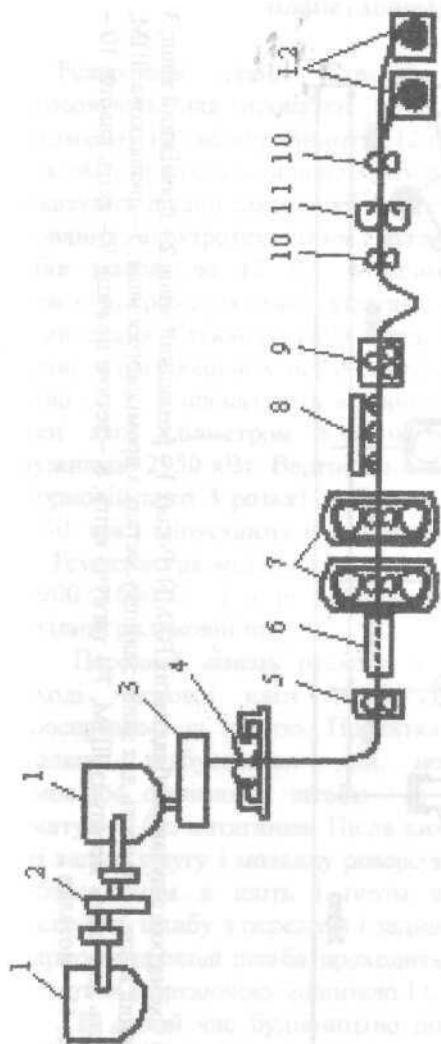


Рис. 3.14. Схема розташування обладнання ВЛПМ в г. Крофордсвіле (США) [28]: 1 – розливний ковш, 2 – поворотний стелд, 3 – проміжний ковш, 4 – ливарно – прокатна машина, 5 – тягнутий ролик, 6 – індукційний нагрівач, 7 – прокатні кліти, 8 – дільниця ламінарного охолодження, 9 – правильно – тягнутий пристрій, 10 – тягнутий ролик, 11 – летючі ножиці, 12 – моталка

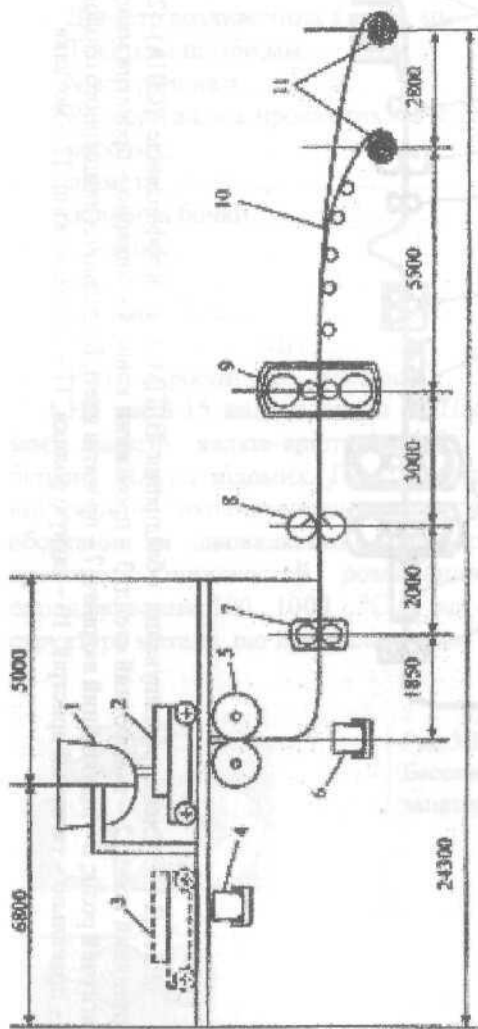


Рис. 3.15 Схема розташування обладнання ВЛМП (Росія): 1 – розливний ківш, 2 – проміжний ківш, 3 – проміжний ківш, 4 – ємкість для зливу залишку металу з проміжного ковша; 5 – двовалкова ЛПМ; 6 – ємкість для зливу металу із ЛПМ; 7 – тягуча клінь, 8 – летюча клінь, 9 – клінь ножиці, 10 – клінь ножиці, 11 – моталки