

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ


КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

**МОДУЛЬ 1
ОБЛАДНАННЯ РОБОЧОЇ КЛІТИ ПРОКАТНОГО СТАНУ**

(для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти)

*Рекомендовано Науково-методичною
радою ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 1 від «8» вересня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозитарії*

Запоріжжя 2022



Механічне обладнання прокатних станів (конспект лекцій).
Модуль 1 - Обладнання робочої кліти прокатного стану (для студентів спеціальності 136 Металургія усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Уклад. Ю.К.Доброносів. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 72 с.


Конспект лекцій містить лекції модуля 1 - Обладнання робочої кліти прокатного стану, в яких розглянуто питання класифікації прокатних станів та робочих клітей, особливості конструкцій типових вузлів та механізмів робочої кліти: вузлів валків робочої кліти, механізмів встановлення та підтримання міжвалкового зазору, вузла станин робочих клітей.

Рекомендовано для студентів спеціальності 136 Металургія другого (магістерського) рівня освіти, що вивчають цей курс як дисципліну вільного вибору.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
металургії, матеріалознавства
та організації виробництва
Протокол № 1 від «28» серпня 2023 р.

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради

 Малій Х. В.
«29 » серпня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023



ЗМІСТ

ВСТУП	4
ТЕМА 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ГОЛОВНА ЛІНІЇ ПРОКАТНОГО СТАНУ	5
1.1 Історія розвитку прокатних станів	5
1.2 Склад устаткування прокатних цехів	8
1.3 Класифікація прокатних станів	10
1.4 Склад обладнання головних ліній прокатних станів	16
Контрольні питання	18
ТЕМА 2. РОБОЧІ КЛІТІ. СКЛАД ОБЛАДНАННЯ. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ	20
2.1 Склад обладнання робочих клітей	20
2.2 Класифікація робочих клітей за розташуванням та кількістю валків	22
Контрольні питання	26
ТЕМА 3. ВАЛКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	27
3.1 Валки робочих клітей	27
3.2 Матеріал валків і технологія їхнього виготовлення	31
3.3 Підшипникові опори прокатних валків. Загальні вимоги	32
3.4 Підшипники ковзання відкритого типу	34
3.5 Підшипники рідинного тертя (підшипники ковзання закритого типу)	36
3.6 Підшипники кочення	39
3.7 Конструкційні особливості підшипникових вузлів	42
Контрольні питання	43
ТЕМА 4. НАТИСКНІ МЕХАНІЗМИ ТА МЕХАНІЗМИ ВРІВНОВАЖЕННЯ ВАЛКІВ	45
4.1 Призначення й типи натискних механізмів	45
4.2 Електромеханічні натискні механізми	46
4.3 Гідравлічні та комбіновані натискні механізми	50
4.4 Пристрої для врівноваження валків	55
4.5 Пристрої для осьового встановлення й фіксації валків	60
4.6 Механізми для виводу валків на рівень прокатки	62
Контрольні питання	64
ТЕМА 5. ВУЗЛИ СТАНИН РОБОЧИХ КЛІТЕЙ	65
5.1 Призначення й пристрій станин робочих клітей	65
5.2 Визначення основних розмірів станин	68
5.3 Установка клітей на фундаменті	69
Контрольні питання	70
Перелік посилань	71
Література, що рекомендується	72



ВСТУП

Механічне обладнання прокатних станів – дисципліна, яку пропонується вивчати тим студентам, які пов'язують свою професійну діяльність з прокатним виробництвом. Технології і машини, що їх реалізують, нерозривно пов'язані між собою. При розробці технологій в основі лежать можливості машин, а машини, в свою чергу, створюються для реалізації технологій. Тому фахівцям, задіяним в прокатному виробництві, знання механічного обладнання прокатних станів є необхідним.

Спеціалізація навчальної дисципліни полягає в забезпеченні формування у фахівців знань про призначення, конструкції і умови функціонування обладнання технологічних ліній прокатних станів та практичних навичок з визначення конструктивних особливостей та принципу дії основного і допоміжного прокатного обладнання.

Очікується, що в результаті вивчення курсу студенти набудуть наступні здатності і спроможності:

- здатність розуміти призначення, конструкції і умови функціонування окремих вузлів та машин технологічних ліній прокатних станів в цілому;
- здатність аналізувати взаємозв'язок прийнятих конструкційних рішень з умовами та особливостями роботи машини;
- здатність складати кінематичні схеми, що розкривають сутність роботи машини;
- спроможність аналізувати конструкції машин прокатних станів з точки зору зручності експлуатації, обслуговування та ремонтпридатності;
- здатність розуміти закономірності компоновання машин у технологічних лініях прокатних станів відповідно до забезпечення найбільшої ефективності технологічних процесів;
- здатність оцінювати переваги і недоліки окремих видів обладнання прокатних станів;
- здатність розуміти перспективи та напрямки розвитку і вдосконалення механічного обладнання прокатних станів;
- спроможність розглядати конструкції машин прокатних станів як об'єкти можливого вдосконалення.

Особливістю дисципліни у порівнянні з традиційними курсами для інженерів-механіків є те, що в ній насамперед вивчаються конструктивні особливості основних і допоміжних машин прокатних станів та їх функціонування при невеликій кількості основних розрахунків самих машин і механізмів. Це витікає з того, що в задачі інженера-технолога або інженера-експлуатаційника не входить проектування машин. Ви повинні розуміти можливості машин та принципи їх устрою і роботи. саме на оволодіння цим розумінням і спрямоване вивчення пропонованого курсу. Слід вказати і на те, що об'єм даного методичного посібника досить значний у порівнянні зі звичайними конспектами лекцій. Це обумовлено тим, що наразі практично відсутня навчальна література з механічного обладнання прокатних станів на державній мові. Тому цей конспект дозволяє частково вирішити цю проблему. При побудові курсу широко використана як традиційна, так і сучасна інформація на основі обробки періодичних джерел та матеріалів провідних світових виробників.



ТЕМА 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ГОЛОВНА ЛІНІЇ ПРОКАТНОГО СТАНУ

Ціль заняття – дати уяву про розвиток прокатних станів, набути знання про класифікацію прокатних станів, склад та призначення машин головної лінії прокатного стану.

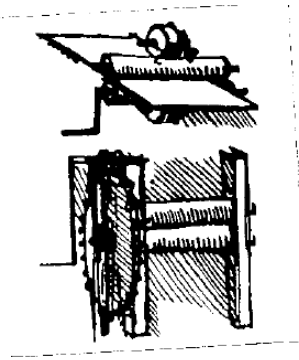
1.1 Історія розвитку прокатних станів

Історія розвитку процесу прокатки охоплює біля п'яти сторіч, починаючись з відомого малюнку Леонардо да Вінчі. Процес деформації в обертових валках спочатку застосовували для здрібнення цукру, зерна, інших продуктів. Так, у період 1448 -1449 р. у Сицилії Пьетро Спеціаль спроектував стан для здрібнення цукру. Відповідно до інформації, що дійшла до нас, стан включав кліть тріо із приводним середнім валком. Все устаткування було виготовлене з дерева. Леонардо да Вінчі запропонував стан з металевими валками й деталями приводу в 1495 р. (рис. 1,1 а). При цьому він указав на можливість прокатки листів із золота, срібла, свинцю шириною до 300 мм. В Англії Бервіс Балмер запатентував в 1588 р. прокатний стан для обробки дорогоцінних металів і заліза, зокрема для виготовлення цвяхів [1, 2].

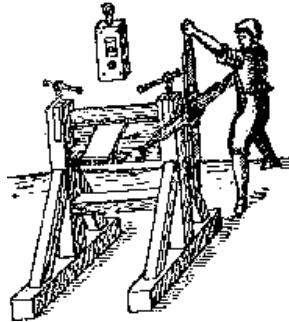
У період 1600-1615 р. у Франції ряд серйозних робіт був виконаний Соломоном Ко (de Caus; відомі варіанти написання прізвища - Кос і Каус). Він не тільки запропонував ряд удосконалень, але й створив та використовував ряд клітей для прокатки свинцю й олова. З метою освоєння дешевої технології виробництва труб для органів С. Ко розробив і описав кліть із валками, подушками й натискними гвинтами. Ця кліть показана на рис. 1.1 б, зробленому зі збереженої гравюри. Кліті С. Ко включали вже такі елементи конструкції, як подушки, станини, робочі валки й натискні гвинти. Оскільки С. Ко не тільки розробляв ідею, але й реалізовував її, він прийшов до необхідності індивідуального регулювання кожної з подушок валків для зміни міжвалкового зазору [1].

Привід (ручний) був передбачений для нижнього валка. Взагалі на той час проблема приводу була однією з основних, бо до появи парової машини не було потужного двигуна. Тому до ХІХ сторіччя використовували ручний, кінський або водяний привід. Ручний привід зберігся і до нашого часу, зокрема в станах, що використовують в ювелірній промисловості (див. рис. 1.1, в).

У книзі Джованні Бранка, виданої в 1629 р. у Римі, було наведено малюнок кліті з передачею крутного моменту до другого валка через шестірню. Сталеві прокатні валки в ХVІІ в. застосовували у Франції на монетних дворах.



a)



б)

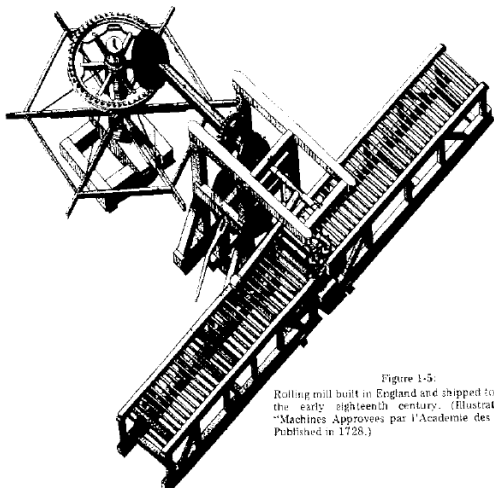


в)

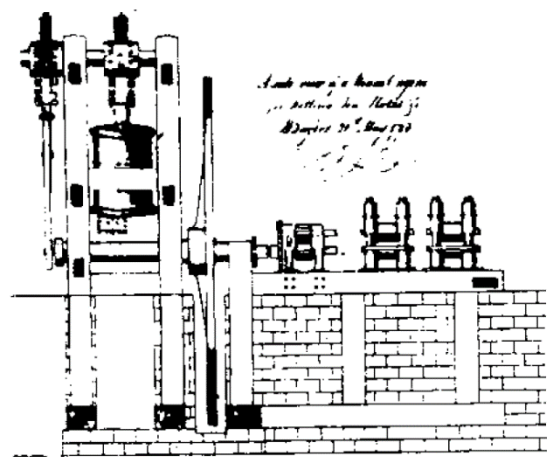
Рисунок 1.1 – Прокатні кліті Леонардо да Вінчі (а), С. Ко (Франція, 1600 р.) (б), та сучасна кліть з ручним приводом (в)

Ці пристрої мали кінний привід (їх називали "кобило") (рис. 1.2,а). В Англії Р. Фол запропонував стан для виробництва дроту, а в Німеччині (і в інших країнах) було запропоновано для гарячої прокатки виготовляти литі робочі валки із чавуну.

Перший стан для гарячої прокатки був створений близько 1686 р. в Англії. Як вихідні заготівки використовували поковки. Джон Ненбері (Англія) запропонував використовувати чавунні валки з вибіленим шаром у поверхні й одержав листи товщиною менш 2 мм. В Англії в 1690-х рр. був застосований реверсивний стан для прокатки листів шириною 3,5 фути, тобто 1,06 м. Цей стан мав систему зубчастих коліс для забезпечення реверса валків, щоб при кінному приводі не повертати коней для реверсування [3].




a)



б)

Рисунок 1.2 – Прокатні стани з колесом для кінського приводу (а) та паровим (б) приводом



У США перший прокатний стан був побудований Петером Олівером в 1751 р. На цьому стані була передбачена прокатка стрічок і смуг з кованих заготовок. Далі із прокату одержували дріт, цвяхи, іншу металопродукцію.

В Англії в 1783 р. Генрі Корт запатентував процес прокатки на обтискних і заготівельних станах у валках з калібрами. М. Корт вніс великий вклад у розвиток прокатного виробництва, тому його називають "батьком технології прокатки". За 10 років (з 1780 р.) він спроектував і побудував чотири прокатних стани. Кліті мали привід від водяних коліс, швидкість прокатки у валках діаметром 279 мм досягала 0,7 м/с (52 об/хв). В основному Г. Корт застосовував ящикові (прямокутні) і круглі калібри (систему калібрування "коло-овал" описав у Франції в 1778 р. Флер, і цю систему далі широко застосовували при прокатці круглих профілів). Наприкінці XVIII в. Джон Хезлдін (Англія) розробив схеми безперервного прокатного стану, які передбачали й можливість кантування прокату поворотом його в провідках [1,3].

Потреби будівництва й використання металоконструкцій привели до освоєння (з 1812 р.) у Франції й у США прокатки кутових профілів. Створення парової машини як достатньо потужного приводу та розвиток залізничних доріг та залізного суднобудівництва дали новий поштовх розвитку прокатного виробництва. Після двохсот років застосування кінного та водяного приводів, а іноді й фізичної сили людини, починаючи з розробок Джона Вілкінсона й Генрі Корта (Англія), як привід прокатних станів почали використовувати парові машини. Їх застосовували аж до початку XX ст., коли вони поступилися місцем більш гнучкому електричному приводу. Розвиток залізничного транспорту та парового залізного суднобудівництва значно збільшив потребу в прокатній металопродукції. В 1820 р Джон Біркіншо (Англія) спроектував стан для виробництва рейок. У Росії перший рейкопрокатний стан був пущений в 1843 р. Георг Бедсон (Англія) розвинув конструкцію безперервних станів з використанням горизонтальних і вертикальних валків, створивши безперервний стан для прокатки дроту із груповим приводом від парової машини безперервної групи клітей, у якій чергувалися кліті з горизонтальним і вертикальним розташуванням валків. Груповий привід здійснювався через конічні зубчасті передачі. Вже тоді були досягнуті швидкості прокатки до 20 м/с [1, 2].

В 1836 р. у Німеччині Альфред Крупп спроектував кліть кварто з робочими й опорними валками. Берн Лаут запропонував свою конструкцію прокатного стану в 1862 р. Стани Лаута, що складаються із двох привідних валків і встановленого між ними холостого валка меншого діаметра, широко застосовувалися для прокатки листів [1].

У другій половині XIX в. потреби військово-морського флоту привели до освоєння прокатки броньових плит. В 1856 р. В.С.П'ятов побудував стан для прокатки броньових плит товщиною до 115 мм (привілей на спосіб прокатки була видана В.С. П'ятову тільки в 1889 р.). В 1861 р. в Англії опанували прокатку броньових плит товщиною 350 мм (фірма "Джон Браун і син").

Уперше електродвигун для приводу прокатних валків був застосований в 1897 р. у Німеччині. у 1902 р. к. Ільгнер (США) створив реверсивний електропривод. два електродвигуни потужністю по 1500 к. с. були використані як привід рейкобалочного стану в Бреддоку. Це дало можливість зробити систему "привід - робоча кліть" більш компактною, надійною, підвищити точність регулювання швидкостей, що важливо для безперервної прокатки. У 1905 р. реверсивний електродвигун використовували в Чикаго (США) для товстолистового універсального стану. Але стани із приводами від парових машин працювали ще багато років - до 1960-х років (в Англії, наприклад, ще в 1910р. компанія "Brumford Ironworks " встановила шести-клітьовий стан гарячої безперервної прокатки листів із приводом від парової машини) [1-3].

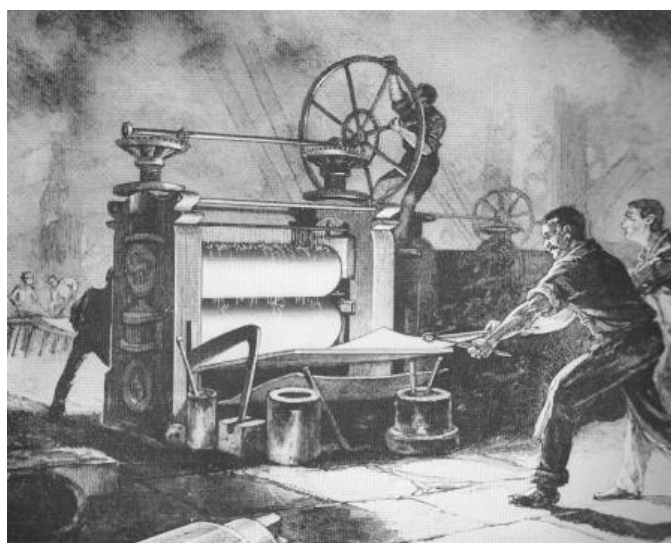



Рисунок 1.3 – Прокатний стан кінця XIX сторіччя

У період 1872-1879 р. був уведений в експлуатацію Донецький металургійний завод під керівництвом Джона Юза (1815-1889 р.). Проект будівництва заводу був розроблений в Англії для виробництва сортового прокату. На Донецькому металургійному заводі були обтискний стан і кілька сортових станів. Так з'явилися перші прокатні стани на території сучасної України.

1.2 Склад устаткування прокатних цехів

Прокатний цех – це виробнича одиниця, призначена для випуску певного виду прокату. Тому прокатні цехи за звичай йменуються по видах продукції, що випускається ними, : сортопрокатний, товстолистовий, трубпрокатний, цех холодної прокатки листів. Виключенням є назва «обтискний цех», що відповідає його функціональному призначенню - обтисненню злитків для перетворення їх у заготівки (напівфабрикати) з метою наступного переділу в готовий прокат. На виробництві прокатним цехом



також називається будівля, у якій розміщується устаткування прокатного стану. За звичай кожний прокатний стан розташовується в окремій будівлі, але стани для холодної прокатки листів, а також стани спеціального призначення, через їхні малі розміри й невелику кількість допоміжного устаткування, розташовуються по декілька в одному цеху.

Прокатний стан – це комплекс агрегатів, машин і механізмів, призначених для прокатки, транспортування й обробки прокату [4,5].

Агрегат – комплекс машин і механізмів, призначений для виконання певного технологічного процесу. Наприклад, травильний агрегат, що включає розмотувач рулонів, ванну для травлення смуги в розчині кислот з метою видалення окалини, ванну для промивання травленої смуги, сушильну камеру, машину для нанесення на смугу змащення й моталку для змотування смуги в рулон.

Машина – механізм і двигун або комплекс механізмів із загальним або окремим двигунами для виконання певної технологічної операції. наприклад, робоча кліть прокатного стану, що здійснює обтиснення металу.

Все устаткування прокатних цехів ділиться на основне й допоміжне [4].

Основним називається устаткування, що безпосередньо здійснює пластичну деформацію металу, тобто прокатку. Це – прокатні кліті.

Все інше устаткування прокатного цеху відноситься до допоміжного. Воно забезпечує:

- транспортування металу уздовж технологічної лінії, від одного агрегату або машини до іншої за допомогою рольгангів, транспортерів і спеціальних машин, і поперек технологічної лінії за допомогою шлеперів. Між агрегатами метал передається переважно рольгангами або конвеєрами. Сюди ж відносяться й крани, без яких неможливі хід технологічного процесу й ремонту;

- виправлення металу після прокатки для придання йому правильної геометричної форми за допомогою правильних машин;

- обрізання нерівних кінців розкатів і розрізання їх на мірні довжини або вузькі смуги, а також вирізання дефектів і проб для механічних випробувань – за допомогою різноманітних ножиць або дискових пил;

- змотування смуг у рулони і їхнє розмотування за допомогою моталок і розмотувачів;

- термічну або термомеханічну обробку прокату для поліпшення комплексу його механічних властивостей;

- кантування й складування прокату, зачищення його поверхні, травлення окалини, контроль якості та інші допоміжні операції [4,5].

Обладнання, розташоване в певній послідовності відповідно до технологічних операцій на даному стані, називається технологічною лінією прокатного стану. Саме механічне обладнання технологічних ліній різних прокатних станів становить предмет даного курсу.

1.3 Класифікація прокатних станів

1.3.1 Класифікація за призначенням

За призначенням розрізняють наступні види станів [4-6].

Обтискні стани – блюмінги для виробництва заготовок сортопрокатного виробництва – блюмів, та слябінги для виробництва заготовок листопрокатного виробництва – слябів. Позначаються по номінальному діаметру валків: блюмінг 1300, слябінг 1150. Режим роботи – реверсивний. Число клітей – найчастіше одна. Швидкість прокатки – до 6 м/с. Річна продуктивність – до 6 млн.т. Вихідний матеріал – зливки.

Заготовочні стани – за звичай безперервні (БЗС). Призначені для виробництва сортових заготовок квадратного перерізу 60x60...80x80 мм. Типовий представник – вітчизняний БЗС 900/700/500. Має 14 клітей трьох типів з діаметрами валків 900, 700 і 500мм. Швидкість прокатки V_{\max} – до 7м/с. Річна продуктивність – до 5 млн.т. Вихідний матеріал – блюми.

Рейкобалкові стани (РБС) – за звичай лінійного типу з діаметром валків 800÷850мм. Число клітей – до 4. Річна продуктивність – до 1,5 млн.т. Швидкість прокатки - до 4м/с. Вихідний матеріал - блюми. Основна продукція – рейки 38-75 кг/п.м. і балки до №60.


Крупносортні стани – напівбезперервні або з послідовним розташуванням клітей, але зустрічаються ще старі стани лінійного типу. Діаметр валків – 560÷800мм. Найбільший у Європі стан 600 АМК має 17 клітей, швидкість прокатки V_{\max} – до 10м/с. Річна продуктивність – 1,6 млн.т. Вихідний матеріал – блюми. Продукція – круглий прокат діаметром до 120мм, балки різного перетину до №20.

Середньосортні стани – переважно безперервного типу. Діаметр валків – 350-550мм. Типовий вітчизняний середньосортний стан 350 має число клітей – 14, річну продуктивність – 1млн.т. Швидкість прокатки – до 15м/с. Вихідний матеріал – заготовки 170x170мм. Продукція – круглий прокат діаметром до 75мм, кутики до 90x90мм.

Дрібносортні стани – переважно безперервного типу. Діаметр валків – 250-330мм. Типовим є вітчизняний дрібносортний стан 250. Має число клітей – 23, річну продуктивність – 0,8млн.т. Швидкість прокатки – до 20м/с. Вихідний матеріал – заготовки 80x80мм. Продукція – круглий прокат діаметром до 30мм, кутики до 40x40мм.

Дротопрокатні стани – безперервні з діаметром валків 150-280мм. Вітчизняні стани 250 мають 37 клітей. Швидкість прокатки – до 46 м/с. Річна продуктивність – 0,8млн.т. Вихідний матеріал - заготовки 80x80мм. Продукція – катанка діаметром 6-9мм. Закордонні дротопрокатні стани із чистовими клітями у вигляді блоків мають швидкість прокатки до 120м/с.

Товстолистові стани (ТЛС) – в основному двохклітьові (стан 3000 АМК). Іноді оснащуються третьою кліттю з вертикальними валками (стан 3600 «Азовсталь»). Довжина бочки ТЛС – 2250-5500мм. Річна продуктивність – до 3,6млн.т. Режим роботи – реверсивний. Швидкість прокатки – 4-



5м/с. Вихідний матеріал – сляби, іноді – злитки. Готова продукція – товсті листи ($H= 4-50$ мм. B – до 5000 мм) та плити ($H \geq 50$ мм).

Широкоштабові стани гарячої прокатки (ШСГП) – безперервні (БШПС) і напівбезперервні (НБШПС). Довжина бочки – $1300 \div 3050$ мм, але в більшості – $2000 \div 2300$ мм. В перших чорнова група виконана з послідовним розташуванням клітей і безперервним режимом роботи, а в других – у вигляді однієї-двох реверсивних клітей. У БШПС число клітей – $11 \div 15$, НБШПС мають $6 \div 10$ клітей, V_{\max} – до 20м/с, продуктивність до 2,5 млн.т. Прокатуються смуги $1 \div 27$ мм із литих слябів масою до 45т. НБШПС застосовують при відносно невеликих обсягах виробництва й складному сортаменті, що включає як штаби в рулонах, так і товсті листи з високолегованих і спеціальних марок сталей. У БШПС число клітей – $11 \div 15$, НБШПС мають $6 \div 10$ клітей, V_{\max} – до 20м/с, продуктивність до 2,5 млн.т. Прокатуються смуги $1 \div 27$ мм із литих слябів масою до 45т. НБШПС застосовують при відносно невеликих обсягах виробництва й складному сортаменті, що включає як штаби в рулонах, так і товсті листи з високолегованих і спеціальних марок сталей.

Стани Стекеля (або стани з моталками в печах) – це реверсивні одно-двохклітьові стани, у яких по обидва боки чистової кліті розташовані моталки в камерних печах, завдяки яким при прокатці здійснюється підігрів та накопичення тонкої штаби. Це запобігає охолодженню металу при реверсивній прокатці. Довжина бочки – 915-1675мм. Швидкість прокатки - 6-10м/с. Річна продуктивність – 0,5-1,4млн.т. Вихідний матеріал - сляби масою до 12т. Продукція – смуги товщиною 0,8-8мм шириною до 1525мм.

Стани холодної прокатки (СХП) – підрозділяються на безперервні й реверсивні. Безперервні мають $3 \div 5$ клітей з довжиною бочки $1200 \div 2500$ мм. Швидкість прокатки – до 40м/с. Річна продуктивність – $0,55 \div 1,4$ млн. т. Вихідний матеріал – гарячекатані смуги товщиною $1,2 \div 6,5$ мм у рулонах масою до 45т. Продукція – смуги товщиною $0,15 \div 38$ мм шириною до 2080мм. Для прокатки жерсті застосовуються безперервні 6-ти клітьові стани з довжиною бочки $1300 \div 1420$ мм, V_{\max} – до 37м/с, $Q = 0,5 \div 0,7$ млн.т. Вони виробляють жерсть товщиною $0,08 \div 0,15$ мм із гарячекатаних смуг товщиною $1,5 \div 3,5$ мм. Одноклітьові реверсивні стани мають багато різних конструкцій. Довжина бочок валків у них – $200 \div 2285$ мм, V_{\max} – до 20м/с, продуктивність до 0,2 млн.т. Продукція - смуги товщиною $0,1 \div 4,0$ мм із гарячекатаних смуг товщиною $1,5 \div 6,5$ мм. У цей же клас входять багатовалкові (20-ти й більше) стани для прокатки фольги. Останнім часом з'явилися двохклітьові реверсивні стани продуктивністю до 700 тис.т.

Дресирувальні стани – для холодної прокатки листів і смуг з малими (до 8 %) обтисненнями. Дресировання застосовується для одержання наклепу поверхневих шарів металу, що необхідно для холодного листового штампування.

Трубопрокатні стани (агрегати) – відрізняються великою розмаїтістю конструкцій. До них відносять прошивні стани для одержання гільз із трубних

заготовок. Для перетворення гільз у труби застосовуються автомат-стани, безперервні стани, пільгер-стани, розкатні трьохвалкові стани поперечно-гвинтової прокатки. Для зменшення діаметра труб і одержання їхніх точних розмірів використовуються редуційні і калібрувальні стани. Все це устаткування буде докладно вивчатися в курсі трубного виробництва.

Стани спеціального призначення – для виробництва спеціального прокату. До них відносять:

а) профілезгинальні стани – для виробництва гнутих профілів позовжною прокаткою за допомогою згину в холодному стані зі смуг і листів товщиною 0,1÷20мм і шириною до 2000мм. Гнуті профілі (кутики, швелери, хвилясті листи й т.д.) легше гарячекатаних і мають більш високу чистоту поверхні. Їхнє застосування замість гарячекатаних дозволяє заощаджувати до 25%; металу;

б) деталепрокатні стани:

стани для прокатки круглих періодичних профілів – східчастих і конічних валів і осей, торсіонних валів і т.п. за допомогою поперечно-гвинтової прокатки на трьохвалкових станах з конічними валками та станах поперечно-клинової прокатки; стани поперечно-гвинтової прокатки коротких тіл кочення; стани поперечно-гвинтової прокатки деталей з гвинтовими поверхнями; стани поперечної прокатки для накатування зубчастих коліс, робочих поверхонь залізничних коліс тощо.

1.3.2 Класифікація за розташуванням робочих клітей

За цією ознакою всі прокатні стани підрозділяють на наступні [4].

Одноклітьові стани. Це великі обтискні й товстолистові стани. Для збільшення сумарної деформації вони за звичай працюють у реверсивному режимі.

Лінійні стани. Так називаються тому, що в них декілька (2÷5) робочих клітей встановлено в одну лінію (рис.1.4).

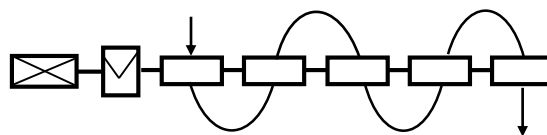


Рисунок 1.4 – Стан лінійного типу

У минулому цей тип станів широко застосовувався для прокатки сорту й дроту, а в наш час застосування лінійного розташування клітей вважається доцільним тільки для рейкобалкових та крупносортних станів.

Стани з послідовним розташуванням клітей. Прокатні кліті розташовуються уздовж технологічної лінії. Є наступні різновиди:

а) двохклітьові реверсивні (рис.1.5).

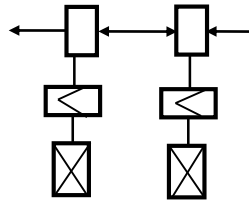


Рисунок 1.5 – Двохклітьовий реверсивний стан

Цей варіант застосовується для товстолистових станів

б) багатоклітьові – з послідовним розташуванням клітей на відстанях, що перевищують довжину розкатів (рис.1.6), тому до виходу розкату з попередньої кліті він не задається в наступну:

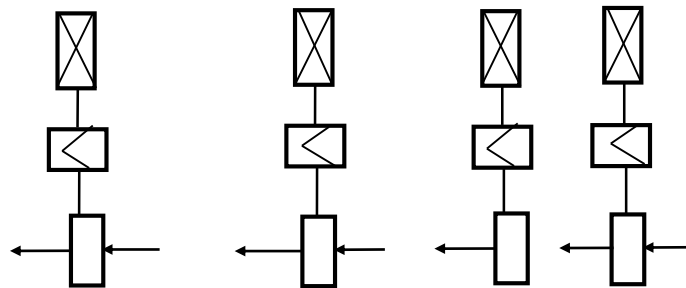


Рисунок 1.6 – Послідовне розташування клітей багатоклітьового стану

Це забезпечує незалежність процесу прокатки в кожній кліті. Оскільки в результаті деформування розкату подовжуються, то відстані між клітьями збільшуються. При великій кількості клітей це приводить до надмірного збільшення довжини стану. Тому кліті розташовують у кілька технологічних ліній. Є два варіанти такого розташування:

стани послідовно-зворотні або «крос-коунтри». Кліті розташовуються в паралельні (зазвичай три) лінії з передачею розкатів з однієї лінії на іншу спеціальними пристроями (рис.1.7).

Цей варіант розташування клітей зазвичай використовується для крупносортих станів

«Шахові» стани, у яких останні кліті розташовані в шаховому порядку для передачі розкатів у поздовжньому напрямку (див.рис.1.7, б).

Безперервні стани – характерні тим, що метал одночасно прокатується в декількох клітьях. Для цього кліті встановлюються в безпосередній близькості друг від друга (рис.1.8).

За звичай кліті безперервних станів поєднуються в чорнову й чистову групи. По такій схемі виконують середньо- і дрібносортих стани й д्रो-топрокатні стани.

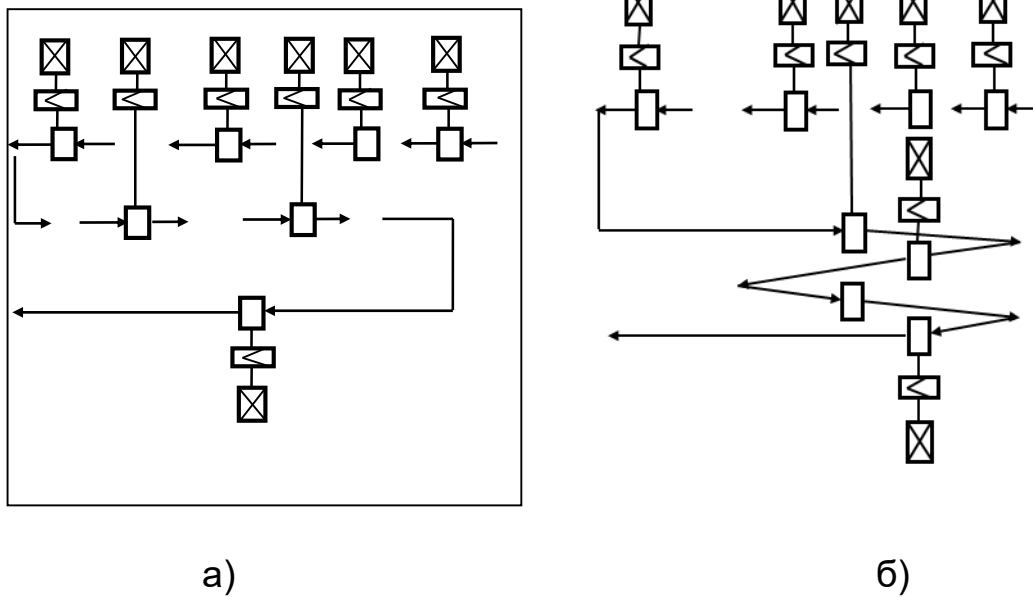


Рисунок 1.7 – Послідовно-зворотний (а) та шаховий (б) стани

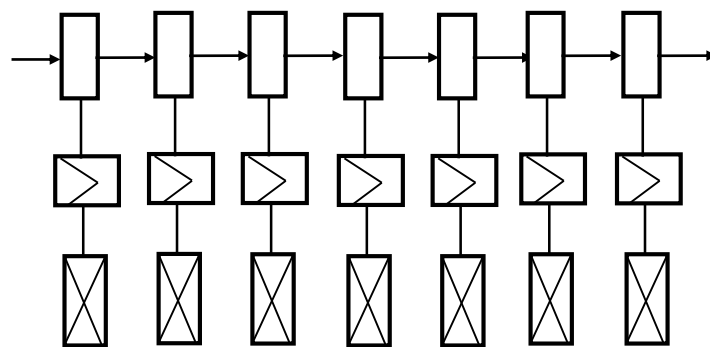


Рисунок 1.8 – Безперервний стан

Напівбезперервні стани – складаються з реверсивної кліті і безперервної групи. У силу традиції такі стани називаються безперервними широкоштабовими (БШПС). Крім того, є стани із двома реверсивними клітями й безперервною чистовою групою. Для прокатки крупного сорту застосовують напівбезперервні стани з безперервною чорною групою й послідовно-зворотною чистовою.

Комбіновані стани – з лінійним і послідовним розташуванням клітей.

1.3.3 Класифікація прокатних станів за режимами роботи

Реверсивний режим роботи – прокатка йде зі зміною напрямку обертання валків і руху прокату на зворотний. Швидкісні діаграми реверсивного режиму наведені на рис. 1.9. Завдяки реверсивності в одній кліті можна робити багато проходів і таким чином здійснювати значну сумарну деформацію. Але продуктивність при цьому значно зменшується [4, 7].



2. Нереверсивний режим роботи (рис.1.10). – валки обертаються в одному напрямку й напрямку руху металу при прокатці не змінюється. Під-розділяється на режими:

а) з постійною швидкістю прокатки (див.рис.1.10,а). Реалізується при установці в клітях синхронних двигунів;

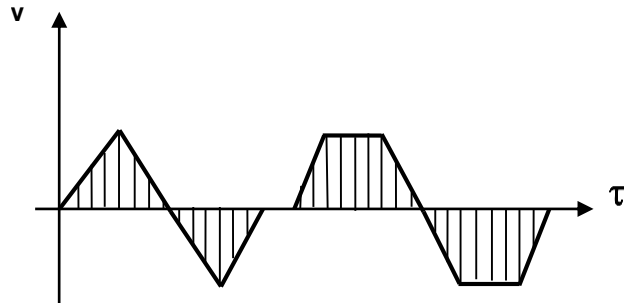


Рисунок 1.9 – Швидкісна діаграма реверсивного режиму

б) з рідко змінюваною швидкістю (при переході на прокатку іншого профілю) – (див. рис.1.10,б). Має місце на сортових станах з послідовним розташуванням клітей;

в) зі зменшуваною швидкістю в проході (рис.1.10,в) – на лінійних станах з маховиками, які віддають енергію при зменшенні швидкості їхнього обертання, компенсуючи недостатню потужність двигуна;

г) з регульованою швидкістю в проході (рис.1.10,г) – швидкість зменшується при захоплюванні й викиді металу.

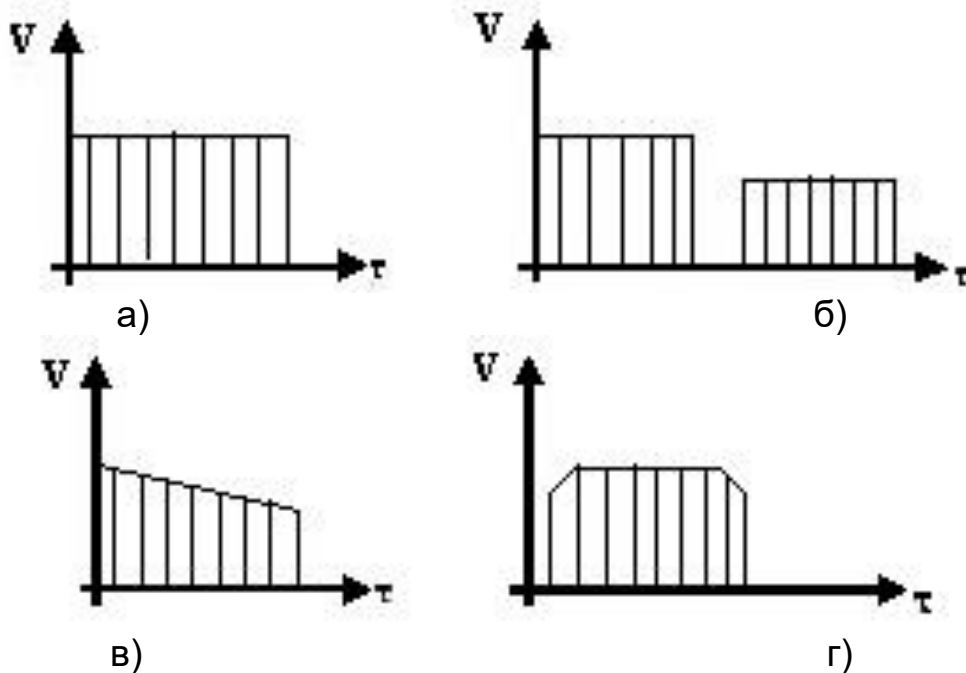


Рисунок 1.10 – Швидкісні діаграми нереверсивних режимів

1.4 Склад обладнання головних ліній прокатних станів

Машини й механізми, призначені для обертання валків робочої кліті і для створення та сприйняття сил, що виникають при пластичній деформації металу, складають головну лінію прокатного стану. Від головної лінії слід відрізнити технологічну лінію, під якою розуміють лінію, уздовж якої метал переміщується в процесі прокатного переділу. Розрізняють головні лінії загального типу, безредукторні та з індивідуальним приводом валків [4, 8].

Головна лінія стану у загальному випадку містить (рис.1.11):

- робочу кліть (1) (або кілька клітей у станах лінійного типу), у якій здійснюється прокатка;
- шпинделі (2), вали для передачі обертового руху під змінними кутами;
- двигун (3), за звичай це електродвигуни постійного струму з паралельним зрушенням, але в наш час все ширше використовуються синхронні;
- шестеренну кліть (4), у якій обертальний момент від одного двигуна розподіляється між декількома валками робочої кліті;
- редуктор (5), для зменшення числа обертів валків (нині встановлюється рідко у зв'язку з наявністю низькообертових електродвигунів);
- сполучні муфти - моторну (6) (між двигуном і редуктором), корінну (7) (між вихідним валом редуктора й шестеренною кліттю);
- пристрій для врівноваження шпинделів (8), шпindelний стіл (надалі на всіх рисунках головних ліній позначки зберігаються)

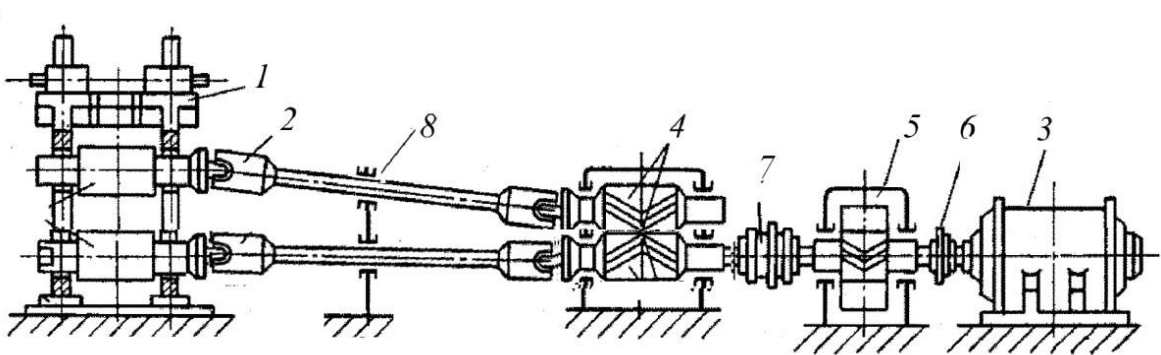


Рисунок 1.11 – Головна лінія загального типу

Головна лінія з безредукторним приводом кожного валка (рис.1.12) включає робочу кліть (1), шпинделі (2), електродвигун (3), шестеренну кліть (4), моторну муфту (6) та шпindelний стіл (8).

Таку схему використовують, якщо кутлова швидкість валків дорівнює кутовій швидкості двигуна в межах його регулювання. В цьому випадку один двигун також приводить обидва валки.

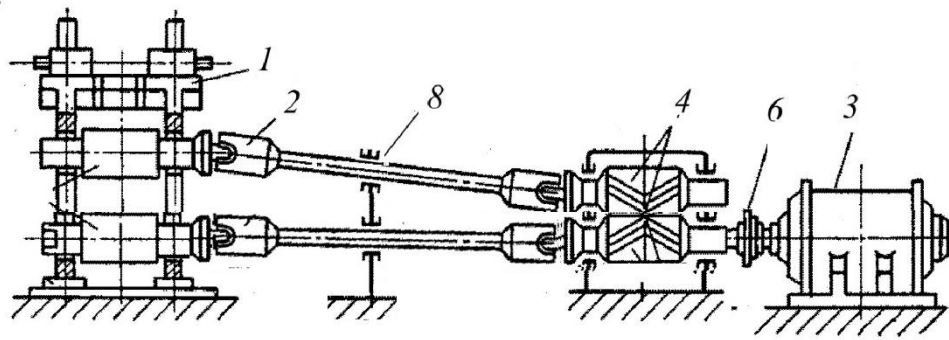


Рисунок 1.12 – Головна лінія з безредукторним приводом

Головна лінія з індивідуальним приводом кожного валка (рис.1.13) включає два електродвигуни 3, які через шпинделі 2, передають обертотий рух валкам робочої кліти 1. Оскільки двигуни 3 рознесені, для передачі обертання від дальнього двигуна використовують трансмісійний вал 9. Така схема використовується у випадках, коли потужності одного двигуна не вистачає для реалізації прокатки або на станах з кінематичною (швидкісною) асиметрією обертання валків. В наш час така схема найбільш поширена для великих робочих клітей обтискних та товстолистових станів.

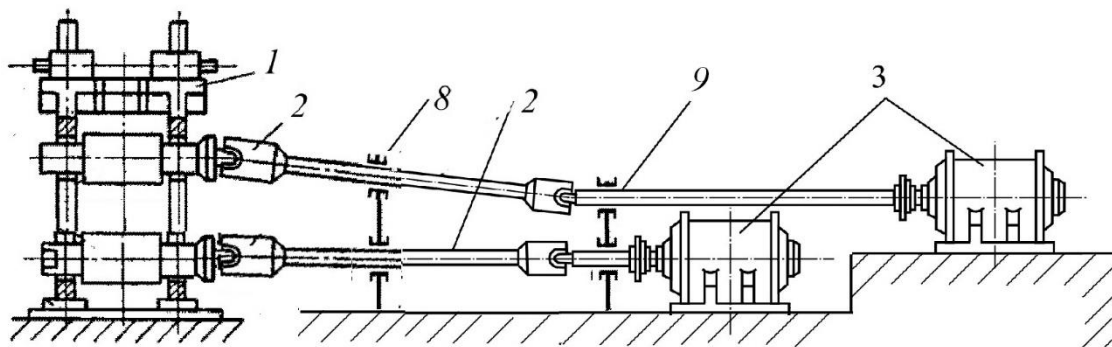


Рисунок 1.13 – Головна лінія з індивідуальним приводом

Перевагами цього варіанту є кращі динамічні якості через малий момент інерції деталей приводу, менша вартість механічного устаткування. Недоліки – більша вартість електроустаткування й необхідність електричної синхронізації обертання валків.

Менш розповсюдженим є варіант з установкою всіх клітей стану в одну лінію (лінійні стани). Він виник у ХІХ столітті, коли основним видом двигуна в прокатному виробництві була парова машина (див. рис. 1.2, б). Її особливістю були погана робота на реверс і відносна дорожнеча. Тому намагалися від однієї такої машини приводити всі кліті стану. Це змусило вести прокатку у двох рівнях з використанням клітей тріо, що забезпечило реверсивний режим роботи клітей без реверсування приводу (рис.1.14) [6, 8].

У цьому варіанті двигун 3 через моторну муфту 6, редуктор 5, корінну муфту 7, шестеренну кліть 4 передає обертовий рух шпинделям 2 і першій робочій клітці 1, від якої через шпинделі 10 приводяться наступні робочі клітці (рис.1.15).

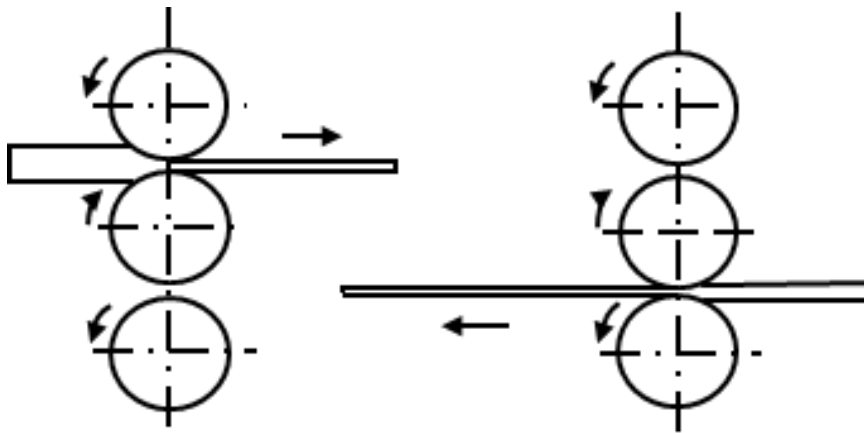


Рисунок 1.14 – Прокатка в клітці тріо у двох рівнях

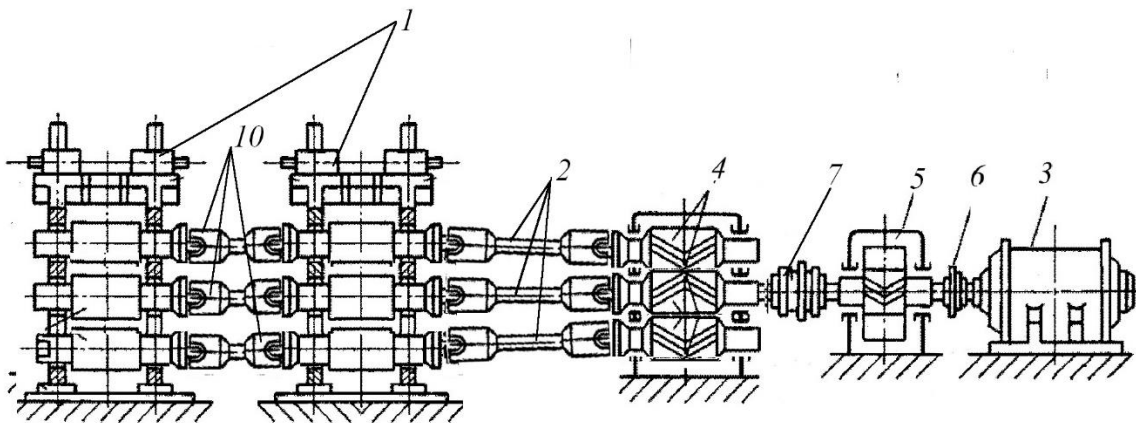


Рисунок 1.15 – Головна лінія з лінійним розташуванням клітей тріо


У наш час цей варіант застосовується на старих сортових станах і на сучасних рейкобалкових, де лінійне розташування клітей вигідне з погляду технології.

Контрольні питання

- 1 Дайте визначення прокатного цеху та прокатного стану.
2. Які основні і допоміжні операції виконуються у прокатних цехах?
- 3 Що називають технологічною лінією прокатного стану?
- 4 За якими ознаками класифікують прокатні стани?
5. Як класифікують прокатні стани за призначенням?
6. Охарактеризуйте прокатні стани за розміщенням робочих клітей.
7. Чому при послідовному розташуванні робочих клітей відстань між ними збільшується?



8. Яка різниця між станами з послідовним розташуванням клітей та безперервними?
- 9 Чим обумовлена схема з лінійним розташуванням клітей?
10. Як класифікують стани за режимами роботи?
11. Що називають головною лінією прокатного стану?
12. Укажіть призначення машин і механізмів головної лінії прокатного стану.
13. У яких випадках використовують головну лінію з безредукторними приводом?
- 14 У яких випадках використовують головну лінію з індивідуальним приводом?



ТЕМА 2. РОБОЧІ КЛІТІ. СКЛАД ОБЛАДНАННЯ. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

Ціль заняття – набути знання про класифікацію робочих клітей прокатних станів, склад та призначення вузлів і механізмів робочих клітей прокатних станів.

2.1 Склад обладнання робочих клітей

Робоча кліть прокатного стану – основна машина прокатного виробництва, у якій здійснюється пластична деформація валками, що обертаються. Від конструкції робочої кліті в значній мірі залежать всі показники роботи прокатного стану: продуктивність, якість продукції, витрата енергетичних і матеріальних ресурсів [4].

Незважаючи на величезну розмаїтість конструкцій, більшість робочих клітей станів поздовжньої прокатки принципово однакові й складаються з наступних вузлів і механізмів:

Валковий комплект, що включає валки (робочі й опорні), підшипники валків, подушки (корпуси підшипників). Іноді до валкового комплекту входять гідроциліндри врівноваження або системи протизгину валків.

Вузол станин, що складає із двох станин (лівої і правої по ходу технологічної лінії) і траверс або шпильок, що їх з'єднують. Станини - це масивні рами, що сприймають всі сили, які виникають при прокатці, тобто вони є корпусом робочої кліті. У отворах (вікнах) станин встановлюються подушки валків.

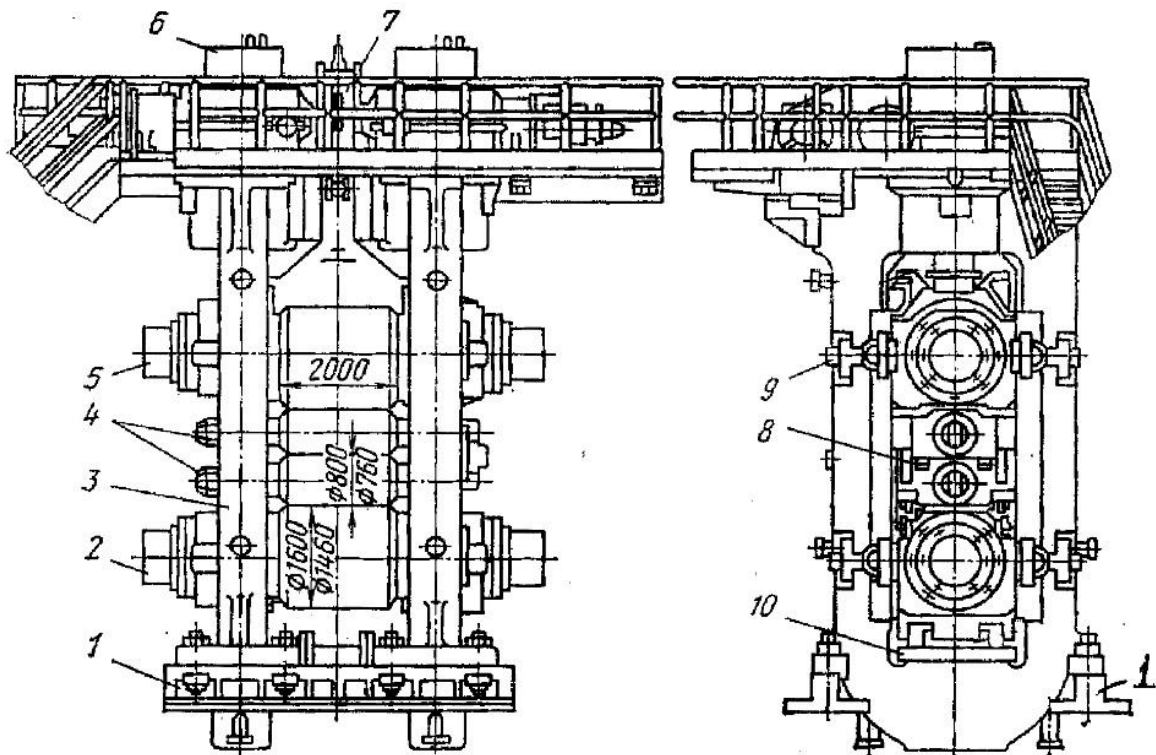
Натискні механізми і пристрої для врівноваження, які різноманітні за конструкцією, але спільно виконують ту саму функцію – зміну розчину валків (міжвалкового зазору) у паузах між проходами й підтримку його сталості – під час проходів. Іноді (для регулювання товщини смуги) натискні механізми на листових станах змінюють розчин валків і під час прокатки.

Механізм осевого регулювання й фіксації, що забезпечує необхідну установку валків у горизонтальній площині відносно один одного та відносно станин і утримання їх у цьому положенні при прокатці.

Привалкова арматура – лінійки, проводки, проводкові бруси, ножі – для позиціонування прокату у необхідному положенні при вході й виході з валків і утримання при прокатці.

Фундаментні плити – масивні лінійки, на які встановлюється кліть із метою зменшення питомого навантаження на фундамент [4].

На рис. 2.1 показана типова робоча кліть кварто.



1 – фундаментні плити, 2 – вузол нижнього опорного валка, 3 – вузол станин, 4 – вузли робочих валків, 5 – вузол верхнього опорного валка, 6 – натискний механізм, 7 – механізм врівноваження опорного валка, 8 – механізм врівноваження робочого валка, 9 – клямки для фіксації валків, 10 – пристрій виведення валків на рівень прокатки

Рисунок 2.1 – Робоча кліть кварто

Крім перерахованих вище основних деталей і вузлів, робочі кліті оснащуються різними допоміжними пристроями:

- системою охолодження валків або подачі технологічного змащення;
- системами гідрозгину валків або іншими механізмами профілювання міжвалкового зазору для зменшення поперечної різнотовщинності листів і смуг;
- датчиками сили прокатки - месдозами або тензометрами;
- системою централізованої подачі змащення до всіх механізмів і вузлів кліті.



2.2 Класифікація робочих клітей за розташуванням та кількістю валків

За цією ознакою розрізняють 5 типів клітей: з горизонтальними валками, з вертикальними валками, універсальні, з косорозміщеними валками, інші [4].

2.2.1 Кліті з горизонтальними валками

Дуо – з однією парою робочих валків (рис.2.2).

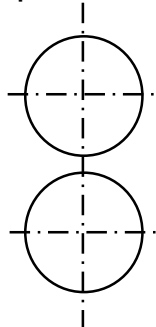


Рисунок 2.2 – Кліть дуо

Застосовуються на блюмінгах, БЗС, сортових станах, у чорнових клітях деяких листових станів.

Кліті тріо – із трьома валками сортові (рис.2.3,а) і тріо Лаута для прокатки листів (рис.2.3,б).

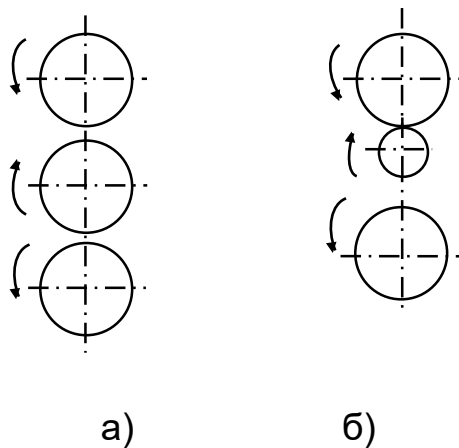


Рисунок 2.3 – Кліті тріо: сортова (а) та тріо Лаута (б)

У тріо Лаута середній валок – неприводний і має менший діаметр. При прокатці він по черзі притискається до верхнього й нижнього валків, забезпечуючи тим самим реверсивну прокатку при нереверсивному приводі з різними обтисненнями.

Кліті кварто – с чотирма валками. Мають пару робочих валків меншого діаметра й пару опорних - більшого (рис.2.4).

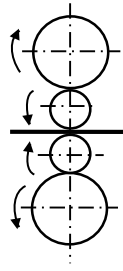


Рисунок 2.4 – Квітть кварто

У наш час це найпоширеніша конструкція в листопрокатному виробництві, оскільки забезпечує одержання високої точності й площинності листів і смуг. Поява квіттей кварто була обмовлена намаганням зменшити діаметр робочих валків. Відомо, що потребуєма сила прокатки пропорційна довжині осередку деформації, який, в свою чергу, залежить від радіусу валка. Тобто для однакової прокатки в валках більшого діаметру потрібна більша сила. Однак зменшення діаметру робочих валків зменшує їхню міцність, в першу чергу на згин. У квіттях кварто (та інших квіттях з опорними валками) ця міцність «винесена» саме на опорні валки, що дозволяє суттєво зменшити діаметр робочих валків.

Шестивалкові квітти (рис. 2.5).

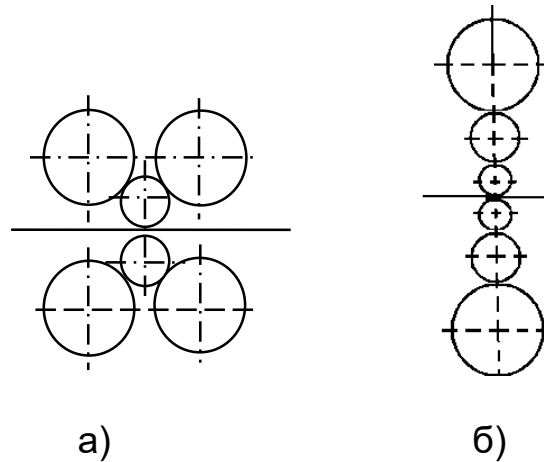


Рисунок 2.5 – Шестивалкові квітти: квітть Сензиміра (а), квітть з напівопорними валками (б)

Існують два типи шестивалкових квіттей. Перший (рис 2.5,а) був початковим варіантом багатовалкових квіттей Сендзиміра. Призначався для одержання високої жорсткості валкового комплекту при малому діаметрі робочих валків, що необхідно при холодній прокатці смуг. Холодну прокатку ведуть з натяженням, яке викликає горизонтальний згин робочих валків і опорними валками квіттей кварто не сприймається. Тому для подальшого зменшення діаметрів робочих валків необхідно, щоб опорні сприймали і горизонтальне навантаження. Таким вимогам відповідає схема на рис.

2.5,а. Другий (рис.2.5,б) є розвитком варіанту кварто з проміжними напівпорними валками, які призначені, насамперед, для профілювання міжвалкового зазору шляхом їхнього осьового зсуву. Використовуються як чистові кліті на деяких станах гарячої, а також холодної прокатки [4, 9].

Багатовалкові кліті (рис. 2.6) мають дуже високу жорсткість і завдяки неприводним робочим валкам дуже малого діаметра забезпечують викатування найтонших стрічок і фольги. Приводними в цих клітях є опорні валки, що перебувають у контакті з робочими .

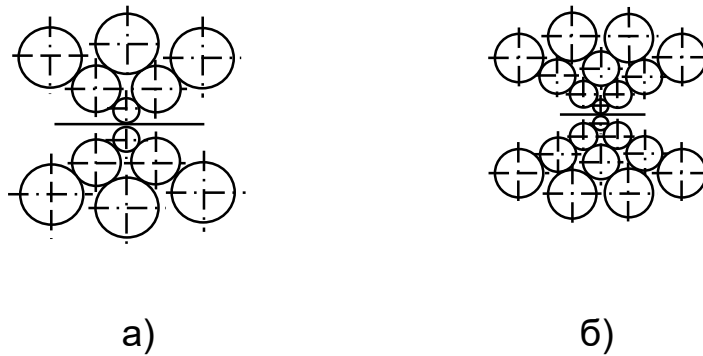


Рисунок 2.6 – Дванадцятивалкова кліть (а) та двадцятивалкова кліть (б)

Останнім часом за кордоном створені кліті із ще більшим числом валків (до 36) (рис.2.7).

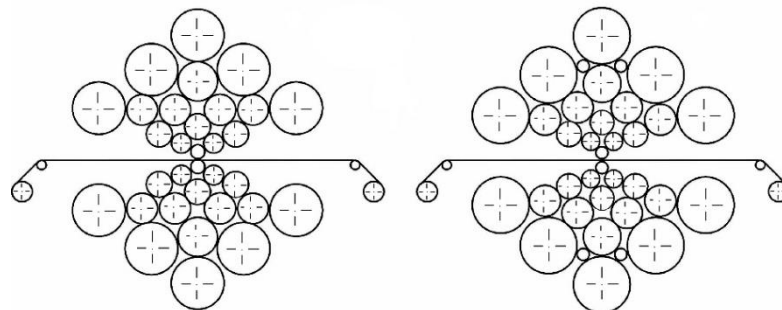


Рисунок 2.7 – Багатовалкові кліті

Планетарні кліті Сендзіміра (рис. 2.8). Мають два опорних валка й велику кількість робочих валків, що обертаються навколо них. Робочі валки неприводні й обертаються в напрямку, протилежному руху металу. Ці кліті забезпечують обтиснення за прохід 90-95%. Застосовуються для прокатки листів і смуг з важкодеформуємих марок сталей і в складі окремих ливарно-прокатних агрегатів (ЛПА).Через складність конструкції широкого застосування не одержали.

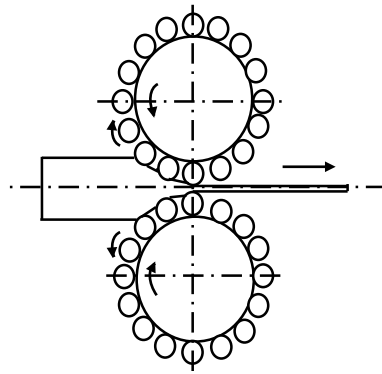


Рисунок 2.8 – Планетарна кліть

2.2.2 Кліті з вертикальними валками – двохвалкові

Застосовуються в складі безперервних груп сортових станів, у якості вертикальних клітей БШС і ТЛС, для керування формою розкатів у плані на ТЛС і в редукційних агрегатах.

2.2.3 Універсальні кліті – з горизонтальними і вертикальними валками. Є два різновиди (рис.2.9):

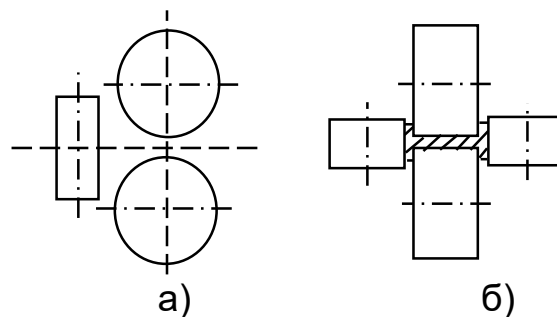


Рисунок 2.9 – Схеми універсальних клітей: листової (а) та сортової (б)

Перший тип, (рис.2.9,а), з послідовно розміщеними горизонтальними і вертикальними валками у двох різних площинах, використовується на слябінгах і в чорнових клітях ТЛС та ШСГП, де вертикальні валки необхідні для обтиснення бічних граней злитків або слябів без їхнього кантування.

Другий тип – з горизонтальними і вертикальними валками в одній площині, що утворюють калібр, застосовується на сортових станах. Тут приводні горизонтальні валки обтискають стінки балок, а неприводні вертикальні – полиці (рис.2.9,б). Такі кліті використовують також у формувальних станах.

2.2.4 Косовалкові кліті – застосовуються в трубопрокатних агрегатах для виробництва безшовних труб та в деталепрокатних станах.

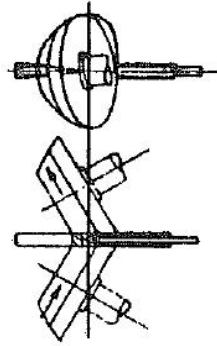


Рисунок 2.10 – Косовалкова кліть трубопрокатного стану

2.2.5. Кліті спеціального призначення (інші) – для виробництва спеціального прокату (гнутих профілів, періодичних профілів, куль, ребристих труб, свердлов, кілець і т.д.). За звичай мають багато валків різної форми, осі яких перетинаються під різними кутами, наприклад, стан для прокатки великогабаритних кілець (рис.2.11):

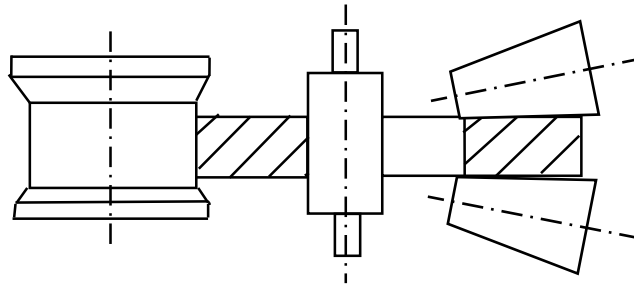


Рисунок 2.11 – Валки робочої кліті стану для прокатки кілець

Контрольні питання

1. Дайте визначення робочої кліті прокатного стану.
2. Перелічіть основні вузли і механізми робочої кліті прокатного стану.
3. Що входить до складу валкового вузла робочої кліті?
4. Укажіть механізми, які забезпечують встановлення і підтримання величини між валкового зазору при прокатці.
5. Розкрийте поняття привалкової арматури.
7. Приведіть приклади станів з клітьями дуо.
8. Вкажіть різницю між клітьями тріо та тріо Лаута.
9. Які бувають 6-валкові кліті, чим вони різняться?
10. Наведіть схеми багато валкових клітей типу Сензімір.
11. Скільки валків у вертикальних клітьях і як вони розміщені?
12. Вкажіть різницю між листовою та сортовою універсальними клітьями.
13. Де використовують косовалкові робочі кліті?
14. Які валки використовують у спеціальних робочих клітьях?

ТЕМА 3. ВАЛКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Ціль заняття – набути знання про призначення, конструкцію, матеріали, способи виготовлення прокатних валків, типи та особливості підшипників прокатних валків, конструкції підшипникових вузлів прокатних валків.

3.1 Валки робочих клітей

Валки робочих клітей підрозділяються на робочі й опорні.

Робочі валки – інструмент робочої кліті прокатного стану, що безпосередньо здійснює пластичну деформацію металу в гарячому або холодному стані. Опорні валки забезпечують міцність і жорсткість валкової системи. Використовуються в листових станах [4, 7].

Прокатний валок у загальному випадку складається з 3-х основних частин: бочки (1) (гладкої або з рівчаками калібрів), двох цапф для установки підшипників, які називаються шийками (2) і приводного хвостовика (3) (рис.3.1).

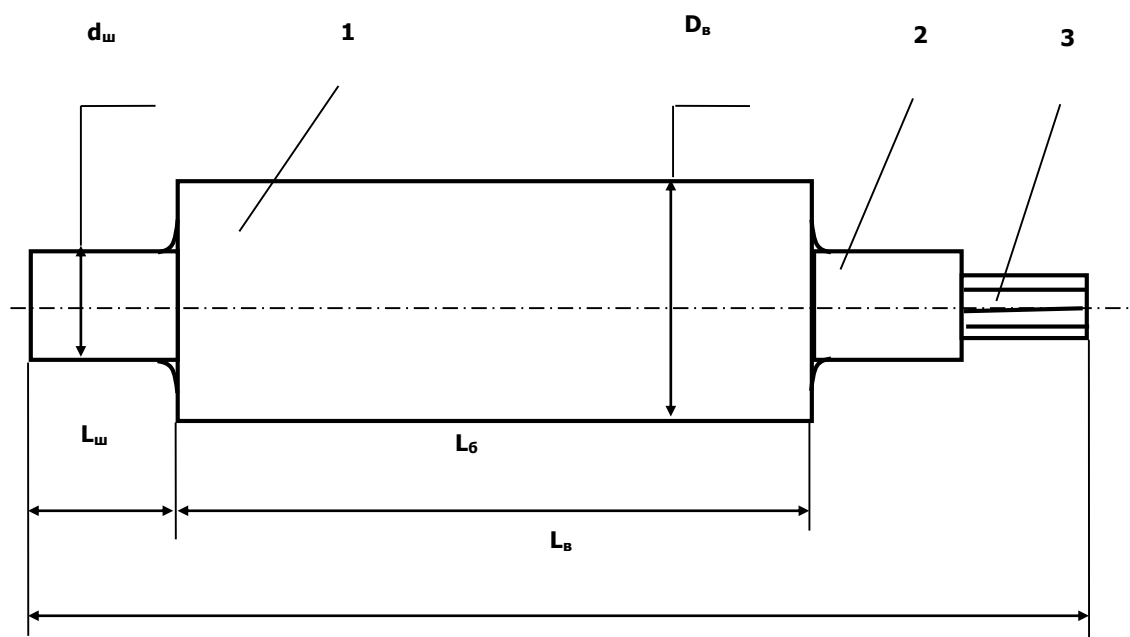


Рисунок 3.1 – Прокатний валок

У опорних валків за звичай приводний хвостовик відсутній, оскільки привід здійснюється через робочі валки. Тільки в станах холодної прокатки з малими діаметрами робочих валків приводними доводиться робити опорні валки.

Визначальними розмірами валка є діаметр D_b і довжина L_b бочки. При конструюванні валків прагнуть робити діаметр бочки мінімальним, тому що це зменшує силу й моменти прокатки, габарити й масу валків, знижує їхню вартість.

Діаметр вибирають, виходячи з необхідності забезпечити необхідну міцність та жорсткість валка. Діаметр валків за цими умовами визначається відповідними розрахунками.

Окрім того, на ряді станів цей параметр повинен забезпечити вільне (без заштовхування) захоплювання металу валками.

З останньої вимоги витікає, що:

$$D_e \geq \frac{\Delta h_{\max}}{1 - \cos \alpha},$$

де Δh_{\max} - максимально необхідне обтиснення в кліті, мм;

α - кут захоплювання, за умови вільного захоплювання,

$$\alpha \leq \arctg f_{mp},$$

де $f_{тр}$ - коефіцієнт тертя при захоплюванні [4, 10].

У станів холодної прокатки D_B обмежується зверху умовою т.зв. «вигатування», тобто одержання мінімальної товщини смуги з урахуванням сплюснення валків. Існують достатньо точні залежності для визначення цієї величини, але за досвідними даними приблизно можна прийняти [4]:

а) при прокатці з натяжінням: $D_B < (1500 \div 2000) h_{\min}$;

б) при прокатці без натяжіння: $D_B < 1000 h_{\min}$,

де h_{\min} – мінімальна товщина смуги, яку треба прокатати.

У валків з рівчачками калібрів (рис.3.2) під D_B розуміється відстань між осями валків при прокатці (у блюмінгів – в останньому проході). Тому в них D_B завжди більше фактичного, т.зв. діаметра, що катає, D_k . За звичай $D_B \sim 1,4D_k$.

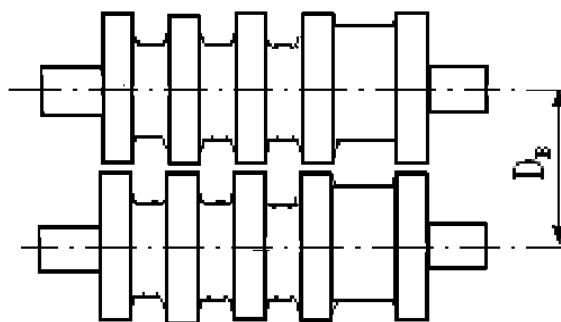


Рисунок 3.2 – Валки з калібрами (сортові)

Довжина бочки L_6 валків листових станів визначається максимальною шириною металу, що прокатується b_{\max} :

$$L_6 = b_{\max} + \Delta,$$

де $\Delta = 100\text{мм}$ при $b_{\text{max}} = 400\div 1200\text{мм}$;
 $\Delta = 200\div 400\text{мм}$ при $b_{\text{max}} > 1200\text{мм}$.

Довжина бочки сортового валка визначається його калібруванням, тобто кількістю і розмірами калібрів.

За звичай приймають наступні співвідношення L_6/D_6 [4]:

Тип стану	L_6/D_6
Обтискні стани	2,2...2,7
Сортові стани	1,6... 2,5
Товстолистові стани	2,2...2,8
Стани кварто:	
Робочі валки	3...5
Опорні валки	0,5...2,5

Шийки валків слід робити мінімальної довжини і як можна більшого діаметра, оскільки місце переходу бочки в шийку за звичай є самим слабким перетином валка. При установці валків на підшипниках кочення діаметр шийки виходить меншим, ніж на підшипниках ковзання, оскільки радіальний переріз (т.зв. «живий переріз») цих підшипників тим більше, чим більше їхня навантажувальна здатність, а зовнішній діаметр його обов'язково менший за діаметр бочки валка [8].

Довжина робочої частини шийки визначається шириною підшипника й за звичай приблизно дорівнює її діаметру. Але з урахуванням необхідності розміщення ущільнень та деталей для фіксації підшипників загальна довжина шийки значно довша і вибирається конструкційно.

Щоб підсилити небезпечний переріз у місці переходу бочки в шийку, останню виконують конічною (рис. 3.3,а) або з жолобником великого радіуса (рис.3.3,б).

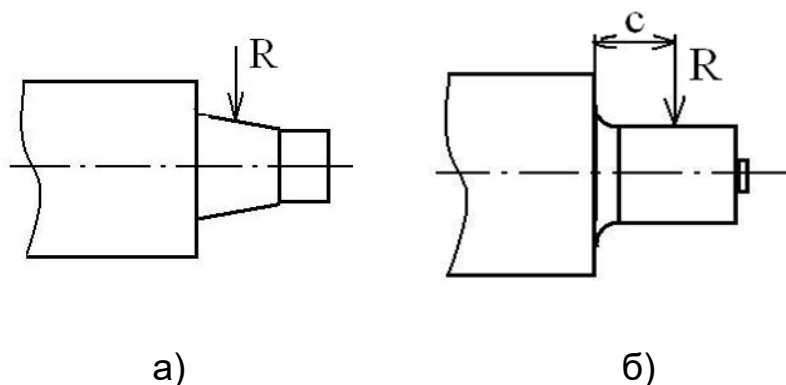


Рисунок 3.3 – Варіанти виконання шийок валків: конічна (а), з жолобником (б)

Привідні хвостовики валків виконують такими, що забезпечують передачу крутного моменту: шлицевими (див.рис.3.1), з лисками (рис.3.4, а), трєфовими (рис.3.4, б) або з лопаттю (рис.3.4,в).

Хвостовики з лисками використовуються на більшості станів. Шлицеві – на тонколистових станах. На невеликих станах використовують хвостовики з однією або двома шпонками. Трефові кінці за звичай мають валки старих сортових станів з лінійним розміщенням робочих клітей. Хвостовики у вигляді лопаті, відлитої разом з валком, роблять при установці валків у підшипниках ковзання відкритого типу, що допускають розбирання в радіальному напрямку. Такі валки використовують на обтискних станах. При використанні інших типів підшипників, що допускають тільки осьове розбирання, лопать шпинделя роблять знімною, яка встановлюється на привідному кінці валка за допомогою одного з розглянутих з'єднань.

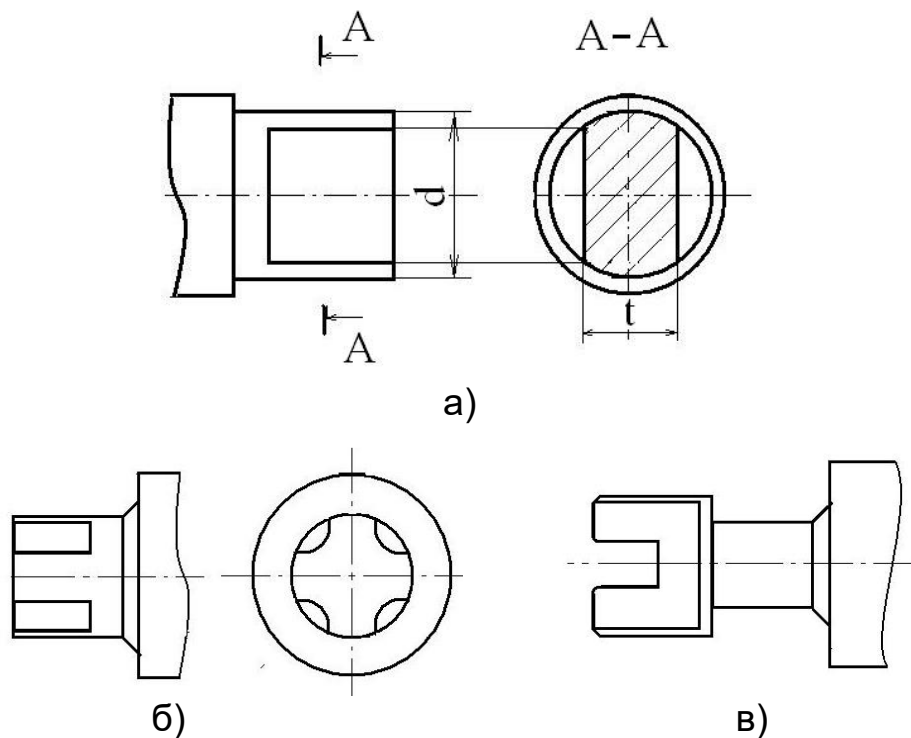


Рисунок 3.4 – Привідні кінці валків: з лискою (а), трефовий (б), лопать шпинделя (в)

Класифікують прокатні валки за наступними основними ознаками:

а) за призначенням – листові (із гладкою бочкою), сортові (з рівчачками), спеціальні;

б) за матеріалом – чавунні, сталеві (з вуглецевих, низьколегованих і легуваних сталей), твердосплавні;

в) за способом виготовлення заготовки – литі, ковані, спечені з металопорошків;

г) за твердістю робочої поверхні бочки – м'які (HS 25...40), напівтверді (HS 40...65), тверді (HS 65...85), особливо тверді (85...110).

(HS – твердість за Шором, вимірювання засноване на величині відскоку кульки, що падає на вимірювану поверхню).

3.2 Матеріал валків і технологія їхнього виготовлення

Валки робочих клітей виготовляють із чавуну, сталі й іноді, коли не-обхідна особливо висока твердість – з карбіду вольфраму. При виготовленні та термообробці валків слід враховувати вимоги, що обумовлені особливостями їхнього навантаження. Сам валок сприймає навантаження згину, в той час як робоча поверхня бочки сприймає контактні навантаження. Тобто сам валок повинен бути більш м'яким, а робоча поверхня – твердою. Тому робоча поверхня листових валків підлягає додатковій термообробці для зміцнення. Саме цим обумовлена класифікація валків за твердістю робочої поверхні бочки.

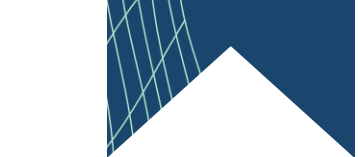
Перевагою чавунних валків є їхня висока зносостійкість. Однак міцність їх менша, ніж сталевих. Всі чавунні валки одержують литтям. Чавунні валки підрозділяються на м'які, напівтверді і тверді. М'які валки відливають із сірого чавуну в опоках із глини. Внаслідок малої швидкості охолодження в опоках чавун залишається у вигляді твердого розчину вуглецю в залізі. Напівтверді відливають у чавунних кокілях, зсередини обмазаних шаром глини товщиною 15мм. Завдяки цьому з'являється поверхневий вибілений шар з білого чавуну, що краще опирається зношуванню, а м'яка серцевина – напруженням згину. Шийки й трефи не відбілюють. Тверді валки відливають у кокілях без футеровки їхньої внутрішньої поверхні, що веде до утворення твердого відбіленого шару значної товщини [4, 7].

Чавун використовується із пластинчастим або кулястим графітом, нелегований і легований. Легований чавун за міцністю наближається до вуглецевої сталі. Прикладом є чавун марки СШХН – для сортового валка (С), з кулястим графітом (Ш), легований хромом (Х) і нікелем (Н); або ЛПХН- для листового валка (Л), з пластинчастим графітом (П), легований хромом і нікелем (ХН).

М'які чавунні валки застосовуються в обтискних клітях, у чорнових клітях крупносортих і рейкобалкових станів. Напівтверді – у чорнових клітях сортих і листових станів, у чистових клітях крупносортих і заготовочних станів. Тверді – як робочі валки чистових клітей листових станів і в чистових клітях сортих станів.

Сталеві валки для станів гарячої прокатки виготовляють литими й кутими, з конструкційних вуглецевих і легованих сталей. Застосовують як звичайні сталі 50, 55, 55ХН, 60ХН, так і спеціальні, наприклад, 75ХМ2Ф і т.п. Валки для станів холодної прокатки виготовляють кутими із хромистих сталей (9Х, 9ХФ, 9ХВ2С, 60Х2СМФ) [4, 7].

Литі валки більш дешеві у виробництві, але лита структура металу гірша за куту. Литі валки мають меншу стійкість та міцність. Куті валки з вуглецевих і легованих сталей використовують у клітях обтискних, заготовочних і сортих станів, у чорнових клітях НШС і ТЛС і в якості опорних – у клітях листових станів. Але одержати ковану заготовку діаметром більше 1500 мм для опорного валка є великою проблемою, тому лише кілька



фірм, у т.ч. ПАО НКМЗ, мають таку технологію. В ряді випадків опорні валки виконують бандажованими, з м'якою серединою та твердим бандажем (90ХФ / 40ХН2МА).

Для підвищення твердості поверхні бочки тверді сталеві валки гартують струмом промислової частоти. Завдяки цьому стійкість валків збільшується в 2-3 рази. Глибина гартованого шару складає 20-40 мм (на опорних валках виробництва НКМЗ до 70-80 мм) в залежності від матеріалу валка та технології обробки. Вона визначає термін роботи валка, оскільки після переточування гартованого шару валок стає непрацездатним. З метою підвищення міцності від утомлюваності (циклічної) інколи застосовують поверхневий наклеп бочок валків обкатуванням роликками. Є повідомлення про спроби підвищення стійкості валків шляхом лазерної обробки поверхні бочок. На ПАТ НКМЗ розроблена технологія виробництва т.зв. композитних валків з електрошлаковим наплавленням сталеві основи бочки іншими матеріалами: високохромистим легованим чавуном та деякими типами легованих сталей (60Х2С2МФ, 170Х5НМ5В5Ф2, 180Х13СНМ3). Товщина наплавленого шару досягає 80мм, що підвищує термін роботи валків.

Ефективним способом підвищення терміну служби сталевих валків є відновлення поверхні бочки після переточування електродуговим наплавленням.

Особливо тверді валки станів холодної прокатки виконують спеченими з металевих порошків сплавів ВК6, ВК15. Зносостійкість таких валків у 30-50 разів вище за сталеві, але міцність на згин дуже низька. Тому їх використовують як робочі валки багатовалкових станів холодної прокатки, де вони охоплені опорними (див. рис.2.6, 2.7) та у чистових клітях високошвидкісних дрогопрокатних станів з невеликим навантаженням [4, 7].

3.3 Підшипникові опори прокатних валків. Загальні вимоги

Для обертання валків та передачі сили прокатки від валків на станину їх встановлюють на підшипники. Підшипники розміщені в корпусах, які називають подушками. Часто подушкою називають весь підшипниковий вузол. Окрім самого підшипника він на загал містить елементи фіксації підшипника на валку та в корпусі, та ущільнення.

Опорам (підшипникам) прокатних валків доводиться працювати в тяжких умовах. Характерними є високі питомі навантаження, пов'язані з великою силою прокатки й обмеженою величиною зовнішнього діаметра D підшипника (рис. 3.5). Зовнішній діаметр D обмежений діаметром бочки валка D_v , тому що підшипниковий вузол не повинен заважати зведенню валків «у вибій», тобто до їхнього зіткнення. Звідси умова [8, 10]:

$$D \leq D_{\epsilon_{\min}} - 2(c + \Delta)$$



де $D_{\epsilon_{\min}}$ – мінімальний діаметр бочки після останнього переточування;

c – мінімально припустима товщина стінки подушки в ненавантаженій зоні підшипника;

Δ – половина мінімального зазору між подушками при повністю зведених валках

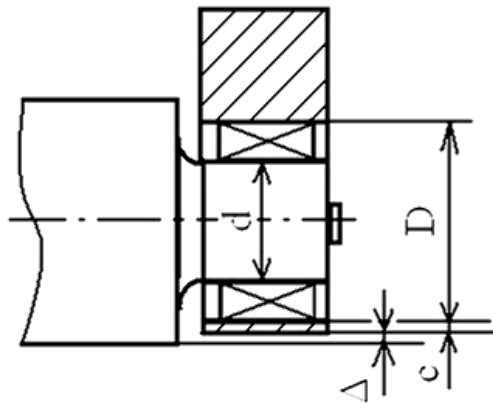


Рисунок 3.5 – До визначення розмірів підшипника

Немає конкретних значень величини c . За рекомендаціями фірми FAG (Німеччина) вона становить $(0,15 \dots 0,25)$ від середнього діаметра підшипника, а фірма Timken (США) рекомендує приймати $c=0,038 D$.

Внутрішній діаметр d підшипника обмежений діаметром шийки валка, оскільки підшипник встановлюється на шийку.

В осьовому напрямку габарити підшипників менш обмежені. Однак при збільшенні ширини B підшипника зменшується жорсткість валкової системи, а в підшипнику росте нерівномірність розподілу навантаження по його ширині.

Серед інших умов слід вказати на ударний характер навантаження й більших амплітуд його коливання у великих станів; високі числа обертів валків в окремих станах; значне навколишнє забруднення, особливо на станах гарячої прокатки.

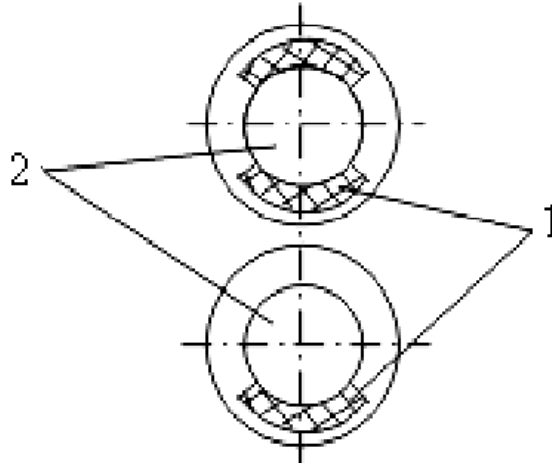
При цьому опори повинні забезпечувати [4]:

- задану довговічність (бажано 7000 годин безперервної роботи й не менш – 5000 год.);
- високу точність установки валків і жорсткість всієї валкової системи для одержання необхідної точності прокату;
- легкість проведення монтажних операцій при частих перевалках і невибагливість в експлуатації;
- мінімально можливу вартість.

Оскільки один якийсь тип підшипників не може задовольнити всім цим вимогам, то як опори валків робочих клітей, залежно від особливостей їхньої роботи, використовуються як підшипники ковзання (відкритого й закритого типів), так і підшипники кочення.

3.4 Підшипники ковзання відкритого типу

Складаються із вкладишів (1), що контактують із полірованими шийками (2) робочих валків, у зазор між якими подається густе або рідке мастило (рис. 3.6) [4].



1 – вкладиші, 2 – шийки валків

Рисунок 3.6 – Підшипники ковзання відкритого типу

Вкладиші бувають металевими й неметалевими, суцільними та складеними. Металеві (бронзові) вкладиші історично використовувалися першими. При густому мастилі коефіцієнт тертя в опорах з такими вкладишами був досить великий – 0,06-0,10. Крім того вони швидко зношувалися при потраплянні в підшипник абразивних часток. Тому в середині минулого століття перейшли на неметалеві вкладиші.

Як матеріал неметалевих вкладишів використовуються текстоліт, лигнофоль, а при невеликих навантаженнях – лігностон. Такі вкладиші виготовляються суцільноштапованими або складальними. Для нормальної роботи підшипників з неметалевими вкладишами обов'язково необхідна безперервна подача змащення у вигляді водомасляної емульсії або суміші мінерального масла з водою. Витрата змащення досягає 10 м^3 на 1 м^2 поверхні вкладиша [4].

Змащення створює режим напіврідинного тертя, завдяки чому коефіцієнт тертя f становлять $0,01\div 0,03$ при низьких частотах обертання й $0,004\text{-}0,006$ – при високих. Крім того, велика кількість рідкого мастила, що проходить через підшипник, сприяє охолодженню вкладишів, без чого вони, через низьку теплопровідність неметалевих матеріалів, швидко б нагрівалися, розбухали й обвуглювалися.

До переваг неметалевих вкладишів відносяться простота конструкції, здатність без руйнування сприймати ударні навантаження й нечутливість до потрапляння абразивних часток, які вкатується в м'яку поверхню вкладишів і втрачають здатність утворювати подряпини на шийках. Крім

того, підшипники з неметалевими вкладишами дешеві й можуть виготовлятися безпосередньо на металургійному заводі.

Недоліками опор з неметалевими вкладишами є:

- мала величина модуля жорсткості (велика податливість у радіальному напрямку), через що їх неможливо застосовувати в клітках, де потрібна висока точність прокату;
- складність експлуатації, тому що при нерівномірному зношуванні вкладишів підшипники змінюють свою геометричну форму;
- значний у порівнянні з іншими підшипниками коефіцієнт тертя [4].

Застосовуються підшипники з неметалевими вкладишами на обтискних станах і в деяких чорнових клітках станів гарячої прокатки, а також в універсальних сортових клітках.

На рис. 3.7 приведений валковий вузол обтискного стану на підшипниках ковзання [4].

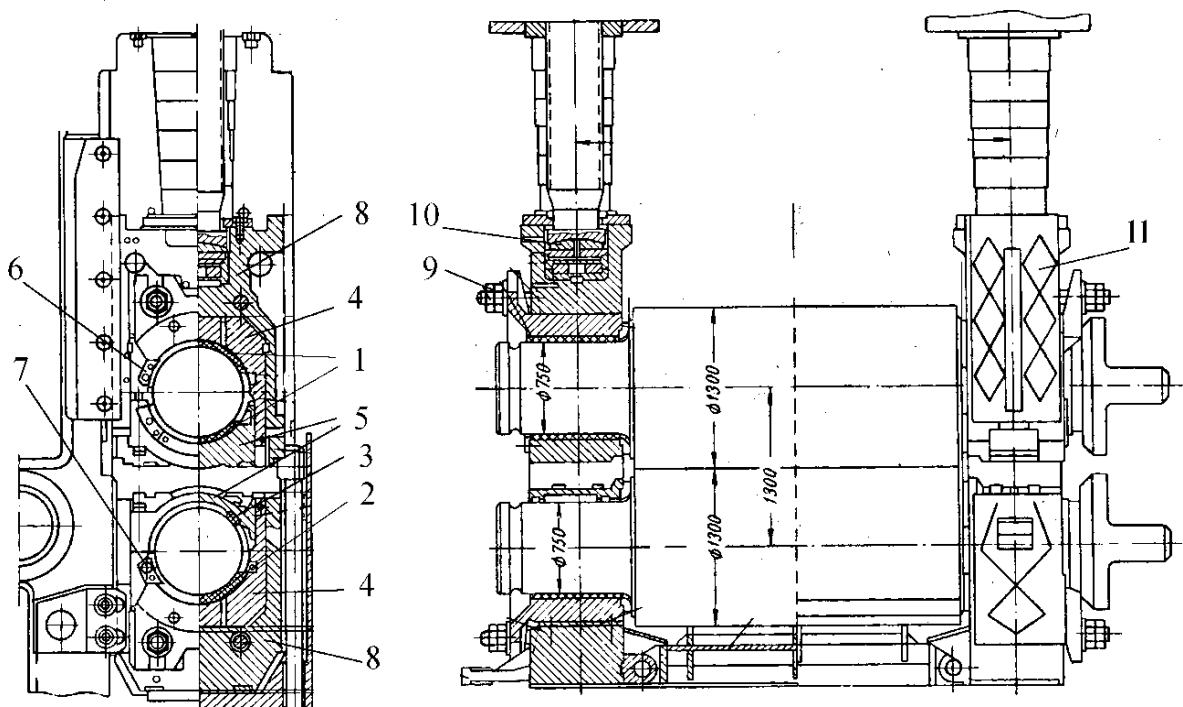


Рисунок 3.7 – Валковий вузол обтискного стану на підшипниках ковзання

Підшипники виконані у формі текстолітових вкладишів-напівкілець 1,2, які охоплюють шийку валка. На верхньому валку верхній вкладиш сприймає силу прокатки, нижній – вагу валка. На нижньому валку обидва види навантажень спрямовані вниз, тому достатньо одного нижнього вкладиша 2. Зверху валок обмежений текстолітовими планками 3, які підтримують його положення. Вкладиші розміщені в корпусах 4 та кришках 5, в яких зафіксовані упорами 6 та 7. Кришки 5 пригвинчені до корпусів 4 і у зібраному виді підшипники розміщені в подушках 8, до яких пригвинчені з

торців гайками 9. Верхні подушки мають під'ятники 10, через які спираються на натискні гвинти. Сферична форма під'ятників забезпечує самовстановлення подушок відносно гвинтів. На бічних поверхнях подушок 8 є бронзові планки 11, призначені для зниження тертя на контакті зі станиною.

3.5 Підшипники рідинного тертя (підшипники ковзання закритого типу)

Ці підшипники підрозділяються на гідродинамічні (ГД ПРТ), гідростатичні (ГС ПРТ) і гідростатодинамічні (ГСД ПРТ).

Робота ГД ПРТ ґрунтується на гідродинамічному ефекті - при обертанні цапфи 1 між нею й втулкою – вкладишем 2 завдяки адгезії й в'язкості мастила із зазору не видавлюється, а втягується, утворюючи т.зв. гідродинамічний клин (рис.3.8) [4].

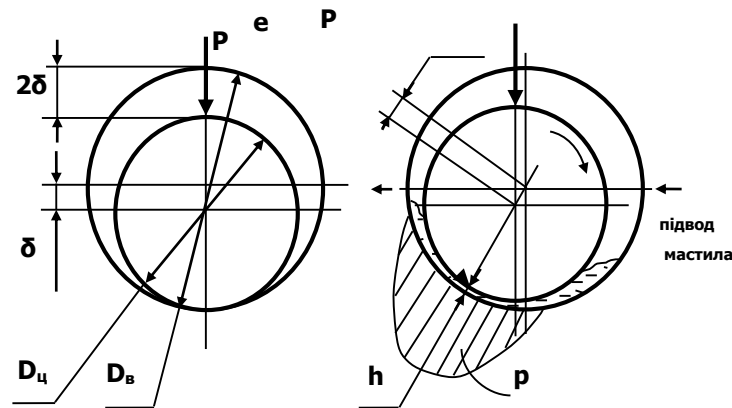



Рисунок 3.8 – Принцип роботи ГД ПРТ

Під дією мастила цапфа 1 «спливає» і тертя стає рідинним, тому що завдяки високій точності обробки (по 1 класу) і шорсткості поверхонь (по 10÷12 класу) цапфи і втулки мінімальний зазор $h_{\min}=50\div 200$ мкм достатній для розділу поверхонь тертя. На рис.3.8 показана епюра тиску мастила в гідродинамічному клині. Максимум тиску на епюрі співпадає з мінімальним зазором. Масло подається в ГД ПРТ по спеціальній «кишені» під тиском 0,1-0,2 МПа й за допомогою такої ж «кишені» видаляється з підшипника. Завдяки такій циркуляції підтримується температурний режим роботи підшипника.

Опір обертанню цапфи 1 складають тільки сили в'язкого тертя мастила, тому коефіцієнт тертя мінімальний і дорівнює $f = 0,001\div 0,005$, причому він зменшується з ростом частоти обертання, тоді як вантажопідйомність підшипника зростає. Вантажопідйомність також збільшується при збільшенні діаметра підшипника й підвищенні в'язкості мастила. Останнє, однак, веде до збільшення виділення тепла, отже, створює проблеми з

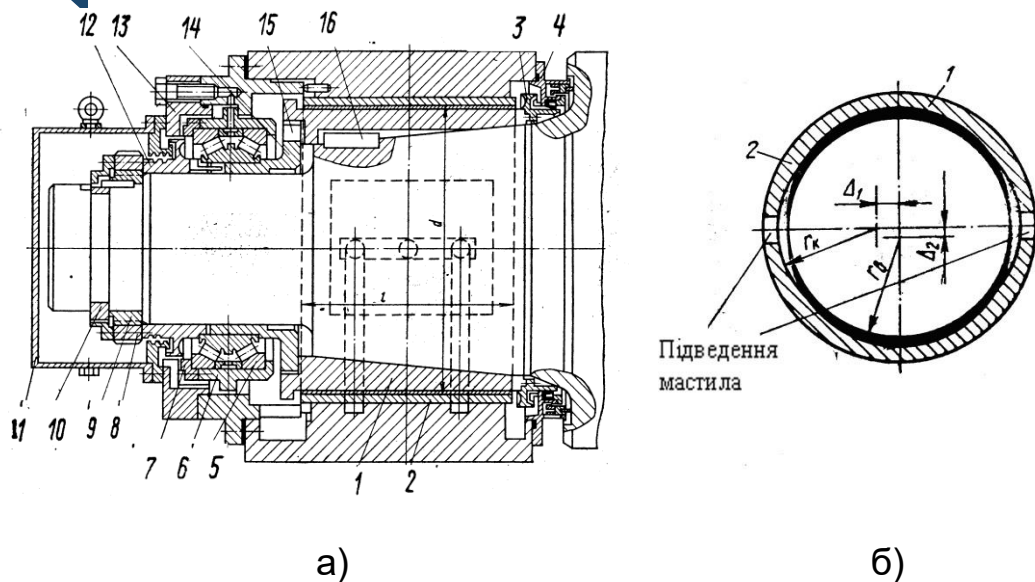


охолодженням. Підвищити вантажопідйомність ГД ПРТ можна й за рахунок зменшення h_{\min} , що вимагає підвищення точності обробки втулок.

Зношування поверхонь тертя практично немає, тому при правильній експлуатації довговічність ГД ПРТ становить 10-20 років. Важливими перевагами ГД ПРТ є їхня здатність працювати при високих швидкостях і демпфірувати ударні навантаження. Недоліками ГД ПРТ є необхідність у маслостанції з фільтрами тонкого очищення для централізованої подачі рідкого мастила, як наслідок, висока ціна, а також залежність роботи підшипника від частоти обертання. При зниженні швидкості порушується режим рідинного тертя і умови роботи ПРТ різко погіршуються. Тому на реверсивних станах, де відбуваються зупинки, розгін, гальмування валків, тобто нестаціонарні швидкісні режими, ГД ПРТ мають обмежене застосування (тільки в опорних валках, де через великий діаметр масляна плівка не встигає зникати при реверсі). На станах точної прокатки створює проблеми ефект «спливання шийок» при збільшенні швидкості прокатки. Крім того, ГД ПРТ не сприймають осьове навантаження, й тому опору доводиться оснащувати додатковим упорним або радіально-упорним підшипником кочення 5 (рис.3.9,а). При цьому у випадку використання радіально-упорного підшипника для розвантаження від радіальних сил його монтують в стакані 6, який встановлюють з радіальним зазором, або з радіальним зазором встановлюють сам підшипник. Елементи 8-12 (див. рис. 3.9, а) призначені для фіксації підшипникового вузла на валку в осьовому напрямку. Підшипник ретельно ущільнюють ущільненнями 3,4,12 [4].

Для поліпшення умов роботи ПРТ мастило подається через отвори у спеціальних виточках – «кишенях», які виконують за рахунок зміщення центрів при розточуванні на величину $\Delta_1 = 15-25$ мм. Для поліпшення циркуляції мастила також виконують виточки зверху і знизу отвору втулки-цапфи вертикальним зміщенням центрів на величину $\Delta_2 = 100-400$ мкм (див. рис. 3.9,б). Внутрішню поверхню втулки-вкладиша наплавляють бабітом та обробляють до шорсткості $Ra < 0,8$ мкм. Мастило під тиском 0,1-0,3 МПа (надлишковим) надходить у масляні кишені через отвори у втулці, з'єднані з кільцевими порожнинами в корпусі подушки; до торця останньої змащення подається по мастилопроводу із циркуляційної мастильної системи після ретельного (тонкого) очищення у фільтрах. З підшипника масло віддаляється в осьовому напрямку вкладиша на ділянці з максимальним радіальним зазором, тобто з боку, протилежного масляному клину.

Здатність ПРТ сприймати навантаження (навантажувальна здатність) пропорційно залежить від в'язкості масла, розмірів підшипника та частоти обертання. Для ПРТ прокатних станів застосовують масло двох сортів: турбінне УТ з малою в'язкістю для швидкісних робочих клітей й спеціальне прокатне П-28 (брайтсток) з підвищеної (в 8-10 разів у порівнянні з УТ) в'язкістю для навантажених ПРТ [4]. В імпортованих підшипниках використовують мастила, які поставляють виробники.



1 – втулка-цапфа, 2 – втулка-вкладиш, 3 – кільце, 4 – вузол ущільнень, 5 – упорний вузол з радіально-упорним підшипником, 6 – стакан, 7 – фіксуюча кришка, 8 – фіксуюча гайка, 9 – різьбове кільце, 10 – роз’ємні на півкільця, 11 – кришка-кожух, 12 – передня насадка, 13 – вузол передньої кришки, 14 – втулка, 15, 16 – шпонки.

Рисунок 3.9 – Конструкція ГД ПРТ (а) та зміщення центрів при обробці втулки-вкладиша (б)

Застосовуються ГД ПРТ в основному в чистових клітках дрібносортих та дротопркатних безперервних станів та для опорних валків клітей кварто.

Гідростатичні підшипники застосовуються у вузлах машин з настільки малими частотами обертання, при яких гідродинамічний клин не утвориться. Тому в ГС ПРТ врівноваження зовнішнього навантаження відбувається за рахунок подачі масла під високим тиском (близько 20 МПа) у спеціальні поглиблення 1 у втулці-цапфі (рис.3.10). В опорах прокатних валків ці підшипники застосування не знайшли, оскільки сучасна гідроапаратура не в змозі підтримувати сталий тиск з великою точністю на весь час прокатки. Тому на реверсивних станах використовують гідростатодинамічні ПРТ (ГСД ПРТ), що є комбінацією ГД ПРТ і ГС ПРТ [4, 11].

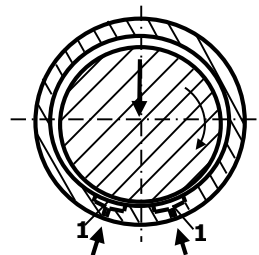



Рисунок 3.10 – Схема гідростатичного підшипника



У ГСД ПРТ мастило під високим тиском (як у ГС ПРТ) подається тільки в перехідних режимах (пуску й зупинки), коли несуча здатність масляного клина недостатня або відсутня. У сталому швидкісному режимі, достатньому для підтримання масляного клину, подача мастила в поглиблення 1 (див. рис.3.10) під високим тиском припиняється й підшипник працює як ГД ПРТ до наступного зниження швидкості. Поглиблення 1 виконані у вигляді вузьких канавок на дузі $\approx 40^\circ$, що незначно зменшує опорну площу масляного клина. Основний недолік цих підшипників - складність і дорожняча гідроапаратури для високого тиску.

На виробництві ПРТ для прокатного обладнання у світі спеціалізуються декілька фірм, найбільш відомими з яких є Morgoil (США) та Danoil (Італія) - підрозділи світових виробників металургійного обладнання Morgan та Danieli відповідно.

3.6 Підшипники кочення

3.6.1 Види підшипників кочення та їхні властивості

Підшипники кочення (ПК) – найпоширеніші серед опор, що використовуються в сучасному машинобудуванні. Широко використовуються вони і в устаткуванні прокатних станів, зокрема, як опори прокатних валків. За типом тіл кочення розрізняють кулькові, роликові з циліндричними, конічними, сферичними роликами та голчасті ПК. За навантаженням, яке здатен сприймати підшипник, розрізняють радіальні, упорні та радіально-упорні ПК.

Перевагами ПК є [4, 11] :

- порівняно низький коефіцієнт тертя (до 0,002-0,005 у кулькових підшипників та до 0,008 у роликотпідшипників);
- більша жорсткість опори й незмінюваність її розмірів при експлуатації (немає перекосів від нерівномірного зношування деталей і «спливання» шийок, як у ПРТ);
- менш жорсткі вимоги до герметизації, ніж у ПРТ;
- відсутність потреби в складних мастильних системах і простота в експлуатації, легкість демонтажу при переточуваннях валків;
- здатність деяких типів ПК сприймати не тільки радіальне, але й осьове навантаження.

Основних недоліків ПК два:

- менша, ніж у підшипників ковзання, питома вантажопідйомність;
- зменшення довговічності з ростом частоти обертання.

Перший недолік обумовлений необхідністю мати більшу, ніж у підшипників ковзання, величину діаметра підшипника, оскільки ПК складається із внутрішнього кільця 1, зовнішнього кільця 2 і тіл кочення 3

(рис.3.11). Тому для забезпечення умови $D \leq D_{e_{\min}} - 2(c + \Delta)$ шийки при використанні ПК завжди мають менший діаметр, внаслідок чого валки мають меншу міцність і жорсткість.

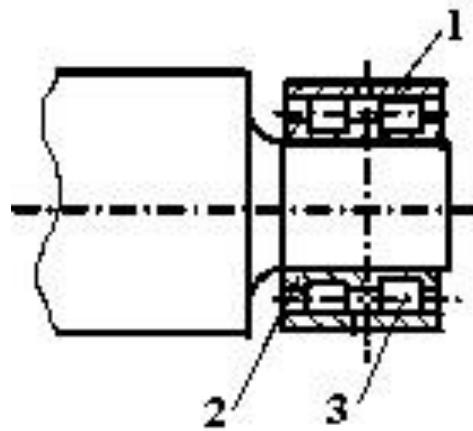


Рисунок 3.11 – Підшипник кочення

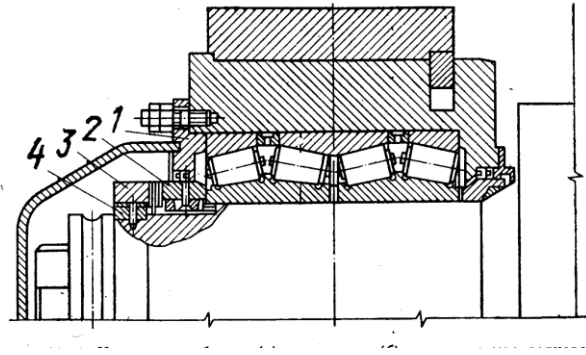
Другий недолік ПК обумовлений тим, що вони виходять із ладу внаслідок втомлювального зношування (викришування) доріжок і тіл кочення. При збільшенні частоти обертання число циклів навантаження за той самий період зростає, що й приводить до втрати циклічної міцності.

3.6.2 Підшипники кочення для прокатних валків

Через великі навантаження як опори валків застосовуються в основному роликові підшипники. Кулькові використовуються тільки в чистових клітках дротових станів, де сила прокатки невеликі, а швидкості – значні (кулькові підшипники мають меншу несучу здатність, але можуть працювати при більших швидкостях).

При невеликій силі прокатки застосовують дворядні ПК із циліндричними (див.рис.3.11), або конічними роликами. Найчастіше ж як опори прокатних валків використовуються чотирирядні підшипники: роликоконічні (рис.3.12) і з короткими циліндричними роликами (рис.3.13). Ці підшипники випускаються як із циліндричними внутрішніми отворами, так і з конічними. Останнє значно полегшує монтаж і демонтаж підшипників на шийках валків і трохи збільшує міцність шийок.

На рис.3.12 приведено типову конструкцію підшипникового вузла з чотирьохрядним конічним роликопідшипником [4]. В отворі подушки він зафіксований кришкою 1. Внутрішнє кільце підшипника фіксується на шийці валка наступним чином. В проточці на шийці валка встановлюють півкільця 4, на поверхні яких є різьба.



1 – кришка, 2 – дистанційне кільце, 3 – шліцева гайка, 4 – різьбове півкільце

Рисунок 3.12 – Опора із чотирирядним конічним підшипником

На різьбу нагвинчується гайка 3, яка впирається в дистанційне кільце 2, а те, в свою чергу, в підшипник. При затягуванні гайки 3 в різьбі виникає розпирна сила, яка вибирає зазори в сполученнях деталей та надійно фіксує внутрішнє кільце підшипника в осьовому напрямку на шийці валка. Деталі 2 і 4 фіксуються від обертання. З обох валків подушки встановлено манжетні ущільнення.

Роликконічні підшипники застосовуються в основному на реверсивних станах, у чорнових клітях безперервних станів з невеликою швидкістю прокатки та у клітях кварто як опори робочих валків.

Перевагами роликконічних підшипників є [4, 11].

1. Висока вантажопідйомність;
2. Менша чутливість до перекосів посадкових місць;
3. Здатність сприймати осьове навантаження.

Недоліками є:

1. Невеликі допустимі частоти, обертання, тому що через складну конфігурацію доріжок і тіл кочення їх важко виготовляти з високою точністю;

2. Виникнення нерівномірного розподілу навантаження між рядами роликів зі збільшенням осьового навантаження. При цьому два ряди роликів, що не сприймають через зазор у біговій доріжці осьове навантаження, розвантажуються й від радіальної. У результаті інші два ряди перевантажуються, що зменшує довговічність усього підшипника.

Для усунення цього недоліку в сучасних вузлах конічних радіально-упорних підшипників використовують розділення радіальних і осьових навантажень шляхом встановлення додаткового підшипника, який сприймає осьові навантаження, подібно до схем на рис.3.9,а та 3.13.

Чотирьохрядні ПК із короткими циліндричними роликами (див. рис.3.13) допускають високі швидкості прокатки (до 30-40 м/с), тому що завдяки простій формі тіл і доріжок кочення їх можна виготовляти з високою точністю. Їхні недоліки - чутливість до перекосів посадкових місць і нездатність сприймати осьові навантаження. Це змушує встановлювати

в опорі додатковий упорний або радіально-упорний підшипник. Останній встановлюють з радіальним зазором, розвантажуючи від радіальних сил (на рис.3.13 – по зовнішньому кільцю) [4].

Особливістю цих підшипників є можливість їхнього розбирання в осьовому напрямку, завдяки чому внутрішні кільця садять на шийки з натягом і при перевалках залишаються на шийках. Вони є базовими поверхнями при переточках валків.

Чотирирядні ПК із короткими циліндричними роликами використовуються для робочих валків листових, дровових і сортових станів і іноді - для опорних валків безперервних станів.

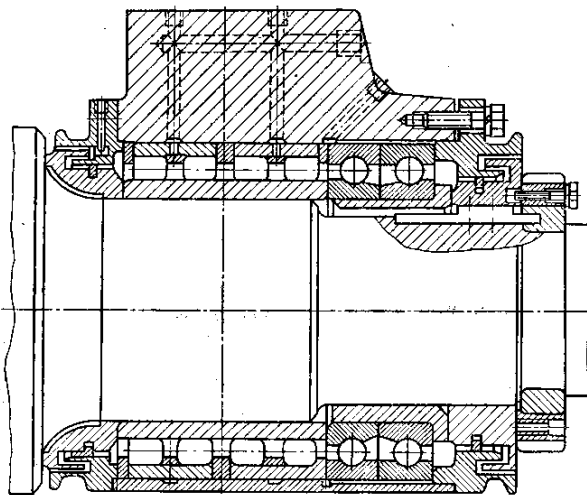



Рисунок 3.13 – Опора із чотирирядним циліндричним підшипником

Слід зазначити, що сучасні фірми, які спеціалізуються на випуску підшипників (SKF (Швеція), FAG (Німеччина), Timken (США), мають в асортименті спеціалізовані багаторядні (переважно чотирьохрядні) конічні та циліндричні підшипники з різними співвідношеннями основних розмірів для прокатних валків, розраховані на сприйняття конкретних навантажень з урахуванням умов експлуатації. В умовах світових ринкових відносин більшість виробників прокатного устаткування використовує саме такі підшипники. Але принципові схеми розміщення підшипників на шийках валків в цілому подібні до розглянутих вище.

3.7 Конструкційні особливості підшипникових вузлів

Для установки внутрішніх кілець ПК на циліндричні шийки кращими є нерухомі посадки, оскільки вони не дозволяють кільцям провертатися відносно шийок і дряпати їх. Але це утрудняє демонтаж нерозбірних підшипників. Для полегшення демонтажу ПК доводиться встановлювати з гарантованим зазором, тобто по рухомих посадках. При цьому для зменшення зношування шийок:

- 
1. Роблять примусову подачу густого мастила в посадковий зазор відцентровими силами;
 2. Застосовують змащення з підвищеними протизадирними властивостями (із присадками графіту або дисульфиду молібдену);
 3. Використовують ПК зі спіральними канавками на внутрішніх поверхнях кілець для втримання змащення й уловлювання сторонніх часток, що попадають у зазор;
 4. Застосовують спеціальні підшипники зі шпонками на внутрішніх кільцях, які входять у шпонковий паз на шийку.
 5. Застосовують розпірну силу по торцях кілець.

Але кращим способом є установка ПК на конічних шийках. У цьому випадку демонтаж здійснювати значно легше, але такі підшипники дорожчі.

Для запобігання нерівномірного розподілу навантаження по рядах роликів обов'язково передбачається самовстановлення подушок .

Характерної для всіх видів підшипників (у т.ч. і ПРТ) є фіксація в осьовому напрямку подушок тільки з неприводної сторони, тому що тут зручніше здійснювати монтаж і осьове регулювання валків. Опору із приводної сторони звільняють від сприйняття осьового навантаження, оскільки вона сприймає динамічні навантаження від шпинделів. Теплове подовження валка, завдяки такій конструкції, відбувається за рахунок «плавання» подушок із приводної сторони у вікні станини.

Змащення ПК може бути густе, переважно від автоматичної централізованої системи подачі густого мастила. З метою підвищення навантажувальної здатності й для відведення тепла застосовують централізоване рідке мастило. Досить ефективним є змащення масляним туманом, що виходить при розпиленні масла повітрям, а також змащення краплинним способом. Але відведення тепла у цьому випадку гірше.

Контрольні питання

1. З яких елементів складається прокатний валок ? Яке їхнє призначення?
2. Чим сортовий валок відрізняється від листового?
3. Як призначають розміри елементів прокатного валка?
4. Вкажіть співвідношення між діаметром та довжиною бочки валків різних станів.
5. Які бувають типи хвостовиків прокатних валків?
6. З яких матеріалів виконують прокатні валки? Вкажіть їх переваги та недоліки.
7. Як виготовляють чавунні і як - твердосплавні валки?
8. Як класифікують валки за твердістю робочої поверхні?
9. Для чого на валках зміцнюють робочу поверхню і не зміцнюють середину?
10. Яким чином зміцнюють робочу поверхню чавунних та сталевих валків?



11. Які вимоги висуваються до підшипників прокатних валків? Чим вони відрізняються від загального машинобудування?
12. Наведіть порівняльну характеристику підшипників різних типів.
13. З якого матеріалу виконують підшипники ковзання відкритого типу?
14. Обґрунтуйте використання підшипників ковзання складених та у виді на півкільця.
15. Поясніть фізичний принцип роботи ГД ПРТ.
16. Від яких факторів залежить навантажувальна здатність ПРТ?
17. Чому ГД ПРТ не використовують у реверсивних станах ?
18. Поясніть принцип роботи ГСД ПРТ.
19. Навіщо у ПРТ використовують додатковий вузол з підшипником кочення?
20. Укажіть конструктивні й експлуатаційні особливості підшипників кочення прокатних валків.
21. Укажіть область застосування різних типів підшипникових опор прокатних валків.
22. Укажіть особливості фіксації підшипників у подушках прокатних валків.



ТЕМА 4. НАТИСКНІ МЕХАНІЗМИ ТА МЕХАНІЗМИ ВРІВНОВАЖЕННЯ ВАЛКІВ

Ціль заняття – набути знання про призначення, типи, конструкцію та особливості механізмів встановлення та позиціонування прокатних валків.

4.1 Призначення й типи натискних механізмів

Натискними механізмами (НМ) називаються механізми для переміщення й фіксації валків у вертикальній площині (у клітей з вертикальними валками – у горизонтальній). Основне призначення НМ – установка необхідного зазору між валками для забезпечення заданого обтиснення або розміру калібру по діаметру, що катає, та утримання його сталої величини при прокатці.

У більшості станів зміна зазору між валками здійснюється переміщенням верхнього валка (або валків). Нижній валок нерухомий для сталості рівня прокатки. Однак у сортових клітей «трію» нерухомим є середній валок, а регулювання відстані між валками відбувається переміщеннями верхнього й нижнього валків, для чого такі кліті забезпечуються двома НМ. У наш час чистові кліті листових станів гарячої прокатки також оснащуються другим НМ гідравлічного типу, що використовується для підвищення точності прокатки. У клітях із вертикальними валками розчин валків змінюється одночасним переміщенням обох валків для того, щоб розкат залишався на осі прокатки.

Швидкохідність НМ (швидкість переміщення валка) визначається типом стану [4].

Необхідні швидкості НМ:

Блюмінги – 100-250 мм/с;

Слябінги – 100-150 мм/с;

Товстолистові стани – 5-25 мм/с;

Сортові стани – 2-5 мм/с

Тонколистові стани – 0,05-1,0 мм/с;

Багато валкові стани – 0,005-0,01 мм/с.

За типом приводу розрізняють НМ:

1. З ручним приводом (малопродуктивні сортові та спеціальні стани);

2. З електричним приводом (більшість застарілих клітей);

3. З гідравлічним приводом (чистові кліті листових станів).

4. Комбіновані з електричною та гідравлічною складовими (більшість сучасних листових та деяких сортових клітей).

За типом виконавчих механізмів НМ діляться на:

1. НМ з натискними гвинтами й гайками (більшість клітей) - рис.4.1.а).

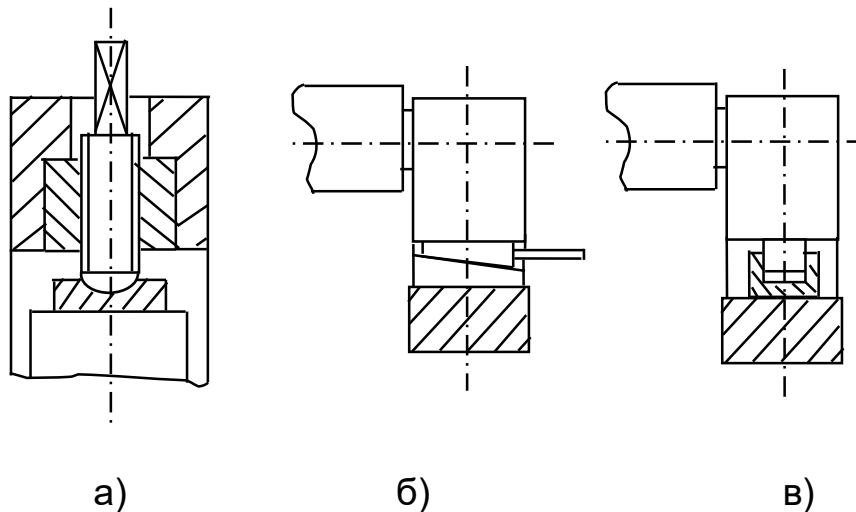


Рисунок 4.1 – Виконавчі органи НМ: гвинтовий (а), клиновий (б), гідравлічний (в)

Завдяки нерухомості гайки при обертанні натискного гвинта він одержує поступальний рух. Самогальмування гвинта під навантаженням забезпечується відповідним вибором кута підйому гвинтової лінії різьби.

2. Із клиновим механізмом (рис.4.1,б). Клин може пересуватися гвинтовою парою або гідроциліндром.

3. З гідроциліндрами (рис. 4.1, в).

4.2 Електромеханічні натискні механізми

4.2.1 Конструкція та параметри гвинтових передач

Переважна більшість електромеханічних натискних механізмів (ЕНМ) виконана за схемою виконавчого механізму гвинт-гайка, в якій гвинт приводиться від електродвигуна через механічні передачі.

Натискні гвинти виготовляють із кутної сталі марок Ст.5, 40Х і 40ХН із межею міцності $\sigma_b = 600-750$ МПа. Натискний гвинт виконаний як єдина деталь, в якій можна виділити три основні ділянки (див. рис. 4.2,а): п'яту 1, різьбову частину 2 та хвостовик 3 [4,7].

П'ята 1 через підп'ятник 6 контактує з подушкою верхнього валка. Щоб уникнути появи ударних навантажень при виборі зазорів між гвинтами й підп'ятниками, їх між собою не з'єднують. Притискання верхніх валків до натискних гвинтів здійснюється за допомогою пристроїв врівноваження.

П'ята і підп'ятник мають сферичні контактні поверхні, що забезпечують самовстановлення подушки відносно гвинта при її перекосі внаслідок згину валка. Підп'ятник по суті є упорним підшипником ковзання, який забезпечує обертання гвинта відносно подушки, що не обертається. Тому п'ята і підп'ятник виконані як антифрикційна пара: гвинт сталевий, підп'ятник бронзовий.

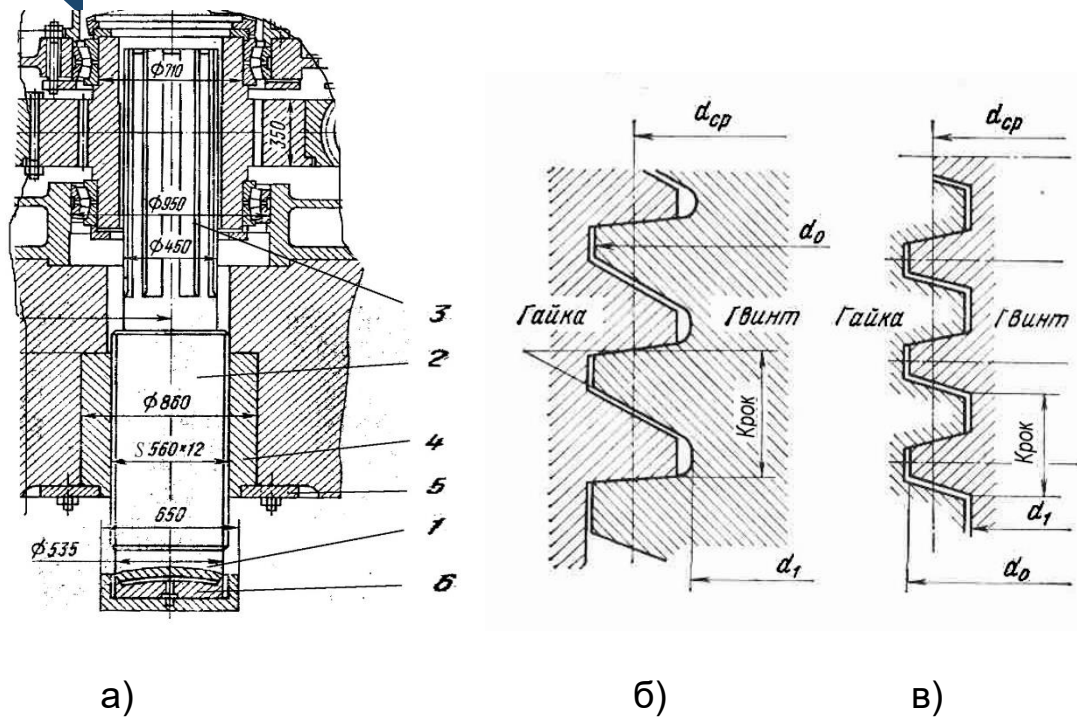



Рисунок 4.2 – Гвинтова передача електромеханічного натискного механізму (а), упорна (б) та трапецеїдальна (в) різьби

Таке сполучення матеріалів обумовлює форму контактної поверхні – на під'ятнику вона випукла. У цьому випадку більш м'який матеріал, яким є бронза, знаходиться в умовах всебічного стиску, що сприяє міцності деталі

На блюмінгах, слябінгах і чорнових клітях ТЛС діаметр сферичних під'ятників роблять більше діаметра гвинта. Практика показує, що, незважаючи на невеликий кут підйому гвинтової лінії (не більше $2^{\circ} 30'$) і теоретичне самогальмування пари гвинт-гайка, при динамічних навантаженнях спостерігається «відхід» (самовідгвинчування) натискних гвинтів [4, 11]. При збільшенні діаметра під'ятника й застосуванні густого змащення різьби (замість рідкого) зростає момент тертя, тобто зменшується можливість самовідгвинчування гвинтів. Для листових станів натискні гвинти роблять із дрібним шагом різьби і невеликим кутом підйому (менш 1°), тому самовідгвинчування їх не відбувається; для зменшення втрат на тертя при обертанні гвинта під сферичну п'яту підводять густе мастило. На сучасних тонколистових станах для зниження тертя під під'ятник встановлюють упорний підшипник кочення.

Різьбова частина гвинта забезпечує перетворення його обертання на поступовий осьовий рух в кінематичній парі гвинт - гайка. Різьба натискних гвинтів і гайок однозахідна упорна (рис.4.2,б) або трапецеїдальна (рис. 4.2,в). Трапецеїдальний профіль (як більше міцний) застосовують для натискних гвинтів і гайок тонколистових станів холодної прокатки, тому що в цих станах гвинти й гайки при прокатці сприймають більшу силу.



Хвостовик натискного гвинта проходить через маточину вихідної шестірні або черв'ячного колеса приводу механізму, обертається нею й переміщається в ній по вертикалі, тому має форму, яка забезпечує такий рух. За звичай хвостовик натискного гвинта роблять у перерізі квадратним (в обтискних станах) або циліндричним зі шліцами (у листових та сортових станах). Для зменшення тертя (у швидкохідних натискних механізмах) на квадратному кінці іноді передбачають напрямні, наплавляючи бронзу або прикріплюючи гвинтами бронзові планки; у цьому випадку маточина може бути відлита зі сталі.

Гайки 4 натискних гвинтів (див. рис. 4.2,а). – найбільш швидкозношувані деталі. Їх виготовляють литими із бронзи марок БрАЖ 9-4 і БрАЖМЦЮ- 3-1,5. Для економії бронзи натискні гайки у більшості випадків роблять складовими. Зовнішні бандажі виготовляють із високоміцного чавуну, у якого модуль пружності близький до бронзи, іноді застосовують заливання бронзи в сталевий східчастий бандаж. Охолодження водою бандажованих гайок значно зменшує зношування їхньої різьби. Практикою встановлено також, що при рідкому мастилi пари натискний гвинт-гайка зношування їхньої різьби в 1,5-2 рази менше, ніж при густій. Однак у деяких випадках застосування рідкого змащення натискної гайки небажане, тому що при цьому може виникати самовідгвинчування натискних гвинтів [4, 11].

Для запобігання повертання в розточенні станини гайку кріплять знизу за допомогою торцевих планок 5 (див.рис.4.2,а).

4.2.2 Конструкції передач електромеханічних натискних механізмів

Значна різниця у швидкостях ЕНМ приводить до істотного розходження в їхніх конструкціях. Розрізняють швидкохідні ЕНМ (з $V_{\text{нм}} > 10$ мм/с) і тихохідні ЕНМ (з $V_{\text{нм}} < 10$ мм/с).

Швидкохідні ЕНМ застосовуються в клітях з великими переміщеннями валків у паузах між проходами (обтискні стани й чорнові кліті ТЛС), а тихохідні – там, де потрібна висока точність установки валків при невеликій швидкості й, іноді, переміщення валків під навантаженням (під час власне прокатки).

Особливостями конструкції швидкохідних ЕНМ є застосування циліндричних редукторів і фланцевих електродвигунів.

На обтискних станах використовують одноступінчаті швидкохідні натискні механізми з паразитними шестірнями. Як і всякий ЕНМ, швидкохідний складається з натискних гвинтів (1) і гайок (2) (рис.4.3). Хвостовики гвинтів мають можливість переміщатися в маточинах зубчастих коліс (3), які за допомогою паразитних коліс (4) зчеплені з моторними шестірнями (5), установленими на кінцях валів фланцевих електродвигунів (6). Механічна синхронізація руху правого і лівого натискних гвинтів здійснюється сполучною шестірнею (7), посадженою на шток здвоєного гідроциліндра (8).

При включенні електродвигунів (6) їхні вали обертають шестірні (5), які надають руху паразитним колесам (4), які не міняють передатне відношення, але міняють напрямок обертання (див.рис.4.3).

Застосування циліндричних редукторів обумовлене тим, що для швидкохідних ЕНМ потрібне невелике передатне число редуктора. До того ж к.к.д. циліндричних редукторів вище, ніж черв'ячних, і для виготовлення вони не потребують дорогої бронзи. Вертикальне розташування осей зубчастих коліс у циліндричних редукторах приводить до необхідності застосовувати фланцеві вертикальні електродвигуни.

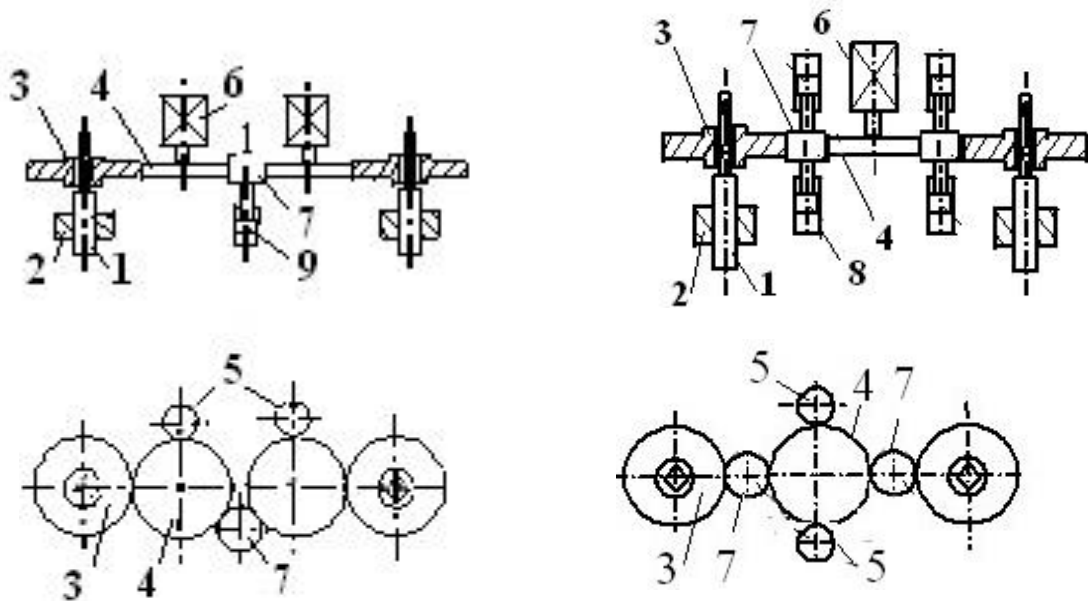
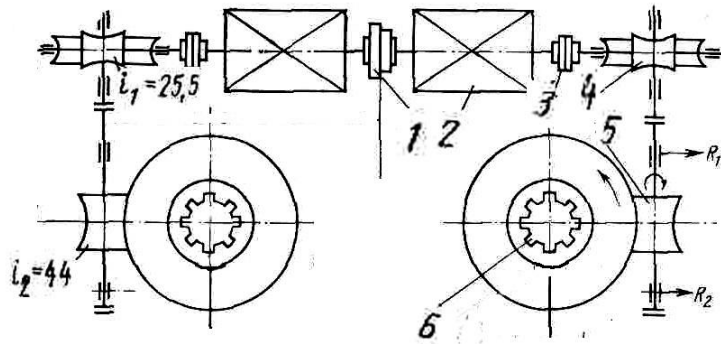


Рисунок 4.3 – Швидкохідні натискні механізми

Тихохідні ЕНМ складаються з тих же основних елементів, що й швидкохідні: натискних гвинтів і гайок, редукторів і електродвигунів. Але для одержання низької швидкості переміщення натискних гвинтів і одночасно високої точності їхньої установки, а також здатності переборювати повну силу прокатки, загальне передаточне число редукторів у них дуже велике – 1000-1500. Таке передаточне число можна одержати тільки за допомогою черв'ячних редукторів, які й застосовуються на цих НМ. Кінематична схема тихохідного ЕНМ наведена на рис.4.4 [4].

Привід здійснюється двома електродвигунами горизонтального виконання (2). Механічна синхронізація натискних гвинтів – за допомогою дистанційно керованої електромагнітної муфти (1).

Завдяки послідовно з'єднаним черв'ячним редукторам 4 і 5 загальне передаточне число сягає більше 1000. Двигуни й інші вузли НМ розраховані на подолання повної сили прокатки. Для підвищення к.к.д. черв'ячні редуктори роблять із глобоїдним зачепленням. На відміну від звичайної черв'ячної передачі із циліндричним черв'яком у глобоїдного зачеплення профіль черв'яка увігнутий, і тому довжина лінії зачеплення і його навантажувальна здатність більше.



1 – електромагнітна муфта, 2 – електродвигун, 3 – зубчаста муфта, 4,5 – черв'ячні передачі, 6 – хвостовик натискного гвинта

Рисунок 4.4 – Кінематична схема тихохідного ЕНМ

Електромагнітна муфта 1 є не дуже надійним пристроєм. Тому в сучасних конструкціях ЕНМ застосовують електричну синхронізацію натискних гвинтів.

Коли потрібні водночас висока швидкість і точність установки гвинтів (одноклітьові ТЛС), ставлять двошвидкісні електромеханічні НМ.

4.3 Гідравлічні та комбіновані натискні механізми

4.3.1 Гідравлічні натискні механізми (ГНМ)

Одним з недоліків ЕНМ є їхня мала швидкодія внаслідок великої інерційності мас: час розгону до максимальної швидкості не вдається зробити менш 0,5-1,0 с, прискорення – більше 2 мм/с^2 , а точність установки гвинтів – більше $\pm 0,02\text{ мм}$. Це робить проблематичним використання ЕНМ у системах автоматизованого регулювання товщини (САРТ) на високошвидкісних станах гарячої та холодної прокатки смуг. Швидкодія гідравлічних натискних механізмів (ГНМ) значно вище (прискорення - до 500 мм/с^2). Крім того, ГНМ забезпечує більшу точність роботи за рахунок виключення люфтів і пружного закручування натискного гвинта при обертанні його під навантаженням, характерних для ЕНМ. ГНМ також має мале зношування, високу надійність і простоту обслуговування. Він більше компактний й менш металоємний, що дозволяє зробити робочу кліть компактною й підвищити її жорсткість. ГНМ, розташований вгорі, зручніше й на 10-15% дешевше пристроїв, розташованих під нижньою подушкою опорного валка [7, 9].

Складаються ГНМ із двох гідроциліндрів, розташованих у верхніх або нижніх поперечках вузла станин, між поперечками та верхніми подушками або під нижніми подушками. Особливістю ГНМ є наявність слідкувальної системи, яка забезпечує саморегулювання міжвалкового зазору

при зміні величини сили прокатки, яка викликана дією різних факторів, на-самперед, вихідної поздовжньої різнотовщинності.

На рис.4.5 представлений ГНМ зі слідкувальним штоком, який забезпечує саморегулювання міжвалкового зазору без використання датчиків. Це вже застаріла конструкція, але розуміння її дії дозволяє зрозуміти принципи роботи більш сучасних систем із сервоклапаном.

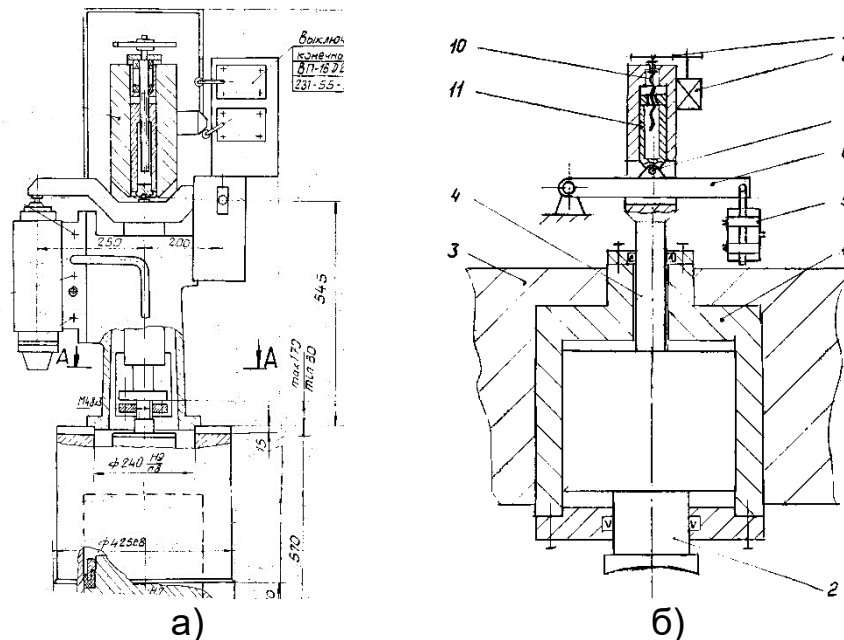


Рисунок 4.5 – Загальний вигляд (а) та принципова схема (б) ГНМ зі слідкувальним штоком

ГНМ складається з гідроциліндрів 1, розмішених в верхніх поперечках станин 3 (розріз приведений для одного ГНМ). Шток 2 гідроциліндра через п'яту тисне на подушку верхнього валка. Особливістю конструкції є слідкувальна система. Вона складається з слідкувального штоку 4, жорстко з'єднаного з поршнем гідроциліндра 2. Верхня його частина виконана у вигляді рами. Крізь отвір у рамі проходить двоплечий важіль 6. З одного боку він шарнірно закріплений на станині, з другого з'єднаний зі штоком розподільвача високого тиску 5, а посередині шарніром 7 кріпиться до гайки-повзуна 11, розміщеної в верхній частині рами слідкувального штока. Гайка 11 утворює гвинтову пару з гвинтом 10, який зафіксований від осьового руху та обертається від крокового двигуна 8 через редуктор 9.

Розглянемо дію ГНМ при прокатці. Попередньо виставляється потрібний зазор між валками, який відповідає номінальній товщині прокату. При цьому обидва отвори розподільвача 5, через які рідина подається в поршневу та штокову порожнини гідроциліндра 1, закриті.

Коли в валки входить більш товстий прокат, сила зростає, зазор між валками збільшується, і поршень 2 разом з позиціями 4, 7-11 переміщується вгору. Важіль 6 повертається відносно шарніра та переміщує шток

розподільвача 5 таким чином, що відкривається отвір живлення поршневої порожнини ГНМ, а отвір живлення штокової лишається зачиненим. Поршень разом з вказаними елементами починає рухатись вниз, доки важіль 6 не поверне шток розподільвача 5 у положення, при якому обидва отвори живлення перекриті, тобто яке відповідає номінальному міжвалковому зазору. Коли у валки входить більш тонкий прокат, зазор між ними за рахунок «пружини» кліті зменшується, елементи 2, 4, 7-11 рухаються вниз, важіль 6 відкриває у розподільвачі 5 отвір живлення штокової порожнини і система повертається до номінального розміру міжвалкового зазору.

При переході на новий міжвалковий зазор необхідно, щоб шток розподільвача 5 не переміщувався при русі елементів ГНМ разом з верхнім валком, тобто щоб важіль 6 та шарнір 7 не міняли свого положення. Для цього гайка-повзун 11 повинна рухатись зі швидкістю переміщення слідку вального штока 4, але в протилежному напрямку. Такий рух їй забезпечує гвинтова передача, що приводиться від крокового двигуна 8. При досягненні нового номінального зазору між валками двигун зупиняється, гайка 11 починає рухатись як одне ціле зі штоком 4, отвори в розподільвачі 5 перекриваються, фіксуючі систему в новому положенні.

Такі ГНМ є досить складними і інерційними, тому в наш час практично не використовуються. Наразі одержали розповсюдження ГНМ з сервоклапаном, принципова схема наведена на рис. 4.6.

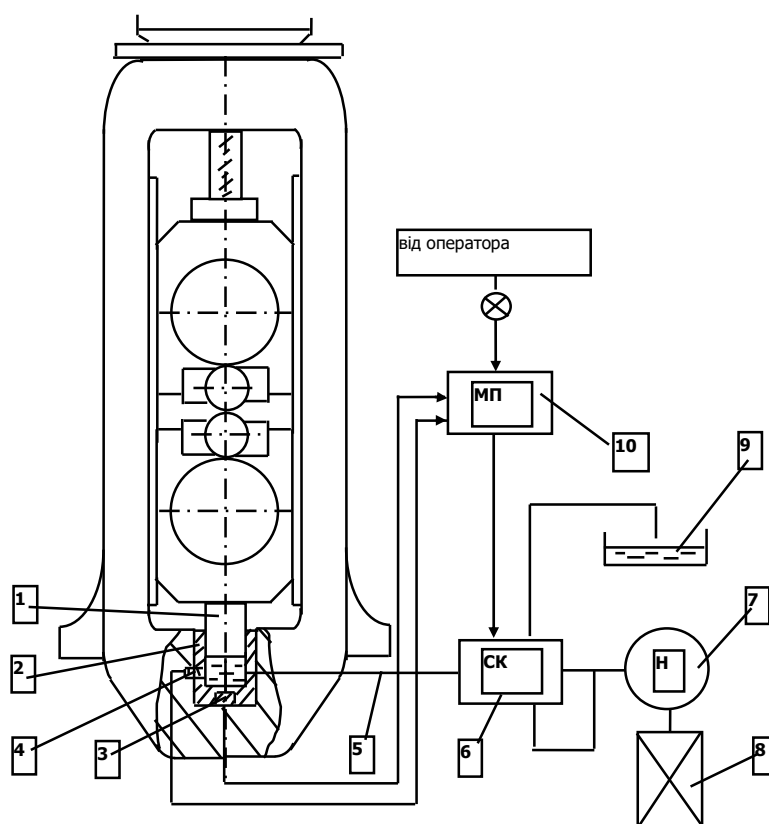



Рисунок 4.6 – Гідравлічний натискний механізм з сервоклапаном



Положення плунжерів 1 відносно циліндрів 2 контролюється датчиком ходу 3. Датчик тиску в гідроциліндрі може служити для виміру сили прокатки. Робоча рідина (мінеральне масло) подається в гідроциліндри 2 по трубопроводу 5 через сервоклапан 6 насосом 7. Живлення й скидання масла здійснюються за допомогою резервуара 9. Керування ГНМ здійснюється мікропроцесором 10.

Працює ГНМ у такий спосіб. Під час паузи оператор встановлює необхідну величину зазору між валками. В мікропроцесор 10 закладено математичні моделі процесу прокатки, які обчислюють необхідні величини, та блок їх порівняння. Мікропроцесор 10 подає сигнал на відкриття або закриття сервоклапана 6 і робоча рідина надходить у гідроциліндри 2 або йде з них, переміщаючи при цьому плунжери 1 доти, поки обмірюване датчиком 3 положення плунжера не стане рівним заданому. Робоча рідина подається через сервоклапан 6 насосом 7, що приводиться від електродвигуна 8. При скиданні тиску в гідроциліндрах 2 масло через сервоклапан надходить у резервуар 9.

При захопленні металу нижні валки «просідають», тому що модуль жорсткості масла невеликий. Це рух практично миттєво компенсується подачею масла через швидкодіючий сервоклапан 6.

Завдяки ГНМ з'являється можливість компенсації ефекту «спливання» шийок опорних валків, коли вони встановлені на ГД ПРТ. Так як товщина масляної плівки в ГД ПРТ залежить від частоти обертання й сили прокатки, то вимірюючи частоту тахометром і силу прокатки датчиком 4, можна використовуючи закладені в пам'яті мікропроцесора залежності, виконувати відповідний корегувальний вплив на сервоклапан 6.

Однак головним призначенням ГНМ є компенсація змін пружної деформації робочої кліті від зміни сили прокатки з метою одержання листів з високою точністю по товщині.

При підвищенні сили прокатки, наприклад, від зниженої температури в даному місці розкату, розчин між валками збільшується й товщина росте. Це збільшення фіксується датчиком 3, що подає сигнал на мікропроцесор для скидання масла через сервоклапан. Скидання масла з гідроциліндрів відбувається доти, поки розчин валків не стане рівним заданому. При зменшенні зазору між валками через сервоклапан накачується масло в гідроциліндри до відновлення вихідної величини розчину валків.

Слід вказати, що описаний принцип дії забезпечує сталу величину міжвалкового зазору за рахунок зміни тиску в ГНМ і називається «за положенням» або «за зазором». В дресирувальних станах для забезпечення сталих механічних властивостей прокату, навпаки, підтримують сталий тиск в циліндрах і саморегулювання міжвалкового зазору не відбувається. В цьому випадку кінцева різнотовщинність дорівнює вихідній, ГНМ працює «за тиском», а робоча кліть має так звану нульову жорсткість.

4.3.2 Комбіновані натискні механізми

ГНМ застосовують, коли потрібно швидко й точно перемістити валки на невелику відстань. Створення ГНМ із більшими ходами утруднене через зниження стійкості ущільнень гідроциліндрів при високих швидкостях. Крім того, значна зміна об'єму рідини в робочій порожнині гідроциліндрів призводить до зміни її пружної деформації, тобто до зміни жорсткості кліті, що негативно відбивається на точності прокатки.

Вказане протиріччя усувається при використанні комбінованих електрогідравлічних натискних механізмів, в яких ЕНМ призначений для великих переміщень при перенастроюванні міжвалкового зазору без металу у валках, а ГНМ – для відпрацьовування з малими переміщеннями зміни міжвалкового зазору при прокатці.

На рис.4.7,а наведені загальний вигляд та кінематична схема комбінованого НМ зі слідкувальним штоком [4, 11]. В цьому випадку гайка 1 ЕНМ зафіксована не в станині, а в поршні 4 ГНМ. Тому коли поршень 4 не рухається, він становить одне ціле зі станиною, і механізм може працювати як ЕНМ. Коли не працює ЕНМ, усі елементи пари гвинт-гайка та поєднана з гвинтом 2 слідкувальна система 5-9 становлять одне ціле з поршнем-штоком 4 ГНМ і рухаються разом з ним. Така конструкція, по-перше, досить складна, по-друге, її неможливо без значних змін у конструкції використати при встановленні ГНМ на вже діючі стани з ЕНМ.

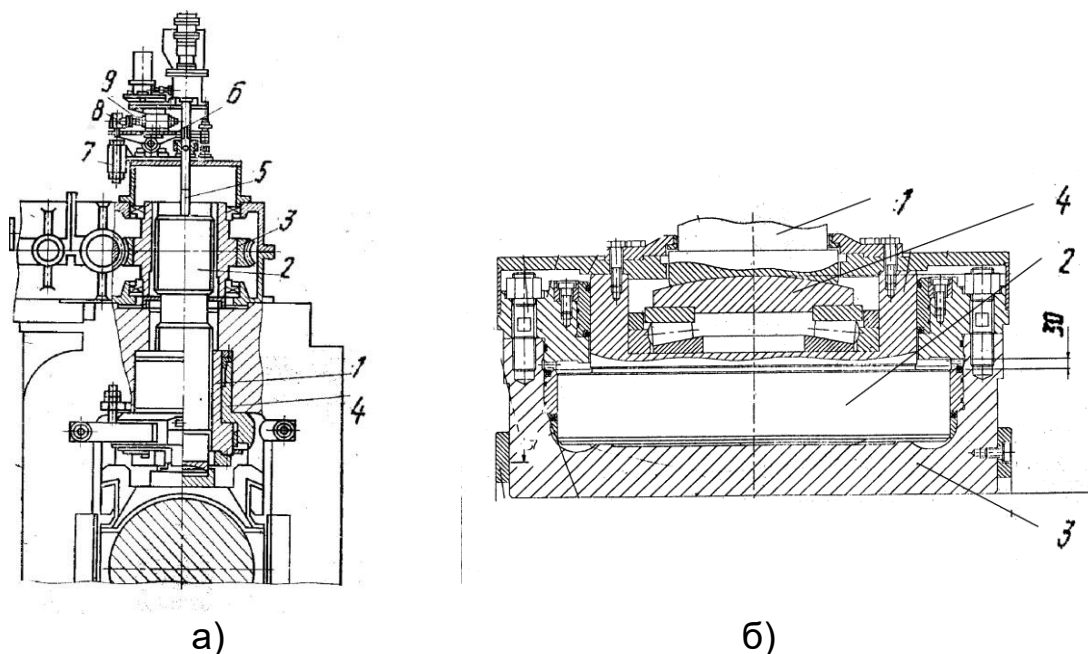


Рисунок 4.7 – Конструкції комбінованих ГНМ: зі слідкувальним штоком (а) та з гідрошайбою (б)

Тому на сучасних станах використовують конструкцію комбінованого НМ, у якій короткоходовий гідроциліндр (гідрошайбу, рис. 4.7,б), розміщують між п'ятою натискного гвинта 1 та подушкою верхнього валка. Поршень гідрошайби 2 з'єднаний з натискним гвинтом 1, а рухомим елементом є корпус 3, який і передає рух на подушку верхнього валка. У цьому випадку при роботі в режимі ЕНМ гідрошайба, в якій встановлено упорний підшипник 4, виконує роль підп'ятника, а при нерухомому гвинті 1 працює як ГНМ з сервоклапаном.

В деяких станах використовують схему з верхнім, традиційно розміщеним електромеханічним натискним механізмом та ГНМ під подушками нижнього валка (рис. 4.8.) [12]. Але таке розміщення ГНМ ускладнює його обслуговування та експлуатацію.

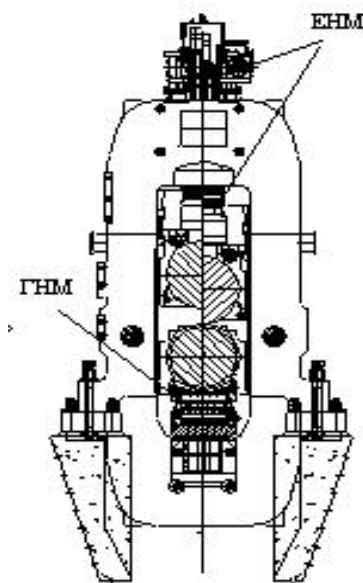


Рисунок 4.8 – Комбінований натискний механізм з нижнім розміщенням ГНМ

4.4 Пристрої для врівноваження валків

4.4.1 Вантажні пристрої для врівноваження

Верхній валковий комплект необхідно, долаючи його вагу, притиснути до натискних гвинтів, щоб забезпечити надійний контакт між ними та уникнути появи ударних навантажень при виборі люфтів під час входження металу у валки. Для цього використовуються пристрої для врівноваження верхніх валків.

Сила врівноваження, яка є вихідною при розрахунку виконавчих механізмів пристроїв для врівноваження, становить $(1,2...1,4)G$, тобто від ваги елементів, що врівноважуються. При цьому слід враховувати не лише вагу валкового вузла, але і вагу деталей, проміжних між виконавчим механізмом та вузлом валків (тяг, траверс, важелів та ін.).

Відомі пристрої для врівноваження 3-х типів: вантажні, пружинні й гідравлічні [4].

Вантажне врівноважування застосовується при необхідності переміщати верхній валок на значну висоту (до 2000 мм) і використовується на блюмінгах і слябінгах. Конструкція цього пристрою проста й надійна в експлуатації (рис.4.9).

Сила врівноваження створюється контрвантажами 1, розташованими під кліттю. Через систему важелів 2 вона передається траверсі 3 і далі – чотирьом штангам 4, які проходять через отвори в поперечках і в спеціальних пазах стійок станин або нижніх подушок і своїми торцями упираються у верхні подушки 5. При перевалках контрвантажі 1 фіксуються гаками й штанги 5 виводяться із зачеплення з подушками.

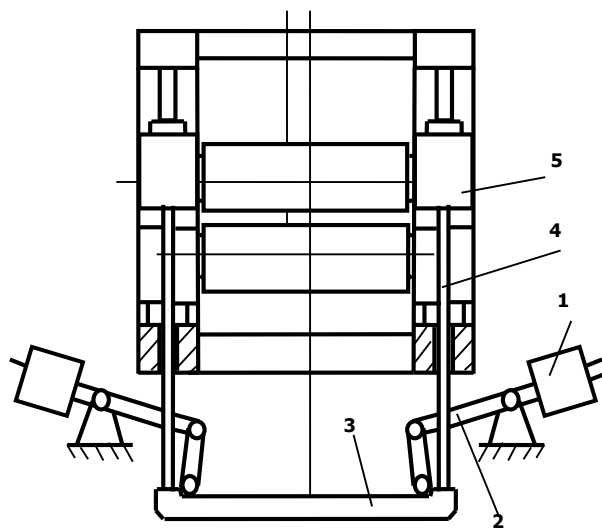


Рисунок 4.9 – Вантажне врівноваження

Недоліками вантажного врівноваження є значна інерційність, що викликає значні динамічні навантаження при роботі НМ і ускладнення фундаменту під кліттю для розміщення масивних важелів з контрвантажем.

4.4.2 Пружинні пристрої для врівноваження

Застосовуються, коли не потрібен великий хід валків (до 50-100 мм) і маси, що врівноважуються, невеликі. Тому цей вид врівноважування використовується в основному на заготовочних та сортових станах. Сила врівноваження створюється спіральними й рідше, при дуже малих переміщеннях, – тарілчастими пружинами. Розташування пружин буває в трьох варіантах:

1 Вище подушок на поперечках станин. Створювана пружинами 1 сила врівноваження за допомогою тяг 2 передається подушкам 3 (рис.4.10,а).

Цей варіант застосовується в тих випадках, коли габарити пружин настільки великі, що їх неможливо розмістити між подушками в прорізі станин.

2. Між верхніми й нижніми подушками (рис.4.10,б).

Цей варіант прийнятний, коли маси, що врівноважуються, невеликі й тому невеликі й габарити пружин. Його перевагою є зменшення габариту кліті по висоті, що зменшує будівельну висоту прокатного цеху.

3. Комбіноване розташування пружин, коли опорні валки врівноважуються по першому варіанті, а робочі – по другому.

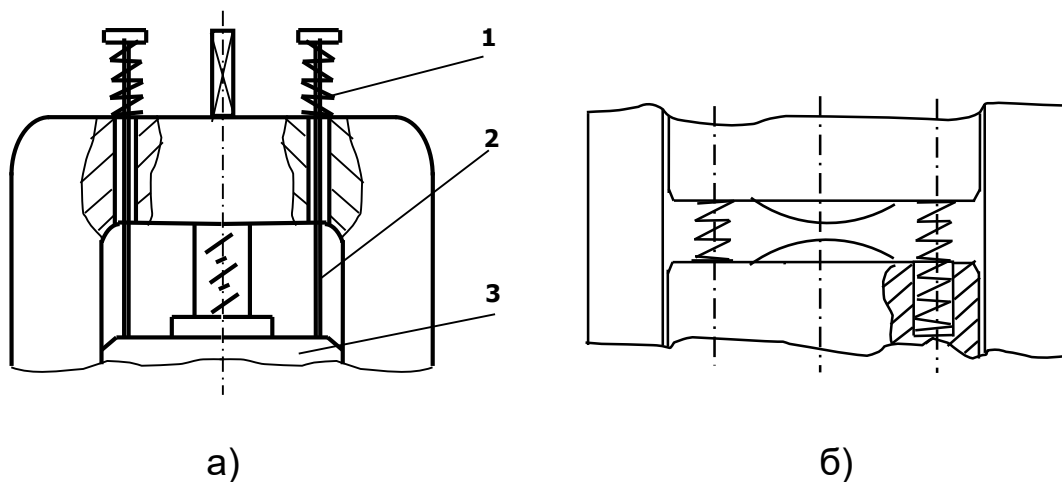


Рисунок 4.10 – Пружинне врівноваження з розташуванням пружин вище мас, що врівноважуються (а) та з розташуванням пружин між подушками (б)

Недоліки пружинного врівноваження, крім малої величини ходу врівноваження – невелика величина створюваної сили та зміна її при деформації пружини, а також «просідання» валків із часом внаслідок повзучості металу пружин.

4.4.3 Гідравлічні пристрої для врівноваження

Гідравлічне врівноваження застосовується при будь-яких переміщеннях валків і навантаженнях. Не має недоліків вантажного й пружинного врівноваження, працює безшумно й плавно, має порівняно малі габарити й тому одержало переважне поширення.

Гідравлічні пристрої для врівноваження складаються з виконавчих гідроциліндрів, трубопроводу і гідроаккумуляторів тиску. Гідроциліндри відносно подушок можуть розташовуватися в трьох варіантах, аналогічно пружинному врівноважуванню. Вибір, переваги та недоліки таких схем аналогічні відповідним схемам для пружинного врівноваження.

На рис.4.11 приведено загальний вигляд пристрою для врівноваження опорного 1 і робочого 2 валків з розміщенням гідроциліндрів врівноваження 3,4 між подушками валків [4, 11]. При цьому корпуси гідроци-

ліндрів 5 розміщені в подушках нижніх валків, а плунжери діють на подушки верхніх валків. Окрім зазначених раніше недоліків такої схеми ще одним є необхідність від'єднувати під час кожної перевалки трубопроводи гідравлічної системи від подушок валків. Це приводить до збільшення часу перевалок та може засмічувати територію перед кліттю.

Тому на сучасних клітях такі гідроциліндри розміщують в спеціальних гідроблоках, розміщених у вікнах станин між подушками верхніх та нижніх валків. Більш докладно вони будуть розглянуті у механізмах протизгину валків.

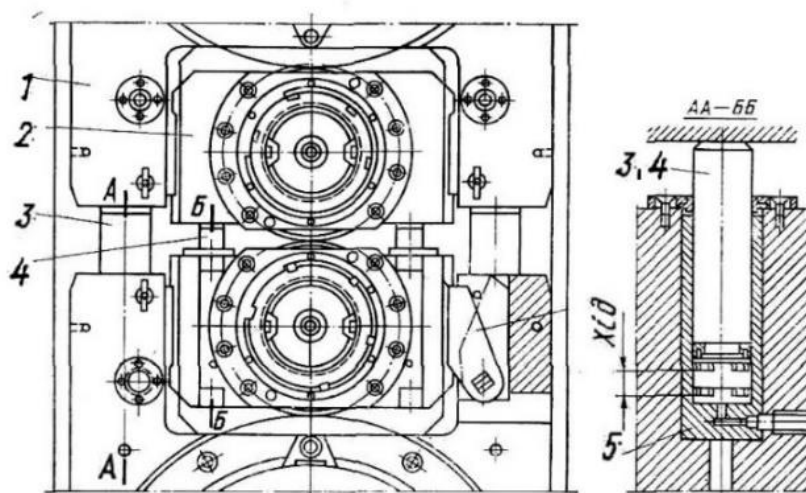


Рисунок 4.11 – Схема гідравлічного врівноваження з розміщенням між подушками валків

На рис.4.12 приведено схему врівноваження з верхнім розміщенням гідроциліндру, яка використовується переважно для врівноваження опорних валків станів кварто та деяких листових клітей дуо [4, 8].

В цій конструкції плунжерний гідроциліндр 4 розміщений у верхній траверсі вузла станин між натискними механізмами. Плунжер гідроциліндру коромислом 3 з'єднаний з тягами 2, які з'єднані з поперечними балками 1, що вже безпосередньо контактують з подушками валка. Усі з'єднання в системі врівноваження шарнірні.

В клітях кварто найбільш поширеною є комбінована схема, в якій робочі валки невеликої ваги врівноважують гідроциліндри між подушками валків, а важкі опорні валки – за схемою з верхнім розташуванням гідроциліндру.

Оскільки переміщення плунжерів гідроциліндрів обмежується ходом валків, тобто об'єми рідини в гідросистемах змінюються незначно, замість насосів використовують гідравлічні акумулятори: пневмогідракумулятори та вантажні акумулятори.

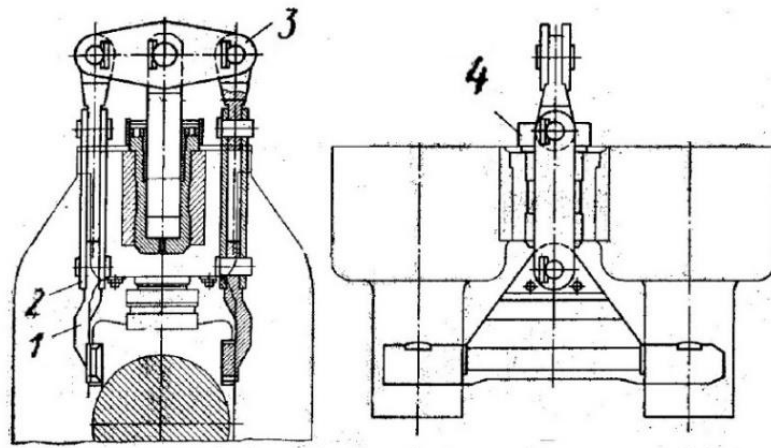


Рисунок 4.12 – Гідравлічне врівноваження з верхнім розташуванням гідроциліндру

Працює гідравлічне врівноваження в такий спосіб. Компресором у пневмогідроаккумулятор 3 (рис.4.13) подається стиснене повітря [4]. При підйомі й опусканні валка робоча рідина (переважно мінеральне масло) перетікає під тиском через трубопровід 2 у гідроциліндри 1 і назад, створюючи силу врівноваження на плунжерах гідроциліндрів. Витоку масла заповнюють насосом.

Недоліком пневмогідроаккумуляторів є розчинення повітря в робочій рідині, що негативно позначається на роботі гідросистем. Тому застосовуються пневмогідроаккумулятори з гумовими мембранами, що розділяють повітря й масло.

На старих станах ще застосовуються вантажні гідроаккумулятори, у яких тиск створюється вантажами (рис.4.14). По суті це плунжерні циліндри, в яких до плунжерів приєднано вантаж.

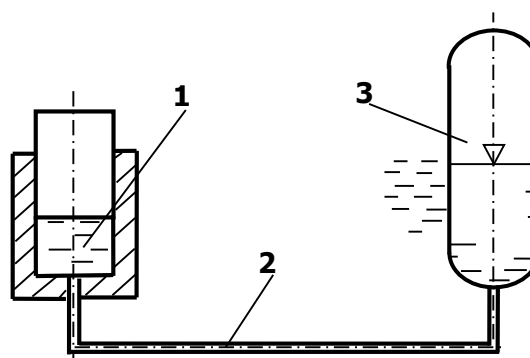


Рисунок 4.13 – Схема гідравлічного врівноваження з пневмогідроаккумулятором

Вони мають більшу інерційність, що приводить до виникнення гідравлічних поштовхів, які негативно впливають на роботу приводу НМ. Крім того, вони складніше в експлуатації через наявність ущільнень, які необхідно часто міняти.

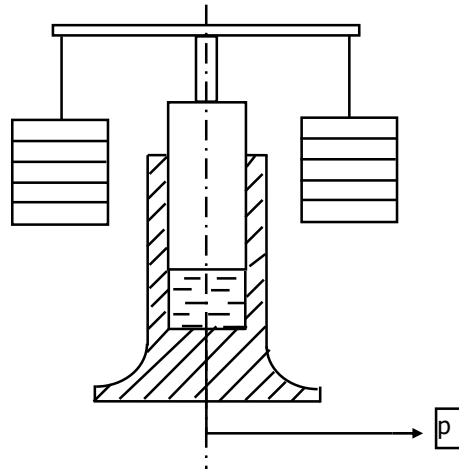


Рисунок 4.14 – Вантажний гідроаккумулятор

4.5 Пристрої для осьового встановлення й фіксації валків

Валки потрібно встановлювати в необхідне положення не тільки у вертикальній, але й у горизонтальній площині. Для цієї мети використовуються спеціальні пристрої. Ці пристрої в сортових і листових станах істотно відрізняються.

У сортових станах точне осьове регулювання валків з наступною їхньою фіксацією необхідне для суміщення верхнього та нижнього ривчаків калібру. У листових станах потрібна тільки осьова фіксація валків.

Відомо досить багато різних конструкцій для осьового установаження й фіксації валків, але всі вони можуть бути розділені на дві групи: з фіксацією по обидва боки робочої кліти та з фіксацією тільки з однієї сторони [13].

Типовим представником першої групи є механізм установаження із фланцями на подушках (рис. 4.15).

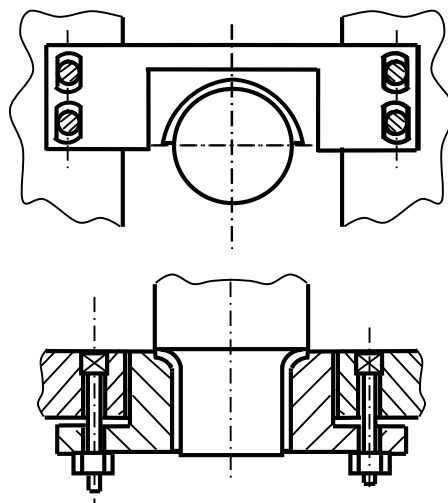


Рисунок 4.15 – Пристрій осьової установка із фланцями

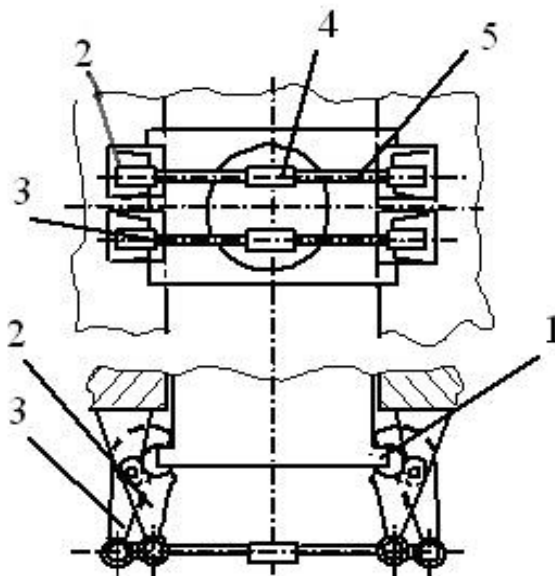
Для осьового переміщення валка потрібно закручувати гайки на болтах з однієї сторони й, одночасно, відкручувати з іншої. Це створює чималі незручності при обслуговуванні. Крім того, через фіксацію подушок із двох сторін, для теплового подовження валка потрібні спеціальні способи установки підшипників. Такі механізми використовуються при застосуванні підшипників ковзання відкритого типу.

Більше зручним є механізм другого типу із подвійною важільною системою (рис.4.16).

Він складається з розміщених одна над одною різьбових муфт 4, які мають внутрішні ліву та праву різьбу. У різьби вкручені тяги-гвинти 5, які шарнірно з'єднані з важелями 2,3. Важелі упираються у виступи 1 на подушці валка, причому верхні – із зовнішнього, а нижні – із внутрішнього боку. Для самовстановлення подушок головки важелів виконують сферичними.

Для пересування валка важелі, наприклад 3, у напрямку яких буде рух, обертанням вручну різьбової муфти 4 й пересуванням гвинтів 5 відводяться від подушки 1, звільняючи місце для її руху. Друга пара важелів 2 приводиться аналогічно і своїми упорами штовхає подушку 1 в потрібному напрямку.

Другий валок при цьому нерухомий. Після суміщення ривчаків калібру важелі 3 притискають до виступів подушки 1, фіксуючи її разом з валком у заданому положенні, при цьому вибираються зазори між подушкою і важелями.



1 – виступи на подушці, 2 – важіль верхній з тягою, 3 – важіль нижній з тягою, 4 – різьбова муфта, 5 – тяги-гвинти

Рисунок 4.16 – Механізм із подвійною важільною системою

У листових клітей валки фіксуються в осьовому напрямку через одну з подушок (з неприводної сторони) за звичай за допомогою планок, що входять

у пази подушок (рис.4.17) або за допомогою відкидних клямок (рис.4.18). Останній варіант застосовується в клітках кварто для прискорення процесу перевалки, тому що поворот клямок відбувається за кілька секунд, а відгвинчування гайок пристрою за рис. 4.17 займає значно більше часу.

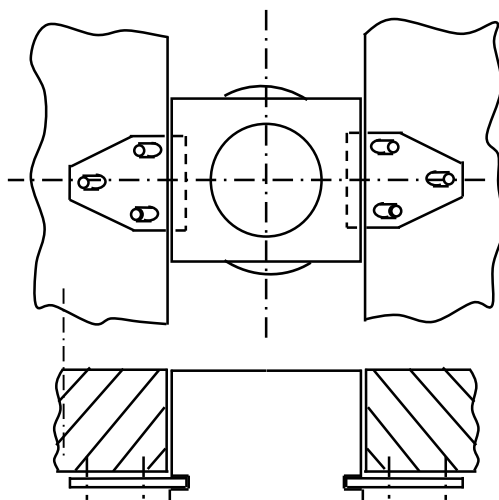


Рисунок 4.17 – Осьова фіксація валків листової кліті

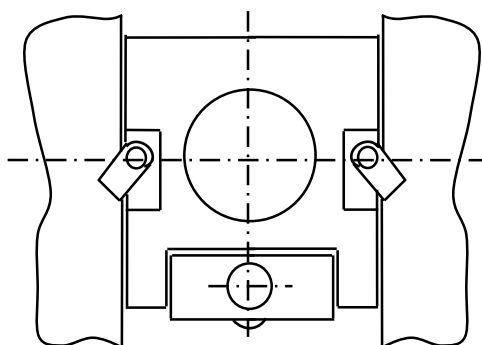


Рисунок 4.18 – Фіксація валка клямками

4.6 Механізми для виводу валків на рівень прокатки

В результаті переточок діаметри валків зменшуються, і нижній робочий валок або робочий і опорний валки поступово опускаються відносно рівня прокатки. Згодом це починає впливати на процес прокатки, тому нижні валки необхідно підіймати до рівня прокатки, який визначений для кожної робочої кліті. Для цього використовують пристрої та механізми. Найпростішим пристроєм є проставки певної товщини, які підкладають під подушки переточених валків. Більш складними є ступінчасті санчата, які використовують також для перевалок валків.

Використовують також механізми, черв'ячно-гвинтові та клинові.

Перші в цілому аналогічні натискним механізмам (рис.4.19), і їх іноді називають натискними механізмами.

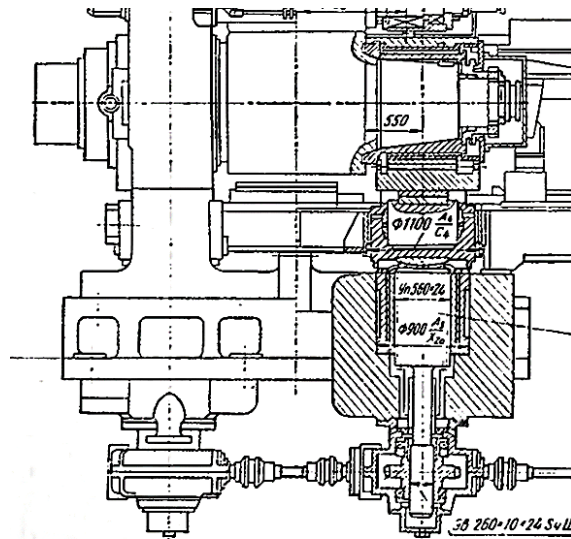


Рисунок 4.19 – Черв'ячно-гвинтовий механізм установлення валків на рівень прокатки [14].

Недоліком таких механізмів є зниження жорсткості робочої кліті, оскільки подушки спираються не на станину, а на проміжні елементи, які вносять додаткові деформації.

Клинові механізми (рис. 4.20) більш жорсткі, оскільки опорна поверхня в них не зменшується [9].

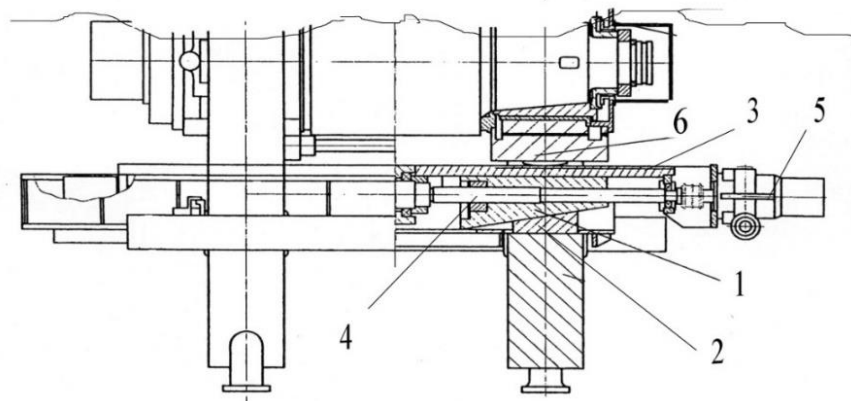



Рисунок 4.20 – Клиновий механізм установлення валків на рівень прокатки

Механізм складається з двох розміщених під нижніми подушками рухомих клинів 1, які спираються на нерухомі клини 2, закріплені у вікнах станин. Подушки 6 спираються на рухомі клини 1 через планки 3. Рухомі клини приводяться гвинтовою передачею 4, у якій гайки зафіксовані у клинах 1, а гвинт обертається від гідродвигуна або мотор-редуктора 5. Якщо



кліни 1 зорієнтовані однаково, то однакова і різьба на гвинті, а якщо назустріч один одному, то гвинт має ліву і праву різьбу для синхронного зустрічного руху клинів 1.

Контрольні питання

1. Яке призначення натискних пристроїв прокатних станів?
2. Як вибираються основні параметри натискних механізмів (швидкість установки валка, кінематична схема натискного пристрою, тип пристрою для врівноваження валка)?
3. Наведіть класифікацію електромеханічних натискних механізмів за швидкохідністю і вкажіть область їхнього застосування.
4. Чим обумовлена форма хвостовиків натискних гвинтів?
5. Яке призначення підп'ятника натискного гвинта? Чому підп'ятники мають сферичну форму?
6. Укажіть призначення синхронізуючої шестірні у швидкохідних натискних механізмах?
7. Укажіть основні геометричні параметри гайок натискних механізмів.
8. З яких матеріалів виконують натискні гвинти і гайки? Які типи різі використовують для них і чому?
9. Назвіть переваги і недоліки ГНУ у порівнянні з електромеханічним натискним механізмом.
10. Опишіть роботу слідкуючої системи ГНУ при роботі в режимі постійного зазору між валками.
11. Яке призначення пристроїв врівноваження верхнього валка?
12. Назвіть типи пристроїв для врівноваження верхнього валка, укажіть їхні переваги і недоліки.
13. Укажіть область застосування пристроїв різних типів для врівноваження верхніх валків.
14. Як фіксують валкові вузли у вікнах станин?
15. Розкрийте роботу механізму суміщення рівчаків сортових валків
16. Назвіть призначення та вкажіть типи пристроїв і механізмів для виведення валків на рівень прокатки.

ТЕМА 5. ВУЗЛИ СТАНИН РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

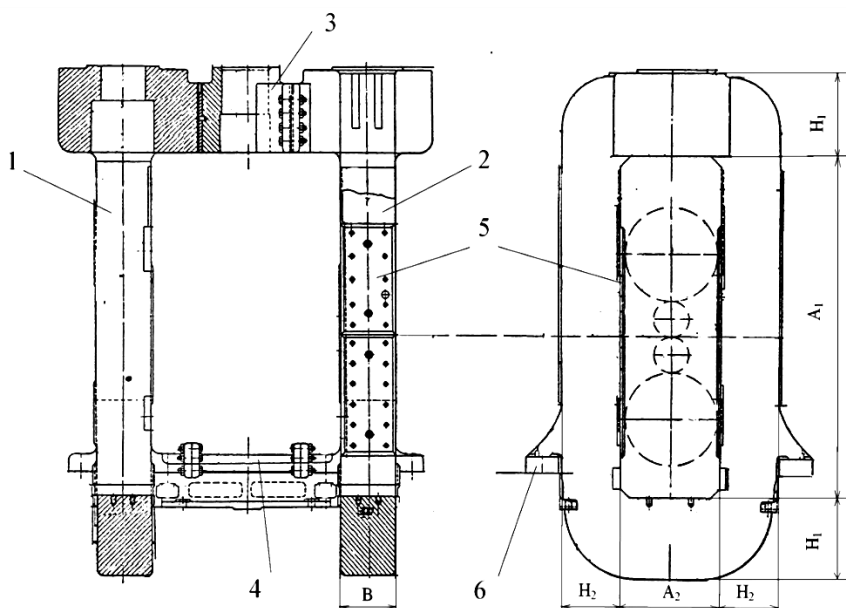
Ціль заняття – набути знання про призначення, типи, конструкцію, матеріали, способи виготовлення та особливості станин робочих клітей прокатних станів.

5.1 Призначення й пристрій станин робочих клітей

У процесі прокатки розвиваються досить значні сили - до 100МН. Для її сприйняття, що забезпечує необхідне взаємне положення всіх вузлів і деталей робочої кліті, служать станини. Вони є основою вузла станин.

Станини – це масивні рами, які сприймають всі сили, що виникають при прокатці та на яких змонтовано вузли і механізми робочої кліті. По суті вузол станин - це корпус робочої кліті.

Кожна робоча кліть має дві станини (ліву 1 і праву 2 по ходу технологічної лінії) (рис. 5.1), які з'єднуються між собою траверсами 3,4 або шпильками. На станинах є лабети 6, якими вони спираються на фундаментні плити. У вікнах станин є станинні планки 5 для запобігання тертя між станинами та подушками валків [4].



1 – станина ліва, 2 – станина права, 3 – траверса верхня, 4 – траверса нижня, 5 – планка станинна, 6 – лабети

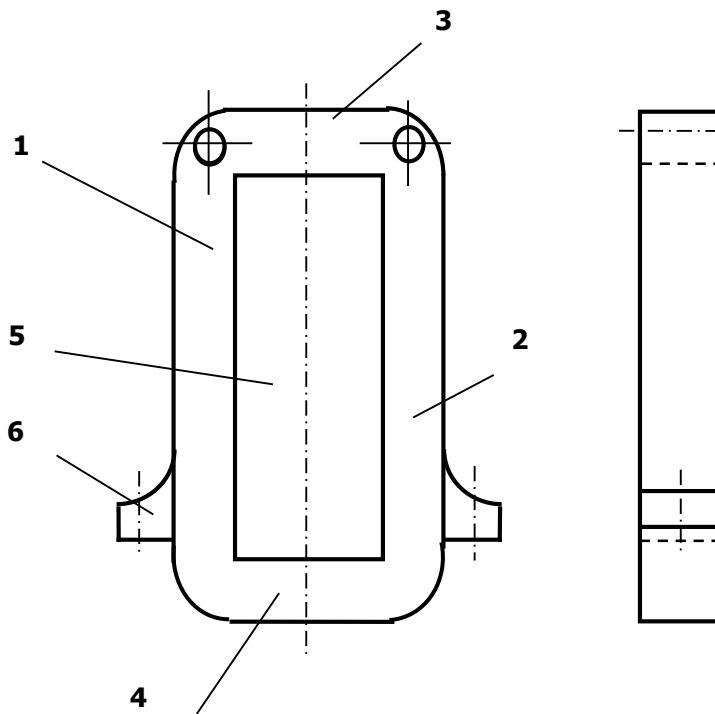
Рисунок 5.1 – Вузол станин робочої кліті

Станини бувають закритого й відкритого типів. У більшості станів використовують станини закритого типу (рис. 5.2), тому саме вони будуть переважно розглянуті нижче. Станини закритого типу мають більшу міц-

ність і жорсткість, тому їх застосовують у робочих клітках, де має місце велика сила прокатки й потрібна висока точність прокату. Перевалка валків здійснюється в горизонтальному напрямку через вікно станини за допомогою спеціальних механізмів або пристроїв.

Станини відкритого типу (рис. 5.3) використовують значно рідше.

Станина закритого типу виконана у вигляді замкнутої рами (див. рис. 5.2). Вертикальні елементи рами 1,2 називаються стояками, горизонтальні – поперечками, верхньою 3 та нижньою 4. Отвір, утворений стоками й поперечками, називається вікном станини 5.



1,2 – стояки, 3 – поперечка верхня, 4 – поперечка нижня, 5 – вікно станини, 6 – лабети

Рисунок 5.2 – Станина закритого типу

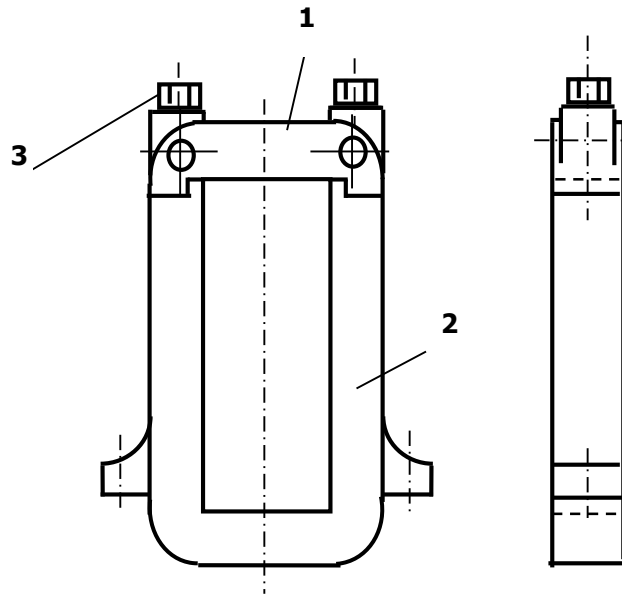
В нижній частині станина має т.зв. лабети 6 - горизонтальні прилипки, якими вона встановлюється на фундаментних плитах. У лабетах є отвори для болтів, якими станина кріпиться до фундаментних плит.

У поперечках є розточення для установки натискних гайок, гідроциліндрів ГНМ або месдоз (датчиків сили прокатки).

Станини відкритого типу складаються із двох окремих частин: кришки – верхньої поперечки 1 і власне станини 2 (див.рис.5.3). Кришка кріпиться до станини болтами 3, встановлюваними із затягуванням.

Цей тип станин має меншу міцність і жорсткість, тому використовується в клітках, де неможливо виконувати перевалку через вікно станини.

Зокрема застосовується в клітях сортових і рейкобалкових станів з лінійним розміщенням клітей (див. рис.1.16), в профілегинних та формувальних станах, де діаметр валків перевищує розмір подушок



1 – кришка-поперечка, 2 – станина, 3 – болт (шпилька)

Рисунок 5.3 – Станина відкритого типу

Для збільшення жорсткості станин відкритого типу застосовується спосіб клинового з'єднання кришки з корпусом станини (рис.5.4).

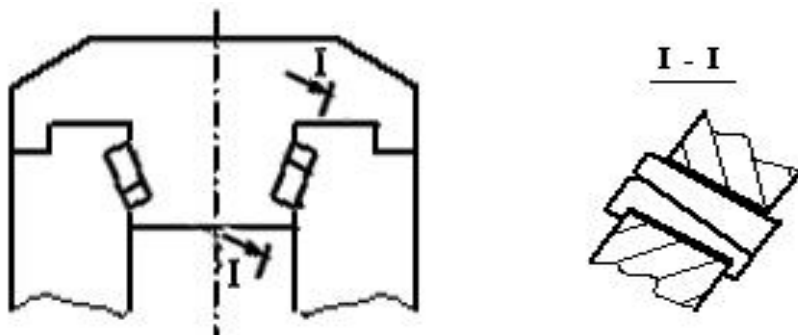



Рисунок 5.4 – Клинове з'єднання кришки й станини

Виготовляють станини робочих клітей за звичай литтям зі сталей марок 30Л, 35Л. Буква «Л» указує на наявність у складі цих конструкційних сталей спеціальних добавок, які знижують в'язкість сталі в рідкому стані й тим самим сприяють виливці. Для станин деяких середньо-, дрібносортових та дротопркатних станів застосовують високоміцний чавун. В останній час набирають розповсюдження зварні станини.



При виборі напружень, що допускаються, виходять із того, що станина є найдорожчим елементом робочої кліті, який визначає термін існування самої робочої кліті. Тому вона повинна бути настільки міцної, щоб її поломка виключалася. При поломці валків станини не повинні одержувати пластичних деформацій, що спотворюють їхню форму. Внаслідок цього коефіцієнт запасу міцності для станин приймають рівним 10. Межа міцності сталевого лиття – 500-600 МПа, тому допустимі напруження в станинах – 50-60 МПа. Для чавунних станин з кулястим графітом межа міцності дорівнює 400-500 МПа, тому допустимі напруження – 40-50 МПа [4, 10].

5.2 Визначення основних розмірів станин

При визначенні розмірів станин виходять із необхідності забезпечення необхідних міцності й жорсткості, але одночасно враховують, що збільшення перерізів стояків і поперечок понад необхідні не виправдано, тому що це збільшує масу, отже, вартість станин, і не дає істотного підвищення їхньої жорсткості, оскільки деформація станин становить невелику частку загальної деформації кліті.

Розміри вікна станини є визначальними для розмірів станини. Ширина вікна A_2 (див. рис. 5.1) дорівнює максимальному посадковому розміру ширини подушки валка. Висота вікна A_1 визначається висотою комплектів верхніх і нижніх валків з подушками плюс максимальним розчином валків плюс висотою елементів кліті, розміщених у вікні (різні проставки, месдозы, під'ятники, виліт натискних гвинтів та ін.), тобто вибирається конструкційно. Ширина станини B дещо менша за довжину подушки валка з урахуванням клямок осевої фіксації.

Розміри перерізів стояків $H_2 \times B$ і поперечок $H_1 \times B$ за звичай мають прямокутну форму і визначаються розрахунком.

З внутрішньої сторони стояки облицьовуються станинними планками 5 (див.рис. 5.1) для запобігання їхнього зношування. У наш час для планок застосовують композитні матеріали.

На рис. 5.5 наведені різні типи перерізів стояків. Перерізи типів 5.5,а і 5.5,б мають більшу жорсткість і тому їх застосовують при відносно широких станинах (кліті дуо), особливо при наявності горизонтальних сил. Такі перерізи в значній мірі розвантажують поперечки від згинальних моментів.

При високих і вузьких станинах (кліті кварто) і незначних горизонтальних силах з погляду міцності й мінімізації маси доцільно використовувати перерізи типу 5.5,в). Менший момент інерції такого перерізу обумовлює менший згинальний момент у стояках. Виникаюча при цьому економія металу на стояках через їхню значну довжину перекидає деяке збільшення площі поперечного перерізу поперечок.

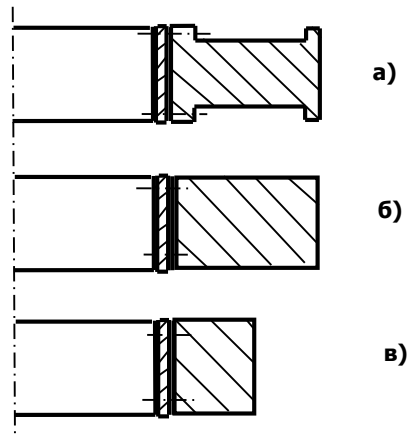


Рисунок 5.5 – Форми поперечних перерізів стояків станин

Співвідношення H_1/H_2 на стадії проектування приймають приблизно 1,5...2. Але як показують розрахунки, при таких співвідношеннях напруження у поперечках більше, ніж у стояках. Рівномірність поперечок і стояків досягається при співвідношеннях $H_1/H_2 = 2,5...3$. На більшості станив розміри верхньої і нижньої поперечок $H_{1В}$ і $H_{1Н}$ та B відрізняються насамперед внаслідок розміщення у верхніх поперечках отворів під натискні механізми (див.рис.5.1). Тільки в сучасних станах з розміщенням ГНМ у вікнах станин поперечки мають однакові за розмірами прямокутні перерізи.

5.3 Установка клітей на фундаменті

Вузол кліті встановлюється на фундаментних лінійках, які називаються плитами. Завдяки цьому маса кліті розподіляється по більшій площі й тиск на бетон фундаменту зменшується.

Фундаментні плити бувають прямокутного або трапецеїдального перерізу. Перший варіант використовується для установки клітей, які за увесь час експлуатації стану не переміщуються (обтискні й листові стани). Другий - для установки клітей сортових станив, перевалка яких здійснюється клітьями й тому їх доводиться переміщати часто. Установка клітей на трапецеїдальних плитах допускається тільки «у розтяг» (рис. 5.6,а) або «у розпір» (рис. 5.6,б). Вільна установка (рис. 5.6,в) не допускається, тому що вона не забезпечує фіксації кліті відносно осі прокатки.

Діаметр станинних болтів, призначених для кріплення станин до фундаментних плит, знаходять розрахунком на перекидання кліті. Приблизно він дорівнює $0,1D_B + (5 \div 10)$ мм, де D_B – діаметр робочого валка [4, 10].

Площу контакту плит з фундаментом визначають, виходячи із припустимого питомого тиску на бетон, що дорівнює 1,5-2 МПа.

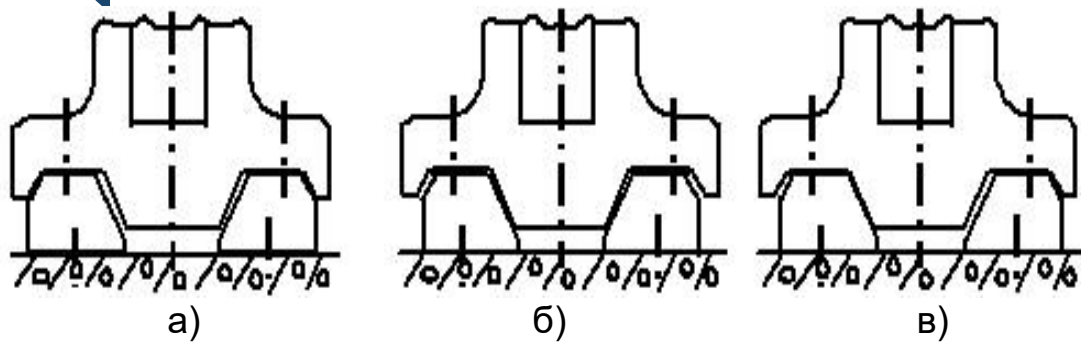


Рисунок 5.6 – Установка кліті на фундаменті

Плити кріпляться до фундаменту за допомогою анкерних болтів, які розраховуються на ту ж силу, що й станинні болти.

Анкерні болти замуруються у фундамент при його спорудженні, але не повністю, а так, щоб невеликі неточності їхнього положення можна було скорегувати згином. Потім здійснюється остаточне заливання бетоном.

Контрольні питання

1. Укажіть призначення станин робочої кліті прокатного стану.
2. Назвіть елементи станини закритого типу робочої кліті.
3. З яких матеріалів виготовляють станини прокатних станів?
4. В яких випадках використовують станини відкритого типу?
5. Як верхню кришку-поперечку з'єднують зі стояками станин відкритого типу?
6. Як вибирають розміри станини?
7. Як вузол станин робочої кліті встановлюють на фундаменті?



Перелік посилань

1. Бровман М.Я., Пименов А.Ф. Развитие прокатного производства за 500 лет . *Вестник машиностроения*. 2004. №11. С. 74 – 82
2. Ламан Н.К. Развитие техники обработки металлов давлением с древних времен до наших дней. М.: Наука, 1989. 236 с.
3. William L. Roberts Cold Rolling of Steel. New York and Basel: CRC Press, 1978. -808 p.
4. Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3 т. Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката . А. И. Целиков [и др.]. М. : Металлургия, 1988. 680 с.
5. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels/ Vladimir B. Ginzburg.-Taylor & Francis: Routledge and CRC Press, 2019.-726p.
6. Ніколаєв В. О., Мазур В. Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II . Запоріжжя : ЗДІА, 2000. 220 с.
7. Машиностроение : энциклопедия. В 40 т. Т. IV-V. Машины и агрегаты металлургического производства / Н. В. Пасечник [и др.]. 2-е изд. – М. : Машиностроение, 2000. 912 с.
8. Коновалов, Ю. В. Справочник прокатчика : справочное издание. В 2 кн. Кн. 1. Производство горячекатаных листов и полос . М. : Теплотехник, 2008. 640 с
9. Коновалов, Ю. В. Справочник прокатчика : справочное издание. В 2 кн. Кн. 2. Производство холоднокатаных листов и . – М. : Теплотехник, 2008. 668 с.
10. Иванченко Ф.К. Гребеник В.М., Ширяев В.І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів . К.: Вища шк., 1995. 455 с.
11. Королев, А. А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов. М. :Металлургия, 1987. 544 с.
12. Hot and cold plate leveler. Information of Danieli & C. S.p.A. 2006. 62 p.
13. Коновалов Ю.В., Минаев А.А. Металлургия:учебн.пособие в 3 кн. Кн.3.Сортопрокатное производство. Производство специальных видов проката, труб и биметаллов. Валки прокатных станов. Волочение, прессование, ковка и штамповка металла. Донецк: ГБУЗ «ДонНТУ», 2013. 603с.
- 14.Tselikov A.I., Smirnov V.V. Rolling Mills.Oxford,London,Edinburg, New York, Paris, Frankfurt: Pergamon Press, 1965. 405 p.



Література, що рекомендується

Базова

[Jingwei Zhao](#), [Zhengyi Jiang](#) Rolling of Advanced High Strength Steels: Theory, Simulation and Practice/ Taylor & Francis: Routledge and CRC Press, 2021, 644 p

Metallurgical Design of Flat Rolled Steels/ Vladimir B. Ginzburg.-Taylor & Francis: Routledge and CRC Press, 2019.-726p

Іванченко Ф.К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів / Ф.К. Іванченко, В.М.Гребеник, В.І.Ширяєв . – К.: Вища шк., 1995. – 455с

Ніколаєв В. О. Технологія виробництва сортового та листового прокату : підручник. Частина II / В. О. Ніколаєв, В. Л. Мазур. – Запоріжжя : ЗДІА, 2000. – 220 с.

Додаткова

William L. Roberts Cold Rolling of Steel.- New York and Basel: CRC Press, 1978. -808 p.

William L. Roberts Hot Rolling of Steel.- New York and Basel: Marcel Dekker.Inc 1983. 1024 p.

Vladimir B. Ginzburg & Robert Ballas Flat Rolling Fundamentals . – New York – Basel:Marcel Dekker. Inc. 2000. – 199 p.

SMS MEER. Проволочные и сортовые прокатные станы.- Германия. SMS MEER., 2003.- 14с

SMS MEER. Сортовые и заготовочные прокатные станы.- Германия. SMS MEER., 2002.- 34с.

A.I.Tselikov & V.V.Smirnov Rolling mills – Pergamon Press Ltd. Headington Hill Hall.Oxford 4&5 Fitzroy Square. 1965 -405 p.

Strip Mill Conventinal. Information of Danieli & C. S.p.A. , 2006. – 163 p.

Plate Mills Know How. Plate & Steckel Mills. Information of Danieli & C. S.p.A. , 2006. – 120 p.