

Ю.К. Доброносів, Е.П. Грибков

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Навчальний посібник



ОЛДІ
ПЛЮС

mip metinvest
polytechnic

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»

**Ю. К. ДОБРОНОСОВ
Е. П. ГРИБКОВ**

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Одеса • 2026 • Олді+

Рецензенти:

Драгобецький В. В. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри машинобудування Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського;

Курпе О. Г. – доктор технічних наук, керівник інженерно-технологічної групи проєкту «Адрія», дирекції по технології і крашним практикам, ТОВ «МЕТІНВЕСТ СІЧСТАЛЬ»

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА”»
(протокол № 8 від 29 травня 2026 року)

Доброносів Ю. К.

Д56 Механічне обладнання технологічних ліній прокатних станів : навч. посіб. / Ю. К. Доброносів, Е. П. Грибков ; ТОВ «Технічний університет “Метінвест Політехніка”». – Одеса : Олді+, 2026. – 376 с.

ISBN 978-617-8559-99-1

Розглянуто склад обладнання технологічних ліній прокатних станів сортопрокатного, листопрокатного та трубного виробництва, типовий склад та особливості вузлів і механізмів робочої кліти прокатного стану, особливості робочих клітей станів різних типів, машини та механізми головної лінії прокатного стану, машини для транспортування, позиціонування, розрізання, змотування та деякі інші допоміжні машини, що входять безпосередньо до технологічних ліній прокатних станів. Основну увагу приділено розгляду конструктивних особливостей прокатного обладнання. Для студентів за напрямом підготовки G10 «Металургія».

УДК 621.771(075.8)

ЗМІСТ

ВСТУП	8
ТЕМА 1	
КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ГОЛОВНА ЛІНІЇ ПРОКАТНОГО СТАНУ	10
1.1 Історія розвитку прокатних станів.	10
1.2 Склад устаткування прокатних цехів.	15
1.3 Класифікація прокатних станів.	17
1.3.1 Класифікація прокатних за призначенням.	17
1.3.2 Класифікація за розташуванням робочих клітей.	21
1.3.3 Класифікація прокатних станів за режимами роботи.	24
1.4 Склад обладнання головних ліній прокатних станів.	26
Контрольні питання.	29
ТЕМА 2	
РОБОЧІ КЛІТІ. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ. СКЛАД ОБЛАДНАННЯ	30
2.1 Класифікація робочих клітей.	30
2.1.1 Горизонтальні робочі кліті.	30
2.1.2 Вертикальні і універсальні робочі кліті.	34
2.1.3 Косовалкові робочі кліті.	35
2.1.4 Кліті з комбінованим розміщенням валків (інші).	36
2.2 Склад обладнання робочих клітей.	37
Контрольні питання.	39
ТЕМА 3	
ВАЛКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	40
3.1 Конструкція та розміри прокатних валків.	40
3.2 Класифікація прокатних валків.	44
3.3 Підшипникові опори прокатних валків. Загальні вимоги.	47
3.4 Підшипники ковзання відкритого типу.	49
3.5 Підшипники рідинного тертя.	51
3.6 Підшипники кочення.	56
3.6.1 Загальна характеристика підшипників кочення.	56
3.6.2 Підшипники кочення для прокатних валків.	57
Контрольні питання.	63
ТЕМА 4	
НАТИСКНІ МЕХАНІЗМИ ТА МЕХАНІЗМИ ВРІВНОВАЖЕННЯ ВАЛКІВ	64
4.1 Призначення і типи натискних механізмів.	64
4.2 Електромеханічні натискні механізми.	66

4.2.1 Конструкція і параметри гвинтових передач.	66
4.2.2 Конструкції приводів електромеханічних натискних механізмів.	68
4.3 Гідравлічні та комбіновані натискні механізми.	71
4.3.1 Гідравлічні натискні механізми (ГНМ).	71
4.3.2 Комбіновані натискні механізми.	75
4.4 Пристрої для врівноваження валків.	78
4.5 Механізми для виводу валків на рівень прокатки.	83
Контрольні питання.	86

ТЕМА 5

ВУЗЛИ СТАНИН РОБОЧИХ КЛІТЕЙ.	87
5.1 Призначення й конструкції станин робочих клітей.	87
5.2 Основні розміри станини.	92
5.3 Установка станин на фундаменті.	93
Контрольні питання.	94

ТЕМА 6

ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СОРТОВИХ СТАНІВ.	95
6.1 Обладнання технологічних ліній рейкобалочних станів (РБС).	95
6.2 Технологічні лінії та особливості робочих клітей крупносортих і середньосортих станів.	101
6.3 Робочі кліті безперервних груп сортових станів.	104
6.4 Склад обладнання та робочі кліті дрібносортих станів.	109
6.5 Попередньо напружені сортові кліті.	113
6.6 Особливості робочих клітей дрогопрокатних станів.	116
6.7 Проводки сортових прокатних станів. Привалкова арматура.	122
6.8 Механізми осевого регулювання каліброваних валків.	126
Контрольні питання.	127

ТЕМА 7

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ ТЛС ТА ШСГП.	129
7.1 Склад обладнання технологічних ліній станів гарячої прокатки листопрокатного виробництва.	129
7.2 Горизонтальні робочі кліті ТЛС та ШСГП.	135
7.3 Вертикальні та універсальні кліті.	140
7.4 Механізми профілювання міжвалкового зазору.	146
7.5 Планетарні стани.	160
Контрольні питання.	165

ТЕМА 8

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СТАНІВ

ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ	167
8.1 Типи станів холодної прокатки.	167
8.2 Безперервні стани холодної прокатки.	168
8.3 Реверсивні стани холодної прокатки (РСХП).	171
8.4 Робочі кліті станів холодної прокатки.	174
8.5 Багатовалкові стани.	179
Контрольні питання.	187

ТЕМА 9

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

ТРУБОПРОКАТНИХ СТАНІВ	189
9.1 Лінія робочої кліті прошивного стану.	189
9.2 Робочі кліті розкатних станів.	192
9.2.1 Автоматичний розкатний стан (автомат-стан).	192
9.2.2 Безперервні розкатні стани.	196
9.2.3 Тривалковий розкатний стан.	198
9.2.4 Розкатні стани пілігримової (періодичної) прокатки.	200
9.3 Редукційні та калібрувальні стани.	203
9.4 Стани холодної прокатки труб.	209
Контрольні питання.	215

ТЕМА 10

СПЕЦІАЛЬНІ СТАНИ	216
10.1 Колесопрокатні та кільцепрокатні кліті.	216
10.2 Робочі кліті деталепрокатних станів.	221
10.2.1 Стани для прокатки круглих періодичних профілів.	221
10.2.2 Стани для прокатки коротких тіл кочення.	226
10.2.3 Стани для гарячого накатування зубчастих коліс.	229
Контрольні питання.	234

ТЕМА 11

ПРИСТРОЇ ГОЛОВНОЇ ЛІНІЇ КЛІТЕЙ ТА ПЕРЕВАЛКИ	235
11.1 Шпинделі.	235
11.2 Врівноваження шпинделів.	245
11.3 Шестеренні кліті.	248
11.4 Редуктори головної лінії.	252
11.5 Механізми та пристрої для заміни валків.	253
Контрольні питання.	259

ТЕМА 12

МАШИНИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ

ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРОКАТУ	261
12.1 Загальні відомості.	261
12.2 Рольганги.	262
12.2.1 Класифікація рольгангів.	262
12.2.2 Конструкція рольгангів.	263
12.2.3 Спеціальні рольганги.	266
12.3 Маніпулятори й кантувачі.	268
12.3.1 Призначення маніпуляторів й кантувачів.	268
12.3.2 Вилочні маніпулятори й кантувачі сортових станів.	269
12.3.3 Кантувальна втулка.	271
12.3.4 Маніпуляторні лійки листових станів.	272
12.4 Спеціальні транспортери.	273
Контрольні питання.	277

ТЕМА 13

МОТАЛКИ ТА РОЗМОТУВАЧІ	278
13.1 Призначення моталок та розмотувачів.	278
13.2 Моталки гарячої штаби.	279
13.2.1 Типи моталок гарячої штаби.	279
13.2.2 Ролико-барабанні моталки.	280
13.2.3 Карусельні моталки.	287
13.2.4 Моталки в печах станів Стекеля.	292
13.3 Моталки станів холодної прокатки.	294
13.3.1 Вимоги до моталок станів холодної прокатки.	294
13.3.2 Конструкції барабанів моталок.	295
13.3.3 Механізми фіксації смуги в барабані.	301
13.3.4 Вертлюг.	303
13.3.5 Захльостувач.	305
13.4 Сортівні моталки.	306
13.5 Розмотувачі та відгиначі.	310
13.5.1 Розмотувачі.	310
13.5.2 Відгиначі.	313
Контрольні питання.	315

ТЕМА 14

НОЖИЦІ ЛІНІЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	317
14.1 Класифікація ножиць.	317
14.2 Ножиці обтискних та сортових станів.	318

14.2.1 Ножиці з паралельними ножами.	318
14.2.2 Летучі сортові ножиці.	323
14.3 Ножиці листових станів.	332
14.3.1 Стаціонарні ножиці.	332
14.3.2 Летучі ножиці ШСГП.	337
Контрольні питання.	340

ТЕМА 15

СПЕЦІАЛЬНІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ЛИСТОПРОКАТНИХ ТА ТРУБОПРОКАТНИХ СТАНІВ.

	341
15.1 Машина для виймання заготовок із печей.	341
15.2 Гідрозбив окалини.	342
15.3 Передатний пристрій ливарно-прокатного модуля.	346
15.4 Термозахисні екрани.	347
15.5 Проміжні перемотувальні пристрої типу CoilBox.	350
15.6 Правильні машини.	354
15.7 Допоміжне обладнання трубопрокатних станів.	363
15.7.1 Центрувальний пристрій прошивного стану.	363
15.7.2 Виштовхувальні ролики прошивного стану.	364
15.7.3 Упорно-регулювальний пристрій прошивного стану.	366
15.7.4 Механізми розкатного стану для задавання рухомої оправки в гільзу та видалення з прокатої труби.	368
Контрольні питання.	370

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.	372
----------------------------------	------------

ВСТУП

Представлений навчальний посібник призначений насамперед для студентів немеханічних спеціальностей, 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 у прокатному виробництві, знання механічного обладнання прокатних станів є необхідним.

Освітньою програмою передбачене вивчення двох окремих курсів: «Механічне обладнання прокатних станів» і «Механічне обладнання ліній обробки прокату». У першому з них вивчається обладнання, яке входить безпосередньо до технологічної лінії прокатного стану. Саме для цього курсу призначений цей навчальний посібник. Друга дисципліна вивчає обладнання прокатних цехів, яке знаходиться поза технологічною лінією прокатного стану і призначене для підготовки заготовок до прокатки та різних видів обробки готового прокату. Тому тут не представлені машини, що відносяться до ліній підготовки та обробки прокату.

Основна мета цього видання полягає в забезпеченні формування у студентів знань про призначення, конструкції і умови функціонування обладнання технологічних ліній прокатних станів, конструктивні особливості та принципи дії основного і допоміжного прокатного обладнання.

Особливістю цієї розробки у порівнянні з традиційними курсами для інженерів-механіків є те, що в ній насамперед вивчаються конструктивні особливості основних і допоміжних машин технологічних ліній 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. Вони повинні розуміти можливості машин та принципи їх устрою і роботи. Саме на оволодіння цим розумінням



і спрямоване це видання. Слід також вказати, що тут не розглядається обладнання ліній обробки прокату поза технологічною лінією прокатного стану, для якого передбачений окремий курс.

Ще однією причиною розробки цього видання є те, що наразі обмаль сучасної навчальної літератури з механічного обладнання прокатних станів на державній мові. Тому цей посібник дозволить частково вирішити цю проблему.

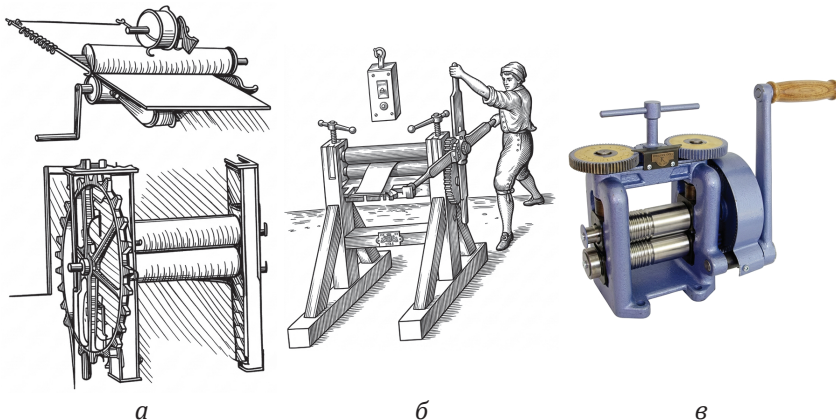
При побудові курсу широко використана як традиційна, так і сучасна інформація на основі обробки періодичних джерел, патентів та матеріалів провідних світових виробників.

ТЕМА 1

КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ. ТЕХНОЛОГІЧНА ТА ГОЛОВНА ЛІНІЇ ПРОКАТНОГО СТАНУ

|| 1.1 Історія розвитку прокатних станів

Процес прокатки відомий людству вже більше п'ятисот років. До нього обертові валки використовували для подрібнення крихких матеріалів аналогічно сучасним валковим дробаркам. Використовувати валки для деформації металів запропонував Леонардо да Вінчі. На його рисунку, датованому 1495 р., запропоновано металеву конструкцію з ручним приводом, призначену для прокатки пластичних металів (рис. 1.1, а). Перший відомий патент на прокатний стан було видано у Англії Б. Балмеру (B. Bulmer) у 1588 р. [1; 2].



а

б

в

Рисунок 1.1 – Прокатні кліті:
Леонардо да Вінчі (1495 р.) (а);
С. Ко (Франція, 1600 р.) (б);
сучасна ювелірна кліть з ручним приводом (в)

Перші прокатні стани з'явились на початку XVII ст. у Франції. Їх сконструював Соломон Ко (de Caus). У такого прокатного стану (рис. 1.1, б) були вже основні елементи, характерні і для сучасних конструкцій: станина, валки з подушками, натискний пристрій. Приводився вручну лише нижній валок. Ко також зрозумів необхідність і впровадив індивідуальну роботу натискними гвинтами для регулювання міжвалкового зазору [1]. Зроблені ним стани використовували для прокатки таких м'яких металів, як свинець і олово. Можливість прокатувати більш міцні метали обмежувалась низькою міцністю конструкції та відсутністю потужного приводу.

До XIX ст. для обертання валків використовували ручний, кінський і водяний приводи. Цікаво, що стани з ручним приводом існують і в наш час, зокрема у ювелірній промисловості (рис. 1.1, в). Для кінського приводу використовували спеціальний пристрій у вигляді колеса, яке обертало прив'язані до нього коні – «кобило» (рис. 1.2). Вже тоді для приводу другого валка стали використовувати шестеренну передачу. Найбільш потужним був, звичайно, водяний привід, але розміщення станів біля великих річок було пов'язано з очевидними труднощами.

Поступово розширювалась область використання прокатних станів. В Англії наприкінці XVII ст. було створено перший стан

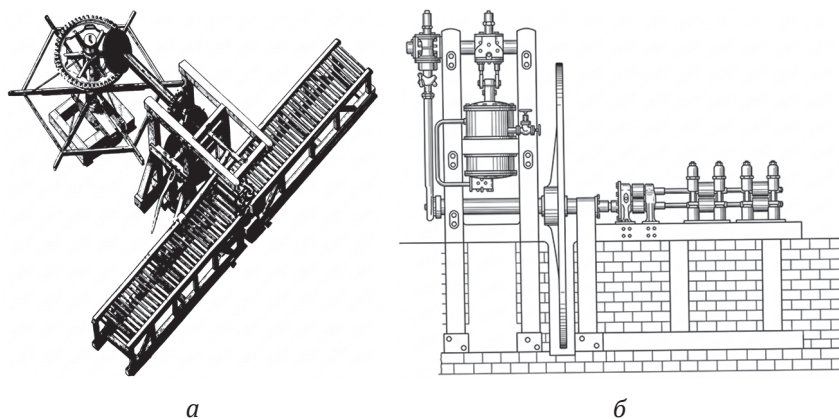


Рисунок 1.2 – Прокатні стани з колесом для кінського приводу (а) та приводом від парової машини (б) [2]



гарячої прокатки. У якості заготовок для нього використовувались поковки. Поява чавунних валків дозволила прокатувати більш міцні матеріали. Найбільшого розвитку прокатні стани набули в Англії, як найбільш розвиненій промисловій країні. Так Джон Хенбері (John Hanbury) розробив чавунні валки з поверхневим вибіленим шаром, що дозволило катати залізні листи товщиною менше 2 мм. Було розроблено реверсивний стан, у якому реверс валків забезпечувався системою зубчастих передач, щоб коні, що приводять стан, могли рухатись в одному напрямку [1].

Великий внесок у розвиток прокатного виробництва зробив Генрі Корт. У 1783 р. він запатентував процес прокатки у валках з калібрами. За 10 років Г. Корт (Henry Cort) побудував чотири прокатних стани з водяним приводом. Кліті мали валки діаметром 279 мм, швидкість прокатки становила до 0,7 м/с (52 об/хв). На своїх станах Г. Корт застосовував прямокутні і круглі калібри (надалі у Франції в 1778 р. Флер (Fleur) розробив систему калібрів «коло-овал», яку стали широко застосовувати при прокатці круглих профілів). Наприкінці XVIII ст. Джон Хезлдіні (Англія) запропонував безперервний прокатний стан, в якому можна було кантувати прокат його поворотом в спеціальних проводках [1].

У США перший прокатний стан було побудовано в 1751 р. Петером Олівером (Peter Oliver). На ньому прокатували стрічки і смуги з кутих заготовок. Далі із прокату одержували різні металовироби.

Подальший стрибок у розвитку прокатного виробництва відбувся у XIX ст. з появою парової машини. З одного боку, це забезпечило прокатні стани потужним і надійним приводом, а з іншого дало поштовх розвитку залізничного транспорту та металевому суднобудівництву, які потребували як сортовий (залізничні рейки), так і листовий прокат у великих промислових об'ємах. Стан для виробництва залізничних рейок спроектував Джон Біркіншо (John Birkenshaw) (Англія) у 1820 р. Трохи раніш у Франції і США було розроблено стани для прокатки кутових профілів [1; 2].

Георг Бедсон (George Bedson, Англія) розробив конструкцію безперервного стану з горизонтальними і вертикальними

робочими клітьми (рис. 1.3). Це був безперервний дрогопрокатний стан із груповим приводом безперервної групи клітей від парової машини через конічні зубчасті передачі. Швидкість прокатки на ньому сягала до 20 м/с. В 1836 р. у Німеччині Альфред Крупп (А. Krupp) розробив кліть кварто з робочими й опорними валками. Берна Лаут (Bernard Lauth) в 1862 р. спроектував конструкцію прокатного стану тріо з двома приводними валками та розміщеним між ними холостим валком малого діаметру. Кліті тріо Лаута застосовувалися на товстолистових станах до середини ХХ ст. [1; 2].

З появою у другій половині ХІХ ст. броненосного флоту виникла необхідність освоєння прокатки броньових плит. У різних країнах з'явилися товстолистові стани, на яких катали броню. Так у 1861 р. в Англії було прокатано броньові плити товщиною 350 мм [1].

Револьюційним кроком у розвитку прокатних станів стала поява в 1897 р. в Німеччині прокатного стану з електричним

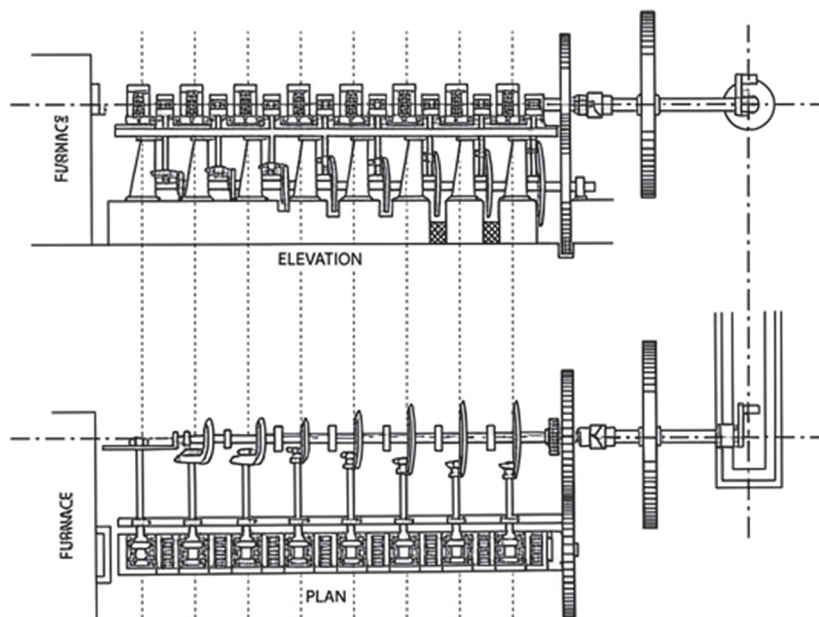


Рисунок 1.3 – Безперервний стан Бедсона [2]

приводом, більш гнучким і потужним за паровий. Вже у 1903 р. для приводу рейко-балкового стану у Бреддоку (США) було створено реверсивний привід з двома електродвигунами потужністю по 1500 к. с. Надалі електричний привід став основним на прокатних станах. Але стани із приводами від парових машин працювали ще досить довго, до 60-х років минулого сторіччя [1]. Слід вказати, що усі інші механізми в більшості робочих клітей мали майже до середини ХХ ст. ручні приводи, як показано на рисунку 1.4.

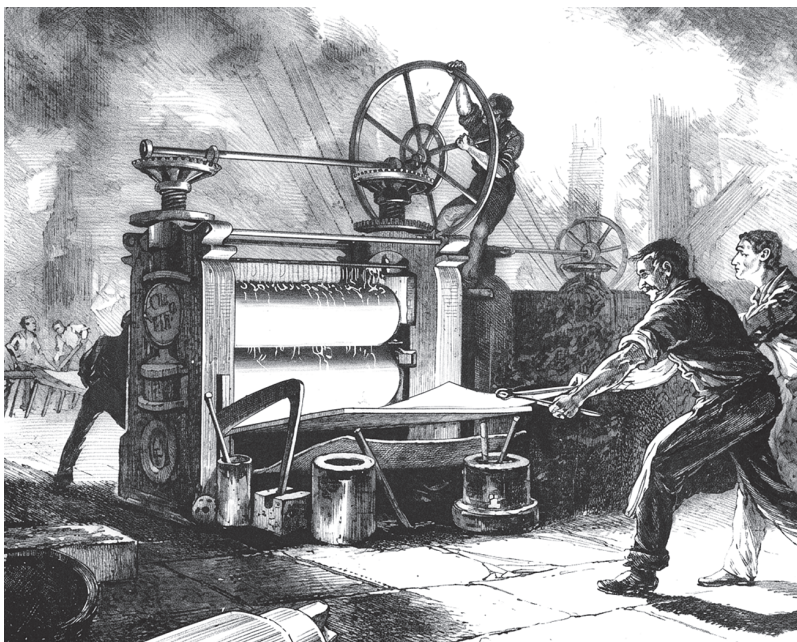


Рисунок 1.4 – Прокатний стан тріо кінця XIX ст. [2]

У 70-х роках XIX ст. було побудовано Донецький металургійний завод Джона Юза, на якому було уведено в експлуатацію обтискний і сортові стани. З того часу іде відлік прокатного виробництва на території сучасної України.



|| 1.2 Склад устаткування прокатних цехів

У металургії прокатним цехом називають виробничу одиницю для випуску прокатної металопродукції певного виду. Через це прокатні цехи називають відповідно до видів продукції, що в них випускають, наприклад, сортопрокатний, товстолистовий, трубопрокатний, тощо. Винятком є назва «обтискний цех», який названо за функціональним призначенням – обтисканням зливків для одержання з них заготовок (блємів, слябів) для сортопрокатного, листопрокатного, трубного виробництва. Прокатним цехом також називають споруду, у якій розміщується устаткування прокатного стану і дільниць підготовки та обробки прокату. Зазвичай в окремій споруді розміщено один-два прокатних стани однакового або близького призначення. Якщо стани однакового призначення мають невеликі розміри, як наприклад, стани для холодної прокатки, їх розташовують декілька в одному цеху.

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

Агрегат – комплекс машин і механізмів, призначений для виконання певного технологічного процесу. Так агрегат поперечного різання здійснює процес отримання листів з прокатної смуги і містить машини для розмотування смуги з рулону, транспортування її в лінії агрегату, правки дефектів площинності, безпосередньо розрізання смуги на листи та укладання їх у пакети.

Машина – механізм і двигун або комплекс механізмів із загальним чи окремим двигунами для виконання певної технологічної операції. Наприклад, робоча кліть прокатного стану, яка виконує пластичну деформацію металу на певний розмір, або ножиці, що розрізають метал.

Все устаткування прокатних цехів ділиться на основне й допоміжне [3]. Основне устаткування прокатних станів – це прокатні кліті, які також називають робочими клітями і у яких безпосередньо здійснюється пластична деформація металу. Надалі в багатьох випадках ми будемо для спрощення називати їх просто клітями.



Все інше устаткування прокатного цеху взагалі і прокатного стану зокрема відноситься до допоміжного. Воно має наступні функції:

- транспортування металу в технологічній лінії прокатного стану від однієї машини до іншої за допомогою рольгангів, транспортерів і спеціальних транспортувальних машин, або від одного агрегату в цеху до іншого;
- нагрівання металу перед прокаткою, термічна або термо-механічна обробка прокату металу для надання йому потрібних механічних властивостей;
- обрізання некондиційних кінців розкатів, розрізання прокату на фрагменти для видалення у аварійних ситуаціях у лініях станів, розрізання прокату на мірні довжини або вузькі смуги, вирізання дефектних ділянок і проб для механічних випробувань – за допомогою різноманітних ножиць та дискових пил;
- змотування довгомірного прокату у рулони чи бунти і розмотування за допомогою моталок і розмотувачів;
- правка прокату після прокатки і обробки для усунення дефектів площинності чи прямолінійності за допомогою прасувальних машин;
- кантування, пакування, складування прокату, зачищення його поверхні, травлення окалини, нанесення захисних покриттів, контроль якості та інші операції як у технологічній лінії стану так і на дільницях обробки прокату.

Обладнання, розташоване в певній послідовності відповідно до технологічних операцій на даному стані, називається технологічною лінією прокатного стану. В цій роботі ми будемо розглядати саме те механічне обладнання, яке входить безпосередньо до технологічної лінії стану, оскільки агрегати і машини для обробки прокату розглядаються в окремих курсах.



|| 1.3 Класифікація прокатних станів

1.3.1 Класифікація прокатних за призначенням

За призначенням стани можна поділити на декілька великих груп [3].

Стани для виробництва напівпродукту (заготовок) зі зливків для інших видів прокатних виробництв називають обтискними станами. До них відносять блюмінги і слябінги. На блюмінгах прокатують блюми – заготовки квадратного перерізу для сортопрокатних станів. Слябінги призначені для прокатки слябів – заготовок прямокутного перерізу для станів листопрокатного виробництва. До назви цих станів входить номінальний діаметр валків: наприклад, блюмінг 1500, слябінг 1250. У більшості це одноклітьові реверсивні стани, хоча існують винятки. Річна продуктивність обтискних станів може складати до 6 млн т, а швидкість прокатки – до 6 м/с.

До цієї групи відносяться також безперервні заготовочні стани (БЗС). Вони призначені для прокатки заготовок квадратного перерізу 60×60–80×80 мм для дрібносортих та дрогопрокатних станів. БЗС можуть мати понад десять клітей, розміщених у двох-трьох безперервних групах. Позначаються також за діаметрами валків. Заготовками є блюми. Річна продуктивність – до 5 млн т. Швидкість прокатки в останній кліті – до 10 м/с.

Трубозаготовочні стани прокатують заготовки круглого перерізу для трубопрокатних агрегатів. Мають кілька послідовно розміщених клітей.

Слід сказати, що з появою машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) потреба в обтискних станах практично відпала. Вони ще існують на деяких застарілих виробництвах, але поступово виводяться з експлуатації. Тому ми не будемо розглядати ці стани, а розглянемо лише деякі їхні машини, які цікаві саме як приклади конструкцій прокатного обладнання.

Наступна велика група – сортові стани. Вони також позначаються за діаметрами валків. Зазвичай у назві вказується діаметр валків останньої кліті (дрібносортих стан 250), хоча можуть вказуватись і діаметри по групах клітей (РБС 950/800).



Рейкобалкові стани (РБС) – найбільші серед сортових станів. Призначені для виробництва насамперед залізничних рейок різного призначення та широкополічних балок, хоча можуть випускати і інші види сортового прокату. Заготовки – блюми. Річна продуктивність РБС – до 1,5 млн т.

Крупносортні стани прокатують широкий сортамент сортового прокату з розмірами перерізу 100–300 мм. Можуть мати від 4 до 17 робочих клітей. Діаметр валків 500–800 мм. Заготовки – блюми. Річна продуктивність напівбезперервних крупносортних станів може сягати 1,6 млн т, швидкість прокатки в останніх клітях – до 10 м/с.

Середньосортні стани прокатують прості і складні профілі загальнопромислового призначення з розмірами перерізу 50–200 мм. Діаметр валків – 350–550 мм. Сучасні середньосортні стани – безперервні, або напівбезперервні, кількість робочих клітей – 10 і більше. Заготовки – блюми. Продуктивність і швидкість прокатки визначається типом стану.

Дрібносортні стани призначені для прокатки простих профілів та кутиків розмірами поперечного перерізу 10–50 мм із квадратних заготовок 60×60–80×80 мм. Це переважно безперервні стани з продуктивністю до 0,8 млн т/рік. Діаметр валків останніх клітей 250–270 мм. Швидкість прокатки перевищує 20 м/с.

Дротопрокатні (дротяні) стани призначені для прокатки дроту (катанки) діаметром 5–10 мм. Це безперервні стани з діаметром валків 150–270 мм. Сучасні дротопрокатні стани із блоками чистових клітей мають швидкість прокатки до 120 м/с.

До сортових станів також відносяться штрипсові стани для прокатки вузької смуги товщиною 5–20 мм, шириною до 450 мм і універсальні балкові стани для прокатки широкополічних балок.

Стани листопрокатного виробництва призначені для прокатки товстих листів та гарячекатаних штаб у рулонах, а також холоднекатаних смуг та стрічок. У назву станів входить довжина бочки робочого валка (ТЛС 3600, ШСГП 2500).

Товстолистові стани (ТЛС) призначені для прокатки листів товщиною 4–50 мм шириною до 4500 мм і плит товщиною понад 50 мм. Зазвичай мають одну вертикальну і дві



горизонтальні реверсивні кліті кварто, іноді одну горизонтальну або універсальну. Довжина бочок валків складає 2250–5500 мм. Заготовками для листів є сляби, для плит – зливки. Продуктивність більшості ТЛС – до 1,5 млн т/рік.

Широкоштабові стани гарячої прокатки (ШСГП) призначені для прокатки гарячекатаних штаб у рулонах. Товщина прокату 0,8–16 мм, ширина до 2350 мм, маса рулонів до 45 т. Такі стани називають безперервними широкоштабовими станами (БШШС), оскільки вони мають безперервну чистову групу з 6–7 клітей, хоча безперервними в прямому сенсі цього терміну вони не є, оскільки чорнова група таких станів складається з кількох послідовно встановлених клітей або однієї-двох реверсивних клітей. Річна продуктивність таких станів складала 6–6,5 млн т (стани другого покоління), в сучасних ШСГП – до 4,5 млн т.

Існують стани, в яких можна прокатувати як товсті листи, так і штаби. Це напівбезперервні широкоштабові стани (НБШШС) та стани Стекеля. Перший тип являє собою дві кліті ТЛС, поєднані в одній лінії з безперервною чистовою групою ШСГП. Але такі стани виявилися неефективними і в наш час від них відмовились. Стани Стекеля (або реверсивні стани з моталками в печах) наразі є одним з основних трендів у гарячій листовій прокатці. Вони містять чорнову і чистову реверсивні кліті (аналогічно ТЛС) або одну універсальну кліть. Чистова або універсальна кліть оснащена розміщеними в камерних печах моталками. Таке рішення дозволяє витримувати заданий температурний режим прокатки і компактно розміщувати прокат поряд з кліттю при прокатці гарячекатаних штаб. У ряді випадків стани Стекеля розглядають як альтернативу ТЛС.

Стани холодної прокатки призначені для виробництва холоднокатаних смуг і стрічок товщиною від 0,15 до 3,5 мм і шириною 900–2300 мм в залежності від типу стану. Для прокатки листів використовуються лише в окремих випадках (зазвичай холоднокатані листи одержують розрізанням смуг на агрегатах поперечного різання). Заготовкою є гарячекатана штаба товщиною 1,2÷6,5 мм. Розрізняють безперервні (БСХП) та реверсивні (РСХП) стани холодної прокатки. БСХП традиційних конструкцій мають 4–5 робочих клітей, а БСХП для нескінченної



прокатки жерсті – 5–6 робочих клітей. Продуктивність БСХП становить 0,8–1,5 млн т/рік [2; 3]. РСХП бувають одноклітьовими (продуктивність до 200 тис. т/рік) і двохклітьовими (продуктивність до 700 тис. т/рік), в останньому випадку дві реверсивні кліті об'єднані у безперервну групу. До РСХП відносяться також багатовалкові стани для прокатки фольги та важкодеформуємих сталей і сплавів, хоча відомі спроби конструювання БСХП з багатовалковими клітями [2].

Дресирувальні стани для холодної прокатки листів і смуг з малими (до 8 %) обтисненнями (процес дресування) відносяться до дільниць обробки прокату і в цьому курсі не розглядаються.

Трубопрокатні стани призначені для прокатки безшовних (суцільнокатаних) труб у гарячому і холодному стані. Стани гарячої прокатки входять до складу трубопрокатних агрегатів і відрізняються за призначенням і конструкціями. Прошивні стани призначені для одержання порожнистих гільз із суцільних циліндричних заготовок. Для прокатки гільзи у чорнову трубу призначені різноманітні розкатні стани: автомат-стани, безперервні стани, трьохвалкові стани поперечно-гвинтової прокатки, пілігрим-стани. Для прокатки чорнових труб у готову продукцію призначені редуційні і калібрувальні стани. Холодну прокатку безшовних труб із гарячекатаних або зварних труб здійснюють на валкових (ХПТ) або роликових (ХПТР) станах періодичної прокатки.

Спеціальні стани використовують як на металургійних, так і на машинобудівних підприємствах для прокатки різноманітних виробів типу тіл обертання, таких, як вали змінного діаметру, кульки, ролики, втулки, деталі з гвинтовою поверхнею. На спеціальних станах накатують робочі поверхні залізничних коліс, шестірень і зірочок, розкатують кільця. Це стани переважно поперечної або поперечно-гвинтової прокатки і за конструкцією робочих клітей і складом обладнання суттєво відрізняються від інших типів прокатних станів.

Профілезгинальні стани призначені для виробництва гнутих профілів складного поперечного перерізу. Гнуті профілі легше гарячекатаних, більш точні і мають більш високу чистоту поверхні. Їхнє застосування замість гарячекатаних дозволяє



заощаджувати до 25 %; металу Хоча за складом обладнання та конструкцією робочих клітей профілезгинальні стани близькі до деяких безперервних прокатних станів, але не є такими, оскільки реалізують процес формування виробів шляхом згину листового прокату. Те ж стосується і формувальних станів, що входять до агрегатів для виробництва зварних труб. Тому таке устаткування також не розглядається у цьому курсі.

1.3.2 Класифікація за розташуванням робочих клітей

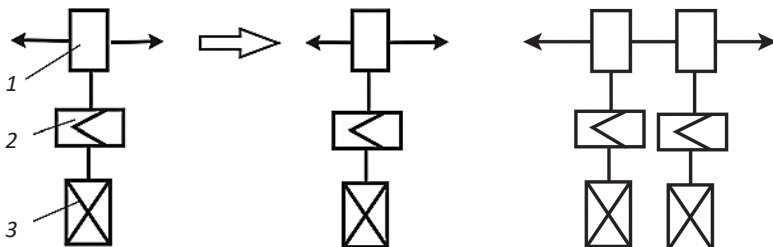
Ця ознака класифікації розглядає порядок розташування робочих клітей у технологічній лінії прокатного стану. Розрізняють наступні типи станів [3].

Одноклітьові стани. В технологічній лінії стану знаходиться лише одна робоча кліть, зазвичай реверсивна. Такими станами є обтискні стани, одноклітьові ТЛС та стани Стекеля, реверсивні стани холодної прокатки (РСХП). Більшість станів трубного виробництва та спеціальні стани також одноклітьові.

Двохклітьові стани. Мають дві послідовно встановлені робочі кліті, зазвичай реверсивні (рис. 1.5). Такими станами є двохклітьові ТЛС та стани Стекеля, деякі РСХП.

Лінійні стани. В цих станах декілька робочих клітей ($3 \div 5$) встановлені поряд в одну лінію і приводяться від одного двигуна (рис. 1.6, див. с. 22).

У чистому вигляді в наш час використовуються деякі застарілі сортові лінійні стани. Лінійні групи можуть входити



1 – робоча кліть; 2 – трансмісія; 3 – двигун

Рисунок 1.5 – Двохклітьові реверсивні стани

до технологічних ліній станів з комбінованим розміщенням клітей (РБС, деякі крупносортні стани).

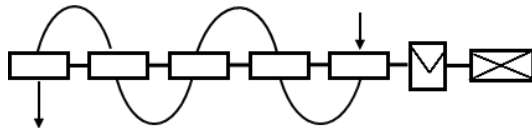


Рисунок 1.6 – Стан лінійного типу

Стани з послідовним розташуванням клітей (стани тандем). Робочі кліті розташовані у технологічній лінії одна за одною (рис. 1.7), причому відстані між клітьями перевищують максимальну довжину прокату, щоб уникнути одночасної прокатки у двох клітьях, і збільшуються від попередньої кліті до наступної внаслідок збільшення довжини прокату.

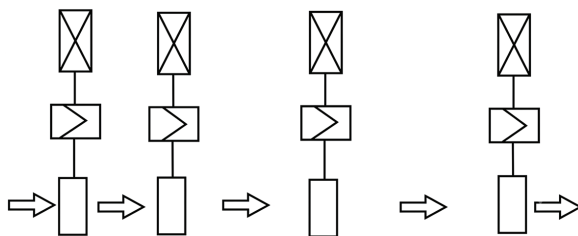


Рисунок 1.7 – Стан з послідовним розміщенням клітей (тандем)

У чистому вигляді такі стани зустрічаються рідко, оскільки мають значну довжину, і можуть входити як секції до складу станів з комбінованим розміщенням клітей (сортові стани, ШСГП).

Для зменшення довжини станів із послідовним компонуванням клітей на багатьох сортових станах їх розміщують у 2-3 паралельні лінії з послідовно-зворотним рухом прокату (рис. 1.8, а (див. с. 23)). Таке компонування одержало назву «кросс-коунтрі». Близьким до нього є «шаховий» стан (рис. 1.8, б (див. с. 23)), де послідовне розміщення клітей чергується з лінійним, де кліті розміщені у шаховому порядку. Ці стани можна розглядати як стани з комбінованим розміщенням клітей.

Різновидом станів тандем є безперервні стани (рис. 1.9, див. с. 23). У них робочі кліті розміщені на малій відстані,



що дозволяє прокатувати метал водночас в усіх клітях. Таке компонування значно скорочує довжину стану. За такою схемою побудовані безперервні стани холодної прокатки, деякі розкатні, редуційні та калібрувальні стани трубопрокатного виробництва. У безперервних сортових та дротопрокатних станах в технологічній лінії може бути встановлено кілька безперервних груп клітей.

У багатьох станах використовують комбіноване розміщення клітей в технологічній лінії. На рис. 1.10 (див. с. 24) наведені деякі схеми таких станів.

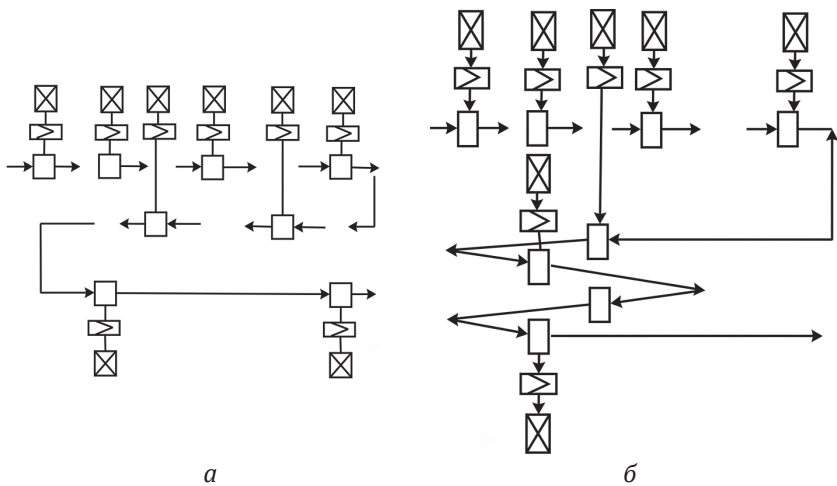


Рисунок 1.8 – Стани «кросс-коунтрі» (а) і «шаховий» (б)

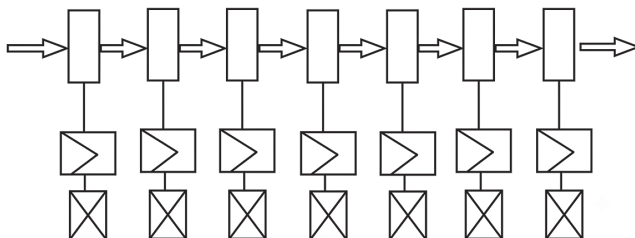


Рисунок 1.9 – Безперервний стан

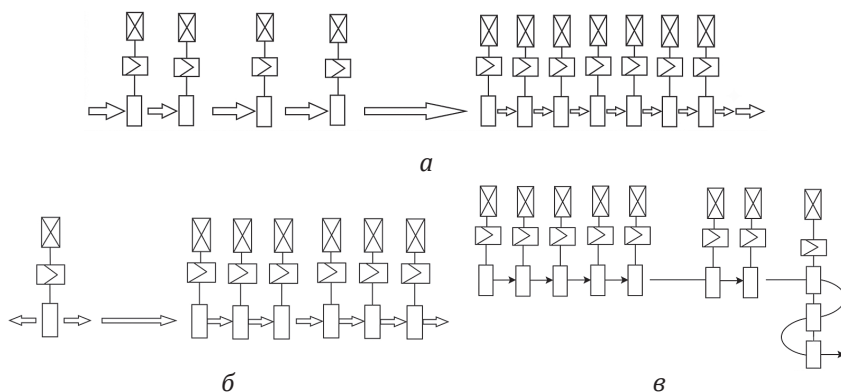


Рисунок 1.10 – Комбіновані схеми станів:
 послідовно-безперервна (а), реверсивно-безперервна (б),
 безперервно-лінійна (в)

1.3.3 Класифікація прокатних станів за режимами роботи

Режим роботи станів може бути реверсивним, нереверсивним і змішаним. При реверсивному режимі роботи напрямки прокатки в кожному проході змінюється на зворотний. Це дозволяє виконувати в робочій клітці велику кількість проходів для досягнення значної сумарної деформації. Але продуктивність при реверсивній прокатці суттєво зменшується. Швидкість в парі реверсивних проходів може змінюватись за графіками, представленими на рис. 1.11 (див. с. 25). При малій довжині прокату прокатку ведуть з постійним прискоренням-уповільненням (рис. 1.11, а). Такий режим характерний, наприклад, для обтискних станів. Якщо довжина прокату велика, то після розгону стан працює на постійній швидкості і уповільнюється тільки наприкінці проходу (рис. 1.11, б). Такий режим притаманний РСХП.

При нереверсивному режимі роботи прокатку ведуть постійно в одному напрямку. Швидкість при цьому може змінюватись за графіками, представленими на рис. 1.12 (див. с. 25). Робота на постійній швидкості (рис. 1.12, а) характерна для чистових груп ШСГП. Швидкість може змінюватись в разі переходу на інший сортament (рис. 1.12, б).

На деяких станах прокату ведуть з прискоренням (рис. 1.12, в) для зменшення різниці температур по довжині прокату.

Діаграма при прокатці з регульованою швидкістю показана на рис. 1.12, г. Такий режим використовують, зокрема, при захоплюванні й впуску металу, щоб зменшити динамічні навантаження.

Змішаний режим має місце на станах, в яких є реверсивні і послідовно встановлені кліті (рис. 1.10, б).

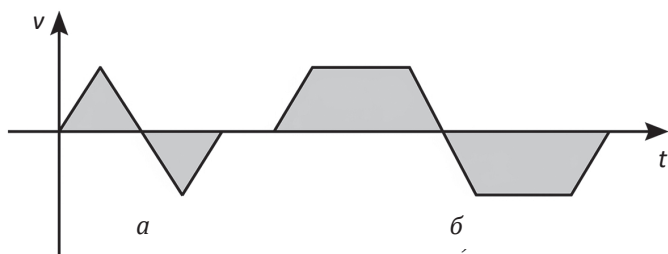


Рисунок 1.11 – Швидкісні режими при реверсивній прокатці

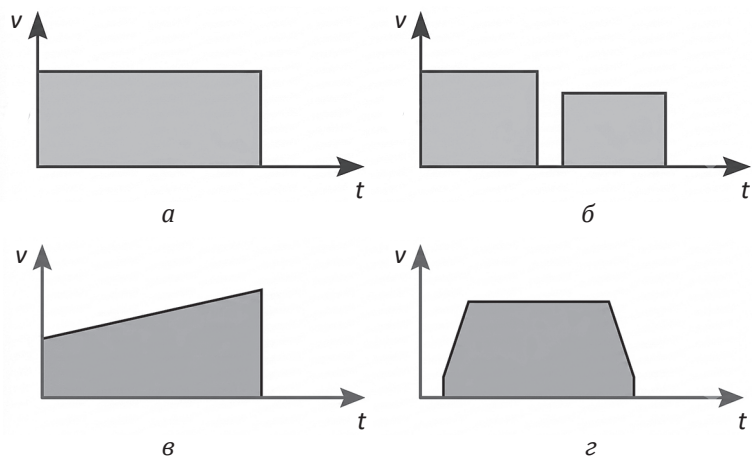


Рисунок 1.12 – Швидкісні режими при нереверсивній прокатці

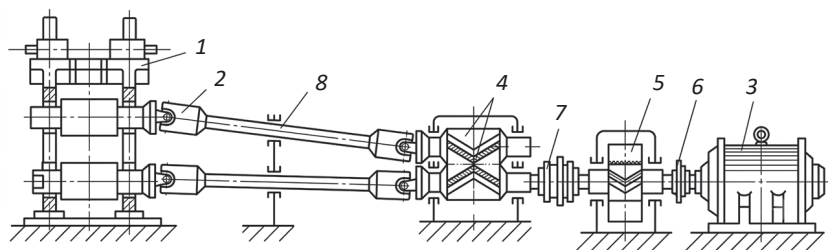
1.4 Склад обладнання головних ліній прокатних станів

При розгляді устаткування прокатних станів слід розрізняти поняття технологічної та головної ліній стану. Ці два поняття часто плутають між собою. Як зазначалось вище, *технологічна лінія прокатного стану* – це лінія, вздовж якої рухається прокат від входу в стан і до виходу з нього і до якої входить основне і допоміжне устаткування.

Головна лінія прокатного стану містить машини і механізми, призначені для обертання валків робочих клітей прокатного стану. Це поняття більше відноситься до робочої кліті, аніж до прокатного стану. Тобто скільки на стані робочих клітей, стільки й головних ліній. Головні лінії розміщені перпендикулярно до технологічної лінії стану, в деяких випадках під кутом.

До складу головної лінії у загальному випадку входять наступні машини і механізми (рис. 1.13): головний двигун 3, редуктор 5, шестеренна кліть 4, шпиндель 2 з пристроями врівноваження 8, муфти 6, 7 і власне робоча кліть 1.

Головний електродвигун 3 – це електрична машина, яка і приводить головну лінію. На багатьох станах у головних лініях використовують електродвигуни постійного струму з паралельним зрушенням, які дозволяють змінювати



- 1 – робоча кліть; 2 – шпиндель; 3 – головний електродвигун; 4 – шестеренна кліть; 5 – редуктор;
6 – муфта моторна; 7 – муфта корінна;
8 – шпиндельний стіл

Рисунок 1.13 – Головна лінія робочої кліті прокатного стану



швидкість у широких межах. Але з розвитком систем регулювання на сучасних станах стали використовувати синхронні двигуни змінного струму.

Редуктор 5 призначений насамперед для узгодження швидкостей обертання двигуна 3 і валків робочої кліті 1.

Призначення шестеренної кліті 4 – розподіляти обертовий момент з одного вихідного валу редуктора 5 на кілька приводних валків робочої кліті.

Муфти 6 і 7 з'єднують між собою двигун, редуктор і шестеренну кліть і передають обертові моменти між ними.

Шпинделі 2 передають обертові моменти від шестеренної кліті до валків, оскільки їхня конструкція на відміну від муфт дозволяє це робити в умовах перекосу валу внаслідок неспіввідповідності валків робочої і шестеренної клітей. Для сприйняття ваги шпинделів і утримання їх при заміні робочих валків призначений пристрій 8, який називається шпиндельний стіл.

Робоча кліть 1 – основна машина прокатного стану, у якій здійснюють пластичну деформацію металу. В головній лінії лінійних станів клітей може бути декілька (рис. 1.14). У цьому випадку для передачі моментів на валки інших клітей використовують проміжні шпинделі 9.

Окрім представленої на рис. 1.13, існують і інші різновиди головних ліній.

Безредукторна головна лінія (рис. 1.15, див. с. 28) використовується, коли швидкість валків дорівнює швидкості двигуна в діапазоні його регулювання. Тоді немає необхідності

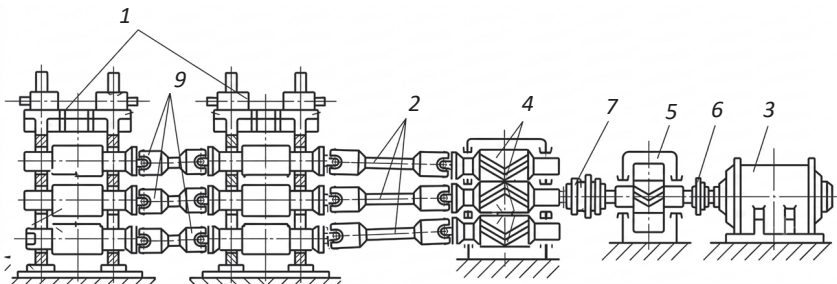


Рисунок 1.14 – Головна лінія лінійного стану з клітьями тріо
(позиції у тексті)

зменшувати швидкість, і редуктор не потрібен. Усі інші складові такі ж, як і у звичайній головній лінії.

Коли не вистачає потужності одного двигуна, або є необхідність у роздільному регулюванні швидкостей валків,

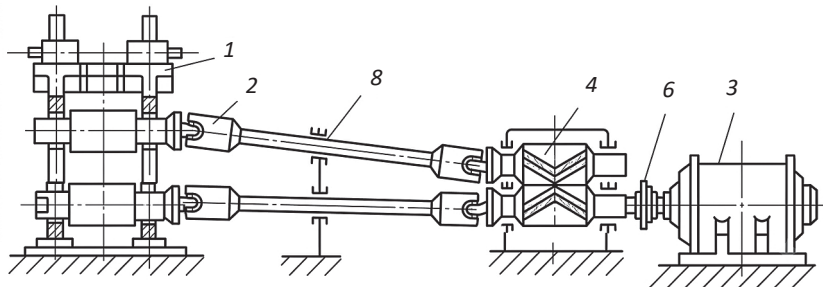
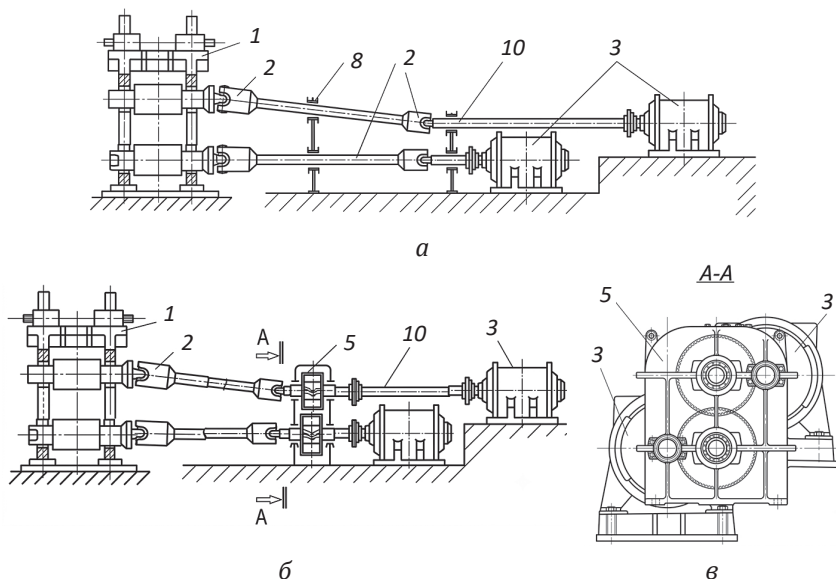


Рисунок 1.15 – Безредукторна головна лінія
(позиції відповідають рис. 1.13)



1 – робоча кліть; 2 – шпindelь; 3 – головні
електродвигуни; 5 – редуктор; 8 – шпindelний стіл;
10 – проміжний вал

Рисунок 1.16 – Головна лінія з індивідуальним приводом:
безредукторна (а) та з редуктором (б, в)



використовують головну лінію з індивідуальним приводом валків кожен від свого двигуна. В залежності від співвідношення швидкостей валків і двигуна вони можуть бути безредукторні (рис. 1.16, а (див. с. 28)) або з редукторами (рис. 1.16, б (див. с. 28)).

Такі головні лінії використовують для обтискних станів і робочих клітей ТЛС. Щоб не збільшувати висоту приводу і кут перекосу шпинделів, двигуни 3 встановлюють на різній відстані від робочої клітей 1. Для передачі обертання від дальнього двигуна використовують додатковий трансмісійний вал 10. У разі використання редукторного приводу редуктори 5 встановлюють один над одним, кожен для приводу окремого валка (рис. 1.16, в (див. с. 28)). Такі приводи існують на деяких РСХП.

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. КЛАСИФІКАЦІЯ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ. СКЛАД ОБЛАДНАННЯ

2.1 Класифікація робочих клітей

Як було зазначено в попередньому розділі, робоча кліть – основна машина прокатного стану, у якій виконують пластичну деформацію металу у обертових валках. Робоча кліть в значній мірі визначає такі показники роботи прокатного стану, як продуктивність, якість продукції, витрата енергетичних і матеріальних ресурсів.

Ряд ознак класифікації робочих клітей співпадає з ознаками класифікації прокатних станів, зокрема за призначенням і режимом роботи (див. пп. 1.2, 1.3). За місцем у технологічній лінії прокатного стану і характером операцій, що виконуються, розрізняють обтискні, чорнові та чистові робочі кліті.

Основною ознакою класифікації з точки зору конструкції робочих клітей є положення та кількість валків. За положенням валків робочі кліті бувають горизонтальні, вертикальні, універсальні, косовалкові та інші.

2.1.1 Горизонтальні робочі кліті

Горизонтальні кліті класифікують за кількістю валків.

Двохвалкові кліті, або кліті дуо мають два робочі валки (рис. 2.1, див. с. 31).

Це найбільш поширений тип клітей, зокрема, на блюмінгах, БЗС, сортових станах, у деяких листових, трубопрокатних і спеціальних станах.

Трьохвалкові кліті, або кліті тріо, бувають двох типів – тріо сортові (рис. 2.2, а (див. с. 31)) і листові тріо Лаута (рис. 2.2, б (див. с. 31)).

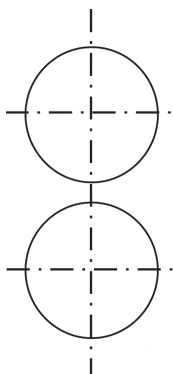
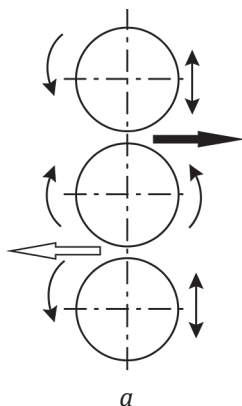
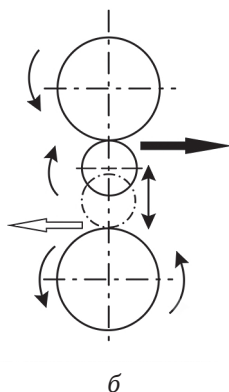


Рисунок 2.1 –
Валки дуо



a



б

Рисунок 2.2 –
Кліті тріо: сортава (*a*) та тріо Лаута (*б*)

У сортовій кліті тріо валки приводні і мають однаковий діаметр. Середній валок стаціонарний, верхній і нижній переміщуються вертикально. Такі кліті використовуються у РБС та деяких крупносортних станах. У кліті тріо Лаута середній валок неприводний і має менший діаметр. При прокатці він по черзі притискається до верхнього й нижнього валків. Такі кліті свого часу використовувались на ТЛС. У клітках тріо реалізується реверсивна прокатка у двох рівнях при нереверсивному приводі.

Кліті з чотирма валками, або кліті кварто (рис. 2.3) мають два робочі валки малого діаметру і два опорні валки великого діаметру.

Опорні валки не контактують з прокатом. Вони сприймають силу прокатки від робочих валків і завдяки більшим розмірам забезпечують міцність валкових вузлів. Завдяки цьому робочі валки можна робити меншого діаметру, що забезпечує зниження сили прокатки. Наразі кліті кварто – основні кліті на станах листопрокатного виробництва.

Шестивалкові кліті бувають двох типів. Перший тип веде походження від клітей кварто і відрізняється наявністю між робочими і опорними валками напівопорних

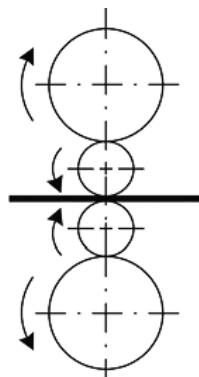


Рисунок 2.3 –
Валки кварто

валків (рис. 2.4, а). Основне призначення цих валків – профілювання міжвалкового зазору шляхом їхнього осьового зсуву. Такі кліті використовуються у чистових групах ШСГП та на станах холодної прокатки [4; 9].

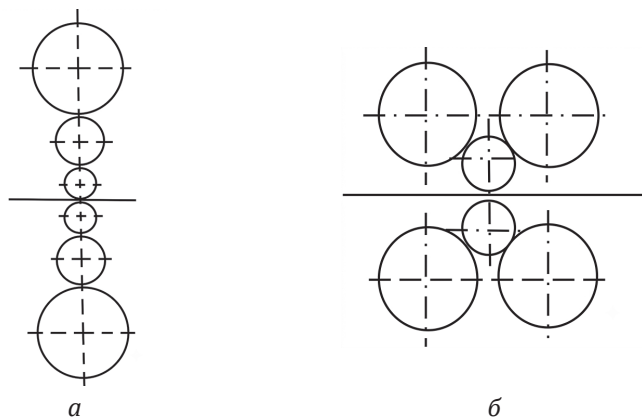


Рисунок 2.4 – Шестивалкові кліті: кліть з напівопорними валками (а), кліть Сендзіміра (б)

Другий тип 6-валкових клітей був розроблений Т. Сендзіміром (Tadeusz Sendzimir) і поклав початок багатовалковим станам Сендзіміра. Така конструкція має високу жорсткість валкового вузла при малому діаметрі робочих валків, що необхідно при холодній прокатці смуг. Холодну прокатку ведуть завжди із натяжінням, яке діє в горизонтальній площині і опорними валками клітей кварто не сприймається. Тому для подальшого зменшення діаметрів робочих валків необхідно, щоб опорні валки сприймали і горизонтальне навантаження. Розміщення опорних валків по боках від робочого забезпечує сприймання ними як вертикальних, так і горизонтальних навантажень.

Прагнення подальшого зменшення діаметру робочих валків привело до появи 12-валкових та 20-валкових клітей Сендзіміра (рис. 2.5, див. с. 33). Такі кліті мають приводні опорні валки передостаннього ряду і неприводні робочі валки малого діаметру, які у сукупності з великою жорсткістю всього валкового вузла дозволяють прокатувати фольгу і важкодеформовані сплави.



Серед інших типів багатовалкових клітей слід вказати Z-кліті та МКВ-кліті (рис. 2.6), у яких мають місце окремі опорні валки для сприйняття вертикальних і горизонтальних навантажень. Такі конструкції у порівнянні з клітями Сендзіміра більш прості у виготовленні і налаштуваннях.

Ще одним різновидом робочих горизонтальних клітей є планетарна кліть, також розроблена Сендзіміром (рис. 2.7, див. с. 34).

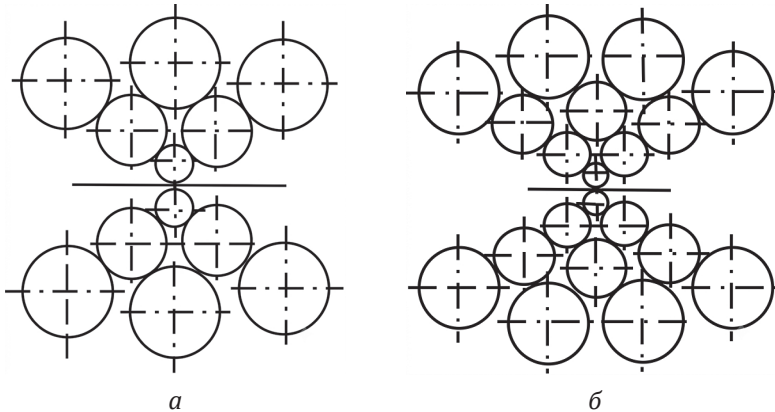


Рисунок 2.5 – Багатовалкові кліті Сендзіміра:
12-валкова кліть (а) та 20-валкова кліть (б)

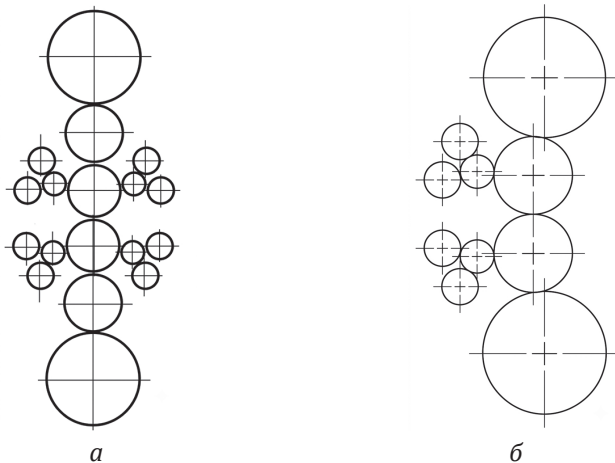


Рисунок 2.6 – Багатовалкові кліті: Z-кліть (а), МКВ-кліть (б)

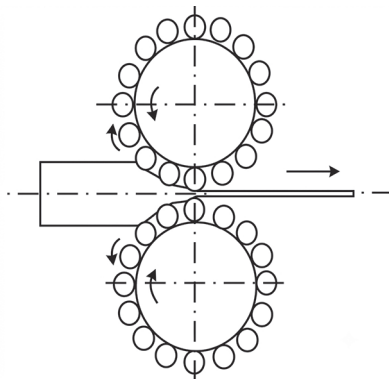


Рисунок 2.7 – Планетарна кліть Сендзіміра

Планетарна кліть має два приводні опорні валки, навкруги яких встановлені неприводні робочі валки. Обтиснення прокату у таких клітях за один прохід може становити 90–95 %. Планетарні кліті використовують для гарячої прокатки штаб з важкодеформуємих сплавів. Використовуються обмежено внаслідок складної конструкції і особливостей прокатки.

2.1.2 *Вертикальні і універсальні робочі кліті*

У вертикальних клітях осі валків розміщені вертикально (рис. 2.8). Якщо горизонтальні валки обтискають прокат по товщині, то вертикальні – по ширині. Вертикальні кліті завжди двохвалкові.

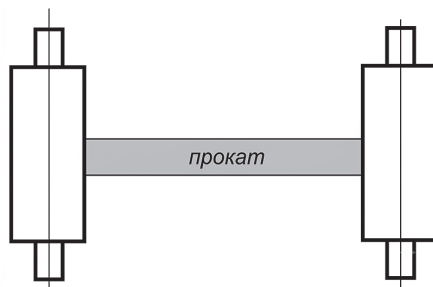


Рисунок 2.8 – Вертикальні валки



Використовуються вертикальні кліті у безперервних групах сортових станів, де неможливе кантування розкату, а також у ТЛС і ШСГП разом з горизонтальними чорновими клітями.

Універсальними називають кліті, у яких є і горизонтальні, і вертикальні валки. Існують два види таких клітей: листові і сортові

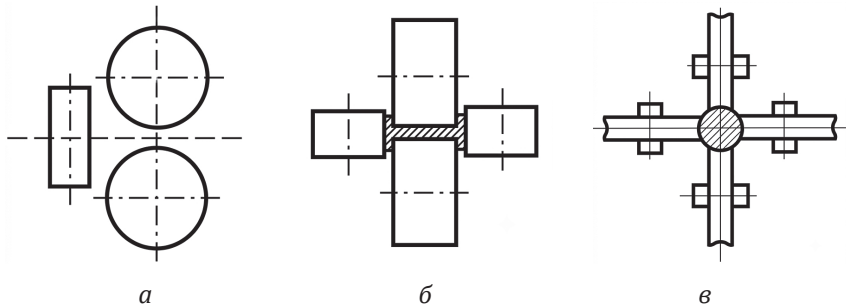


Рисунок 2.9 – Листова (а) і сортові (б, в) універсальні кліті

У листовій універсальній кліті (рис. 2.9, а) горизонтальні дуо або кварто і вертикальні валки встановлені послідовно, їхні осі лежать у різних площинах. По суті, це дві кліті, вертикальна й горизонтальна, об'єднані в одну. Використовуються на слябінгах та як чорнові кліті ТЛС і ШСГП.

У сортових універсальних клітях осі усіх валків лежать у одній вертикальній площині (рис. 2.9, б, в), а їх робочі частини утворюють сортовий калібр. Кліті, показані на рис. 2.9, б, використовуються у РБС, крупносортних та середньосортних станах, а на рис. 2.9, в – на дроtopрокатних та безперервних трубопрокатних станах.

2.1.3 Косовалкові робочі кліті

У косовалкових клітях осі валків розміщені під кутом до осі прокатки, а самі валки мають конічну або більш складну форму (рис. 2.10, див. с. 36).

Такі кліті найчастіше мають місце на станах поперечно-гвинтової прокатки, які використовуються у трубному виробництві та як спеціальні. Зазвичай мають два або три валки.

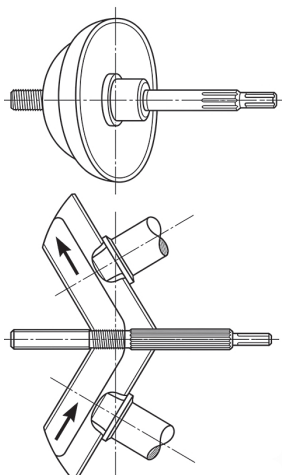


Рисунок 2.10 – Косовалкова кліть з двома конічними валками

2.1.4 Кліті з комбінованим розміщенням валків (інші)

До таких клітей відносяться кліті, які мають кілька валків, у тому числі різної форми, осі яких перетинаються під різними кутами (рис. 2.11).

На рис. 2.11, *а* показана кліть кільцеровзкатного стану, в якій основну деформацію виконують вертикальні циліндричні валки, а обтиснення торців – похилі конічні. Близька за конструкцією

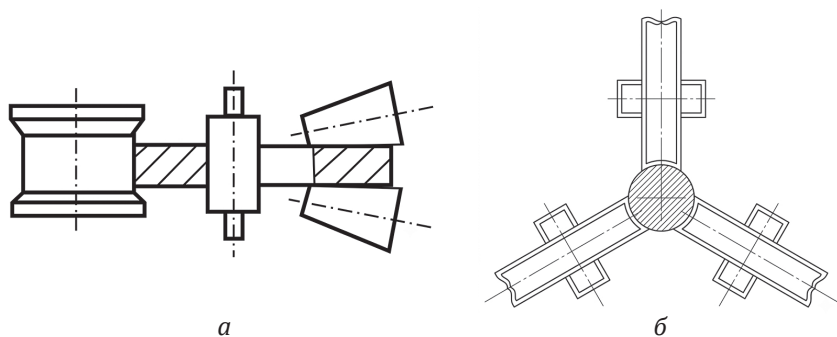


Рисунок 2.11 – Робочі кліті:
з вертикальними та косими валками (*а*) та тривалкова (*б*)



кліть використовується для прокатки залізничних коліс. На рис. 2.11, б показана трьохвалкова сортова кліть, у якій валки розміщені під кутом 120° один до одного (не плутати з клітьями трію, у яких усі валки горизонтальні). Вона близька до універсальної кліті на рис. 2.9, в і використовується аналогічним способом.

|| 2.2 Склад обладнання робочих клітей

Залежно від призначення і типу стану робочі кліті можуть мати різні конструкції. Але будь-яка робоча кліть має базові вузли і механізми, без яких її робота неможлива. Це валкові вузли, вузол станин, натискні механізми, пристрої для врівноваження та фіксації валків, привалкова арматура, фундаментні плити. Розглянемо склад обладнання робочої кліті на прикладі листової кліті кварто (рис. 2.12, див. с. 38).

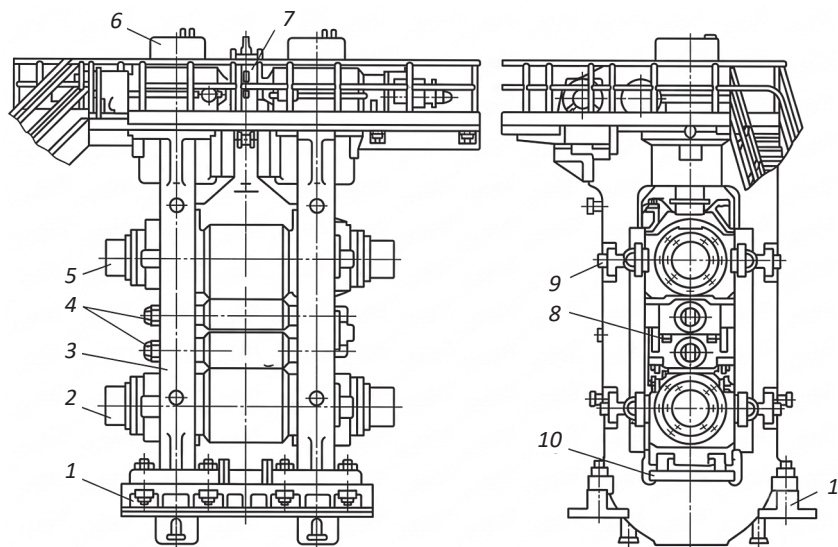
Вузол станин 3 є по суті корпусом робочої кліті, на якому монтуються всі інші вузли і механізми. Він складається із двох станин (лівої і правої по ходу технологічної лінії) і поперечних елементів – траверс, що їх з'єднують.

Валкові вузли робочих 4 та опорних 2, 5 валків містять власне вказані валки, встановлені на підшипниках у корпусах, які називають подушками. Подушки встановлені у отворах станин, які називаються вікнами. Для фіксації подушок з валками у вікнах станин використовують пристрої 9.

Натискні механізми 6 призначені для встановлення потрібної відстані між валками та утримання її під час прокатки. Для забезпечення надійного контакту між натискними механізмами та верхніми валковими вузлами при переміщенні їх вгору призначені пристрої або механізми врівноваження валків 7, 8.

Привалкова арматура (проводки, станинні ролики тощо) призначена для того, щоб точно спрямовувати метал у валки, приймати з валків і утримувати його від зміщення під час прокатки (на рисунку не показана).

Робоча кліть встановлюється на фундамент за допомогою фундаментних плит 1.



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 2.12 – Робоча кліть кварто [4]

Також робочі кліті залежно від призначення і особливостей конструкції можуть бути оснащені додатковими механізмами і системами: різноманітними механізмами профілювання міжвалкового зазору на листових станах для зниження поперечної різнотовщинності; системами охолодження валків, технологічного змащення та змащення вузлів і механізмів кліті; пристроями виводу валків на рівень прокатки; різноманітними датчиками для фіксації параметрів процесу прокатки. На великих клітях для обслуговування механізмів, розміщених у верхній частині, встановлюють спеціальний майданчик.



Контрольні питання

1. Дайте визначення робочої кліті прокатного стану.
2. Перелічите 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.
6. Приведіть приклади станів з клітьями дуо.
7. Вкажіть різницю між клітьями тріо та тріо Лаута.
8. Які бувають 6-валкові кліті, чим вони різняться?
9. Наведіть схеми багато валкових клітей типу Сензімір.
10. Скільки валків у вертикальних клітьях і як вони розміщені?
11. Вкажіть різницю між листовою та сортовою універсальними клітьями.
12. Де використовують косовалкові робочі кліті?
13. Які валки використовують у спеціальних робочих клітьях?

ТЕМА 3

ВАЛКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

|| 3.1 Конструкція та розміри прокатних валків

За призначенням розрізняють робочі і опорні валки, за конструкцією – листові і сортові. Робочі валки виконують основну функцію робочої кліти – пластичну деформацію металу. Опорні сприймають силу прокатки і забезпечують міцність і жорсткість робочих валків.

Розглянемо конструкцію листового прокатного валка (рис. 3.1). Бочкою 1 називається робоча частина валка, яка контактує з металом. На листових валках бочка гладка, на сортових (рис. 3.2, див. с. 41) має проточки – рівчаки. Рівчаки двох валків утворюють сортовий калібр.

Шийки валка 2 призначені для розміщення підшипникових вузлів.

Приводний хвостовик 3 призначений для передачі крутного моменту від шпинделя на валок. На неприводних валках, якими

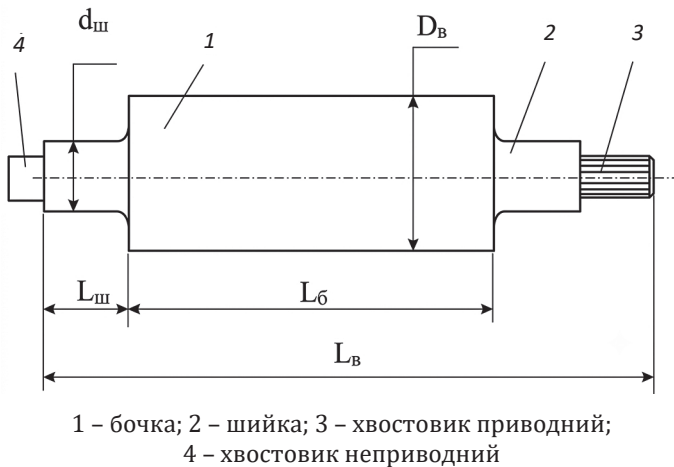


Рисунок 3.1 – Листовий валок



є, зокрема, більшість опорних валків, приводний хвостовик відсутній. З іншого боку на деяких валках може бути неприводний хвостовик 4, який виконує допоміжні функції, наприклад, для перевалки валка муфтою.

Основні розміри валка – діаметр D_B і довжина L_6 бочки. Вони повинні бути такими, щоб забезпечувати міцність і жорсткість валків (жорсткість – величина, зворотна пружній деформації валків), з одного боку, і деякі особливості технології прокатки, з іншого. При цьому діаметр валків повинен бути мінімально можливим з урахуванням забезпечення вказаних умов. Розрахунки валків на міцність і жорсткість докладно представлені в спеціальній літературі, зокрема, у роботі [5], і виходячи зі специфіки курсу, тут не розглядаються.

Для обтискних, сортових і перших клітей листових станів гарячої прокатки технологічною вимогою є вільне захоплення металу валками. Воно має місце за умови, коли діаметр валка не може бути меншим за величину, що визначається формулою:

$$D_B \geq \frac{\Delta h_{\max}}{1 - \cos \alpha}, \quad (3.1)$$

де $\Delta h_{\max}$ – максимальне обтиснення в кліті, мм;

α – кут захоплення, який визначається з умови:

$$\alpha \leq \arctg f_{\text{тр}},$$

де $f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя при захопленні металу валками [5].

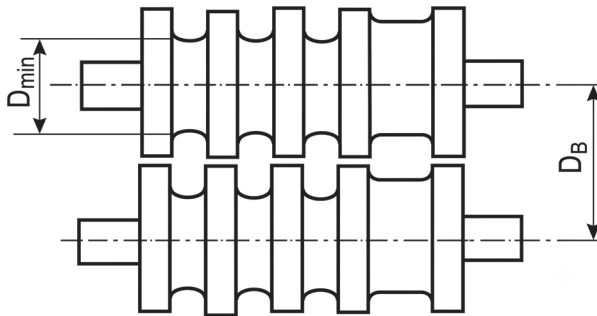


Рисунок 3.2 – Сортівні валки



Для станів холодної прокатки, окрім міцності і жорсткості, суттєвим фактором є можливість прокатки смуги мінімальної товщини $h_{\min}$. Він залежить від пружного сплюснення валків на контакті з прокатом, яке визначається пружними характеристиками матеріалів валків і прокату і діаметром робочого валка. Існують точні розрахункові формули з визначення потрібного діаметру, які враховують ці фактори [5]. На практиці можна використовувати спрощені залежності для визначення максимального діаметру валка, що мають наступний вигляд [5]:

$D_B < (1500 \div 2000) h_{\min}$ – при прокатці з натягінням;

$D_B < 1000 h_{\min}$ – при прокатці без натягіння.

Після цього виконують розрахунки валка на міцність і жорсткість.

Довжина бочки валків листових станів L_6 залежить від максимальної для даного стану ширини прокату $b_{\max}$ і визначається залежністю [5]:

$$L_6 = b_{\max} + \Delta. \quad (3.2)$$

Запас по краях Δ дорівнює [5]:

$\Delta = 100$ мм при $b_{\max} = 400 \div 1200$ мм;

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

У сортового валка (рис. 3.2) діаметр бочки валка приймають рівним міжосьовій відстані валків. Міцність валка буде визначатись мінімальним діаметром $D_{\min}$ по дну врізу рівчака в тіло валка.

Окрім того, у сортовій прокатці є поняття діаметру, що катає D_K , пов'язане із перемінною окружною швидкістю по висоті калібру. Його приблизне співвідношення з діаметром бочки складає $D_B \sim 1,4 D_K$ [5].

Довжина бочки сортового валка залежить від розмірів і кількості рівчаків на ньому.

З досвіду склались наступні орієнтовні співвідношення L_6/D_B для різних типів станів [5]:

$L_6/D_B = 2,2-2,7$ – для обтискних станів;

$L_6/D_B = 1,6-2,5$ – для сортових станів;

$L_6/D_B = 2,2-2,8$ – для ТЛС;

$L_6/D_B = 3-5$ – для робочих валків листових станів кварто;

$L_6/D_B = 0,5-2,5$ – для опорних валків листових станів кварто.

Розміри шийки валка залежать від типу підшипників. Діаметр шийки дорівнює діаметру внутрішнього отвору підшипника. Зовнішній діаметр підшипника менший за мінімальний діаметр бочки валка. Тобто співвідношення діаметрів бочки і шийки приблизно відповідає співвідношенню зовнішнього і внутрішнього діаметрів підшипника. Оскільки різниця діаметрів підшипників ковзання менша, ніж підшипників кочення, співвідношення діаметрів бочки і шийки складає $D_b/D_{ш}=0,65-0,75$ для підшипників ковзання і $D_b/D_{ш}=0,5-0,6$ – для підшипників кочення. Довжина шийки вибирається так, щоб розмістити підшипник, вузли його фіксації і вузли ущільнень. Внаслідок цього шийка зазвичай має ступінчасту конструкцію. Місце переходу шийки у бочку валка є небезпечним перерізом і концентратором напружень. Щоб збільшити міцність у місці переходу, шийку можуть виконувати конічною (рис. 3.3, а), або з жолобником великого радіусу (рис. 3.3, б).

Хвостовик валка повинен передавати крутний момент, для цього на ньому виконують різні конструкційні елементи: лиски (рис. 3.4, а), шліці (рис. 3.4, б) або шпонки, тріфорові проточки (рис. 3.4, в), або виконують як лопать шпинделя (рис. 3.4, г). На хвостовик садять втулку з лопаттю шпинделя, окрім останнього варіанту, коли вона виконується як одне ціле з валком.

Діаметр хвостовика для забезпечення монтажу підшипників повинен бути меншим за діаметр шийки. Виключенням є хвостовик з лопаттю для валків, встановлених на роз'ємних підшипниках ковзання. Хвостовик розраховується на передачу потрібного крутного моменту [5].

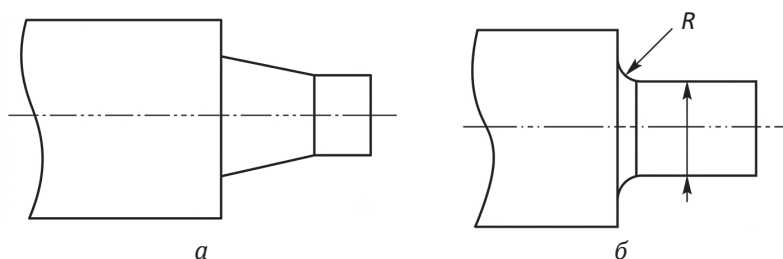


Рисунок 3.3 – Шийки валків: конічна (а) та із жолобником (б)

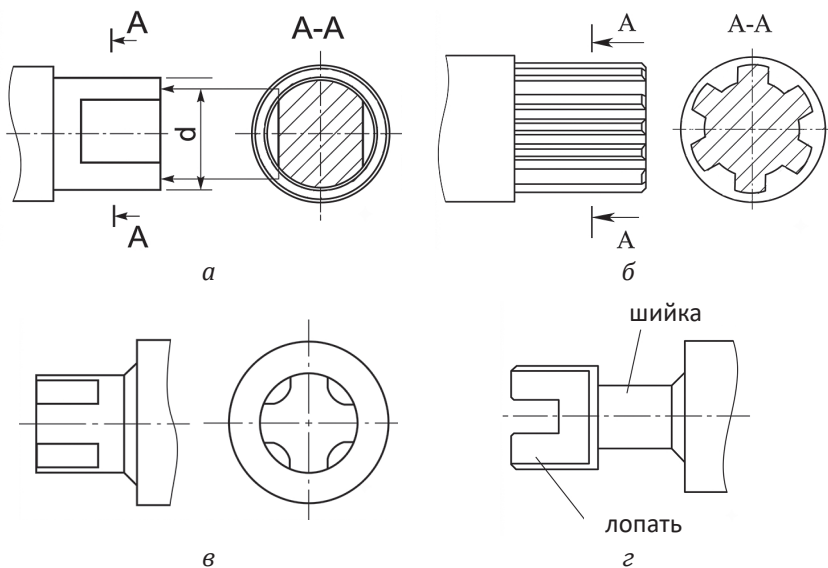


Рисунок 3.4 – Варіанти виконання хвостовиків: з лискою (а); шліцевий (б); трєфовий (в); лопать шпинделя (г)

|| 3.2 Класифікація прокатних валків

Прокатні валки класифікують [16]:

- за призначенням – листові (із гладкою бочкою), сортові (з рівчаками), спеціальні (конічні, ступінчасті та ін.);
- за матеріалом, з якого вони виготовлені – чавунні, сталеві, з твердого сплаву;
- за способом виготовлення заготовки – литі, куті, спечені з металопорошків;
- за твердістю робочої поверхні бочки – м'які (HS 25–40), напівтверді (HS 40–65), тверді (HS 65–85), особливо тверді (HS 85–110), (HS – твердість за Шором, вимірювання, засноване на величині відскоку кульки, що падає на вимірювану поверхню).

Розглянемо особливості валків за наведеними ознаками класифікації, окрім першої, розглянутої раніше. Слід вказати,



що ці ознаки тісно пов'язані між собою і залежать одна від одної, тому розглядати їх доцільно в сукупності. Треба мати на увазі, що умови роботи валків висувають до них суперечливі вимоги. Тіло валка сприймає навантаження згину і кручення, які краще сприймаються м'яким матеріалом. Поверхня бочки валка сприймає значні контактні напруження і повинна бути твердою. Тобто валок водночас має бути м'яким і твердим. Для забезпечення таких вимог поверхня бочки валка підлягає додатковим видам зміцнювальної обробки, найчастіше термічної. Якраз станом поверхні бочки і обумовлена класифікація за її твердістю. М'які валки застосовують на обтискних станах, у чорнових клітках РБС і крупносортовних станів, напівтверді – у чорнових клітках сортових і листових станів, у чистових клітках крупносортовних і заготовочних станів, тверді – у чистових клітках листових і сортових станів та як опорні у клітках кварто, особливо тверді – у станах холодної прокатки.

Під час роботи валки зношуються, і їх періодично переточують на менший діаметр. Термін служби валків визначається товщиною зміцненого шару, від якої залежить кількість переточок.

Прокатні валки виготовляють із чавуну, сталей та твердих сплавів (з карбідовольфраму). Слід розуміти, що мова йде про заготовки валків, які потім підлягають механічній обробці.

Чавунні валки виготовляють виключно литтям. До переваг чавунних валків належать низька вартість та висока зносостійкість, до недоліків – порівняно невисока міцність. Твердість поверхні чавунних валків залежить від швидкості її охолодження під час лиття. М'які валки відливають у глиняні опоки, швидкість охолодження поверхні яких низька. Матеріал валків – сірий чавун. Напівтверді валки відливають у чавунні форми, обмазані зсередини глиною. Внаслідок більшої швидкості охолодження на поверхні утворюється міцний шар вибіленого знеуглецьованого чавуну. Тверді валки відливають у металеві форми, які мають високу швидкість охолодження, внаслідок чого товщина твердого шару вибіленого чавуну збільшується.

Марки чавуну для прокатних валків містять літери, що вказують на призначення валка (Л – листовий, С – сортовий), вид графіту в чавуні (пластинчастий (П) або кульковий (Ш)),



наявність легуючих елементів, та число, що вказує твердість. Так чавун ЛПХН-60 призначений для листових валків, має пластинчастий графіт, легований хромом та нікелем, твердість вибіленого шару 60 HS.

Заготовки сталевих валків виготовляють литими і кутими. Литі валки дешевші у виробництві, але менш міцні та стійкі внаслідок гіршої якості литої структури в порівнянні з кутою. Куті валки дорожчі через наявність додаткової операції кування, але поліпшення структури при куванні значно підвищує їхню міцність. Для валків станів гарячої прокатки використовують вуглецеві (50, 55), низьколеговані (55ХН, 60ХН), та спеціальні високолеговані сталі. Вибір марки сталі залежить від призначення валка та від можливостей роботи з певними марками сталі в підприємств – виробників валків. Для станів холодної прокатки використовують виключно куті тверді валки з високовуглецевих легованих сталей, таких як 9Х, 9ХФ, 9ХВ2С [5; 9].

Для одержання зміцненого поверхневого шару сталеві валки підлягають поверхневому гартуванню струмом промислової частоти. Товщина загартованого шару залежить від технології термообробки та марки сталі і становить 20–40 мм, більші значення відповідають спеціальним легованим сталям. Деякі виробники використовують інші види зміцнювальної обробки поверхні, такі як поверхнева пластична деформація. На ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (ПАТ НКМЗ) впроваджено виробництво композитних сталевих валків з електрошлаковим наплавленням поверхневого шару легованим чавуном та деякими типами легованих сталей (60Х2С2МФ, 170Х5НМ5В5Ф2, 180Х13СНМ3). Товщина твердого наплавленого шару становить до 80 мм.

Окремо слід сказати про опорні валки. Зазвичай їх виконують литими, оскільки більшість виробників не володіє технологією кування поковок діаметром більше 1200 мм. Лише кілька фірм, у тому числі ПАО НКМЗ, виготовляють куті опорні валки. Існують бандажовані опорні валки, які виконують у вигляді валу з м'якою серединою, на якому фіксують кільце-бандаж із твердих легованих сталей 90ХФ, 40ХН2МА та їм подібних [5; 9]. Проблемною є надійна фіксація бандажу на валку.



Порошковою металургією виробляють особливо тверді валки з твердістю більше 100HS. Матеріал – спечені порошки зі сплавів ВК6, ВК8, ВК15. Діаметр таких валків не перевищує 200 мм і вони не мають м'якої середини. Зносостійкість твердосплавних валків у 30–50 разів більша за сталеві. Але наявність твердої середини значно знижує циклічну міцність. Тому такі валки використовуються як робочі в багатовалкових станах з опорними валковими вузлами високої жорсткості та у високошвидкісних блоках чистових клітей дротопрокатних станів, де сила прокатки невелика і основною вимогою є висока зносостійкість.

|| 3.3 Підшипникові опори прокатних валків. Загальні вимоги

Як будь-які обертові деталі, прокатні валки встановлені на підшипниках. Підшипники також сприймають сили, які діють на валок і передаються через них на інші деталі силової лінії робочої кліті. Корпуси підшипникових опор називають подушками. До складу підшипникових вузлів входять також деталі для фіксації підшипників на валку і у подушці і вузли ущільнень.

У порівнянні з іншими машинами підшипники прокатних валків працюють у важких умовах. Вони сприймають значні сили прокатки, що на великих станах сягають десятків меганьютонів. Внаслідок обмежених розмірів підшипників вони сприймають великі питомі навантаження. При вході-виході металу виникають додаткові динамічні навантаження внаслідок дії пружної деформації кліті. На реверсивних станах відбувається часта зміна напрямку обертання. На станах гарячої прокатки має місце температурний вплив. У чистових клітях підшипники працюють на великих швидкостях. Ще однією особливістю є частий монтаж-демонтаж підшипників під час переточувань валків.

При цьому до підшипників висуваються досить жорсткі вимоги:

- довговічність безперервної роботи не менш 5000 год (бажано 7000 год);
- висока точність установки валків;

- легкість проведення монтажу-демонтажу при частих перевалках;
- невибагливість в експлуатації;
- висока жорсткість підшипникового вузла;
- мінімальна можлива вартість.

Сукупність цих вимог не притаманна до одного типу підшипників. Тому для опор прокатних валків з урахуванням конкретних умов експлуатації використовують різні види підшипників: ковзання, рідинного тертя (ПРТ), кочення.

Обмеження розмірів підшипників прокатних валків, в першу чергу, зовнішнього діаметру, обумовлене наступними факторами. Як витікає з рис. 3.5, зовнішній діаметр підшипника D повинен бути таким, щоб з частиною подушки товщиною c не виходити за межі максимально переточеного валка, інакше валки неможливо буде звести до контакту між ними. Це можливе за умови:

$$D \leq D_{\text{Bmin}} - 2(c + \Delta),$$

де D_{Bmin} – мінімальний діаметр бочки валка після переточок;

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

Δ – половина мінімального зазору між подушками при повністю зведених валках (рис. 3.5).

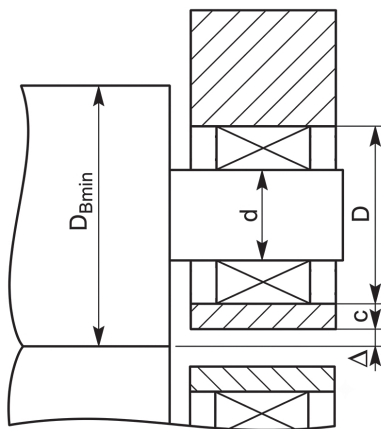


Рисунок 3.5 – Схема до визначення розмірів підшипника (валки зведені)

Виробники підшипників дають різні рекомендації щодо вибору величини c . Для приклада, фірма FAG (Німеччина) рекомендує приймати її як $(0,15-0,25)$ від середнього діаметру підшипника [11]. За рекомендацією фірми Timken (США) $c=0,038 D$ [13].

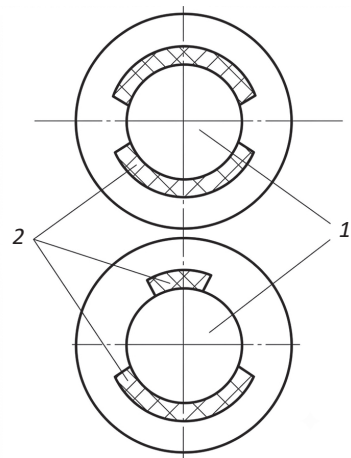
Щоб збільшити навантажувальну здатність підшипника в умовах обмеженого діаметру, збільшують його ширину. Це дає результат, але призводить до нерівномірності навантаження підшипника по ширині і деякого зменшення жорсткості валкового вузла.

|| 3.4 Підшипники ковзання відкритого типу

Підшипники ковзання відкритого типу застосовуються на обтискних станах, в універсальних сортових клітях, в чорнових клітях окремих станів гарячої прокатки, зазвичай, застарілих. По суті, підшипником ковзання може бути будь-яка втулка з антифрикційного матеріалу, суцільна або розрізна (вкладиші), встановлена із зазором на шийку прокатного валка.

Найбільше поширення для валків обтискних і деяких сортових станів одержали підшипники ковзання з неметалевими вкладишами у вигляді напівкілець (рис. 3.6).

Неметалеві вкладиші виготовляють зі спеціальних пластмас: текстоліту, лігнофолу, лігностону [10]. Для нормальної роботи підшипників з неметалевими вкладишами необхідно безперервно подавати у зазор мастило у виді водомасляної емульсії або суміші мінеральної олії з водою у об'ємі до 10 м^3 на 1 м^2 поверхні вкладиша.



1 – шийки валків;
2 – вкладиші

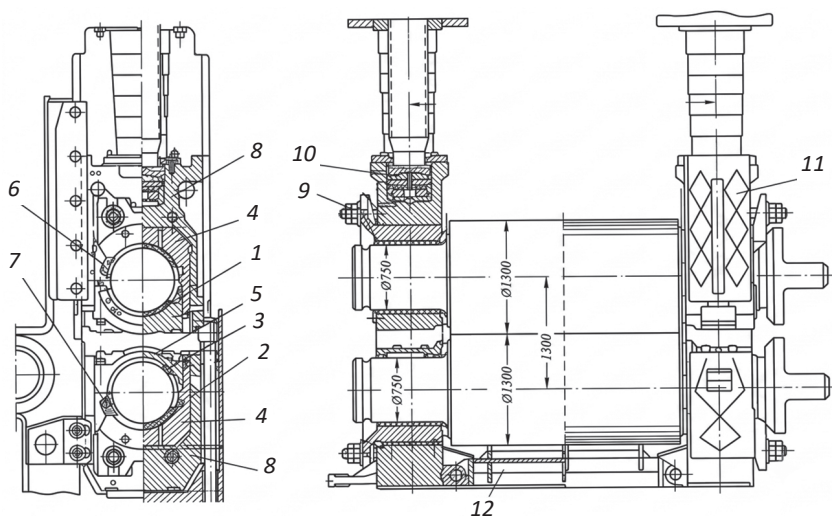
Рисунок 3.6 – Підшипники ковзання відкритого типу

У цих умовах у підшипнику виникає режим напіврідинного тертя, який забезпечує коефіцієнт тертя $0,01 \div 0,03$ при низькій швидкості і $f=0,004-0,006$ – при високій [5]. Велика кількість рідкого мастила, що має властивості змащувально-охолоджувальної рідини, забезпечує охолодження вкладишів і запобігає їх руйнуванню від перегріву.

Перевагами підшипників ковзання є простота і низька вартість, а також компактність, бо вони мають найменше серед усіх підшипників співвідношення зовнішнього і внутрішнього діаметрів. Неметалеві вкладиші добре працюють при ударних навантаженнях. Окалина та абразивні частки при потраплянні у підшипник вкатуються в м'яку поверхню вкладишів і не залишають подрпини на шийках валків.

Розглянемо конструкцію валкового вузла блюмінгу на підшипниках ковзання (рис. 3.7) [16].

Прокатні валки встановлені на роз'ємних текстолітових вкладишах 1, 2 виконаних у вигляді напівкілець. Усі вкладиші мають



- 1, 2 – вкладиші; 3 – текстолітова планка; 4 – корпус;
5 – кришка; 6, 7 – упори; 8 – подушка; 9 – гайки;
10 – підп'ятник; 11 – планки; 12 – траверса

Рисунок 3.7 – Валковий вузол обтискного стану
на підшипниках ковзання



різні розміри, що обумовлені тими навантаженнями, які вони сприймають. На верхньому валку на верхній вкладиш діє сила прокатки, на нижній – вага валка, тому верхній вкладиш більший з нижній. На нижньому валку сила прокатки і вага валка діють вниз, тому розміри нижнього вкладиша 2 найбільші. Оскільки вгору на нижній валок сили практично не діють, то зверху замість вкладиша встановлені текстолітові планки 3, які фіксують валок в подушці. Вкладиші встановлені в корпусах 4 та кришках 5, що замикають їх навколо валків. Від обертання вкладиші фіксуються упорами 6, 7. Зібрані на шийках валків підшипники встановлюють у подушки 8 і пригвинчують гайками 9. Нижні подушки з'єднані між собою траверсами 12.

Вкажемо на наведеному прикладі на деякі особливості в конструкціях подушок, які притаманні і тим підшипниковим вузлам, що розглянуті нижче. Верхні подушки спираються на натискні гвинти через сферичні під'ятники 10, які по суті є упорними підшипниками ковзання. Сферичний контакт у техніці використовується для самовстановлення однієї деталі відносно іншої. В даному випадку прогин валка під дією сили прокатки може викликати перекіс подушки, і сферична поверхня дозволяє їй знайти своє місце відносно натискного гвинта. Таке рішення використовується на більшості робочих клітей прокатних станів.

До бічних поверхонь подушок 8, по яких вони контактують зі станиною, пригвинчені бронзові планки 11, які знижують тертя і запобігають зношуванню контактних поверхонь. Такі планки використовуються на усіх подушках незалежно від типу підшипників. Контактну поверхню змащують густим мастилом, для утримання якого на планках фрезерують канавки (на рис. 3.7 – ромби на поз. 11).

|| 3.5 Підшипники рідинного тертя

Підшипники рідинного тертя (ПРТ) – це підшипники ковзання закритого типу. Вони складаються із надітої на шийку валка обертової втулки-цапфи 1 і нерухомо встановленої у подушці

втулки-вкладиша 2 (рис. 3.8). У зазор між втулками подається робоча рідина 3 – спеціальне мастило, завдяки якій у ПРТ реалізується рідинне тертя, при якому контактні поверхні втулок повністю роз’єднані масляною плівкою.

Підшипники рідинного тертя бувають гідродинамічні (ГД ПРТ), гідростатичні (ГС ПРТ) і гідростатодинамічні (ГСД ПРТ).

Найбільш широко як опори прокатних валків використовують ГД ПРТ. Розглянемо принцип роботи ГД ПРТ (рис. 3.8). За відсутності обертання втулка-цапфа 1 лежить без зазору знизу на втулці-вкладиші 2 (рис. 3.8, а). Коли втулка-цапфа починає обертатись, мастило 3 внаслідок в’язкості і адгезії починає втягуватись між цапфою та вкладишем, цапфа з валком починає спливати і зміщуватись у напрямку обертання відносно центру вкладиша. Між цапфою і вкладишем виникає масляний клин 4 – зона з підвищеним тиском мастила, яка і сприймає навантаження Y , що діє на підшипник. Епюра тиску у масляному клині показана на рис. 3.8, б. Максимальний тиск відповідає мінімальному зазору між цапфою і вкладишем.

Завдяки тому, що поверхні цапфи і вкладиша оброблені за 10–12 класом шорсткості, їх мікровиступи повністю роз’єднуються масляною плівкою, і в підшипнику реалізується рідинне

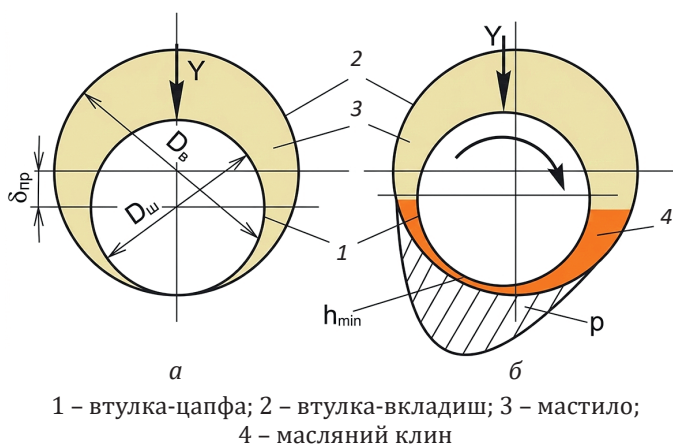


Рисунок 3.8 – Принципова схема ГД ПРТ без обертання (а) та при обертанні (б)



тертя, коли цапфа долає опір обертанню лише з боку сил в'язкого тертя у самому мастилі. Завдяки цьому коефіцієнт тертя ПРТ становить лише $f=0,001 \div 0,005$ і є найнижчим серед усіх типів підшипників. Поверхні тертя практично не зношуються, і за належної експлуатації термін роботи підшипника може досягати 10–20 років.

Навантаження, що сприймається ПРТ, визначається залежністю [5]:

$$Y = p_{\pi} l d = 0.4 \eta \omega l^2 d (\delta_{\text{прт}} / h_{\text{мін}} - 1) / \delta_{\text{прт}}^2, \quad (3.3)$$

де p_{π} – середній тиск у масляному клині;

l і d – довжина та діаметр цапфи;

η – в'язкість мастила;

ω – кутова швидкість;

$h_{\text{мін}}$ – мінімальна товщина масляного клину;

$\delta_{\text{прт}}$ – зазор між цапфою і вкладишем (рис. 3.8):

$$\delta_{\text{прт}} = (D_{\text{в}} - D_{\text{ц}}) / 2.$$

Як витікає з формули (3.3), зі збільшенням розмірів, в'язкості мастила та, що особливо важливо, швидкості обертання навантажувальна здатність підшипнику збільшується. Однак збільшення в'язкості призводить до збільшення опору обертанню і підвищення температури у підшипнику. Тому при виборі робочої рідини необхідно враховувати призначення і умови роботи підшипника і забезпечувати її постійну циркуляцію.

На рис. 3.9 показано конструкцію ГД ПРТ. Втулка-цапфа 1 посаджена на конічну шийку валка і зафіксована від обертання на ньому шпонкою 16. Втулка-вкладиш 2 зафіксована у подушці 3. З боку бочки валка подушка 3 закрита кришкою з вузлом ущільнень 4.

У конструкції цапфи і вкладиша немає елементів для сприйняття осьових сил, тому вони сприймають тільки радіальні навантаження. Для сприйняття осьових сил передбачено окремий упорний вузол 5 з радіально-упорним конічним підшипником, встановлений у стакані 6. Він з'єднується з подушкою 3 за допомогою кришки 13. Між стаканом 6 і кришкою 13 є радіальний зазор, завдяки чому підшипник 5 сприймає тільки осьові і не сприймає радіальних навантажень. Підшипникові вузли

Робоча рідина подається у ПРТ через бокові отвори 19 у втулці-вкладиші, які з'єднані з просвердленими у подушці каналами. Для надійного потрапляння мастила у підшипник в місцях отворів на вкладиші розточені «кишені» 18. Рідина подається у підшипник під тиском 0,1–0,3 МПа і надалі витікає через дренажні отвори 20. Це забезпечує циркуляцію рідини в підшипнику і запобігає її перегріву. Для поліпшення циркуляції у вкладиші зверху і знизу виконують виточки на величину Δ_7 (рис. 3.9, б).

а

б

Підведення мастила

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



внутрішню поверхню вкладиша 17 наплавляють бабітом, який є ефективним антифрикційним матеріалом.

ГД ПРТ широко використовуються у вузлах опорних валків станів кварто, а також для робочих валків високошвидкісних дрібносортих і дроtopрокатних станів. У останньому випадку головним критерієм є висока швидкість при відносно невеликій силі прокатки. Для таких підшипників використовують мастила з низькою в'язкістю такі, як турбінне УТ. Для ПРТ високонавантажених опорних валків використовують мастила з високою в'язкістю, такі, як П 28 Брайтсток. Провідні світові виробники ПРТ («Morgoil», «Danoil») практикують поставку спеціальних мастил у комплекті із підшипниками.

Основними перевагами ГД ПРТ перед іншими підшипниками є найнижчий коефіцієнт тертя і найбільший термін служби, висока навантажувальна здатність при високих швидкостях, можливість згладжувати ударні навантаження. Але вони мають і певні недоліки. Основний, характерний для усіх видів ПРТ – необхідність окремої досить дорогої гідравлічної системи із спеціальними мастилами і фільтрами тонкого очищення рідини, без якої підшипники не можуть функціонувати належним чином. Специфічним недоліком ГД ПРТ є «плавання» шийок при зміні швидкості, яке призводить до зміни міжвалкового зазору і погіршення точності прокатки. Обмежено використовуються ГД ПРТ на реверсивних станах, на яких має місце нестационарний швидкісний режим роботи на реверсі (прискорення, зупинки, гальмування), що призводить на цих режимах до порушення рідинного тертя.

На реверсивних станах використовують гідростатодинамічні підшипники (ГСД ПРТ), які є комбінацією гідростатичних і гідродинамічних ПРТ. У гідростатичних ПРТ режим рідинного тертя підтримується без утворення масляного клина за рахунок подачі в нижню частину підшипника рідини під високим тиском (до 20 МПа) (рис. 3.10). Вона утримує цапфу з валком «на плаву» навіть при відсутності обертання. Але проблеми з підтриманням сталого тиску при довготривалій роботі не дозволяють використовувати СД ПРТ для прокатних валків.

ГСД ПРТ має комбіновану подачу мастила як в гідростатичному і гідродинамічному ПРТ. Він працює як гідростатичний

на перехідних швидкісних режимах, які тривають короткий час. При досягненні валками швидкості, достатньої для підтримання масляного клину, гідравлічна система високого тиску автоматично відключається, і підшипник працює як гідродинамічний. При зменшенні швидкості нижче критичної система високого тиску знов підключається. Складна і дорога гідравлічна система є основним недоліком таких підшипників.

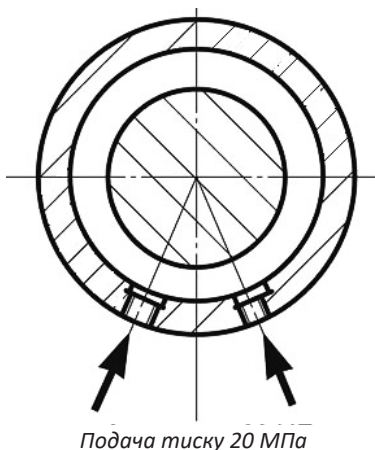


Рисунок 3.10 – Схема гідростатичного ПРТ

|| 3.6 Підшипники кочення

3.6.1 Загальна характеристика підшипників кочення

Підшипник кочення складається із зовнішнього і внутрішнього кілець, між якими у сепараторах знаходяться тіла кочення – кульки або ролики. Відповідно підшипники називають шариковими (кульковими) і роликовими. Ролики можуть бути циліндричними, конічними, сферичними та у вигляді тонких довгих циліндрів – голок.

За кількістю рядів тіл кочення розрізняють однорядні, дво-рядні та багаторядні підшипники (рис. 3.11, див. с. 57).



Рисунок 3.11 – Однорядний, дворядний та чотирирядний роликові конічні підшипники [12]

За видом навантаження, яке сприймає підшипник, розрізняють радіальні, упорні та радіально-упорні підшипники. Радіальні сприймають навантаження, що діють вздовж радіуса підшипника (перпендикулярно його осі), упорні – навантаження, що діють вздовж осі (осьові), радіально-упорні – обидва види навантажень.

Коефіцієнт тертя підшипників кочення становить 0,002–0,005 у кулькових підшипників та до 0,008 у роликопідшипників [5].

Перевагами підшипників кочення є висока жорсткість і, як наслідок, точність встановлення деталей, простота експлуатації, монтажу і демонтажу, відсутність складних систем змащування та суворих вимог до герметизації підшипникових вузлів.

До недоліків відносяться найбільші серед підшипників радіальні габарити, оскільки навантажувальна здатність підшипників кочення пропорційна їх розмірам, а також обмеження по роботі на високих швидкостях, обумовлене втомлювальним зношуванням (викришуванням) доріжок і тіл кочення зі збільшенням циклів навантаження.

3.6.2 Підшипники кочення для прокатних валків

Підшипники кочення застосовуються переважно як опори робочих валків. Для опорних валків вони використовуються, якщо опори на ПРТ не забезпечують вимоги до точності прокатки.

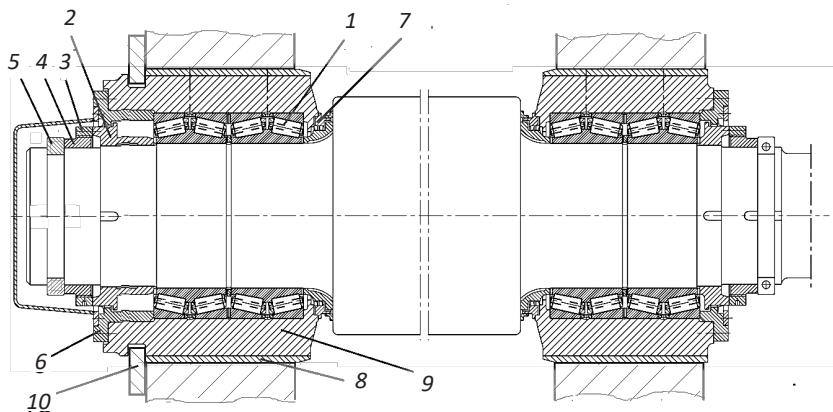


Однією з вимог до підшипників, як вказувалось раніше, є обмеження по діаметру. Підшипники кочення по цьому критерію поступаються підшипникам інших типів. Зменшення діаметру веде до зменшення навантажень, що сприймаються підшипником. Падіння навантажувальної здатності в цьому випадку компенсують збільшенням ширини підшипника і збільшення кількості рядів тіл кочення. Тому на більшості прокатних станів використовують чотирирядні конічні (рис. 3.12, див. с. 59) і циліндричні (рис. 3.14) роликові підшипники. Зазвичай це спеціальні підшипники, призначені саме для прокатних станів. Дворядні підшипники використовують на станах з невеликою силою прокатки.

Світові фірми-виробники підшипників, такі як SKF (Швеція), FAG (Німеччина), Timken (США) [11–13] та ін., пропонують замовникам широку номенклатуру спеціалізованих багаторядних підшипників, у тому числі чотирирядних для прокатних валків з різними співвідношеннями основних розмірів під задані навантаження та умови експлуатації. Часто вони розробляють повністю підшипникові вузли для прокатних валків.

Розглянемо конструкцію підшипникового вузла з чотирирядним конічним підшипником (рис. 3.12, розріз у горизонтальній площині).

Чотирирядний конічний підшипник 1 внутрішнім кільцем встановлений на шийці валка, а зовнішнім – у отворі подушки 9. На шийці валка він фіксується через дистанційну втулку 2 шліцевою гайкою 3, яка нагвинчена на зовнішню різьбу кільця 4. У проточці на валку встановлене упорне кільце, зібране з двох напівкільць 5, зафіксованих від обертання шпонкою. При загвинчуванні гайки 3 вона притискає втулку 2 до внутрішнього кільця підшипника, яке упирається у втулку вузла 7. При подальшому загвинчуванні рух праворуч неможливий, і різьбове кільце рухається ліворуч і притискається до напівкільць 5. Виникає розпірна сила, яка не тільки фіксує підшипник на валку від осьового зрушення, але й запобігає повертання внутрішнього кільця навіть при посадці із зазором на шийку валка. У отворі подушки 9 підшипник фіксується по зовнішньому кільцю кришкою 6, яка прикручена до подушки болтами. У подушці 9 з боку бочки валка



- 1 – чотирирядний конічний підшипник; 2 – дистанційна втулка; 3 – шліцева гайка; 4 – різьбове кільце;
5 – напівкільця; 6 – кришка; 7 – вузол ущільнень;
8 – планка; 9 – подушка; 10 – клямка

Рисунок 3.12 – Підшипниковий вузол із чотирирядним конічним підшипником [11]

встановлено вузол 7 з манжетних та торцевих ущільнень для запобігання витіканню змащення з підшипника та потраплянню у підшипник бруду зовні.

Від осьового переміщення у вікнах станин валковий вузол фіксується клямками 10, що входять у вертикальні пази на подушці з боку обслуговування кліті. Подушка з боку приводу не фіксується, цей підшипниковий вузол виконує функцію плаваючої опори.

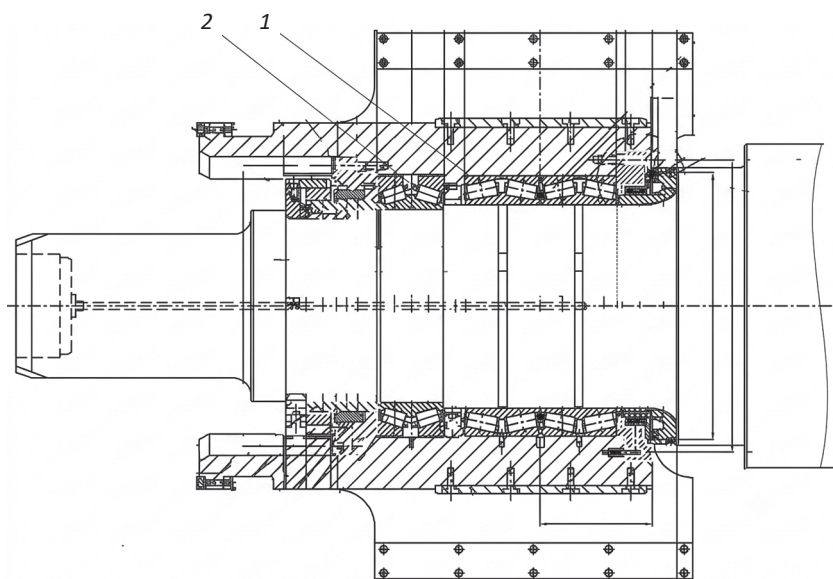
До переваг конічних підшипників слід віднести те, що вони мають велику навантажувальну здатність, можуть сприймати як радіальні, так і осьові сили, менш чутливі до неточностей монтажу (перекосів).

До недоліків слід віднести більші у порівнянні із циліндричними радіальні розміри, а також перерозподіл навантажень між рядами роликів при сприйнятті осьових сил. Осьова сила, що діє в одному напрямку, сприймається двома рядами роликів із чотирьох. Внаслідок виникнення зазорів у розвантажених рядах роликів вони перестають сприймати і радіальну силу.

В результаті радіальна сила сприймається тільки двома рядами роликів, які перевантажуються, і підшипник може вийти з ладу.

У сучасних станах для усунення цього недоліку встановлюють додатковий підшипниковий вузол для сприйняття осьових сил, як було розглянуто на ПРТ. На рис. 3.13 показано підшипниковий вузол, у якому чотирирядний підшипник 1 сприймає тільки радіальну силу, а для сприйняття осьової встановлено додатковий дворядний конічний підшипник 2, розвантажений від радіальних сил.

На рис. 3.14 (див. с. 61) наведено конструкцію підшипникового вузла з чотирирядним циліндричним роликовим підшипником. Чотирирядний циліндричний підшипник 1 є радіальним підшипником, який взагалі не сприймає осьових навантажень. Тому в такій конструкції упорний вузол 2 є необхідним елементом. У цьому випадку він складається з двох шарикових



1 – чотирирядний конічний підшипник для сприйняття радіальної сили; 2 – дворядний конічний підшипник для сприйняття осьової сили

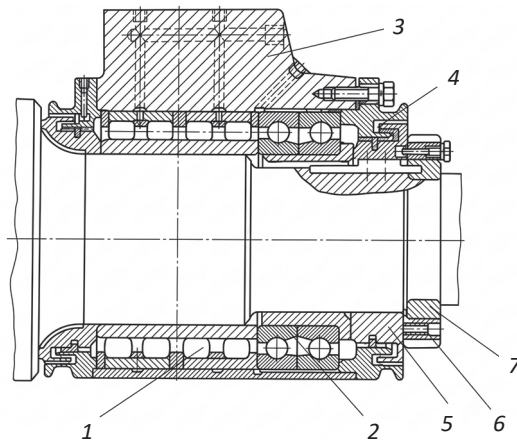
Рисунок 3.13 – Підшипниковий вузол фірми Danieli з додатковим упорним підшипником



радіально-упорних підшипників, які за рахунок зазору по зовнішньому кільцю розвантажені від сприйняття радіальних сил.

За однаковою навантажувальною здатністю циліндричні підшипники мають менший діаметр, ніж конічні. Вони можуть працювати на більших швидкостях завдяки більшій точності виконання роликів і доріжок кочення. При розбиранні таких підшипників внутрішнє кільце залишається на шийці валка і слугує базою при переточках валків, це дозволяє збільшити точність токарних операцій. Недоліком таких підшипників є велика чутливість до перекосів.

Як відмічалось, умови експлуатації підшипників прокатних валків відрізняються тим, що їх часто демонтують і монтують при переточках валків, практично щодобово. Традиційні підшипникові посадки з натягом по внутрішньому кільцю утруднюють ці операції і призводять до задирів на посадочних поверхнях. Тому підшипники встановлюють на шийку валка по посадці із зазором. Для фіксації від обертання на шийці створюють затискання по торцях внутрішнього кільця за рахунок розпірної сили затягуванням шліцевих



- 1 – чотирирядний циліндричний підшипник;
- 2 – упорний підшипниковий вузол; 3 – подушка;
- 4 – кришка; 5 – дистанційна втулка; 6 – шліцева гайка;
- 7 – різьбове напівкільце

Рисунок 3.14 – Вузол із чотирирядним циліндричним підшипником

гайок (поз. 3 на рис. 3.12 та поз. 6 на рис. 3.14). Також для збереження шийок валків практикують змащення посадочних поверхонь антизадирними мастилами.

Подушки валків повинні бути зафіксовані у вікнах станин від осьового зрушення і мати можливість переміщуватись вертикально. Для цього з боку обслуговування кліті на станині розміщені планки-засувки (рис. 3.15), які входять у вертикальні пази на подушках. Планки фіксуються болтами або переміщуються гідроциліндрами для скорочення часу перевалки.

Інший варіант швидкої фіксації подушок у вікнах станини за допомогою поворотних клямок показаний на рис. 3.16.

Такий варіант використовується також для осьової фіксації подушок робочих валків відносно опорних. У разі використання

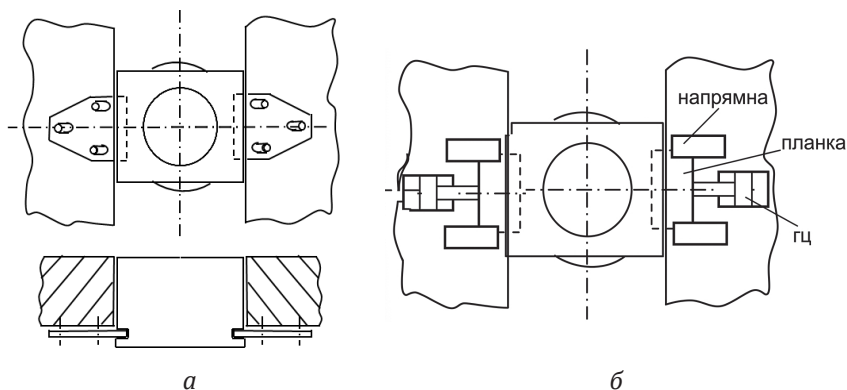


Рисунок 3.15 – Осьова фіксація подушок кліті планками: болтами (а), гідроциліндрами (б)

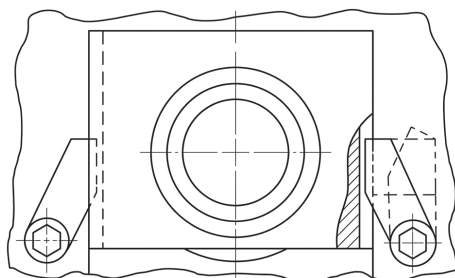


Рисунок 3.16 – Осьова фіксація подушки поворотними клямками



механізмів осьового зрушення валків можливість осьової фіксації передбачена у самих механізмах.

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. Як 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 напівкільця.
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.
23. Укажіть способи осьової фіксації подушок прокатних валків у вікнах станини.

ТЕМА 4

НАТИСКНІ МЕХАНІЗМИ ТА МЕХАНІЗМИ ВРІВНОВАЖЕННЯ ВАЛКІВ

|| 4.1 Призначення і типи натискних механізмів

Натискні механізми призначені для переміщення валків з метою встановлення зазору між ними, потрібного для прокатки металу заданих розмірів, а також для утримання валків в цьому положенні при прокатці.

Натискні механізми є і в горизонтальних, і у вертикальних клітках. У вертикальних вони переміщують обидва валки відносно лінії прокатки у горизонтальному напрямку. У горизонтальних клітках натискними механізмами переміщують верхній валок відносно стаціонарного нижнього. Натискні механізми розміщені у верхній частині робочої кліті. Виключенням є сортові стани, у яких обидва валки переміщують відносно лінії прокатки, на якій повинен знаходитись калібр. Натискні механізми в цьому випадку розміщують у кліті зверху і знизу. У сортових клітках тріо верхній і нижній валки переміщують відносно стаціонарного середнього валка.

Натискні механізми безпосередньо контактують із подушками прокатних валків. Вже на перших станах була встановлена необхідність роздільно регулювання положення кожної з подушок валків. Тому зазвичай на кожен валок припадають два натискні механізми (правий і лівий по ходу прокатки), які можуть працювати як синхронно, так і розузгоджено.

Швидкістю натискного механізму називається лінійна швидкість переміщення валка. За цією ознакою розрізняють швидкохідні і тихохідні натискні механізми. У перших швидкість більша за 10 мм/с, у других, відповідно, менша. Швидкохідність залежить від типу прокатного стану і складає, за даними робіт [1; 10]:



- 100–250 мм/с – для блюмінгів;
- 100–150 мм/с – для слябінгів;
- 5–25 мм/с – для товстолистових станів;
- 2–5 мм/с – для сортових станів;
- 0,05–1,0 мм/с – для тонколистових станів;
- 0,005–0,01 мм/с – для багатовалкових станів.

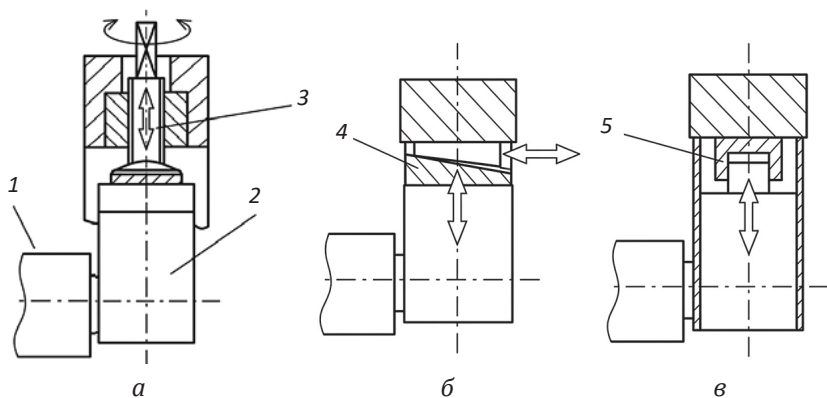
Швидкохідність не слід плутати з поняттям швидкодії, яке теж будемо використовувати. Під швидкодією будемо розуміти швидкість реакції системи на керуючий сигнал. Тобто тихохідні механізми можуть бути швидкохідними, якщо швидко реагують на команди оператора або систем автоматики.

За режимом роботи розрізняють натискні механізми, які працюють без металу у валках (у паузах між пропусками) та з металом у валках (під час прокатки). За другим режимом працюють натискні механізми на станах, які прокатують довгомірний листовий (смуговий) прокат.

Інші ознаки натискних механізмів пов'язані із конструктивним виконанням і стосуються приводів і виконавчих пристроїв.

За типом приводу розрізняють натискні механізми електромеханічні, гідравлічні, комбіновані та з ручним приводом. В електромеханічних переміщення сповіщається виконавчому пристрою від електродвигуна через механічні передачі, в гідравлічних – від гідроциліндру, комбіновані мають електричний і гідравлічний приводи, які використовують окремо на певних режимах роботи кліті. Ручний привід через штурвал використовується і на ряді сучасних станів, малих за розміром або таких, у яких перевстановлення валків відбувається рідко, зазвичай, при переході на інший сортамент.

Серед виконавчих пристроїв найбільш поширеною є гвинтова пара з фіксованою гайкою і приводним гвинтом (рис. 4.1, а (див. с. 66)). Вона використовується у електромеханічних, комбінованих і ручних натискних механізмах. Значно рідше використовується клинова пара (рис. 4.1, б (див. с. 66)), яка забезпечує високу жорсткість конструкції, але має обмежений хід. Гідроциліндр (рис. 4.1, в (див. с. 66)) є водночас і приводом, і виконавчим пристроєм, функцію якого виконує рухома частина гідроциліндру, якою може бути і шток, і корпус.



1 – валок; 2 – подушка; 3–5 виконавчі пристрої

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

|| 4.2 Електромеханічні натискні механізми

4.2.1 Конструкція і параметри гвинтових передач

Виконавчим пристроєм електромеханічних натискних механізмів є кінематична пара гвинт-гайка, у якій обертовий рух натискного гвинта перетворюється на його осьове переміщення, яке передається на подушку валка.

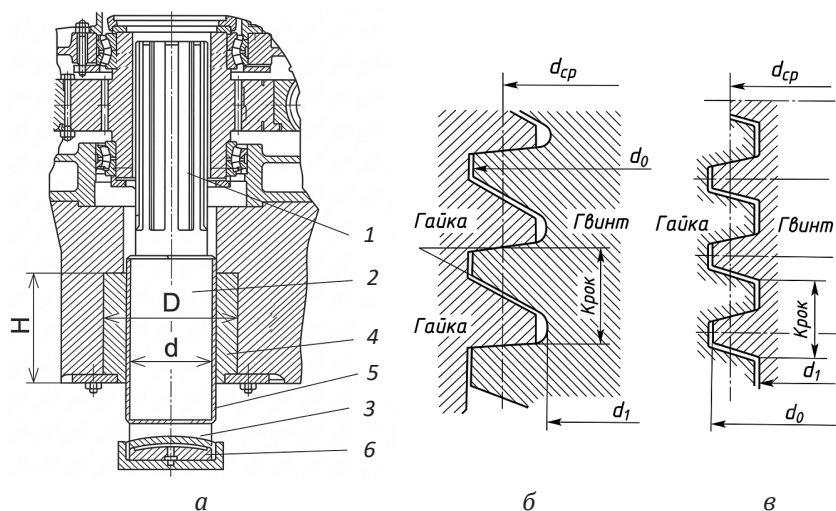
Натискний гвинт є суцільною кутою деталлю, на якій умовно можна виділити три частини (рис. 4.2, див. с. 67): хвостовик 1, призначений для передачі на гвинт крутного моменту від приводу, різбову частину 2, що контактує з гайкою 4, і п'яту 3, через яку рух гвинта передається підп'ятнику 6 подушки валка. Матеріал гвинта – сталі 45, 40Х і 40ХН.

Хвостовик гвинта входить у маточину приводного зубчастого або черв'ячного колеса по посадці із зазором, яка забезпечує відносно вказаного колеса вертикальне переміщення гвинта при його обертанні. Для передачі крутного моменту хвостовик виконують квадратним у перерізі на швидкохідних механізмах

і шліцевим на тихохідних. Квадратні хвостовики іноді облицюють планками з антифрикційного матеріалу для запобігання зношенню посадочного отвору.

На різьбовій частині 2 гвинта нарізають ходову різьбу: упорну (рис. 4.2, б) або трапецеїдальну (рис. 4.2, в). Трапецеїдальну використовують для гвинтів швидкохідних натискних механізмів. Довжина різьбової частини повинна бути такою, щоб знаходитись у контакті із гайкою за будь-якого положення натискного гвинта. Окрім функції кінематичного перетворення обертання гвинта у осьовий рух через різьбу гвинта навантаження від сили прокатки передається на гайку і далі на станину.

Контактна поверхня п'яти 3 має увігнуту сферичну форму, форма під'ятника 6 відповідно опукла, для самовстановлення подушки відносно натискного гвинта. Оскільки гвинт обертається відносно подушки валка, під'ятник виконує функцію упорного підшипника ковзання. Для зниження тертя його виконують бронзовим (пара тертя сталь – бронза антифрикційна). За рахунок увігнутої форми п'яти від дії сили, що сприймається



1 – хвостовик; 2 – різьбова частина; 3 – п'ята; 4 – гайка;
5 – планка; 6 – під'ятник

Рисунок 4.2 – Пара гвинт-гайка електромеханічного натискного механізму (а), упорна (б) та трапецеїдальна (в) різьби



гвинтом, у підп'ятнику виникають доцентрові напруження стиску, і, оскільки сталь міцніша за бронзу, це забезпечує міцність підп'ятника. На деяких станах п'яту виконують як окрему від'ємну деталь, яка кріпиться до натискного гвинта. П'ята вільно опирається на підп'ятник і механічно з ним не з'єднана, що важливо для розуміння необхідності врівноваження валків.

Гайка 4 має циліндричну форму з розмірами $D=(1,5-1,8) d$, $H=(0,95-1,1) D$ (рис. 4.2, а). Вона зафіксована у станині від обертання і в осьовому напрямку планками 5, які входять у прорізи на її торцевій поверхні і пригвинчуються до станини. Навантаження від сили прокатки передаються на станину з гайки через її верхню торцеву поверхню.

Гвинтова пара є парою тертя, тому гайку, як простішу у виготовленні і менш металоємну деталь виготовляють литою із бронзи БрАЖ 9-4. З метою економії дорогої бронзи з неї можуть виготовляти тільки різьбову частину гайки, а саму гайку – чавунною або сталевую. Для зменшення тертя на різьбу подають змащення через канали, які виконують у корпусі гайки.

4.2.2 Конструкції приводів електромеханічних натискних механізмів

Обертання від двигунів на натискні гвинти передається за допомогою механічних передач (трансмісії). Трансмісії швидкохідних і тихохідних натискних механізмів суттєво різняться між собою.

На рис. 4.3 (див. с. 69) показано кінематичні схеми швидкохідних натискних механізмів обтискних станів.

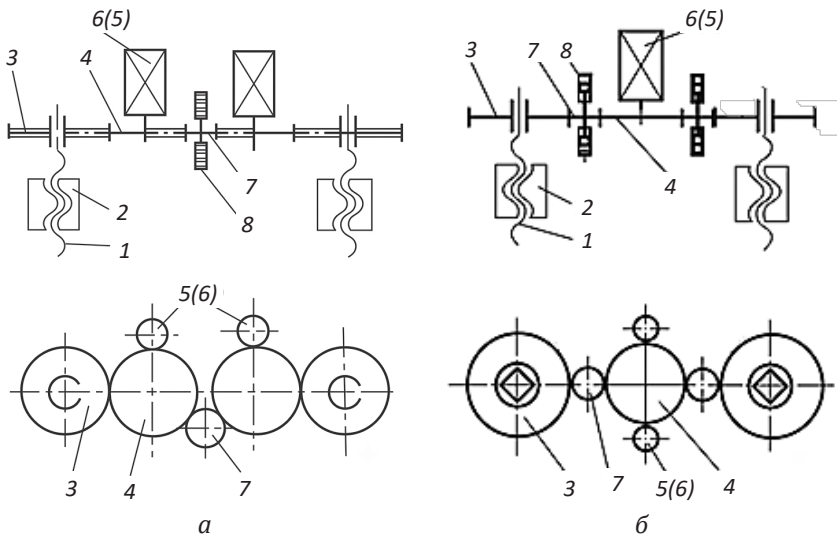
Швидкохідні натискні механізми приводяться фланцевими вертикальними електродвигунами 6, встановленими у кліті поперек (рис. 4.3, а) або вздовж (один за одним, рис. 4.3, б) осі прокатки. На валах двигунів встановлені шестірні 5, які передають обертання зубчастим передачам. У трансмісіях обтискних станів використовують одноступеневі циліндричні зубчасті передачі з невеликим передатним числом, яке дорівнює відношенню діаметрів колеса 3 і шестірні 5. Паразитні шестірні 4



не змінюють передатне число і призначені для раціонального компонування зубчастих коліс. Кожен з гвинтів 1 приводиться власним натискним механізмом, які синхронізовані між собою розчіпною шестірнею 7, яка зв'язує зачепленням із шестірнями 4 (рис. 4.3, а) або 3 і 4 (рис. 4.3, б) лівий і правий механізми у єдину кінематичну ланку. При необхідності роботи тільки одним механізмом шестірня 7 виводиться із зачеплення гідروциліндром 8 і роз'єднує механізми.

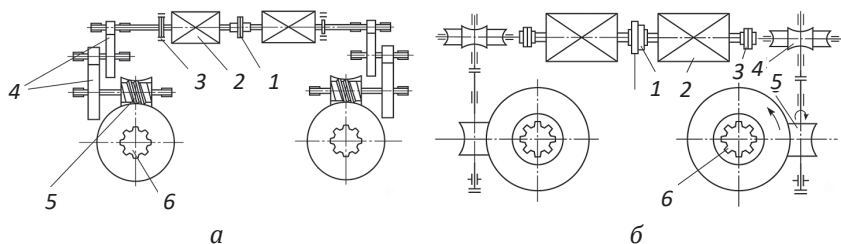
У деяких чорнових робочих клітках ТЛС використовують двоступеневі циліндричні передачі з більшим сумарним передатним числом.

Тихохідні натискні механізми використовуються на сортових і листових станах. Їх характерною ознакою є використання в трансмісіях черв'ячних передач з великим передатним числом. Можуть використовуватись комбінації циліндричних



- 1 – гвинт; 2 – гайка; 3 – ведене зубчасте колесо;
4 – паразитна шестірня; 5 – ведуча шестірня
на валу двигуна; 6 – двигун; 7 – розчіпна шестірня;
8 – гідроциліндр

Рисунок 4.3 – Кінематичні схеми швидкохідних натискних механізмів



1 – розчїпна муфта; 2 – двигун; 3 – муфти; 4 (4/) – черв'ячна передача (циліндричний редуктор); 5 – черв'ячна глобоїдна передача; 6 – хвостовик натискного гвинта

Рисунок 4.4 – Кінематична схема тихохідних натискних механізмів із циліндричною та черв'ячною передачами (а) та двома черв'ячними передачами (б) (вид зверху)

і черв'ячної (рис. 4.4, а) або двох черв'ячних передач (рис. 4.4, б), в останньому випадку сумарне передатне число може становити 1000 і більше.

Перший тип трансмісій (рис. 4.4, а) використовується переважно на станах гарячої прокатки, другий – на станах холодної прокатки. На станах з регулюванням зазору між валками під час прокатки натискним механізмам треба долати силу прокатки, їх потужність і крутний момент, що передається на гвинти, більший, ніж на інших натискних механізмах. Тому в таких приводах використовують глобоїдні черв'ячні передачі. Вони мають більшу поверхню контакту черв'яка з черв'ячним колесом і можуть передавати крутні моменти значної величини.

Крутний момент від двигуна 2 передається на черв'ячний 4 або циліндричний 4/ редуктор і далі на черв'ячну глобоїдну передачу 6, з черв'ячного колеса якої крутний момент через шліцеве з'єднання 6 передається натискному гвинту.

Синхронізація лівого і правого натискних механізмів може бути механічною за допомогою розчїпної муфти 1, що з'єднує вали двигунів 2, або електричною, через систему керування двигунами.



|| 4.3 Гідравлічні та комбіновані натискні механізми

4.3.1 Гідравлічні натискні механізми (ГНМ)

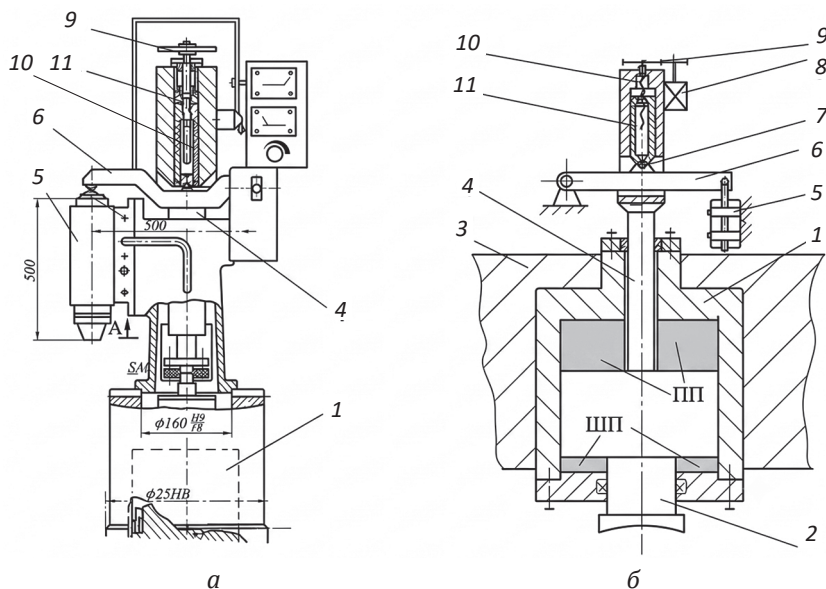
Електромеханічні натискні механізми мають низьку швидкодію. При їх запуску час витрачається на вибирання зазорів у зачепленнях, пружну деформацію деталей трансмісії і тільки потім починається розгін інертних мас. Час відгуку на керуючий сигнал може становити 0,5–1 с. Точність установки натискних гвинтів відносно низька, більша за 0,02 мм. На станах, де міжвалковий зазор регулюють під час прокатки з метою усунення поздовжньої різнотовщинності, ефективність роботи таких механізмів у сполученні із системами автоматичного регулювання товщини низька. Тому сучасною тенденцією є використання на таких станах гідравлічних натискних механізмів, швидкодія яких становить 0,05 с, а прискорення досягає 500 мм/с² [4]. Вони забезпечують точне позиціонування натискних гвинтів і внаслідок відсутності механічної трансмісії більш компактні при розміщенні у робочій кліті. Гідравлічні механізми краще працюють в автоматичних системах керування процесами прокатки. Але для їх роботи стан повинен бути оснащений гідравлічною системою певних параметрів. Втім, більшість сучасних станів її мають.

Гідравлічні натискні механізми зазвичай складаються з двох гідроциліндрів, поршневих або плунжерних, до яких підведені від гідросистеми трубопроводи високого тиску. Гідроциліндри оснащені датчиками, які дозволяють контролювати положення валків і силу прокатки і керувати роботою в автоматичному режимі. Розміщують гідроциліндри на сучасних станах у верхній частині робочої кліті між подушками верхнього валка і станиною, іноді під подушками нижнього валка. Верхнє розміщення більш зручне для обслуговування і дешевше у виконанні і експлуатації.

Сучасні ГНМ внаслідок своєї швидкодії можуть працювати в режимі саморегулювання величини міжвалкового зазору, який може змінюватись внаслідок зміни величини сили прокатки, яка обумовлена в першу чергу поздовжньою різнотовщинністю підкату. Для цього вони оснащені слідкувальною системою. Вона

може бути механічною зі слідкувальним штоком або електричною із сервоклапаном. Перша є на даний час застарілою, але для розуміння принципу дії доцільно розглянути саме її роботу.

Схема ГНМ зі слідкувальним штоком показана на рис. 4.5. Гідроциліндр поршневого типу 1 зафіксований у отворі поперечки станини 3. Поршень і силовий шток 2 рухаються під дією тиску рідини і рухають подушку валка. Поршень з'єднаний із слідкувальним штоком 4. У штоку 4 є вікно, крізь яке проходить важіль 6, що має три шарнірні з'єднання. Першим він фіксується на станині, другим з'єднаний з розподільником високого тиску 5, а шарніром 7 – з гайкою 11, посадженою із зазором у отвір на штоку 4 і зафіксованою від обертання. Гайка з'єднана із гвинтом 10, при обертанні якого вона рухається у отворі



- 1 – корпус гідроциліндра; 2 – поршень зі штоком;
3 – станина; 4 – слідкувальний шток; 5 – розподільник
високого тиску; 6 – важіль; 7 – шарнір; 8 – кроковий
електродвигун; 9 – зубчаста передача;
10 – гвинт; 11 – гайка

Рисунок 4.5 – Загальний вигляд (а) та схема (б) гідравлічного натискного механізму зі слідкувальним штоком



вертикально. Гвинт приводиться від крокового двигуна 8 через зубчасту передачу 9.

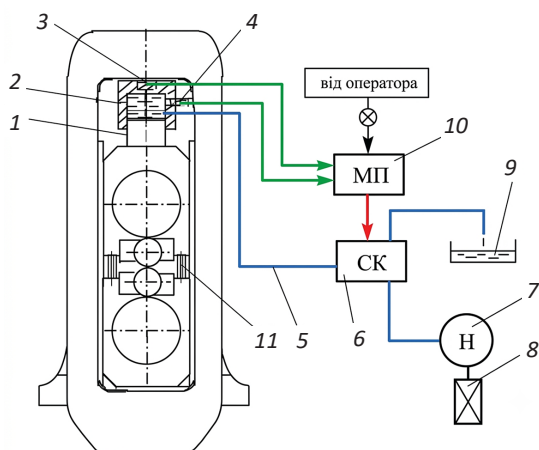
Система працює наступним чином. Перед прокаткою натискним механізмом встановлюють потрібний зазор між валками. В цьому положенні поршні розподільника 5, через який робоча рідина під тиском подається в поршневу ПП або штокову ШП порожнину гідроциліндру, перекривають отвори для подачі рідини. При прокатці товщина підкату, що входить у валки, може бути різною в межах допусків. Коли товщина підкату перевищує номінальну, сила прокатки зростає і тисне на шток 2. Той починає підійматись і переміщувати вгору слідкувальний шток 4 з позиціями 7–11. Зв'язаний із шарніром 7 важіль 6 починає повертатись і тягне вгору шток розподільника 5, який відкриває отвір для подачі рідини у ПП. Тиск у ПП зростає і рухає позиції 2, 4, 6–11 вниз до повернення на величину номінального міжвалкового зазору, по досягненню якого отвори у розподільнику перекриваються важелем 6 і подача рідини у гідроциліндр припиняється. При вході у валки підкату меншої товщини процес протікає в протилежному напрямку з подачею тиску у ШП до відновлення номінального міжвалкового зазору. Таким чином відбувається постійне коригування сталої величини зазору між валками. Позиції 7–11 в цей час рухаються зі штоком 4 як одне тіло.

Для примусової зміни зазору між валками необхідно, щоб рідина постійно надходила в одну із порожнин циліндру, і переміщення слідкувального штоку 4 не впливало на роботу розподільника 5. Для цього двигун 8 через позиції 9, 10 приводить гайку 11 із шарніром 7, який рухає важіль 6, що відкриває у розподільнику 5 отвір для живлення потрібної порожнини. Поршень 2 і з ним слідкувальний шток 4 починають рухатись, причому останній прагне перекрити отвір у розподільнику 5 і припинити подачу рідини. Щоб запобігти цьому, гайка 11 і шток 4 повинні рухатись протилежно з однаковою швидкістю, тоді важіль 6 залишиться нерухомим і слідкувальна система не буде впливати на роботу розподільника 5. Після досягнення нового значення міжвалкового зазору оператор вимикає двигун 8, гайка 11 перестає рухатись і шток 4 перекриває отвір розподільника 5 у новому положенні поршня 2. Система починає знов працювати у режимі саморегулювання.

ГНМ зі слідкувальним штоком у наш час вже не задовольняють процес прокатки за швидкодією і наразі використовуються лише на тих станах, де були свого часу встановлені. На сучасних ГНМ використовують слідкувальні системи із сервоклапаном (рис. 4.6). До складу ГНМ і системи керування входять гідроциліндр 1, 2, на даній схемі плунжерний, датчики переміщення 3 і тиску 4, трубопровід 5, сервоклапан 6, насос 7 з двигуном 8, зливний бак 9, мікропроцесор 10 та гідроциліндри врівноваження 11.

Принцип роботи такої системи в цілому аналогічний описаному вище (рис. 4.5), але виконується іншими засобами. Роль слідкувального штоку 4 виконують датчики 3, 4, важеля 6 – мікропроцесор 10, розподільника тиску 5 – сервоклапан 6.

Номінальні параметри процесу прокатки обчислюються програмою у мікропроцесорі 10. При зміні товщини прокату змінюється положення плунжеру 1 і тиску у циліндрі 2. Зміни фіксують датчики 3, 4 і подають дані у мікропроцесор 10, який миттєво обчислює нові параметри і подає сигнал на коригування зазору



- 1 – плунжер; 2 – циліндр; 3 – датчик переміщення;
 4 – датчик тиску; 5 – трубопровід; 6 – сервоклапан;
 7 – насос; 8 – двигун; 9 – зливний бак; 10 – мікропроцесор;
 11 – гідроциліндри врівноваження

Рисунок 4.6 – Слідкувальна система ГНМ з сервоклапаном



на сервоклапан 6. Сервоклапан забезпечує нагнітання рідини у циліндри від насосу 7 або скидання із циліндру у зливний бак 9 під дією врівноважувальних циліндрів 11. Після відновлення номінальних параметрів процесу мікропроцесор подає команду на припинення роботи сервоклапану. Весь процес коригування займає соті долі секунди.

В усіх описаних способах регулювання ГНМ міжвалкового зазору основною задачею було підтримувати сталу його величину за рахунок зміни тиску у гідроциліндрах. Такий режим одержав серед прокатників назву роботи «по зазору». Він забезпечує високу точність прокату. Але іноді виникає потреба, коли необхідні сталі обтиснення по довжині прокату, зокрема для отримання однакових механічних властивостей. При роботі «по зазору» обтиснення і механічні властивості змінюються. Якщо тиск у гідроциліндрах не змінювати, то пропорційно зміні товщини прокату буде змінюватись і міжвалковий зазор, і обтиснення будуть однаковими. Кінцева різнотовщинність буде в процентному відношенні дорівнювати різнотовщинності підкату. Такий режим одержав назву роботи «по тиску» або роботи «з нульовою жорсткістю робочої кліті». Він використовується переважно на дресувальних станах.

4.3.2 Комбіновані натискні механізми

При роботі натискних механізмів у процесі прокатки робочі валки необхідно швидко і точно переміщувати в межах десятих і сотих долей міліметра. ГНМ добре справляються з цією задачею. Але на великих переміщеннях внаслідок низької жорсткості робочої рідини вони не забезпечують потрібної точності встановлення валків. До того ж переміщення з високою швидкістю ведуть до зниження стійкості ущільнень гідроциліндрів. У цьому випадку краще працюють електромеханічні натискні механізми. Тому на станах, де необхідні і великі, і малі переміщення валків, використовують комбіновані натискні механізми, у яких великі переміщення у паузах між проходами виконує електромеханічний натискний механізм, а малі під час прокатки ГНМ.

Стара конструкторська школа прагнула об'єднати обидва механізми в одній конструкції. На рис. 4.7, *а* зображено комбінований натискний механізм зі слідкувальним штоком.

У цій конструкції у станині розміщено гідроциліндр 4. У отворі поршню гідроциліндра зафіксовано гайку 1, через яку проходить натискний гвинт 2. Поршень зафіксований від обертання. Привід 3 натискного гвинта розміщено, як звичайно, у верхній частині кліті. До гвинта приєднаний слідкувальний шток 5, компоненти слідкувальної системи 6–9 розміщені над приводом електромеханічної частини.

При роботі у режимі ГНМ гайка 1, гвинт 2 і поршень 4 являють собою єдину конструкцію – поршень, який рухається у гідроциліндрі. Гвинт 2 виконує роль частини слідкувального штоку. При роботі електромеханічного механізму поршень 4 не рухається відносно станини і є продовженням нерухомої гайки 1, у якій рухається гвинт 2.

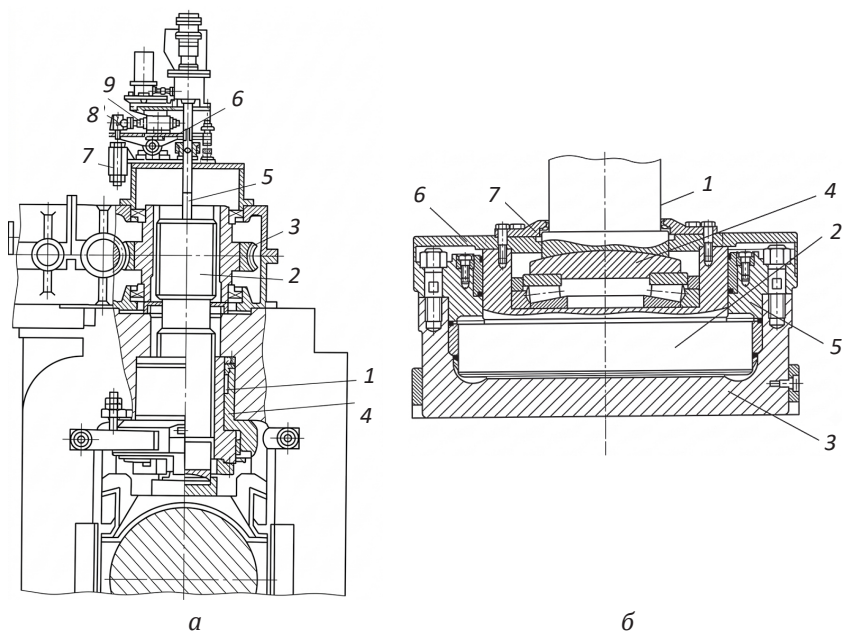


Рисунок 4.7 – Конструкції комбінованих натискних механізмів: зі слідкувальним штоком (*а*) та з гідрошайбою (*б*) (позиції у тексті)



Така конструкція достатньо складна. Крім того, її не можна застосовувати без значних конструкційних змін робочої кліті при модернізації електромеханічних натискних механізмів.

Більш раціональним і вільним від вказаних вад є розміщення між подушкою і натискним гвинтом звичайного електромеханічного механізму 1 короткохідного гідроциліндру – гідрошайби 3 (рис. 4.7, б). Поршень 2 знаходиться у закритому кришкою 5 корпусі 3. В розточці поршня встановлено упорний конічний підшипник кочення з під'ятником 4, на який опирається п'ята гвинта 1. Поршень зафіксований на гвинті в осьовому напрямку кільцем 7. Весь вузол закритий кришкою 6. Рухомим елементом в режимі роботи ГНМ є корпус 3, який рухається вниз відносно нерухомих поршня 2 і гвинта 1 при подачі тиску в нижню (поршневу) порожнину і вгору при подачі рідини у штокову порожнину. ГНМ має слідувальну систему з сервоклапаном.

При роботі в режимі електромеханічного натискного механізму тиск у гідрошайбу не подається, і вона виконує функцію звичайного під'ятника.

Така конструкція проста в обслуговуванні і може достатньо легко встановлюватись на стани з електромеханічними натискними механізмами.

У деяких конструкціях виконують рознесені комбіновані механізми, коли електромеханічна частина знаходиться на звичайному місці, а ГНМ розміщено під подушками нижнього валкового вузла (рис. 4.8, див. с. 78).

Таке рішення використовує у своїх робочих клітях фірма Danieli (Італія). Але в цьому випадку гідроциліндри знаходяться в зоні потрапляння окалини та іншого бруду, що виникає при прокатці. Крім того, вони знаходяться нижче рівня підлоги цеху, що погіршує зручність їх обслуговування. Позитивом у цьому випадку є можливість використовувати ГНМ для виводу валків на рівень прокатки після переточок, тобто позбутися додаткового механізму у кліті.

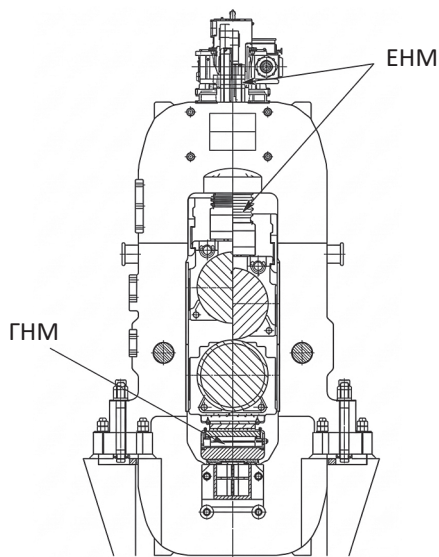


Рисунок 4.8 – Робоча кліть фірми Danieli із комбінованим рознесеним натискним механізмом [15]

|| 4.4 Пристрої для врівноваження валків

Як зазначалось раніше (див. п. 4.2.1) натискні гвинти (або штоки) механічно не з'єднані з подушками верхніх валків, а вільно опираються на них через під'ятники. При підйомі натискних гвинтів (штоків) внаслідок власної ваги верхній валковий вузол не може підійматись разом з ними. Для забезпечення надійного контакту між натискними гвинтами (штоками) і верхнім валковим вузлом за будь-якого їх сумісного переміщення необхідно створити силу, яка діє вертикально вгору і перевищує вагу валкового вузла. Таку силу створюють пристрої і механізми врівноваження валків (звичайно, мова йде про верхні валки).

Якщо позначити як G вагу частин, що врівноважуються, а це, окрім валкового вузла, можуть бути деталі, що зв'язують його з пристроєм врівноваження, то необхідна вертикальна сила дорівнює $(1,1-1,2) G$ і називається силою врівноваження.



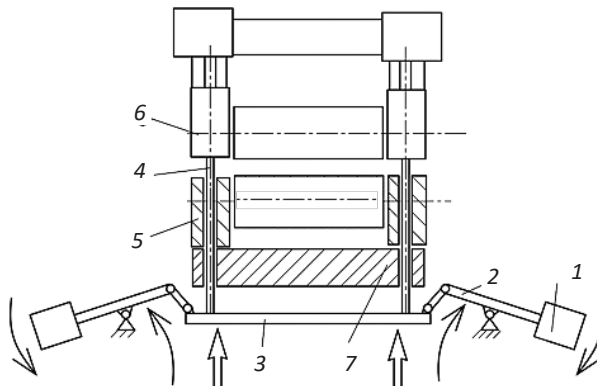
Ці 10–20 % надлишкової сили називають силою переврівноваження. Саме її доводиться долати натискним механізмам при опусканні валків в паузах між прокатками, і саме вона є вихідною умовою при проектуванні таких механізмів.

Пристрої для врівноваження бувають вантажними, пружинними і гідравлічними.

Вантажне врівноваження (рис. 4.9) використовують на обтискних та деяких трубопрокатних станах, оскільки воно забезпечує великий хід валків.

Пристрій складається із контрвантажів 1, розміщених у приямках нижньої частини робочої кліті, важелів 2, траверси 3, штанг 4. Штанги з'єднані із траверсою 3, проходять через отвори у станині 7 і нижній подушці 5 обабіч розміщених у ній підшипників і упираються верхніми частинами у верхні подушки 6, що врівноважуються разом з валком. Під дією контрвантажів 1 важелі 2 обертаються навколо шарнірів (як показано стрілками) і штовхають вгору траверсу 3, штанги 4 і верхні подушки 6, притискаючи їх до натискних гвинтів. Недоліком цього виду врівноваження є складність, великі розміри, металоємність і динамічні навантаження при переміщеннях.

Найбільш простим є пружинне врівноваження (рис. 4.10, див. с. 80). Тут вага валків долається силами, які створюють



1 – контрвантаж; 2 – важелі; 3 – траверса; 4 – штанга;
5 – нижня подушка; 6 – верхня подушка; 7 – станина

Рисунок 4.9 – Схема вантажного врівноваження

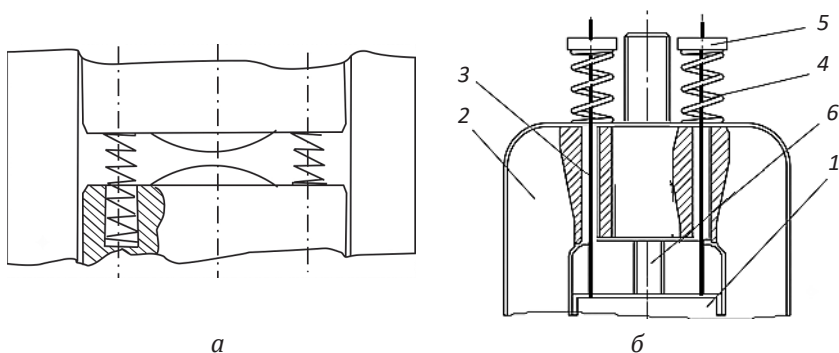
пружины. Залежно від розмірів і ваги частин, що врівноважуються, пружини можуть знаходитись між подушками валків (рис. 4.10, а) або у верхній частині робочої кліті (рис. 4.10, б).

Перший варіант внаслідок браку місця не дозволяє розміщувати потужні габаритні пружини, його використовують на станах з невеликою масою валкових вузлів.

За другим варіантом до подушок 1 приєднуються тяги 3, які виводять у верхню частину кліті і опираються на пружини 4, що створюють вертикальну силу. Тут можна встановлювати великі пружини і батареї пружин, але така конструкція більш складна.

Пружинне врівноваження використовують на сортових, трубопрокатних станах з невеликим ходом валків та на інших станах, якщо вони не оснащені гідравлікою. Основні його недоліки – малий хід, обмежена сила та її залежність від величини стиску пружини, виникнення динамічних явищ.

На сучасних станах широко використовується гідравлічне врівноваження. Перевагами його є можливість створювати значну силу при відносно невеликих розмірах, плавність роботи. Звичайно, воно дорожче і складніше внаслідок наявності гідросистем.



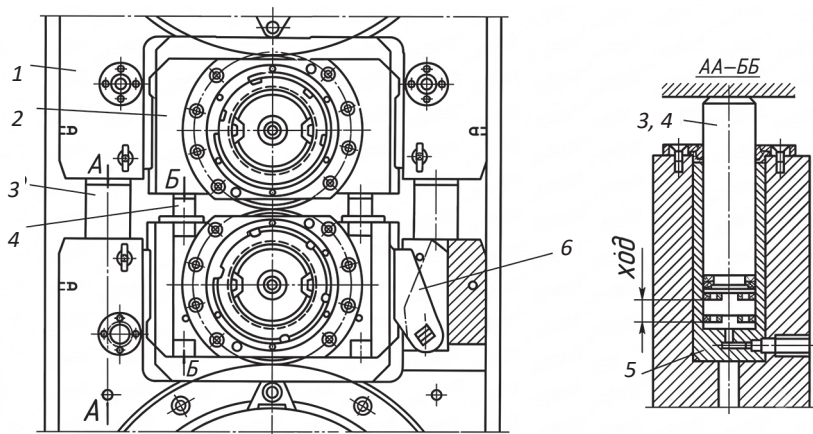
1 – подушка; 2 – станина; 3 – тяга; 4 – пружина;
5 – упорна шайба; 6 – натискний гвинт

Рисунок 4.10 – Пружинне врівноваження: з розташуванням пружин між подушками (а) та з розташуванням пружин у верхній частині робочої кліті (б)

Врівноважувальну силу створюють гідроциліндри, які розміщені у варіантах, аналогічних розглянутому вище розміщенню пружин. Критерії вибору розміщення гідроциліндрів також такі, як і при виборі розміщення пружин. У механізмах використовуються плунжерні гідроциліндри односторонньої дії, зворотний хід створюють зовнішні сили, в цьому випадку натискні гвинти.

На рис. 4.11 показане гідравлічне врівноваження з розміщенням гідроциліндрів між подушками валків. Корпуси гідроциліндрів 5 розміщені в подушках нижніх валків, а плунжери 3, 4 упираються у відповідні подушки верхніх опорних 1 і робочих 2 валків. Трубопроводи подачі рідини у гідроциліндри приєднані до подушок валків, і це створює незручності, оскільки при перевалках їх треба постійно від'єднувати. На це витрачається зайвий час, а залишки мастила у трубах призводять до забруднення обладнання.

На сучасних станах ця проблема вирішується розміщенням гідроциліндрів у гідроблоках, закріплених у вікнах станин між подушками валків. Крім врівноваження, ці гідроблоки виконують функцію протизгину валків. Вони будуть розглянуті в Темі 7.



1, 2 – подушки опорного і робочого валків; 3, 4 – плунжери для врівноваження опорного та робочого валків; 5 – корпус циліндра; 6 – клямка осової фіксації подушки

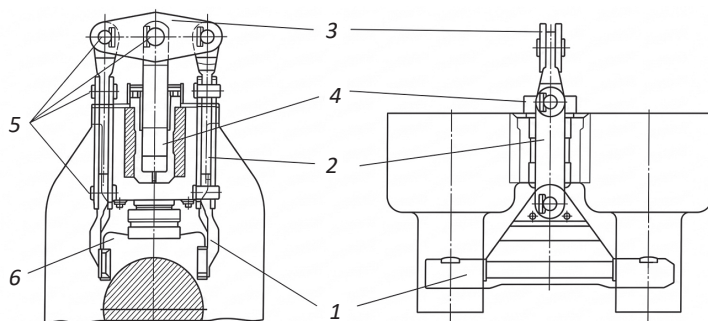
Рисунок 4.11 – Схема гідравлічного врівноваження з розміщенням гідроциліндрів у подушках валків [10]

Конструкція з верхнім розміщенням гідравлічного врівноваження показана на рис. 4.12. Вона складається із плунжерного гідроциліндру 4 і деталей, що зв'язують його з подушками валків: поперечних балок 1, тяг 2, коромисла 3 та осей 5, якими вони з'єднані і які є шарнірами.

Подушки мають Г-подібні виступи 6, якими вони опираються на кінці поперечних балок 1. Балки 1 посередині шарнірно з'єднані з тягами 2, а ті – з коромислом 3, яке посередині шарнірно встановлене на плунжері гідроциліндру врівноваження 4. Гідроциліндр 4 встановлений у верхній траверсі вузла станин між натискними механізмами. Така конструкція використовується для врівноваження опорних валків ТЛС і ШСГП і може врівноважувати валкові вузли масою більше 200 т. Недоліком є наявність проміжних деталей, що мають велику вагу, яку важко треба долати механізму врівноваження.

Особливістю гідравлічної системи таких механізмів є те, що вона не потребує потужних насосів і великих об'ємів рідини і працює за принципом сполучених судин, якими є робочі гідроциліндри та гідравлічні акумулятори (рис. 4.13, див. с. 83).

У гідросистемі з пневмогідравлічним акумулятором (рис. 4.13, а) тиск створюється стисненням повітрям, що знаходиться у резервуарі 3 над рівнем рідини. При витісненні рідини з робочого циліндру 1 при зведенні валків об'єм рідини і тиск

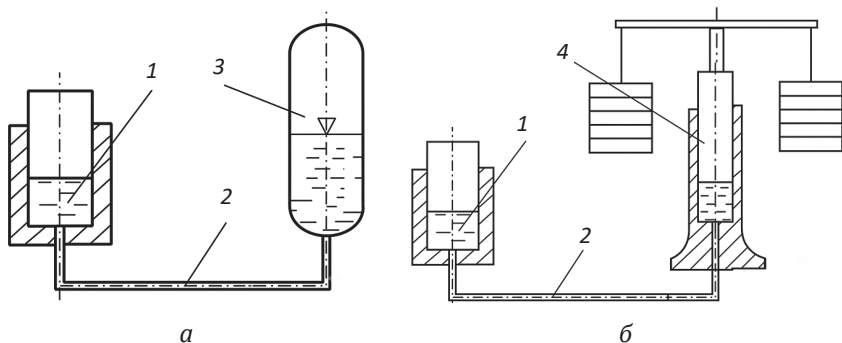


1 – поперечна балка; 2 – тяга; 3 – коромисло;
4 – гідроциліндр; 5 – осі; 6 – подушка

Рисунок 4.12 – Гідравлічне врівноваження
верхнього опорного валка

повітря у ємності 3 збільшується, при розведенні валків рідина під тиском повертається у циліндр 1 і врівноважує валок.

У вантажних акумуляторах (рис. 4.13, б) тиск рідини створюють вантажі, закріплені на плунжері акумулятора 4. Їх вага значно менша за вагу деталей, що врівноважуються, оскільки діаметр акумулятора 4 менший за діаметр робочого циліндру 1. Але такі гідроакумулятори мають більшу інерційність, що приводить до виникнення гідравлічних поштовхів.



- 1 – робочий циліндр; 2 – трубопровід;
3 – пневмогідралічний акумулятор;
4 – вантажний акумулятор

Рисунок 4.13 – Гідросистеми механізмів врівноваження з пневмогідралічним (а) та вантажним (б) акумуляторами

Насоси у цих пристроях використовуються лише для поповнення об'єму рідини в системі та повітря в резервуарі 3.

4.5 Механізми для виводу валків на рівень прокатки

Під час прокатки валки зношуються, і їх періодично переточують для відновлення профілю. Діаметри валків при цьому зменшуються, внаслідок чого верхня точка нижнього робочого валка опускається нижче рівня прокатки. Це може призвести після

певної кількості переточок до порушення сталості процесу, тому нижні валки періодично повертають на рівень прокатки. Для цього під подушками нижніх валків у клітках передбачені спеціальні пристрої та механізми.

Самим простим рішенням є пластини певної товщини, які підкладають між подушкою переточених валків і станиною. Ще одним пристроєм є ступеневі санчата 1 (рис. 4.14), в яких комплект нових валків встановлюють на нижній рівень і в міру переточок переставляють на вищі.

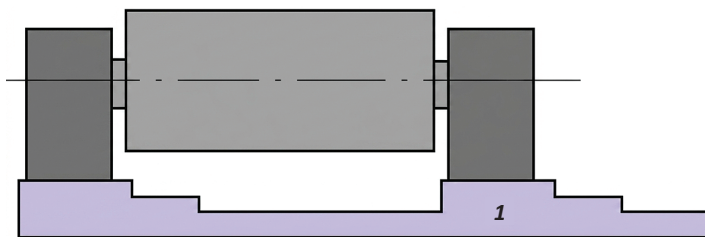


Рисунок 4.14 – Розміщення валкового вузла на ступених санчатах

Механізми для виводу валків на рівень прокатки забезпечують безступеневе виконання цієї операції. Вони бувають черв'ячно-гвинтові і клинові.

Черв'ячно-гвинтовий механізм (рис. 4.15, див. с. 85) – це практично той же електромеханічний натискний механізм, розміщений під подушкою нижнього валка. Внаслідок складності і зниження жорсткості кліті як спеціальний механізм використовується обмежено.

У сучасних конструкціях використовують клинові механізми (рис. 4.16, а (див. с. 85)), які більш компактні і мають високу жорсткість.

У даному механізмі під подушками 7 нижнього валка розміщені дві клинові пари, кожна складається з рухомого 1 і нерухомого 2 клинів. Нерухомий клин зафіксований у вікні станини, на рухомий через планку 3 опирається подушка 7.

У рухомих клинах 1 закріплені гайки 5 гвинтових передач, гвинт 4 зафіксований від осьового руху і приводиться від гідродвигуна 6. Можливі інші варіанти приводу. У контакті з нерухомим клином 2 горизонтальний рух клина 1 сповіщає йому

й вертикальний рух, за рахунок якого відбувається підйом валка на рівень прокатки.

Можливі варіанти виконання клинової пари з обома рухомими клинами (рис. 4.16, б), один, ведучий – у горизонтальному напрямку, другий, ведений – у вертикальному разом з подушкою валка.

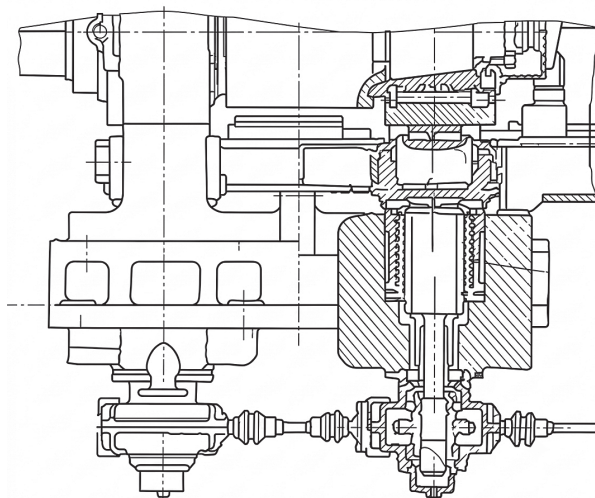
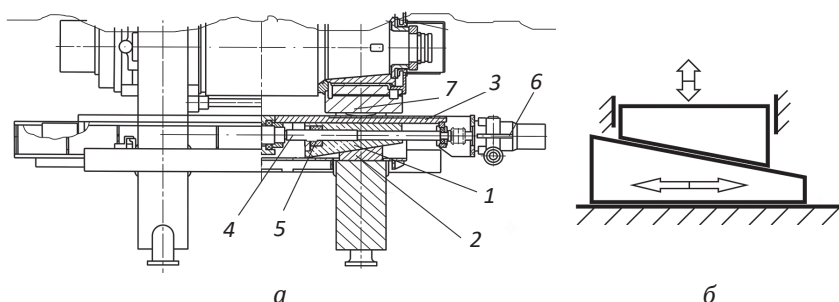


Рисунок 4.15 – Черв'ячно-гвинтовий механізм виводу валків на рівень прокатки



1 – рухомий клин; 2 – нерухомий клин; 3 – планка;
4 – гвинт; 5 – гайка; 6 – гідродвигун; 7 – подушка

Рисунок 4.16 – Клиновий механізм виведення валків на рівень прокатки (а) та інший варіант рухомої клинової пари (б)



Контрольні питання

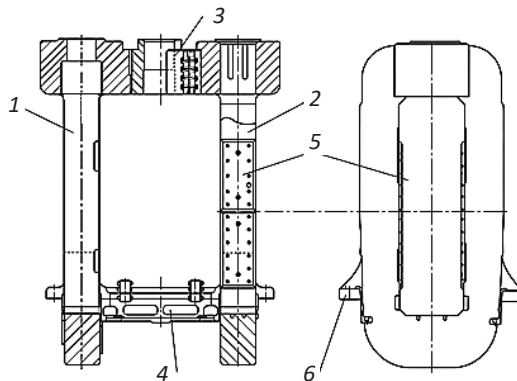
1. Яке призначення натискних пристроїв прокатних станів?
2. Наведіть класифікацію електромеханічних натискних механізмів за швидкохідністю і вкажіть область їхнього застосування.
3. Наведіть класифікацію натискних механізмів за типом приводу і виконавчого пристрою.
4. Яку форму мають хвостовики натискних гвинтів?
5. Яке призначення підп'ятника натискного гвинта? Чому підп'ятник має сферичну форму?
6. Які передачі та чому використовують у швидкохідних і тихохідних електромеханічних натискних механізмах?
7. Як синхронізують лівий і правий швидкохідні і тихохідні електромеханічні натискні механізми?
8. Укажіть основні геометричні параметри гайок натискних механізмів.
9. З яких матеріалів виконують натискні гвинти і гайки? Які типи різьб використовують для них?
10. Назвіть переваги і недоліки ГНМ у порівнянні з електромеханічним натискним механізмом.
11. Опишіть роботу слідкувальної системи ГНМ з сервоклапаном.
12. Яке призначення пристроїв врівноваження верхнього валка?
13. Назвіть типи пристроїв для врівноваження верхнього валка, укажіть їхні переваги і недоліки.
14. Укажіть область застосування пристроїв різних типів для врівноваження верхніх валків.
15. Назвіть призначення та вкажіть типи пристроїв і механізмів для виведення валків на рівень прокатки.

ВУЗЛИ СТАНИН РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

5.1 Призначення й конструкції станин робочих клітей

Вузол станин – це корпус робочої кліті, у якому розміщені усі інші вузли та механізми і який сприймає усі навантаження, що виникають у процесі прокатки. Такий вузол має більшість прокатних станів, хоча в сортовій прокатці достатньо широко використовуються безстанинні кліті, а на спеціальних станах існують конструкції станин або корпуси, що суттєво відрізняються від класичних конструкцій, розглянутих у цьому розділі.

Вузол станин (рис. 5.1) складається із двох станин, лівої 1 і правої 2 по ходу прокатки і поперечних деталей – траверс 3, 4, які з'єднують станини у верхній та нижній частинах. Іноді замість траверс на невеликих станах застосовують шпильки. У місцях контакту станин з подушками валків встановлені станинні



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

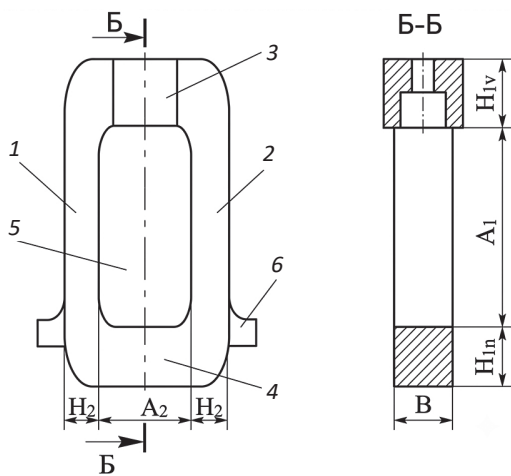
Рисунок 5.1 – Вузол станин робочої кліті

планки 5. Станина має лабети 6, якими вона встановлюється на фундаментні плити.

Безпосередньо станини бувають закритого типу та відкритого типу. Станина закритого типу (рис. 5.2) виконана як замкнута рама. Вона складається з двох вертикальних стоек 1, 2 та з верхньої 3 і нижньої 4 горизонтальних поперечок. Отвір 5 у станині називається вікном. У вікна станин встановлюють валкові вузли. В нижній частині по боках, як уже зазначалось, знаходяться лабети 6.

На клітях з електромеханічними натискними механізмами у верхній поперечці є циліндричний прилив з отворами для розміщення гайки і виходу хвостовика натискного гвинта. Нижня поперечка зазвичай має прямокутний переріз, але за наявності нижніх натискних механізмів також може виконуватись із отворами. У сучасних клітях з гідравлічними натискними механізмами гідроциліндри встановлені у вікнах станин над подушками валків. Верхня поперечка цього випадку прямокутна у перерізі, як і нижня, що значно спрощує конструкцію станини.

Станини закритого типу можуть сприймати великі навантаження від сил прокатки, мають достатньо велику жорсткість,



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

Рисунок 5.2 – Станина закритого типу

що забезпечує точність прокату. Їх використовують на обтискних, листових, багатьох сортових станах. Перевалки валків у клітках з такими станинами проводять через вікно в осьовому напрямку.

Станина відкритого типу (рис. 5.3) – це складена конструкція, що складається з U-подібної станини 1 та верхньої знімної поперечки – кришки 2. Причому поперечки двох станин об'єднані в один вузол з верхньою траверсою і знімаються разом з нею. Така конструкція станин використовується у випадку, коли неможливо виконати перевалку через вікно станини, і її виконують краном через верх станини при знятій кришці. Це має місце на сортових станах лінійного типу, коли робочі кліті встановлені поряд, або на формувальних станах, коли діаметр валків за умов технології гнuttя перевищує ширину вікна станини.

Кришка може з'єднуватись із станиною різними способами: хомутами, шпильками, клинами (рис. 5.3, б–д). найбільш вдалим варіантом з точки зору забезпечення жорсткості кліті та швидкості від'єднання кришки від станини є варіант на рис. 5.3, д, більш докладно розкритий на рис. 5.4 (див. с. 90).

Станини виконують литими з вуглецевих ливарних сталей 30Л, 35Л. Для деяких малонавантажених сортових клітей використовують високоміцний чавун. Останнім часом

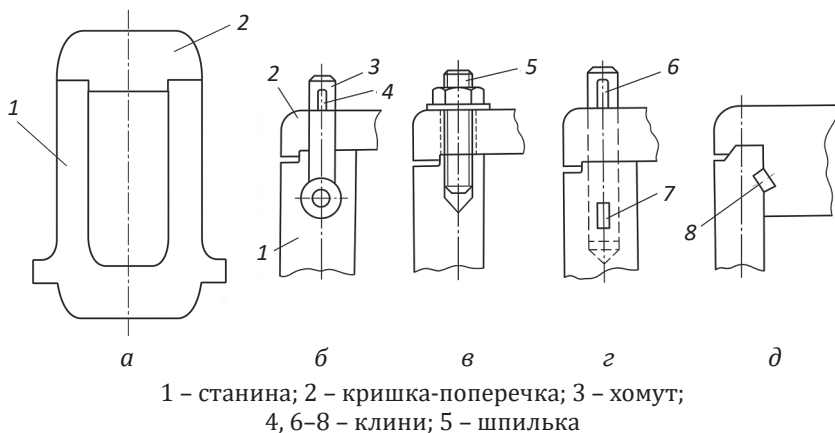


Рисунок 5.3 – Схема станини відкритого типу (а) та варіанти з'єднання станини з кришкою-поперечкою [10]: хомутом (б), шпилькою (в), стрижнем з клинами (г), клиновою парою (д)

розроблено технології зварювання станин із товстих листів і плит. На рис. 5.5 показано процес зварювання та обробки станини на фірмі Danieli [15].

Важливими деталями конструкції станин є станинні планки 5 (рис. 5.1), які кріпляться гвинтами до станини з середини вікна і є «слабким» ланцюгом, що захищає стояки станин від передчасного зношування.

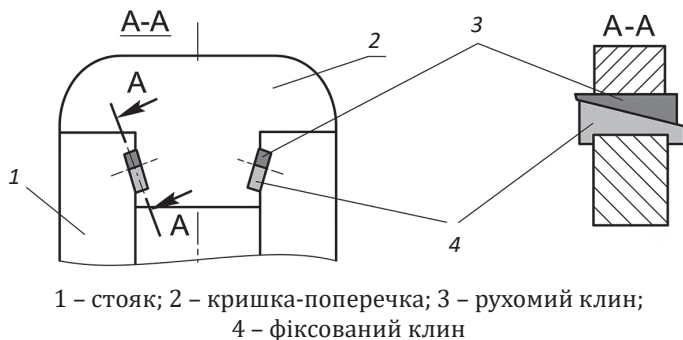


Рисунок 5.4 – З'єднання кришки й станини клиновою парою



Рисунок 5.5 – Фрагменти процесу виготовлення зварної станини [15]

Схема розміщення станинних планок показана на рис. 5.6. Планки сприймають сили тертя при переміщенні подушок у вікнах станин і горизонтальні навантаження від натяжінь та динамічних сил, що виникають при прокатці і передаються на стояки станини.

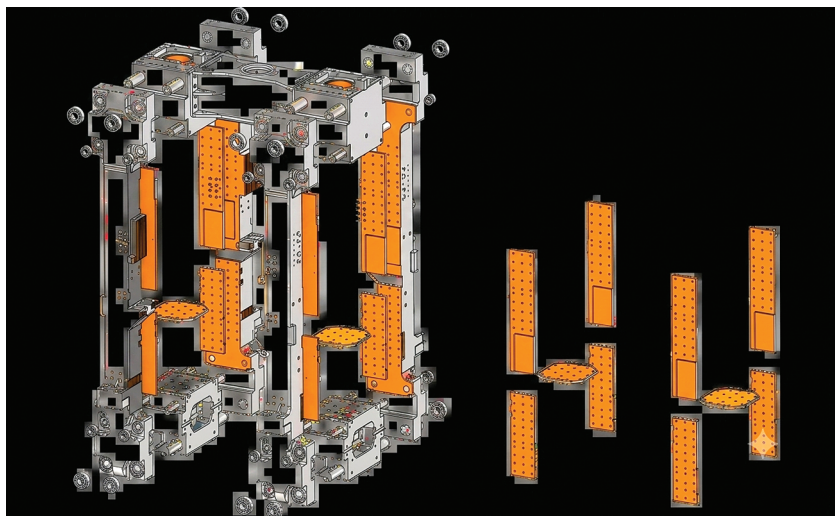


Рисунок 5.6 – Схема розміщення станинних планок у станині

Виходячи з цього, контактна поверхня планки з подушкою повинна бути твердою для створення антифрикційної пари тертя, а контактна поверхня зі стояком станини більш м'якою, щоб виключити контактне зминання станини. Для цього станинні планки виконують з перемінною по товщині твердістю шляхом поверхневого гартування з боку контакту з подушками, або виконують їх біметалевими, наприклад, у сполученні сталь-бронза, де бронза контактує зі стояком. По мірі зношення станинні планки замінюють.



|| 5.2 Основні розміри станини

Основні розміри станини закритого типу показані на рис. 5.2. Проектування станини розпочинають з визначення розмірів вікна.

Ширина вікна A_2 дорівнює максимальній посадочній ширині подушки валка плюс подвоєній товщині станинних планок.

Висота вікна A_1 складається із сумарної висоти валкового вузла при максимальній величині міжвалкового зазору, та висоти інших об'єктів, що розміщені у вікні: проставок, месдоз, гідрошайб, мінімального вильоту натискного гвинта тощо.

Ширина стояка станини B приблизно дорівнює довжині подушки валка. Ширина поперечок дорівнює B , якщо в них немає приливів під розміщення натискного механізму, або визначається конструкційно з урахуванням розмірів отворів під гайку і гвинт.

Товщину стояків H_2 і поперечок $H_{1в}$ та $H_{1н}$ визначають розрахунками на міцність і деформацію. Інженерна методика розрахунків представлена в роботі [5], але в ній прийнято ряд спрощень, що знижують точність розрахунків. Сучасні САЕ програмні продукти дозволяють виконувати точні розрахунки з урахуванням усіх конструкційних елементів станини – заокруглень, приливів, отворів тощо.

При виборі допустимих напружень в розрахунках на міцність слід враховувати, що станина є базовим елементом робочої кліті і взагалі визначає термін її служби. Тому для неї приймають десятикратний запас міцності (для інших деталей – п'ятикратний). Тоді для сталей 30Л, 35Л з межею міцності 500–600 МПа допустимі напруження в розрахунках приймають 50–60 МПа, а для чавунного лиття з межею міцності 400–500 МПа відповідно 45–50 МПа [5].

На більшості станів співвідношення H_1/H_2 дорівнює 1,5–2. Але при таких співвідношеннях напруження у поперечках більше, ніж у стояках. Рівноміцність стояків і поперечок досягається при співвідношеннях H_1/H_2 , що дорівнюють 2,5–3, і на сучасних станах розміри станин близькі до цих співвідношень.

Слід раціонально вибирати форму перерізу стояків (рис. 5.7, див. с. 93). Основне навантаження від сили прокатки сприймають

поперечки, а внаслідок суцільності станин вони створюють згинальний момент у стояках. З урахуванням цього перерізи типів (а-б) раціонально використовувати для широких станин, а типу (в) для високих і вузьких (кліті кварто), в яких згинальний момент, що діє на стояки з боку поперечок, мінімальний. Така форма перерізу дозволяє знизити металоємність станин.

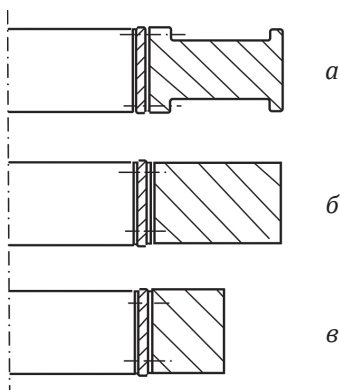


Рисунок 5.7 – Форми поперечних перерізів стояків станин

|| 5.3 Установка станин на фундаменті

Вузол станин встановлюється на фундамент за допомогою металевих плит, які називаються фундаментними. Для робочих клітей, які не переміщуються, поперечний переріз плит прямокутний. Якщо перевалку здійснюють заміною робочої кліті, як на деяких дрібносортих і дротопркатних станах, плити мають переріз у вигляді трапеції, що дозволяє центрувати кліть по її осі (рис. 5.8, див. с. 94).

Станини на трапецеїдальних плитах встановлюють «у розтяг» (рис. 5.8, а) або «у розпір» (рис. 5.8, б). Така установка фіксує кліть від переміщень. Вільна установка (рис. 5.8, в) може привести до зміщення кліті в межах зазорів між нею та плитами.

Станини кріплять до плит станинними, а плити до фундаменту анкерними болтами. Діаметр болтів визначають

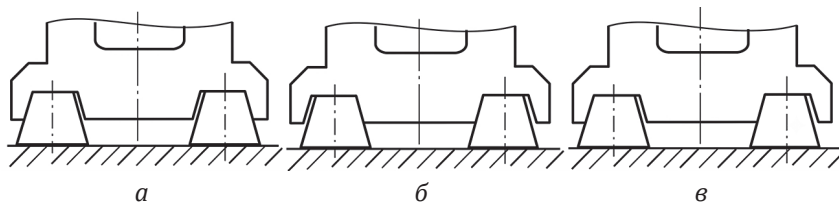


Рисунок 5.8 – Установка кліті на фундаменті: «у розтяг» (а), «у розпір» (б), вільна (в)

розрахунково від дії перекидного моменту на кліть. Приблизно його можна прийняти за емпіричною формулою $d=0,1D_{\text{в}}+(5\div 10)$ мм, де $D_{\text{в}}$ – діаметр робочого валка [5].

Контрольні питання

1. Укажіть призначення станин робочої кліті прокатного стану.
2. Назвіть елементи станини закритого типу робочої кліті.
3. В яких випадках використовують станини відкритого типу?
4. З яких матеріалів виготовляють станини прокатних станів?
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?

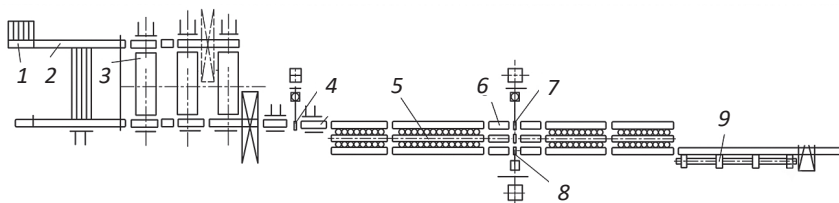
ТЕХНОЛОГІЧНІ ЛІНІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СОРТОВИХ СТАНІВ

6.1 Обладнання технологічних ліній рейкобалочних станів (РБС)

Рейкобалочні стани (РБС) є спеціалізованими станами для виробництва залізничних, трамвайних і кранових рейок, двотаврових балок № 20–60 та швелерів № 20–40. До їх сортаменту також входить квадратний, круглий і кутовий прокат розмірами 100–250 мм. Заготовкою є блюми [3].

До складу цеху РБС входять дільниці підготовки прокату, власне прокатний стан та дільниця обробки прокату. В рамках даного курсу ми розглядаємо лише технологічні лінії станів. Технологічна лінія типового РБС 950/800 показана на рис. 6.1.

Блюми зі складу по завантажувальних ґратах 1 і рольгангу 2 подаються у печі 3 для нагрівання до температури прокатки. Якщо стан встановлено одразу за блюмінгом, можлива транзитна прокатка без підігріву або з підігрівом блюмів. Нагріті



- 1 – завантажувальні ґрати; 2 – рольганг; 3 – нагрівальні печі; 4 – обтискна робоча кліть дуо 950; 5 – рольганг і шлепери; 6 – хитні столи; 7 – робочі кліті тріо 800; 8 – чистова робоча кліть дуо 800; 9 – дільниця дискових пил

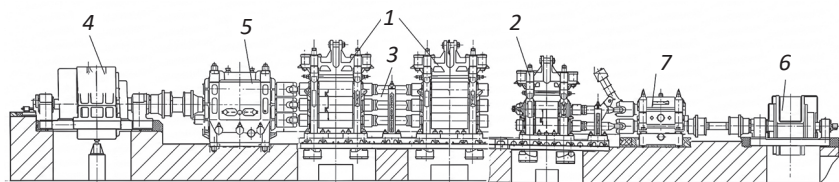
Рисунок 6.1 – Склад технологічної лінії РБС 950/800 (без дільниць обробки рейок) [3]

блумами надходять до обтискної кліті дуо 950, де прокатуються у 5 проходів і передаються у лінійну групу клітей тріо 800, де прокатуються у передчистовий профіль. Чистова прокатка готового профілю у один прохід відбувається у чистовій кліті дуо 800. У разі прокатки широкополочних балок замість неї ставлять універсальну кліть з гладкими валками, що складають двотавровий калібр (рис. 2.9, б). Передачу прокату між клітями здійснюють за допомогою рольгангів і шлеперів 5, а передачу прокату в клітях тріо з верхнього на нижній рівень – підйомно-хитними столами 6. Готові профілі надходять на дільницю полозкових дискових пил, де розрізаються на стандартні довжини 25 м. Подальша обробка прокату залежить від сортаменту і відбувається поза технологічною лінією стану на дільницях обробки прокату.

Особливістю таких РБС є лінійне розміщення передчистових та чистової клітей (рис. 6.2).

Передчистові кліті тріо 1 приводяться від електродвигуна 4 через шестеренну кліть 5. Обертальні моменти з валків першої на валки другої кліті тріо передаються тріфовими шпинделями 3. Робоча кліть дуо 2, хоча і встановлена лінійно з клітями тріо, має власний привід від електродвигуна 6 через шестеренну кліть 7. Це дає можливість для кліті дуо обирати потрібну швидкість прокатки.

Лінійне розміщення клітей не дозволяє виконувати перевалку через вікна станин. Валки міняють краном через верх кліті, що обумовлює використання для клітей станин відкритого типу.

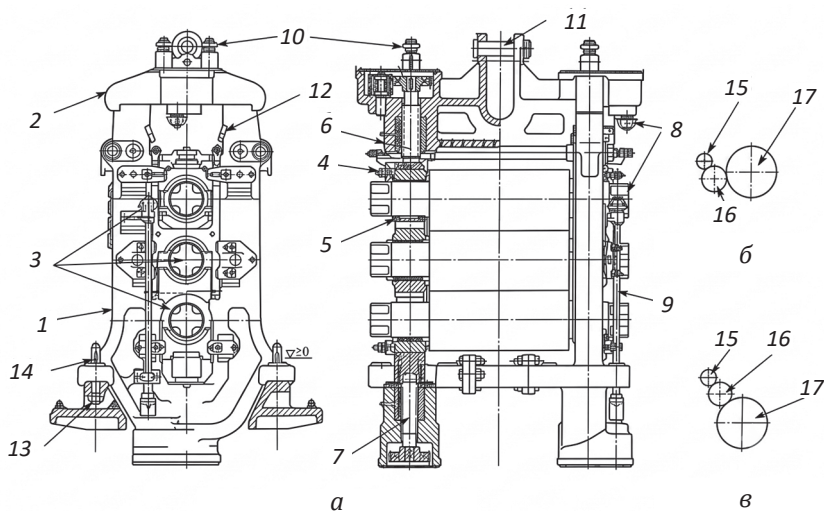


- 1 – робочі кліті тріо; 2 – робоча кліть дуо;
3 – тріфові шпинделі; 4, 6 – головні електродвигуни;
5, 7 – шестеренні кліті

Рисунок 6.2 – Лінійна група клітей РБС

Робоча кліть тріо представлена на рис. 6.3. Робоча кліть тріо має станину 1 відкритого типу, закриту зверху кришкою-поперечкою 2, яка кріпиться до неї клинвою парою 12 (рис. 5.4). У вікнах вузла станин встановлені валкові вузли тріо 3. Валки встановлені в подушках 4 на підшипниках ковзання 5. Це дозволяє зменшити висоту подушок, валкових вузлів і кліті в цілому. Середній валок стаціонарний, верхній і нижній переміщуються відносно нього натискними механізмами 6, 7. Натискні механізми 6 верхнього валка розміщені у кришці 2, а натискні механізми 7 нижнього валка у розточках нижніх поперечок станин 1. Це механізми гвинтового типу з ручним приводом.

Гвинти приводяться через одноступінчасті зубчасті передачі (рис. 6.3, б, в) з паразитними шестірнями 16. Ведучі шестірні 15 встановлені на валах головок 8, які провертають вручну



- 1 – станина; 2 – кришка-поперечка; 3 – валки; 4 – подушка;
5 – підшипник ковзання; 6 – натискний механізм верхній;
7 – натискний механізм нижній; 8 – головки ручного
приводу; 9 – вал; 10 – пружинне врівноваження; 11 – вісь;
12 – клинова пара; 13 – фундаментна плита; 14 – шпилька;
15–17 – шестерні

Рисунок 6.3 – Робоча кліть тріо (а) [16], кінематичні схеми верхнього (б) і нижнього (в) натискних механізмів

Станина 1 має меншу висоту за рахунок відсутності третього валка. Основна відмінність полягає у підшипникових опорах валків. Оскільки висоту стану визначають кліті тріо, для кліті дуо немає суворих обмежень по висоті. Це дало змогу збільшити подушки 4 і встановити валки 3 на чотирирядних конічних підшипниках кочення 5, які мають менший коефіцієнт тертя

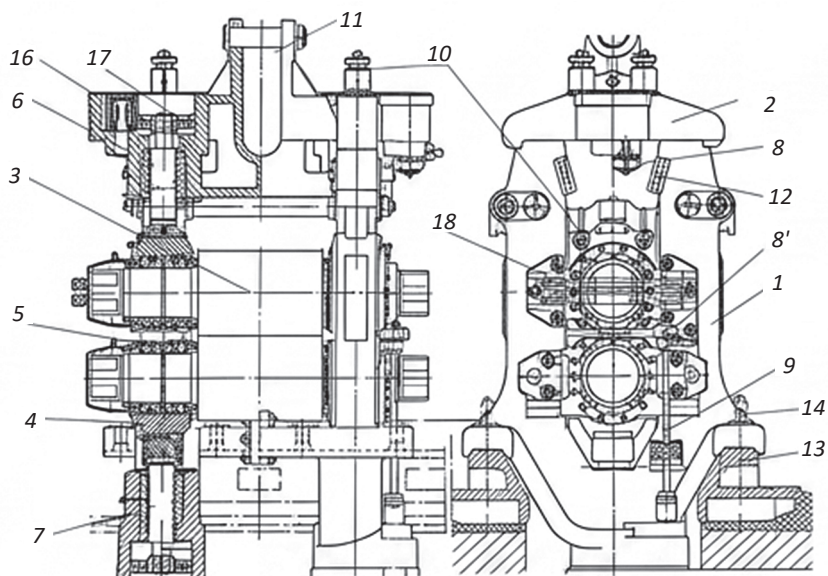
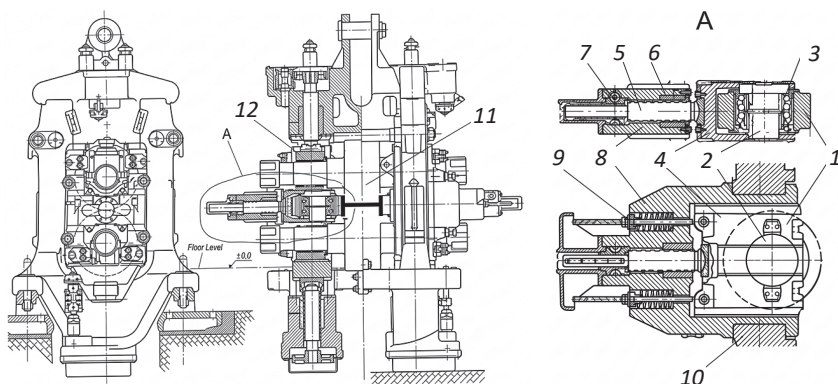


Рисунок 6.4 – Чистова робоча кліть дуо [8] (позиції в тексті, відповідають позиціям на рис. 6.3)

і більшу жорсткість. Верхній валковий вузол має механізм 18 осевого регулювання валка для точного суміщення рівчаків верхнього і нижнього валків.

Для прокатки широкополочних балок використовують універсальну кліть (рис. 6.5).

За основними конструкційними елементами: станиною, натискними механізмами, врівноваженням верхнього валка – універсальна кліть подібна до кліті дуо і має дещо ширшу по фронту станину. Основні зміни мають місце у конструкції валкових вузлів. Між подушками приводних горизонтальних валків 11 встановлені касети А з холостими вертикальними валками. Для їх компактного розміщення знадобилося зменшити висоту подушок горизонтальних валків і самих касет. Для цього горизонтальні валки 11 встановлено на підшипниках ковзання 12, що мають значно менший діаметр, ніж підшипники кочення. Конструкція самої вертикальної касети показана на виді А. Корпус касети 8 зафіксований у стояках 10 станини. В напрямних касети 8 встановлено рухому скобу 4. Холостий вертикальний валок 1 встановлений на підшипниках 3 на закріпленій у скобі 4 осі 2, причому підшипники з віссю знаходяться

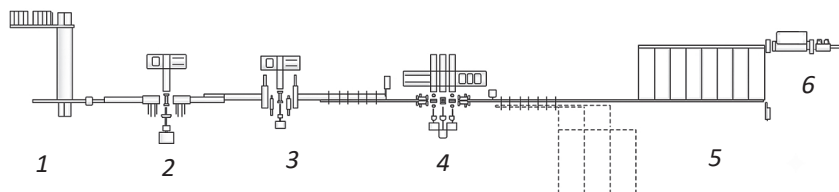


- 1 – валок вертикальний; 2 – вісь; 3 – підшипник; 4 – скоба;
5 – гвинт; 6 – гайка; 7 – черв'ячна передача; 8 – корпус
касети; 9 – пружинне врівноваження; 10 – стояк станини;
11 – валок горизонтальний; 12 – підшипник ковзання

Рисунок 6.5 – Універсальна кліть РБС [8]

усередині валка 1, що дозволило зменшити висоту касети. Скоба 4 рухається в касеті 8 механізмом з парою гвинт-гайка 5, 6. Гвинт приводиться вручну через черв'ячну передачу 7. Скоба 4 має пружинне врівноваження 9.

З появою високошвидкісних потягів, для яких потрібен безстиковий шлях, з'явилася необхідність у залізничних рейках довжиною 100 м, які неможливо виробляти на розглянутих РБС. У сучасних РБС обладнання технологічної лінії розміщене послідовно або cross country, а чистову прокатку виконують у універсальних клітках, які складають неперервну реверсивну групу. Приклад такого стану наведений на рис. 6.6.



- 1 – піч; 2 – чорнова кліть № 1; 3 – чорнова кліть № 2;
4 – неперервна група; 5 – холодильник;
6 – рейкоправильні машини

Рисунок 6.6 – Схема лінії РБС
заводу Baotou Iron and Steel (КНР) [17]

Чистова група клітей таких станів (рис. 6.7, див. с. 101) складається з двох універсальних клітей 1, 3 з розміщеною між ними горизонтальною або вертикальною кліттю дуо 2, яка може за необхідності прибиратись із лінії прокатки. Реверсивна прокатка ведеться одразу в трьох клітках.

Схема виробництва залізничних рейок на таких станах включає: нагрівання безперервнолитого блюму в методичних печах з крокуючим подом (балками); видалення первинної окалини; прокатку чорнового рейкового профілю в одній або двох реверсивних клітках дуо; видалення вторинної окалини; прокатку готової рейки у безперервно-реверсивних групах універсальних чотирьохвалкових клітей; диференційовану термічну обробку з прокатного нагріву; охолодження готових рейок на холодильнику; правку; проведення неруйнівного контролю у потоці

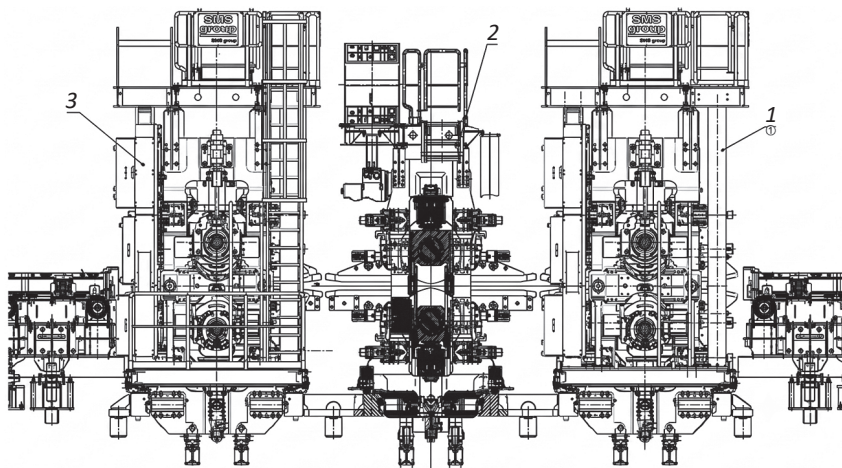


Рисунок 6.7 – Неперервна чистова група РБС з універсальними клітями 1, 3 та вертикальною кліттю дуо 2 [17]

прокатного стану та остаточне оздоблення (торцювання, різання, свердління отворів) та ін.).

6.2 Технологічні лінії та особливості робочих клітей крупносортих і середньосортих станів

Крупносортих стани – найбільші серед сортих – характеризуються діаметром валків 500–850 мм і широким сортаментом фасонних і простих сортих профілів у діапазоні розмірів 80–200 мм. Заготовкою є блюми. Продуктивність досягає 1,5–1,7 млн т/рік.

Розміщення робочих клітей на сучасних крупносортих станах може бути подібним до рейкобалохних з лінійною групою клітей (крупносортих стан 850), або послідовно-паралельне крос-коунтрі (напівбезперервні стани 500 і 600). Склад і взаємодія обладнання перших подібна до розглянутих у попередньому розділі стосовно РБС. Склад і взаємодію обладнання напівбезперервних станів розглянемо на прикладі 17-клітьового крупносортих стану 600 (рис. 6.8, див. с. 102).



Рисунок 6.8 – Схема обладнання напівбезперервного крупносортового стану 600 [3]

Устаткування стану розміщене у трьох паралельних лініях *I*, *II*, *III*. На початку лінії *I* встановлені методичні печі 1, з яких нагріті блями подаються у першу чорнову групу 2, яка складається із шести робочих клітей – чотирьох горизонтальних однієї вертикальної і однієї універсальної, п'ять останніх у безперервній групі. За ними встановлена прохідна піч 3 і далі друга чорнова група 4 із чотирьох клітей – трьох горизонтальних і однієї універсальної. Перед групами встановлені гідрозбивив окалини. У лінії *II* встановлено чотири послідовні горизонтальні кліті дуо 5, у лінії *III* – три послідовні горизонтальні дуо 7, із них остання чистова кліть може замінюватись залежно від сортаменту на універсальну. Перед окремо встановленими клітями розміщені кантувачі прокату 6. Лінії з'єднані між собою шлеперними транспортерами 8. Наприкінці лінії *III* встановлено дискові пили 9.

Таке розміщення обладнання дозволяє змінювати кількість пропусків в залежності від сортаменту. Прокат нагрівають у методичних печах 1. При малій кількості проходів після прокатки в першій чорновій групі прокат передається на лінію *II*, де також може прокатуватись не у всіх клітях і передається у лінію *III*. Якщо потрібна повна кількість проходів, після першої чорнової групи 2 прокат надходить у прохідну піч 3, щоб забезпечити потрібну температуру кінця прокатки, а потім послідовно прокатується у другій чорновій групі 4 і в усіх клітях ліній *II* і *III*. Таке маневрування кількістю проходів дозволяє раціонально завантажувати робочі кліті.



Середньосортні стани характеризуються діаметром валків 350–450 мм і вужчим у порівнянні із крупносортними сортаментом фасонних і простих сортових профілів у діапазоні розмірів 35–200 мм. Заготовкою для сортаментів більших розмірів є блюми, а для нижнього діапазону розмірів складних профілів – заготовки 100×100 мм, 80×80 мм. Продуктивність безперервних станів досягає 1,5 млн т/рік.

Сучасні сортові стани – безперервні або з послідовно-паралельним (крос-коунтрі) розміщенням робочих клітей. Застарілі стани лінійного типу вже практично не зустрічаються. Прикладом безперервного середньосортного стану є 16-клітьовий стан 450 (рис. 6.9).

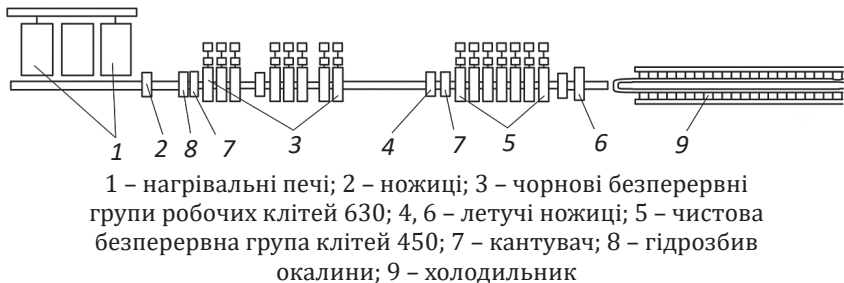
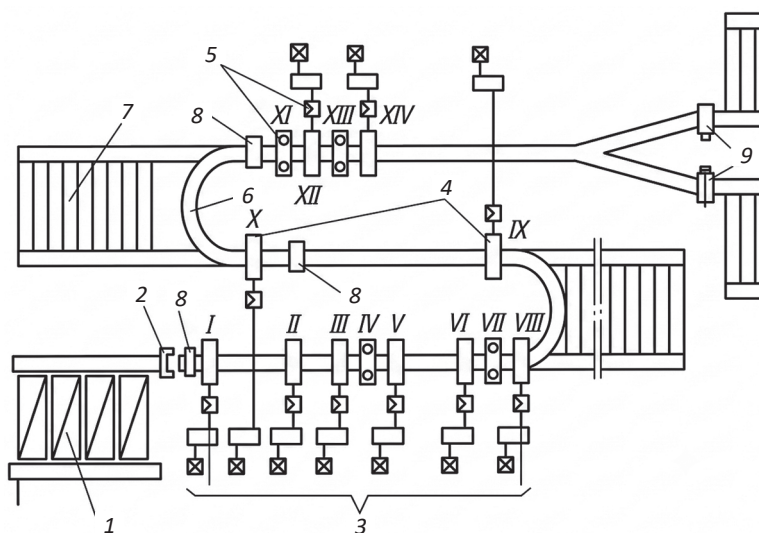


Рисунок 6.9 – Склад обладнання безперервного середньосортного стану 450 [3]

Послідовність технологічних операцій у безперервних станах проста і відповідає проходженню нагрітої у печах 1 заготовки через групи чорнових і чистових робочих клітей. Дев'ять чорнових клітей встановлені у трьох безперервних групах 3, кожна з двома горизонтальними і однією вертикальною кліттю. У чистовій групі сім клітей: три можуть бути в залежності від сортаменту горизонтальними або вертикальними, а чотири – універсальними. На виході із останньої кліті прокат ріжеться ножицями 6 і надходить на холодильник 9.

На рис. 6.10 (див. с. 104) наведено схему 14-клітьового напів-безперервного стану 350.

Робочі кліті встановлені в трьох паралельних лініях. У першій лінії встановлено п'ять горизонтальних і дві вертикальних кліті



1 – нагрівальні печі; 2 – ножиці; 3 – чорнова група робочих клітей; 4 – передчистові кліті; 5 – чистова безперервна група клітей; 6 – обвідні апарати; 7 – шлепери; 8 – кантувачі; 9 – дискові пили

Рисунок 6.10 – Склад обладнання напівбезперервного середньосортного стану 350 [3]

(IV і VII), кліті III–V і VI–VIII об'єднані у безперервні групи. У другій лінії послідовно встановлені дві горизонтальні кліті 4 і у третій – безперервна група з двох горизонтальних і двох вертикальних клітей. 3 лінії в лінію прості профілі передаються обвідними апаратами 6, а складні – шлеперами 7. Перед групами клітей встановлені кантувальні втулки 8. На виході з технологічної лінії встановлені пили 9 для розрізання прокату по довжині.

|| 6.3 Робочі кліті безперервних груп сортних станів

Особливістю безперервних груп є те, що метал знаходиться водночас в усіх клітях. Тому його практично неможливо кантувати. Використання у клітях спеціальних кантувальних

проводок призводило до закручування металу і погіршення його якості. Тому в безперервних групах метал не кантують, а обтиснення по товщині і ширині забезпечують наявністю горизонтальних і вертикальних (рис. 6.11), а останнім часом і універсальних клітей.

Горизонтальна робоча кліть дуо (рис. 6.12, див. с. 106) має типовий склад обладнання: станину 1, валковий вузол 2 на підшипниках кочення, верхні натискні механізми 3 з електромеханічними приводами 4, нижні натискні механізми 5 з ручним приводом від важеля 6, пружинне врівноваження 7, 8 верхнього валка, механізм осьового встановлення валка 9 для суміщення верхніх і нижніх рівчаків на валках. Для суміщення калібрів з віссю прокатки кліті встановлені в напрямних фундаментних плит і оснащені механізмами переміщення поперек лінії прокатки (у розріз не потрапили).

На рис. 6.13 (див. с. 107) показана вертикальна сортова кліть зі станиною рамної конструкції.

Вертикальна кліть має раму у вигляді станини закритого типу 2, у вікнах якої знаходиться покладена на бік робоча кліть 1, аналогічна горизонтальній кліті на рис. 6.12, валки якої займають вертикальне положення. На станині 2 встановлені

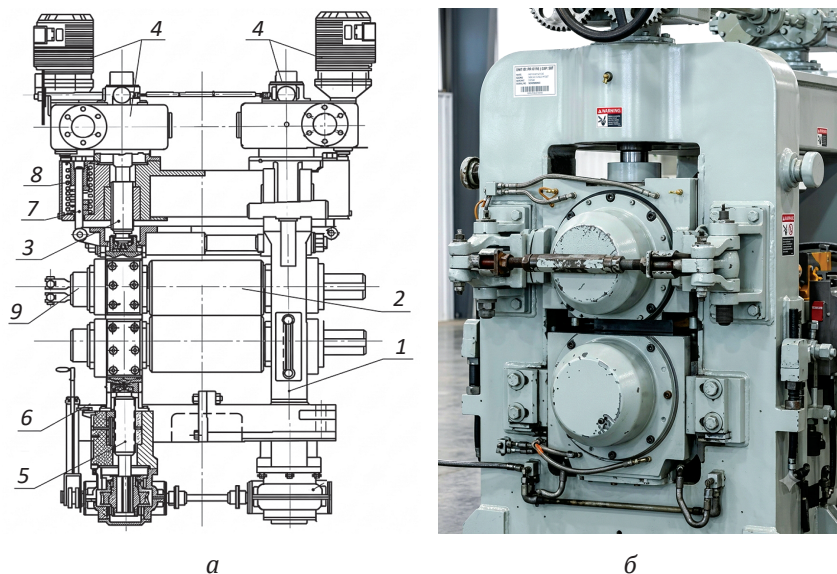


Рисунок 6.11 – Безперервна сортова група з горизонтальними і вертикальними робочими клітьми [18]

двигун 3, редуктор 4 і шпинделі 5 приводу валків робочої кліті 1. Горизонтальне суміщення калібрів з лінією прокатки виконують натискні механізми робочої кліті 1, а вертикальне – переміщенням кліті 1 у вікна станини 2 нижнім натискним механізмом 6. Перевалку виконують заміною всієї кліті 1 ланцюговим механізмом 7.

На сучасних станах станини для розміщення приводів виконують у вигляді Г-подібних литих конструкцій (рис. 6.11).

Прагнення уніфікувати вертикальні і горизонтальні кліті призвело до появи комбінованих (так званих картриджних) робочих клітей. Це однакові робочі кліті (картриджі), які можуть встановлюватись як вертикально, так і горизонтально (рис. 6.14, див. с. 108).

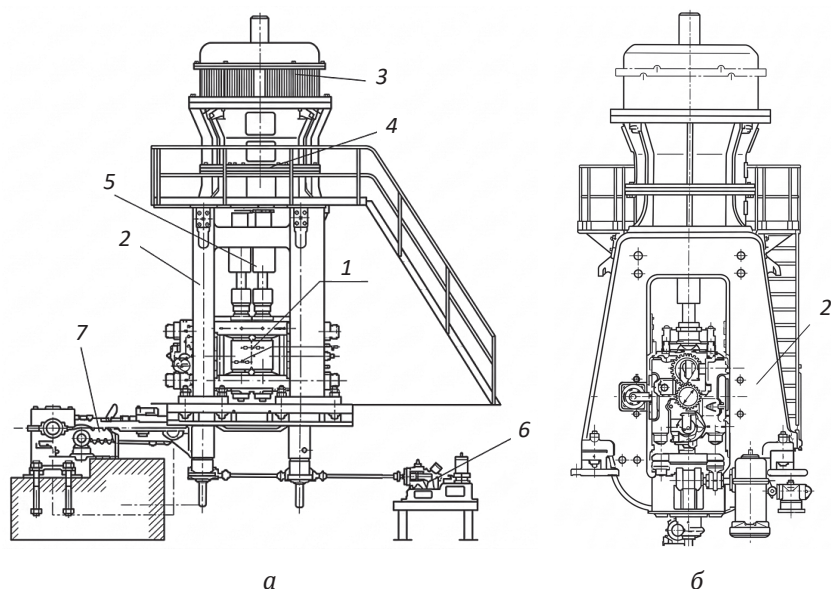


1 – станина; 2 – валковий вузол; 3 – верхній натискний механізм; 4 – привід верхнього натискного механізму; 5 – нижній натискний механізм; 6 – привід нижнього натискного механізму (ручний); 7 – тяга пружинного врівноваження; 8 – пружина; 9 – механізм осьового встановлення валка

Рисунок 6.12 – Горизонтальна сортова кліть дуо: схема (а) та загальний вид (б)

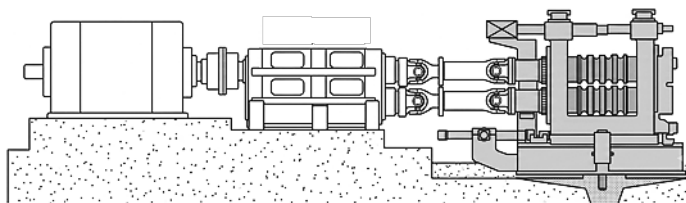
Приводи горизонтальних і вертикальних клітей в цьому разі можуть розміщуватись на різних рівнях (рис. 6.14, а, б), або мати уніфікований привід від одного двигуна і для горизонтального, і для вертикального варіанту встановлення кліті (рис. 6.14, в). Для цього використовується комбінований роздатний редуктор з конічною передачею, через яку момент передається на верхній рівень на шестеренну кліть приводу вертикальних валків. Це дає можливість встановлювати кліті у будь-якому потрібному порядку, оскільки усі станини мають однакову конструкцію, хоча це ускладнює і здорожує їх.

Останнім часом має місце використання універсальних клітей як у крупносортих, так і у середньосортих станах. На рис. 6.15 (див. с. 108) показана універсальна кліть CCS (Compact Cartridge Stand) в якій вирішено задачу швидкої перевалки та використання різних варіантів валкових вузлів, які тут є картриджами.

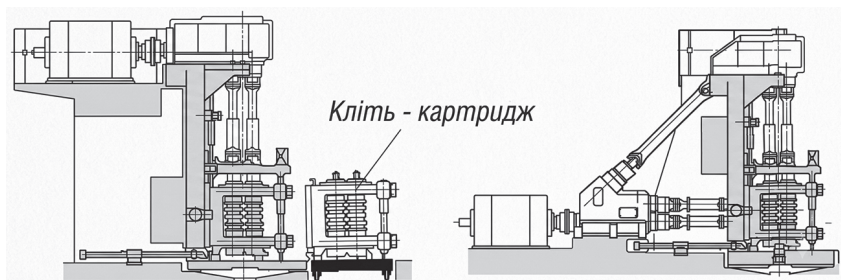


1 – вертикальна кліть; 2 – станина; 3 – головний електродвигун; 4 – редуктор; 5 – шпинделі; 6 – нижній натискний механізм; 7 – механізм перевалки

Рисунок 6.13 – Вертикальна кліть



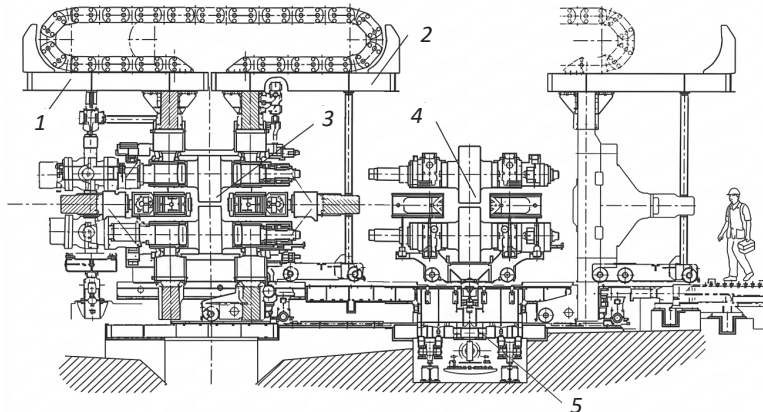
a



б

в

Рисунок 6.14 – Компонування комбінованих клітей сортових станів: горизонтальне (а), вертикальне (б), змішане (в)



- 1 – станина стаціонарна; 2 – станина рухома;
3 – вузол універсальних валків; 4 – вузол валків дуо;
5 – візок для перевалки

Рисунок 6.15 – Універсальна робоча кліть CCS: в робочому положенні (ліворуч) та під час заміни валкового вузла (в центрі та праворуч) [18]

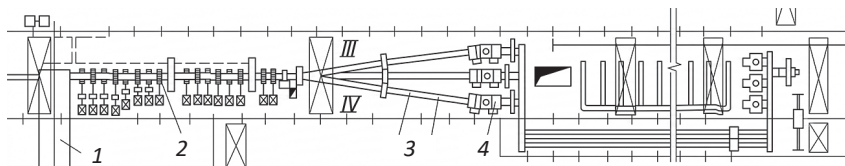
Вузол станин робочої кліті CCS складається зі стаціонарної 1 і рухомої 2 станин, які під час прокатки зведені разом. Перед кліттю проходять рейки, по яких рухаються призначені для заміни валкових вузлів візки 5. Для заміни валків рухома станина 2 відводиться праворуч разом з валковим комплектом 3, який займає порожній візок 5. Змінний комплект 4 знаходиться на сусідньому візку, який пересувають на вісь кліті, після чого станина 2 з новим валковим вузлом 4 повертається ліворуч у робоче положення.

6.4 Склад обладнання та робочі кліті дрібносортних станів

Дрібносортні стани мають валки чистових клітей діаметром 250–270 мм, звідки і походить їх назва. Сортамент дрібносортних станів складають прості, арматурні і кутикові профілі розмірами 8–50 мм. Більшість дрібносортних станів безперервні з кількома групами клітей, але є і змішані компонування технологічної лінії. Прокатка може вестись в одну або у дві нитки. Заготовкою для таких станів є квадратна заготовка 60×60 мм, 80×80 мм, яку одержують на безперервних заготовочних станах або на МБЛЗ.

На рис. 6.16 наведено склад обладнання 20-клітьового дрібносортного стану 250 з прокаткою в одну нитку.

Стан 250 має три безперервних групи клітей: чорнову (8 клітей), передчистову і чистову (по 6 клітей). У групах горизонтальні кліті чергуються із вертикальними. Між групами



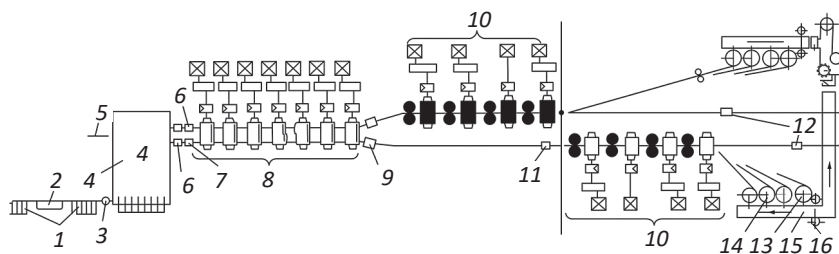
- 1 – методична піч; 2 – групи робочих клітей;
3 – трайб-апарати; 4 – сортові моталки

Рисунок 6.16 – Дрібносортний стан 250 [3]
з прокаткою в одну нитку

клітей встановлені кантувачі та аварійні летучі ножиці. На виході прокат ріжеться на потрібні довжини летучими ножицями та по трайб-апаратах 3 надходить до моталок 4 для змотування в бунти.

На рис. 6.17 представлено стан 250 з прокаткою у дві нитки. Дві заготовки прокатуються водночас паралельно в чорнових клітках, а потім в одну нитку кожна у своїй чистовій групі.

Чорнова безперервна група включає сім горизонтальних клітей 8, в яких зменшують розміри перерізу без зміни форми. На виході з групи заготовки розділяють на два потоки у чистові групи 10.



- 1 – завантажувальні ґрати; 2 – кишені для бракованих заготовок; 3 – задавальний пристрій; 4 – нагрівальна піч;
5 – виштовхувач; 6 – задавач-розподільник;
7, 9, 11 – ножиці; 8 – чорнова група клітей; 10 – чистова група клітей; 12 – відвідний рольганг; 13, 14 – моталки;
15 – транспортер; 16 – бунтов’язальна машина

Рисунок 6.17 – Обладнання технологічної лінії дрібносортового стану 250 з прокаткою у дві нитки

Кожна чистова група складається з чотирьох горизонтальних і чотирьох вертикальних клітей, що чергуються. Надалі прості профілі, що підлягають змотуванню, подаються на сортові моталки 13, 14, де змотуються в бунти, обв’язуються машиною 16 і відводяться транспортером 15. Кутики, які неможна змотувати, по рольгангу 12 подаються на холодильник.

На стані встановлені робочі кліті традиційної конструкції. Починаючи з другої половини минулого століття на середньосортних та дрібносортових станах стали використовувати безстанніні робочі кліті (рис. 6.18, див. с. 111), які мають ряд переваг:

меншу металоємність (в середньому на 15–30 %), більш сприятливий розподіл навантажень на підшипникові вузли, підвищена в радіальну та осьову жорсткість [6].

Також вони можуть використовуватись як картриджі (рис. 6.19). Для цього їх встановлюють у спеціальних рамах.

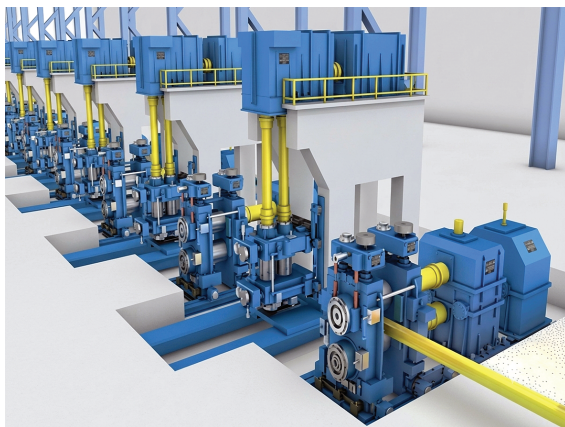


Рисунок 6.18 – Безперервна група горизонтальних і вертикальних безстанинних клітей [18]

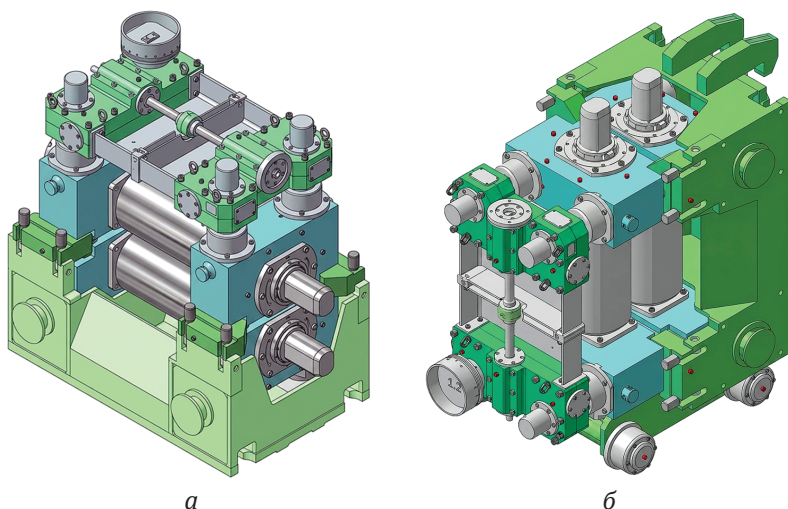


Рисунок 6.19 – Безстанинна кліть – картридж у горизонтальному (а) та вертикальному (б) положеннях



A large, blue industrial machine, likely a hydraulic press or similar heavy-duty equipment, featuring various components like cylinders, hoses, and a control panel. The machine is painted a vibrant blue and has a complex, heavy-duty design. It includes several large hydraulic cylinders, numerous hoses, and a control panel with various buttons and switches. The machine is mounted on a sturdy base and is positioned on a light-colored floor against a plain background.

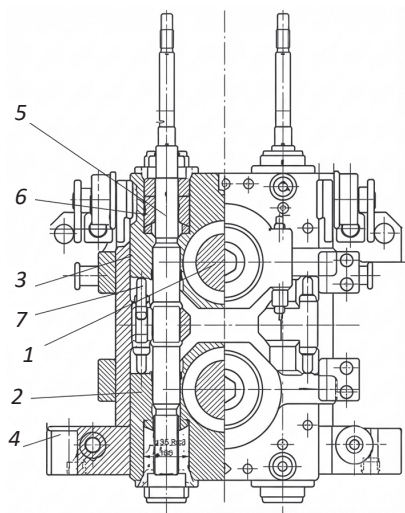


Рисунок 6.20 – Безстанинна сортова кліть фірми Danieli:
загальний вигляд (а) та схема (б) [20; 21]

|| 6.5 Попередньо напружені сортові кліті

Питання точності сортового прокату пов'язане в першу чергу з пружною деформацією робочої кліті під дією сили прокатки P . Це приводить до спотворення форми калібру вздовж осі, перпендикулярної осі валків (рис. 6.21).

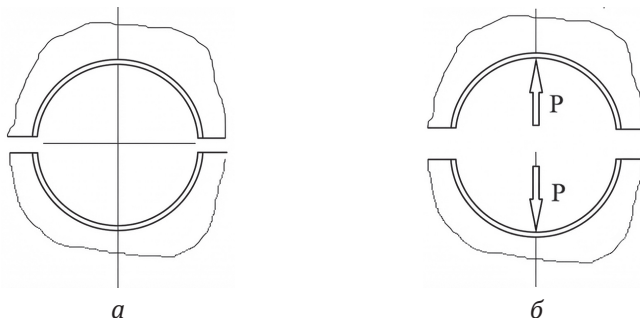


Рисунок 6.21 – Правильна форма калібру при налаштуванні (а) та zdeформована силою прокатки P (б)

Пружна деформація тим менше, чим більше жорсткість кліті. Але підвищення жорсткості наряду пов'язане зі збільшенням розмірів та металоємності деталей, що сприймають силу прокатки, і кліті в цілому.

Одним із прийомів для зниження впливу сили прокатки на пружну деформацію є попереднє напруження робочої кліті.

Для створення попереднього напруження робочу кліть без металу у валках навантажують силою, на 10–20 % більшою за силу прокатки. Це призводить до пружної деформації робочої кліті на величину, більшу за деформацію від сили прокатки. Налаштування калібру проводять на вже zdeформованій кліті. Коли метал входить у калібр і виникає сила прокатки, вона не створює додаткової деформації у попередньо zdeформованій кліті, оскільки менша за силу попереднього навантаження, яке в цьому разі перерозподіляється між валками і пристроєм для попереднього напруження (рис. 6.22, див. с. 114). Розглянемо цей ефект на прикладі людини, що тримає в руках вантаж певної ваги, яка сприймається ногами і під дією якої ноги

деформуються (попереднє навантаження). Якщо більшу частину вантажу перекасти з рук до ранцю на спині людини, руки розвантажаться, але сумарна вага, що сприймається ногами, не зміниться і не призведе до їх додаткової деформації. У нашому прикладі руки є пристроєм для попереднього навантаження, ранець із частиною вантажу – силою прокатки, що виникла, а ноги – робочою кліттю.

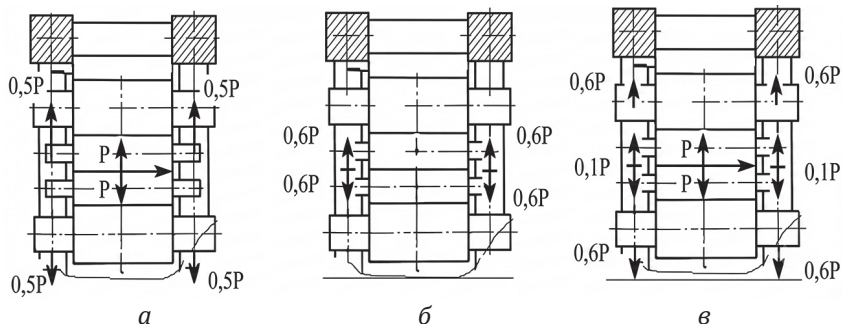
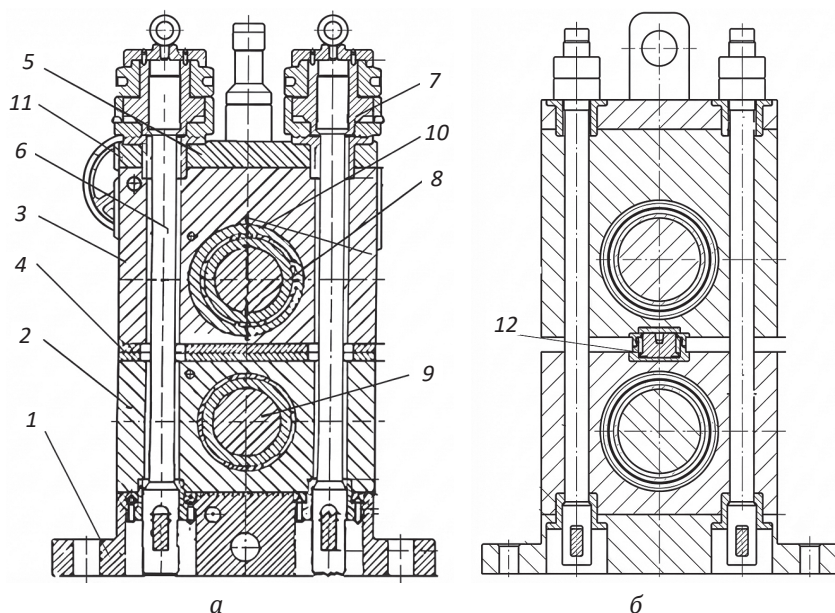


Рисунок 6.22 – Схеми сил, що діють на робочу кліть: звичайна при прокатці (*а*), попереднє навантаження між подушками (*б*), перерозподіл сил попереднього навантаження при прокатці (*в*)

Попереднє навантаження може створюватись різними способами: створенням розтискної сили між подушками валків (рис. 6.22), стисненням натискним механізмом подушок силами, більшими за силу прокатки, попереднім стисненням валків по бочках або буртах силою більше сили прокатки. У перших двох випадках (напруження по подушках) валки попередньо не деформуються, але їх деформація силою прокатки значно менша, ніж усієї попередньо ненапруженої кліті. У останньому випадку (напруження по валках) валки теж попередньо деформуються, але після цього калібр не підлягає налаштуванню і треба точно розраховувати його розміри із точним урахуванням співвідношення сил прокатки та попереднього навантаження.

Безстанинна попередньо напружена кліть зі створенням попереднього навантаження стисненням подушок показана на рис. 6.23, *а* (див. с. 115). Вона досить проста і конструкційно

подібна до простих безстанинних клітей, але має наступні особливості. Подушки 2, 3 не мають натискного механізму і з'єднуються не гвинтами, а колонами 6. Зверху на різьби колон нагвинчені гідрогайки 7. Між подушками встановлені дистанційні проставки 4. При подачі тиску у гідрогайки 7 вони тиснуть через кришку 5 на подушки 3, 2 і розміщені між ними проставки 4 силою більше сили прокатки і викликають у цих елементах деформацію стиску (аналогічно відомому із курсу деталей машин затягуванню болтів силою нерозкриття стику). Нижній валок 9 встановлений у подушках 2, а верхній 8 – у ексцентрикових втулках 10 на підшипниках ковзання. Після створення попереднього навантаження втулки 10 провертаються у подушках 3 черв'ячними механізмами вручну від штурвалу 11, за рахунок



1 – нижня плита; 2 – нижня подушка; 3 – верхня подушка;
4 – проставки; 5 – кришка; 6 – колона; 7 – гідрогайка;
8 – валок верхній; 9 – валок нижній; 10 – ексцентрикова
втулка; 11 – штурвал; 12 – гідроциліндр

Рисунок 6.23 – Безстанинні попередньо напружені
сортові робочі кліті (а, б) [1]



ексцентриситету регулюється відстань між валками незалежно від попередньо напружених деталей.

Існують і інші конструкції попередньо напружених клітей. Подібна до розглянутої конструкція показана на рис. 6.23, б (див. с. 115). В ній попереднє навантаження створюється встановленими між подушками гідрошайбами 12.

Як і звичайні безстанинні кліті, попередньо напружені кліті можуть використовуватись як комбіновані (картриджні).

|| 6.6 Особливості робочих клітей дротопрокатних станів

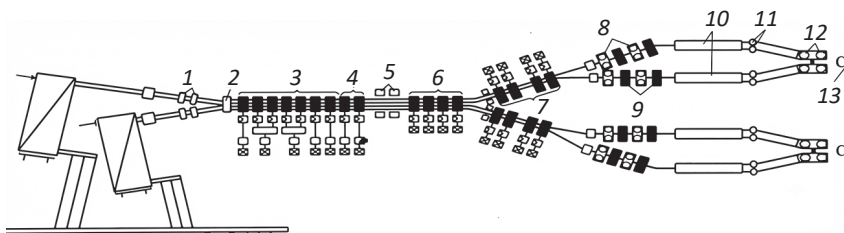
Дротопрокатні стани призначені для виробництва катанки – товстого дроту круглого перерізу діаметром 5–10 мм. Дріт менших діаметрів виробляють шляхом волочіння, яке не відноситься до процесів прокатки.

Дротопрокатний стан 250 (рис. 6.24, див. с. 117) має 37 робочих клітей, які об'єднані в чотири неперервні групи. Чорнова група – дев'ять горизонтальних клітей 3, 4; перша проміжна група – чотири горизонтальних кліті 6 (у цих групах прокатка ведеться в чотири нитки); друга проміжна група 7 – дві нитки в двох паралельних групах з чотирма горизонтальними клітями в кожній; чистові кліті – чотири групи з двома горизонтальними 9 і двома вертикальними 8 клітями, прокатка ведеться в одну нитку в кожній. До складу обладнання також входять нагрівальні печі, летучі ножиці 1, 5, кантувач 2, ділянка охолодження розпушених витків 10, моталки 11 та транспортери 12 [3].

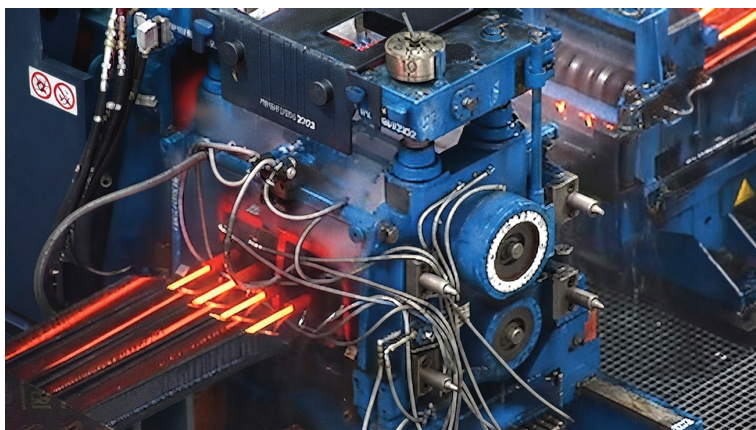
У станах цього типу використовуються традиційні вертикальні та горизонтальні кліті, подібні до робочих клітей дрібносортих станів. Однак вони не забезпечують потребуємої точності прокату внаслідок деформації калібру по одній з осей (рис. 6.22) через відносно низьку жорсткість конструкції. Тому на сучасних дротопрокатних станах використовують розглянуті вище попередньо напружені кліті, блоки компактних клітей

підвищеної жорсткості та трьохвалкові та чотиривалкові кліті (не плутати з клітями тріо і кварто) (рис. 6.25. див. с. 118) [3]. Ідеєю цих клітей є те, що зі збільшенням кількості валків пружна деформація розподіляється вздовж більшої кількості осей і зменшується за величиною. Відповідно до цього кращими є чотиривалкові кліті, але складність приводу валків обмежує їх використання. Більш розповсюдженими є трьохвалкові кліті.

Трьохвалкові робочі кліті мають три валки кути між осями яких складають 120° (рис. 6.26. див. с. 119). Валки мають



а



б

1, 5 – летучі ножиці; 2 – кантувач; 3, 4 – чорнова група клітей; 6, 7 – проміжні групи клітей; 8 – кліті чистові вертикальні; 9 – кліті чистові горизонтальні; 10 – лінія охолодження; 11 – моталки; 12 – транспортери

Рисунок 6.24 – Схема розміщення устаткування дротопрокатного стану 250 (а) та вид на чотириниточну прокатку (б)

складену конструкцію, основу яких складають вали: ведучий 1 та ведені 2. На них встановлені втулки з бандажми 4, на яких нарізані рівчаки калібрів. Це дозволяє по мірі зношування замінювати тільки бандажі. Зібрані валки на підшипниках кочення 3 жорстко встановлені у литому корпусі 5. Ведучий вал 1 приводиться від головного двигуна через муфту 6. На ньому встановлені конічні шестірні 7, від яких крутний момент передається на конічні шестерні ведених валів.

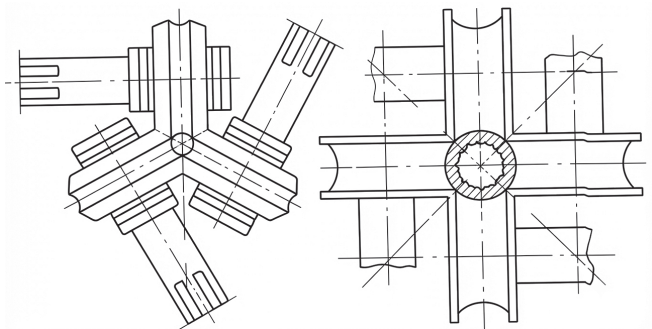


Рисунок 6.25 – Схеми три- та чотиривалкових вузлів

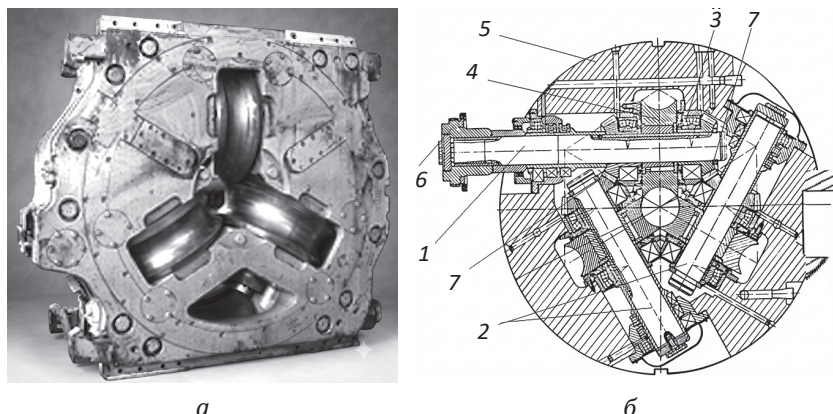
Кліть не має натискних механізмів. Валкові вузли збираються під конкретний діаметр катанки на спеціальних стендах і встановлюються у корпус. При переході на інший сортамент кліть замінюють цілком. Така конструкція має велику жорсткість, що також сприяє підвищенню точності прокатки [19]. На стані такі кліті об'єднані у блоки клітей.

Також на сучасних дрогопрокатних станах використовують чистові блоки клітей дуо підвищеної жорсткості з двохопорним або консольним розміщенням валків. Прикладом такого стану є дрогопрокатний стан, склад обладнання якого приведений на рис 6.27 (див. с. 119). Прокатка в неперервних групах клітей 3, 5 відбувається в чотири нитки, а потім розділяється на чотири потоки в одну нитку в чотирьох паралельних чистових блоках 6 [3].

Особливістю таких блоків є те, що робочі кліті встановлюються на фундаментних плитах під кутом 45° до горизонталі, причому кожна наступна кліть розвернута до попередньої на 90° .

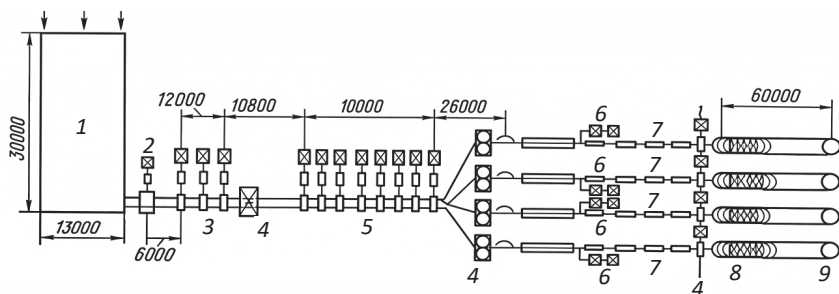
При цьому зникає необхідність спеціальних вертикальних клітей, оскільки кожна наступна кліть відносно попередньої є вертикальною відносно горизонтальної і навпаки (рис. 6.28, а).

Блоки клітей дротопрокатних станів найчастіше мають груповий привід від одного двигуна (рис. 6.29, див. с. 120). Через розподільний редуктор обертальний момент передається на два



- 1 – ведучий вал; 2 – ведені вали; 3 – вузли підшипників;
4 – бандаж; 5 – корпус; 6 – муфта; 7 – конічні передачі

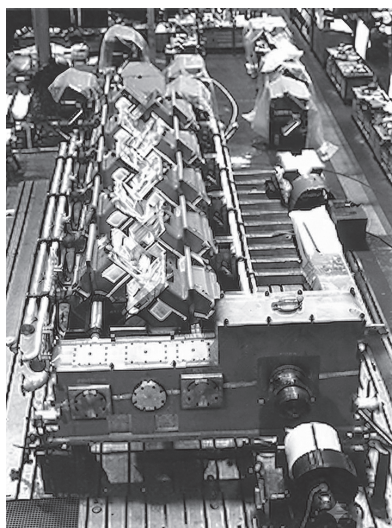
Рисунок 6.26 – Тривалкова робоча кліть: загальний вигляд (а) та розріз по валках (б) [19]



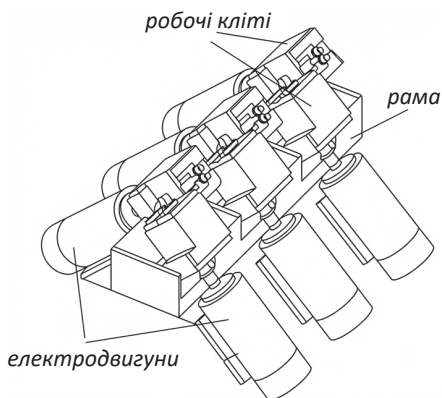
- 1 – піч; 2 – ножиці; 3 – чорнові кліті; 4 – ножиці;
5 – передчистові кліті; 6 – блоки чистових клітей;
7 – охолоджувальні пристрої; 8 – укладальники витків;
9 – кишені з приймальними конусами

Рисунок 6.27 – Дротопрокатний стан 250 з чистовими блоками клітей [3]

трансмійні вали з конічними передачами, розміщеними в двох редукторах на кожному з валів. Від верхнього валу приводяться чотири робочі кліті з непарними номерами, розміщені під кутом 45° . Від нижнього – чотири робочі кліті з парними номерами,



a



б

Рисунок 6.28 – Робочі кліті блочного типу із загальним приводом (*a*) та з індивідуальними приводами (*б*)

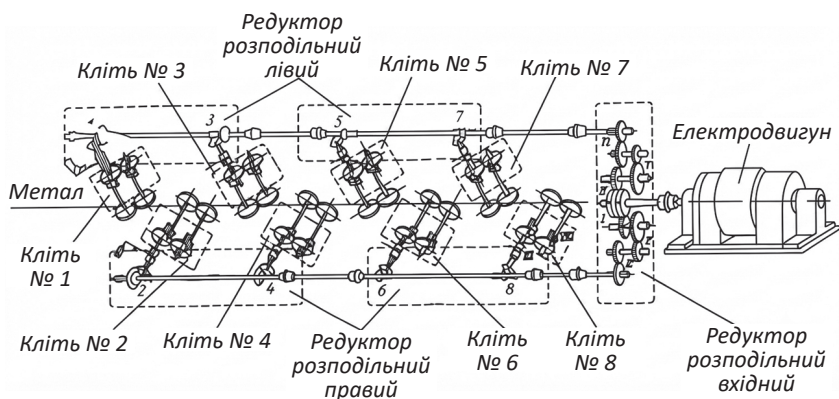
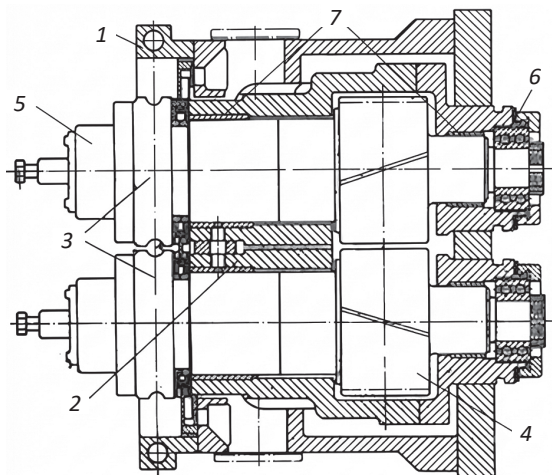


Рисунок 6.29 – Схема групового приводу блоків клітей [1]

розміщені під кутом (-45°). Далі в середині кожної з клітей момент розподіляється між двома валками через циліндричні зубчасті передачі з передатним числом $i=1$ (аналог шестеренної кліті), які приводять вал-шестірні робочих валків. Кліті з приводом змонтовані на одній рамі, з якою знімаються зі стану і замінюються для перевалок.

На рис. 6.30 приведено переріз по осях валків блочної робочої кліті дрогопрокатного стану з консольним розміщенням валків. Кліть складається з корпусу (станіни) 1, в якій розміщено обертові ексцентрики втулки 2. У втулках є прорізи (вікна), в які виходять для приводу зубчасті частини приводних вал-шестірень 4 робочих валків. Приводні пристрої втулок 2 і вал-шестірень 4 знаходяться збоку і в переріз не потрапляють.

На консольні кінцеві частини вал-шестірень 4 встановлені власне валки 3 з калібрами, які фіксуються за допомогою гідравлічних затискачів 5. Регулювання зазору між валками здійснюється поворотом ексцентрикових втулок 2. Для сприйняття



1 – станина; 2 – втулка ексцентрикова; 3 – валки;
4 – вал-шестірня; 5 – затискач; 6 – підшипники упорні;
7 – підшипники ковзання

Рисунок 6.30 – Конструкція блочної кліті
з консольними валками [10]

осьових навантажень на хвостовиках валів 4 встановлено радіально-упорні підшипники 6. Самі вал-шестірни у втулках встановлені на підшипниках ковзання 7.

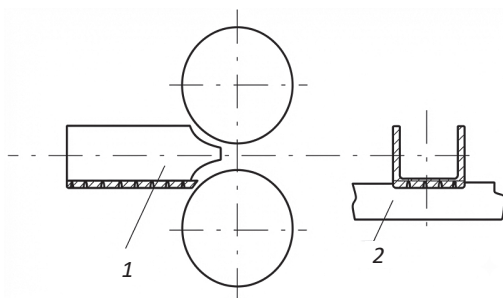
6.7 Проводки сортових прокатних станів. Привалкова арматура

Привалкова арматура призначена для задавання металу у валки й виводу з них в необхідному положенні. Складається в залежності від типу стану із проводок, лінійок, станинних роликів або рольгангів.

Проводки сортових станів – пристрої для спрямування сортових розкатів при їх вході й виході з валків. Проводки з боку входу металу у валки називаються вступними, а з боку виходу – вивідними. Кріпляться проводки на проводкових брусах, які фіксуються у вертикальних пазах станин за допомогою клинів. Кріплення повинне бути надійним, щоб уникнути зриву проводок і затягування їх у валки.

Вступні проводки не повинні стикатися з валками.

Якщо калібри ящикові або не вимагають точного заходу металу у валки, то вступні проводки роблять у вигляді ринви 1, встановленої на проводковому брусі 2. Такі ринви роблять для кожного калібру окремо або загальними для всіх калібрів (рис. 6.31).



1 – ринва; 2 – проводковий брус

Рисунок 6.31 – Вступна сортова проводка



Для ромбічних калібрів вступні проводки іноді виконують у вигляді горизонтальних лінійок, які називаються проводковими дошками (рис. 6.32).

Для ребрових проходів і тих, де потрібне точне подавання металу у валки й надійне втримання його з боків від скручування, вступні проводки роблять у вигляді розміщених на брусі 3 коробок 1, у які вставляються бічні лінійки 2, що мають форму розкату, який задається в калібр (рис. 6.33).

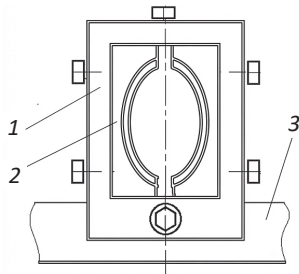
Для зменшення тертя й зношування лінійок і недопущення подряпин на смузі лінійки іноді заміняють роликами, спрофільованими по бічному профілі розкату й установленими на підшипниках кочення (рис. 6.34, див. с. 124) [6].

Вивідні проводки складаються із проводкових «ножів» 1 і бічних лінійок 2 (рис. 6.35, див. с. 124).

Завдання «ножів» 1 – не допустити оковування смугою валків. Частіше обмежуються установкою тільки нижніх ножів, оскільки зазвичай прокатка сорту йде з «верхнім тиском», що викликає згин смуги до низу. Загострений кінець ножа опирається на валок, а інший його кінець – на проводковий брус 3. Бічні лінійки 2 кріпляться до проводкового бруса 3 самостійно.



Рисунок 6.32 – Проводкова дошка



1 – коробка; 2 – бічні лінійки; 3 – проводковий брус

Рисунок 6.33 – Проводка для овального калібру

Між клітями безперервних станів іноді встановлюють проводки, що кантують, для повороту смуги на необхідний кут щодо поздовжньої осі, за звичай на 45° або 90° . Ці проводки називаються також гвинтовими, тому що їхня внутрішня поверхня має гвинтоподібну форму. Установлюються вони поблизу клітей з боку виходу металу з валків.

Кантування скручуванням негативно позначається на якості прокату й тому від нього відмовилися, замінивши установкою клітей з вертикальними валками.

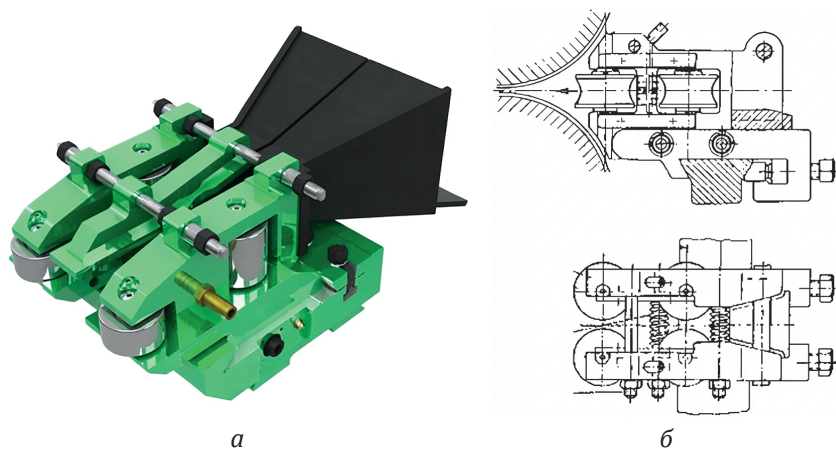
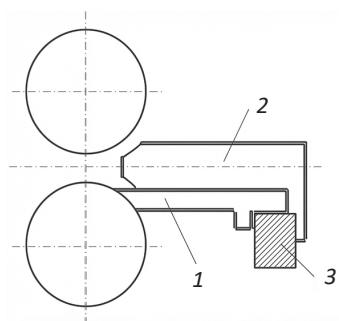


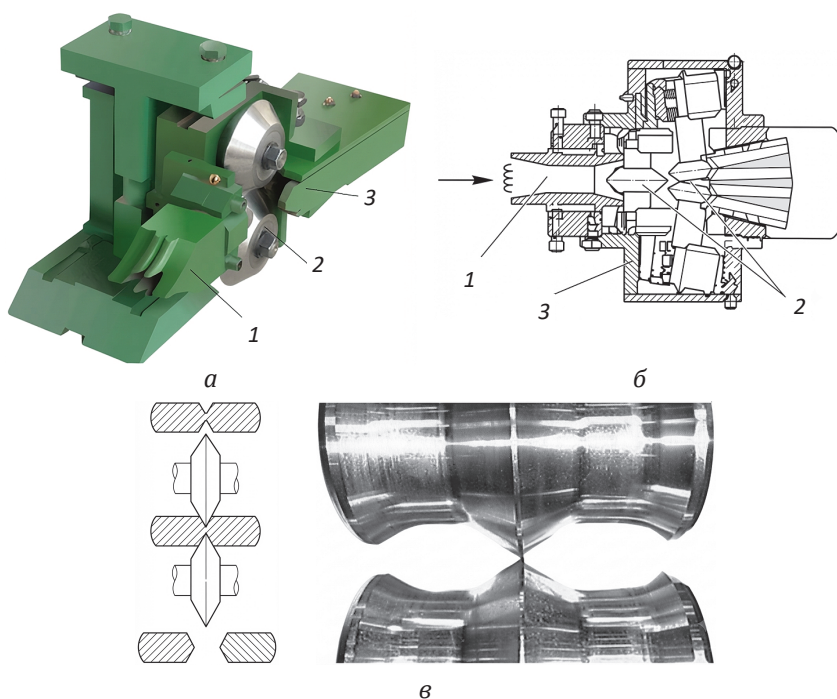
Рисунок 6.34 – Загальний вигляд (а) [23]
та схема (б) роликової проводки



1 – ніж; 2 – бокова проводка; 3 – проводковий брус

Рисунок 6.35 – Вивідна проводка

Ще один вид провідок пов'язаний з розвитком слітінг-процесу – процесу прокатки-розділення сортових заготовок. У цьому випадку в чорновій групі прокатують заготовку з перемичками, які перед чистою групою розрізають у спеціальній провідці і отримують декілька заготовок, як у разі багатониточної прокатки. На рис. 6.36 показані провідки для розділення двота чотириниточних розкатів. Вони складаються із встановлених у коробці 3 напрямних 1 та роликів 2, які і виконують роз'єднання заготовок. Ролики можуть мати конічну або профільовану розділювальну поверхню.

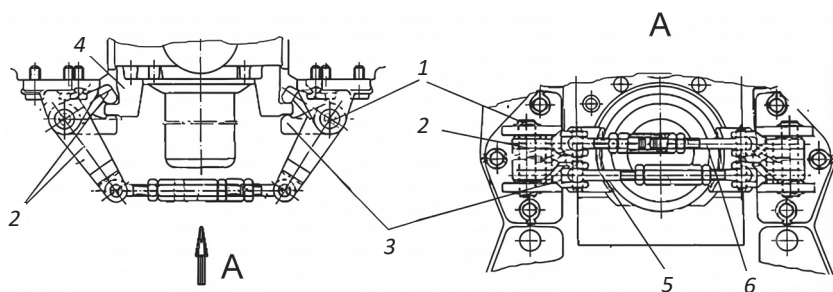


1 – напрямні; 2 – роликові ножі; 3 – коробка

Рисунок 6.36 – Слітінг-провідки для розділення дво- (а) [23] та чотириниточних (б) розкатів та схема розділення в кінцевих роликах (в)

6.8 Механізми осьового регулювання каліброваних валків

Після перевалок рівчаки верхнього і нижнього валків можуть не співпадати, що призводить до спотворення форми калібру. Для суміщення рівчаків один із валків (зазвичай верхній) переміщують відносно іншого в осьовому напрямку спеціальними механізмами. Найбільш розповсюдженим є важільний механізм двосторонньої дії, наведений на рис. 6.37.

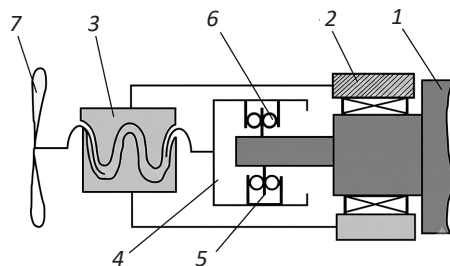


1 – вісь; 2 – важіль верхній; 3 – важіль нижній; 4 – подушка;
5 – талреп нижній; 6 – талреп верхній

Рисунок 6.37 – Важільний механізм двосторонньої дії

На кожному стояку станини закріплені осі 1, на яких вільно посаджені двоплечі важелі 2, 3. Довгі плечі важелів шарнірно з'єднані з талрепами (гвинтовими стяжками) 5, 6. На коротких плечах є упори, які контактують з виступами на подушці 4. Причому упори верхніх і нижніх важелів охоплюють виступи подушки з протилежних боків, міцно затискаючи їх між собою. Для осьового переміщення (наприклад, усередину кліті) верхнім талрепом 6 провертають важелі 2, щоб їх упори відійшли від виступів подушки. Потім нижнім талрепом 5 провертають важелі 3 у протилежному напрямку, їхні упори штовхають подушку 4 в осьовому напрямку до суміщення рівчаків верхнього і нижнього валків. Після цього приводять верхні важелі 2 і затискають виступи подушки 4 між упорами верхніх і нижніх важелів.

У безстанинних клітях використовують механізми, що рухають безпосередньо валок. Принципова схема такого механізму показана на рис. 6.38 (див. с. 127).



- 1 – валок; 2 – подушка; 3 – гайка; 4 – різьбова втулка;
5 – фланець; 6 – упорний підшипник; 7 – штурвал;
8 – стопорний пристрій

Рисунок 6.38 – Механізм осьового регулювання безстанинної кліті

На наведеній схемі до подушки 2 приєднана гайка 3, яка утворює гвинтову пару з різьбовою втулкою 4. Різьбова втулка 4 через упорний підшипник 6 зв'язана з фланцем 5 на хвостовику валка 1. Упорний підшипники 6 забезпечує незалежне обертання втулки 4 і валка 1. При обертанні втулки 4 штурвалом 7 вона переміщується в осьовому напрямку і через фланець 5 зміщує валок 1 до суміщення рівчаків на валках. Після налаштування втулку 4 фіксують у заданому положенні стопорним пристроєм 8. Можливі й інші виконання кінематичної схеми гвинтової пари (гайка обертається, втулка рухається поступально).

Контрольні питання

1. Опишіть склад устаткування технологічної лінії РБС.
2. Які кліті входять до лінійної групи РБС?
3. Охарактеризуйте конструкційні особливості кліті тріо РБС.
4. Охарактеризуйте конструкційні особливості кліті дуо РБС.
5. Охарактеризуйте конструкційні особливості універсальної кліті РБС, зокрема конструкцію вузла вертикальних валків.
6. Опишіть склад устаткування технологічної лінії крупносортового стану 600.
7. Вкажіть основні переваги розташування обладнання крупносортового стану 600.

- 
8. Опишіть склад устаткування технологічної лінії неперервного середньосортного стану 450.
 9. У чому подібні і чим різняться горизонтальні та вертикальні кліті сортових станів?
 10. Поясніть принцип картриджної робочої кліті.
 11. Опишіть склад устаткування технологічних ліній неперервних дрібносортних станів.
 12. Поясніть принцип роботи попередньо напружених робочих клітей. Навіщо використовують попереднє напруження робочої кліті?
 13. Охарактеризуйте конструкційні особливості попередньо напруженої безстанинної сортової робочої кліті.
 14. Як регулюють міжвалковий зазор у безстанинних клітях?
 15. Опишіть склад устаткування технологічних ліній неперервного дрогопрокатного стану з блоком чистових клітей.
 16. Чим обумовлене розміщення робочих клітей неперервних груп під кутом 45° до рівня цеху?
 17. Опишіть конструкційні особливості групового приводу блоку чистових робочих клітей.
 18. Яке призначення проводок робочих клітей сортових станів?
 19. Чим відрізняються вхідні проводки від вихідних?
 20. Опишіть конструкцію роликової проводки. Чим вона краща за проводки ковзання?
 21. Пояснить призначення та принципи дії механізмів осьового регулювання валків.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ ТЛС ТА ШСГП

7.1 Склад обладнання технологічних ліній станів гарячої прокатки листопрокатного виробництва

Плоский гарячекатаний прокат виробляють на товстолистових станах (ТЛС) у вигляді листів та плит та на широкоштабових станах (ШСГП) у вигляді штаб у рулонах. На станах Стекеля виробляють обидва види металопродукції. Більш докладно сортамент та класифікація цих станів розглянуті в розділі 1.3.

Склад устаткування технологічних ліній ТЛС і станів Стекеля багато в чому подібний і суттєво відрізняється від устаткування ШСГП. До складу ТЛС входять дві, рідше одна, реверсивні робочі кліті і допоміжне обладнання. Слід пояснити момент, який викликає плутанину в класифікації ТЛС. Чорнову прокатку ведуть у вертикальних і горизонтальних валках, які можуть знаходитись в окремих вертикальній (еджерній) і горизонтальній клітях або в одній універсальній, причому останній варіант зустрічається рідко. В ряді випадків еджерну кліть не розглядають як окрему, оскільки її встановлюють впритул до горизонтальної, і класифікують ТЛС як двохклітьовий, а іноді вважають за окрему і класифікують як трьохклітьовий. У свою чергу, на деяких ТЛС вертикальних валків немає, і їх теж розглядають як двохклітьові. Тобто коли мова йде про двохклітьовий ТЛС, це може бути стан з двома горизонтальними клітями, універсальною і горизонтальною клітями, еджерною і двома горизонтальними клітями.

Склад обладнання технологічної лінії ТЛС розглянемо на прикладі сучасних станів, які були в Україні (рис. 7.1 (див. с. 130), 7.2 (див. с. 131)). На жаль, внаслідок війни і втрати Маріуполю

в Україні наразі відсутнє товстолистове виробництво, яке залишилось лише на закордонних активах METINVEST Холдінгу.

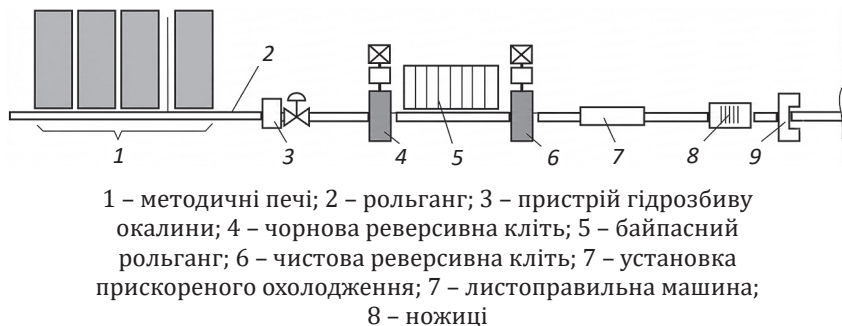


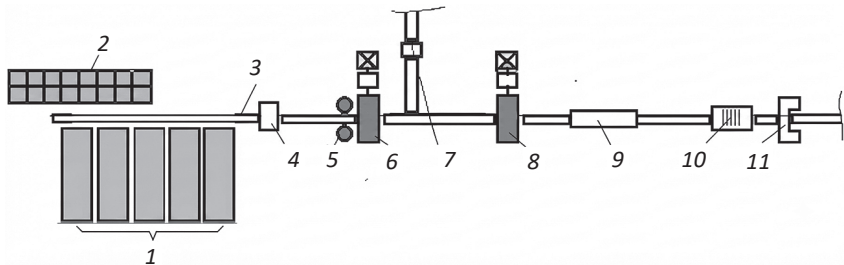
Рисунок 7.1 – Склад устаткування технологічної лінії ТЛС 3000 ММК ім. Ілліча

Сортамент ТЛС 3000 – товстий лист товщиною 6–50 мм, шириною 1500–2700 мм, довжиною до 25 000 мм. Заготовкою є безперервнолиті сляби. Стан двохклітьовий. Перед початком технологічної лінії ТЛС встановлені нагрівальні печі 1. Нагріті сляби вивантажують на рольганг 2, яким вони подаються на пристрій гідрозбиву окалини 3 і після цього у реверсивну чорнову кліть кварто 4. Для реалізації контрольованої прокатки в заданому температурному режимі стан було обладнано байпасним рольгангом 5 для проміжного охолодження листів перед прокаткою у чистовій реверсивній кліті кварто 6. Надалі прокат проходить термічну обробку в установці прискореного охолодження 7, правиться на багатороликовій правильній машині 8 та розрізається на необхідні для подальшої обробки довжини на ножицях 9 [3].

До сортаменту трьохклітьового ТЛС 3600 (рис. 7.2) окрім товстого листа входили також плити товщиною до 200 мм, заготовкою для яких є зливки, що відбилось на складі устаткування. Окрім методичних печей 1 для нагрівання слябів стан було обладнано нагрівальними колодязями 2 для злиwkів. Взаємодія устаткування при прокатці товстих листів аналогічна ТЛС 3000 за винятком підстужування прокату на байпасному рольгангу, яким стан не обладнаний. Чорнову прокатку ведуть у реверсивних вертикальній 5 та горизонтальній кварто 6 клітьх,



чистову – у реверсивній горизонтальній клітї кварто 8. Прокатку плит ведуть лише у чорнових клітях, після чого вони передатним візком 7 транспортуються на дільницю обробки плит [3].



- 1 – нагрівальні печі для слябів; 2 – нагрівальні колодязі для зливків; 3 – рольганг; 4 – пристрій гідрозбиву окалини;
 5 – кліть вертикальна; 6 – кліть чорнова робоча;
 7 – передавальний візок для плит; 8 – кліть чистова робоча; 9 – установка прискореного охолодження;
 10 – листопрямляльна машина; 11 – ножиці

Рисунок 7.2 – Склад устаткування технологічної лінії ТЛС 3600 ММК «Азовсталь»

Надалі на усіх ТЛС листи проходять подальшу обробку у термічних лініях, лініях різання, холодної правки тощо, але розгляд устаткування ліній обробки входить до іншого курсу.

Широкоштабові стани гарячої прокатки (сортамент див. п. 1.3) підрозділяються на безперервні (БШПС), напів-безперервні (НБШПС) та реверсивні широкоштабові стани з моталками в печах (стани Стекеля) [3]. Останні два види можуть виробляти окрім штаб також товсті листи. Власне БШПС не є безперервними у повному сенсі і одержали свою назву через наявність чистової безперервної групи клітей, в той час як у чорновій групі можливий різний склад клітей. Це послідовно встановлені універсальні кліті на станах першого покоління (до них відноситься єдиний в Україні ШСП 1680 МК «Запоріжсталь») та частково другого, комбінація послідовно встановлених і безперервних універсальних клітей на станах другого покоління, одна-дві реверсивні універсальні кліті на сучасних станах третього покоління. Це призводить



до плутанини у класифікації БШПС. Тому, на наш погляд, краще називати саме їх просто ШСГП, оскільки НБШПС визнані тупиковою гілкою і наразі не використовуються, а стани Стекеля розглядаються як самостійний вид станів [1; 4; 6].

До ШСГП четвертого покоління відносяться широкоштабові ливарно-прокатні модулі (ЛПМ), у яких у одній технологічній лінії суміщені машина безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) і власне ШСГП. Більшість сучасних ШСГП будуються саме як ЛПМ, хоча і частка традиційних станів досить значна [14].

На рис. 7.3 (див. с. 133) наведено склад обладнання сучасних ШСГП [14]. ШСГП традиційної конструкції (рис. 7.3, а) включає методичні печі для нагрівання слябів, рольганги для транспортування прокату, пристрій для гідрозбиву окалини WD1, комбінацію еджерної та горизонтальної реверсивних чорнових клітей E1-R1 або універсальну чорнову реверсивну кліть, проміжний рольганг з термозберігаючими екранами або CoilBox, летучі ножиці та пристрій гідрозбиву WD2 для видалення вторинної окалини, чистову безперервну групу клітей F1-F6, відповідний рольганг з системами охолодження штаби до температури змотування, групу моталок для змотування штаби в рулон.

Склад устаткування широкоштабового ЛПМ (рис. 7.3, б) містить слябову одно- або двохривчакову МБЛЗ з пристроєм гідрозбиву RWD та ножицями або пристроєм газової різки для поділу нескінченної заготовки товщиною 70–90 мм на сляби, прохідну піч для підігріву заготовки до температури прокати і накопичування заготовок під час зупинок в лінії стану, яка є обов'язковим елементом устаткування, що зв'язує МБЛЗ та ШСГП. Далі, починаючи з пристрою гідрозбиву WD1 і закінчуючи моталкою, обладнання аналогічне звичайному ШСГП.

Склад устаткування тонкослябового ЛПМ (рис. 7.3, в) від звичайного відрізняється наявністю тонкослябової МБЛЗ, у якій відливають заготовку товщиною 45–50 мм, що трохи товще або дорівнює товщині прокату, який входить у чистову групу ШСГП.

У цьому випадку чорнові кліті непотрібні, у лінії стану відповідно немає проміжного рольгангу з термозберігаючим устаткуванням. Необхідність дещо більшого обтиснення в чистовій групі

забезпечується встановленням додаткової чистової кліті F7. Устаткування за чистовою групою – як на звичайному ШСГП.

Менша продуктивність ЛПМ обумовлена основною проблемою суміщення МБЛЗ та прокатного стану. Швидкість лиття на МБЛЗ у середньому становить 8 м/хв, а мінімальна швидкість у першій робочій кліті – 30 м/хв (0,5 м/с). Щоб забезпечити синхронну роботу МБЛЗ і стану за продуктивністю, окрім використання двохривчакових МБЛЗ доводиться дещо обмежувати на ЛПМ швидкість прокатки, що призводить до зменшення його продуктивності.

Стани Стекла – це широкоштабові реверсивні стани (рис. 7.4, див. с. 134). Штаба в останніх проходах має довжину у декілька

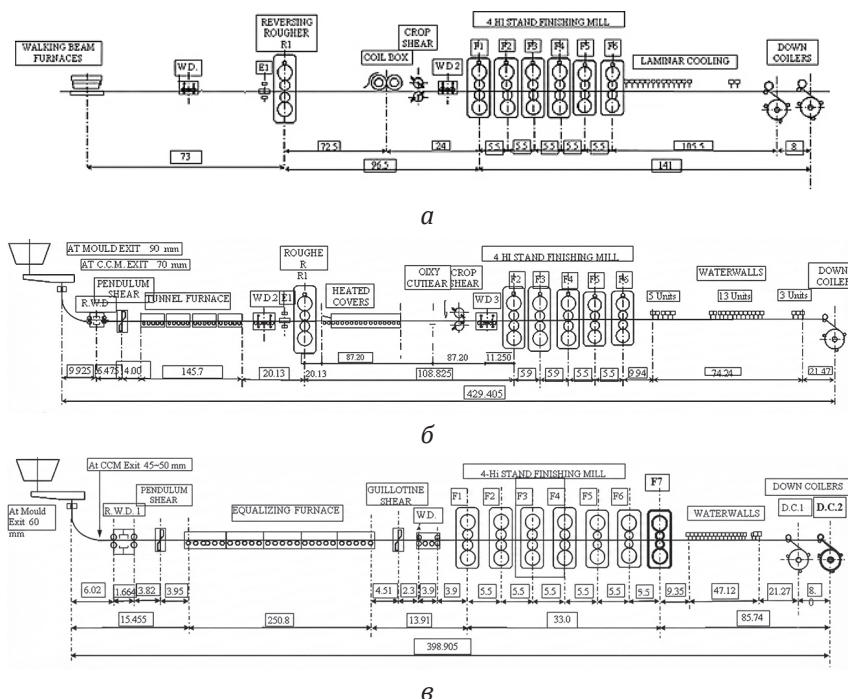


Рисунок 7.3 – Технологічні лінії сучасних неперервних широкоштабових станів: традиційний ШСГП (3–4,5 млн т/рік) (а); ливарно-прокатний модуль (2,4–3 млн т/рік) (б); тонкослябовий ливарно-прокатний модуль (2,2–2,8 млн т/рік) (в) [14]

сотень метрів і велику поверхню охолодження Вести реверсивну прокатку без додаткових заходів в таких умовах неможливо.

Ця проблема вирішена у станах Стекеля встановленням біля чистової кліти моталок, барабани яких розміщені у печах. Так забезпечується потрібний температурний режим і компактне розміщення штаби у рулоні біля кліти під час прокатки.

Більшість станів Стекеля – дво- або одноклітьові. У лінію двохклітьового стану Стекеля (рис. 7.4, а) входять методичні печі, рольганги, пристрій гідрозбиву окалини, реверсивні еджерна та горизонтальна чорнові кліти (або універсальна кліть), проміжний рольганг з летучими ножицями наприкінці для обрізання некондиційних кінців прокату, чистова реверсивна кліть

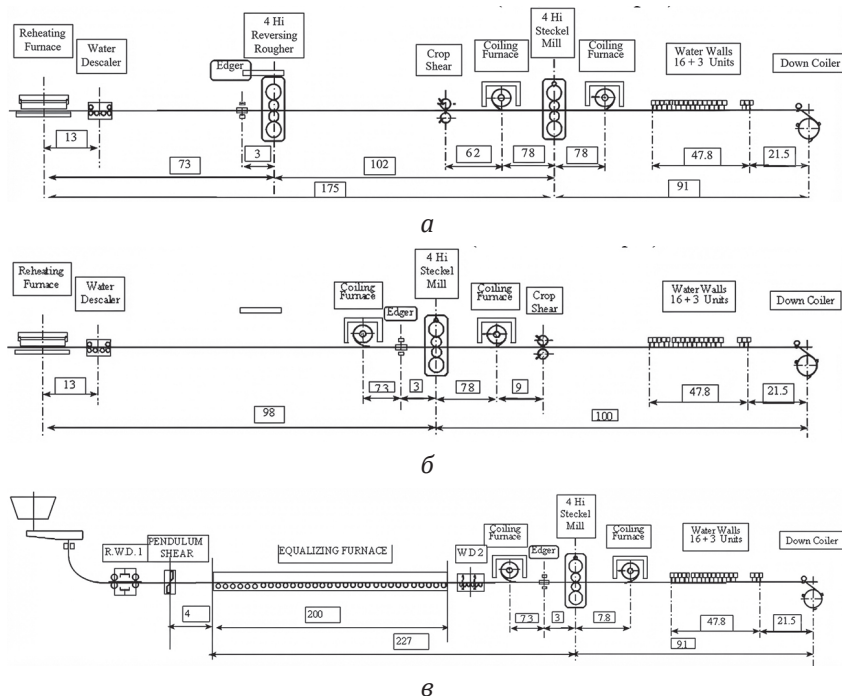


Рисунок 7.4 – Технологічні лінії сучасних станів Стекеля: стан Стекеля 2-клітьовий (1-1,1 млн т/рік) (а); стан Стекеля 1-клітьовий (600-700 тис. т/рік) (б); ЛПМ зі станом Стекеля (500-600 тис. т/рік) (в) [14]



кварто з пічними моталками, відвідний рольганг з душовими пристроями та фінішна моталка для змотування готових штаб. Якщо не брати до уваги пічні моталки, цей склад робочих клітей аналогічний клітям ТЛС, що дозволяє прокатувати на станах Стекеля як штаби, так і товстий лист. У цьому випадку на стан встановлюють транспортер для відведення товстих листів з технологічної лінії в лінію обробки. Стан працює в режимі двохклітьового ТЛС, пічні моталки відвідний рольганг і фінішна моталка не задіяні. При прокатці штаби чорнова кліть працює в звичайному для ШСГП режимі. У чистовій кліті по мірі зростання довжини штаби виконується реверсивна прокатка з моталки на моталку до кінцевої товщини. Останній прохід виконують з моталки на відвідний рольганг, де штаба охолоджується і далі змотується у рулон на фінішній моталці.

Одноклітьовий стан Стекеля (рис. 7.4, б) має еджерну кліть і тільки одну горизонтальну реверсивну кліть з пічними моталками, у якій сляб прокатують у готову штабу або товстий лист. Еджерна кліть задіяна тільки в перших двох-чотирьох проходах, а пічні моталки тільки в чистових проходах при прокатці штаби.

На рис. 7.4, в наведено обладнання ЛПМ зі станом Стекеля, у якому, як і у інших широкоштабових ЛПМ, МБЛЗ і прокатний стан об'єднані в одну технологічну лінію за допомогою прохідної печі.

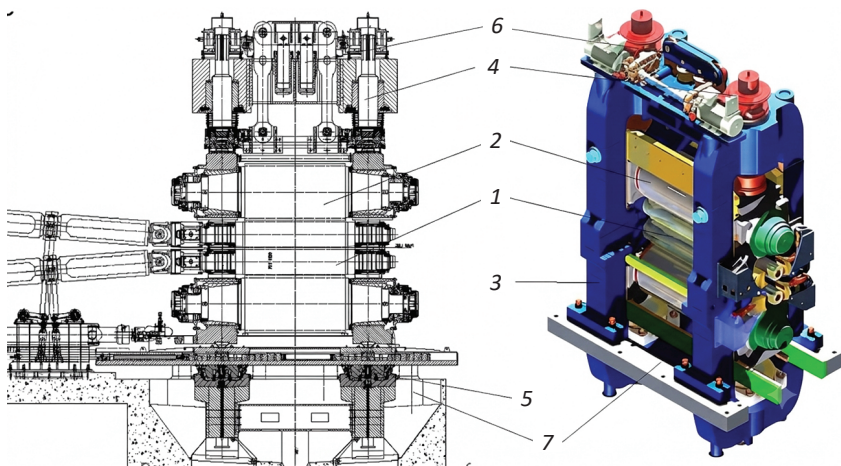
|| 7.2 Горизонтальні робочі кліті ТЛС та ШСГП

На усіх станах для прокатки товстих листів і штаб основний тип горизонтальних клітей – це кліті кварто. Інколи у якості чорнових клітей використовують кліті дуо (рис. 4.8) [14; 15]. На деяких ШСГП у якості останніх чистових використовують шести-валкові кліті (рис. 2.4, а), але широкого розповсюдження вони не знайшли, хоча вперше з'явилися саме на ШСГП [4; 6].

Конструкція чистової горизонтальної кліті кварто фірми Danieli, яка використовується на ТЛС та станах Стекеля, представлена на рис. 7.5 (див. с. 136).

Робочі валки 1 встановлені в подушках на 4-рядних підшипниках кочення. Опорні валки 2 встановлені в подушках на ПРТ. Подушки робочих і опорних валків розміщені у вікнах станин закритого типу 3. Кліть має електромеханічні 4 та гідравлічні 5 натискні механізми. Перші розміщені у верхній частині вузла станин, другі під подушками нижнього опорного валка. Між електронатискними механізмами у верхній траверсі вузла станин розміщене гідравлічне врівноваження 6 верхнього опорного валка. Гідроциліндри врівноваження робочого валка розміщені у гідроблоках, які встановлені у вікнах станин між подушками робочих валків (у розріз не потрапили). Вони також виконують функцію протизгину робочих валків.

Електромеханічні натискні механізми показані на рис. 7.6, а (див. с. 137). Привід здійснюється від електродвигунів 1 через циліндричні 2 та черв'ячні глобоїдні 3 редуктори, встановлені на майданчику 9 у верхній частині вузла станин. Черв'ячні



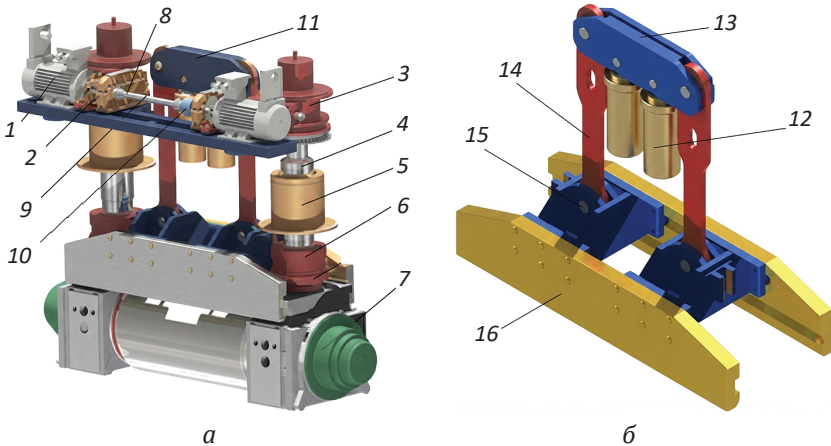
- 1 – вузли робочих валків; 2 – вузли опорних валків;
- 3 – вузол станин; 4 – електромеханічний натискний механізм;
- 5 – гідравлічний натискний механізм;
- 6 – механізм врівноваження опорного валка;
- 7 – фундаментна плита

Рисунок 7.5 – Горизонтальна чистова робоча кліть фірми Danieli для ТЛС та станів Стеклея [15]

колеса редукторів 3 приводять натискні гвинти 4. Гайки 5 зафіксовані в поперечках станин. Гвинти через підп'ятники 6 тиснуть на подушки 7 верхнього опорного валка.

Синхронну або асинхронну роботу лівого і правого механізмів забезпечує розчіпна муфта 10, встановлена на валу 8, що з'єднує редуктори 2. Між приводами натискних гвинтів знаходиться механізм врівноваження 11. Він показаний окремо на рис. 7.6, б.

У верхній траверсі вузла станин встановлено два плунжерні гідроциліндри 12 (рис. 7.6, б). Їхні плунжери з'єднані з коромислом 13, яке через тяги 14 з'єднане з траверсами 15, що утворюють жорстку металоконструкцію з балками 16. Плунжери 12 та деталі 13–15 з'єднані шарнірами. У пази балок 16 входять виступи на подушках верхнього опорного валка. Через усі перелічені деталі вертикальна сила врівноваження, що діє вгору, передається на подушки валків і притискає їх до натискних гвинтів.



- 1 – електродвигун; 2 – редуктор циліндричний;
3 – редуктор черв'ячний; 4 – гвинт; 5 – гайка;
6 – підп'ятник; 7 – подушка; 8 – вал; 9 – майданчик;
10 – муфта розчіпна; 11 – врівноваження;
12 – гідроциліндр; 13 – коромисло; 14 – тяга;
15 – траверса; 16 – балка

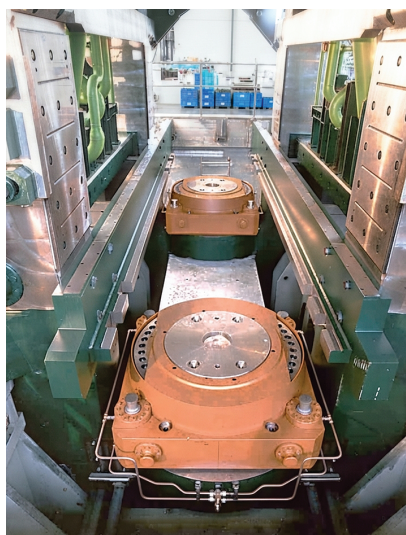
Рисунок 7.6 – Електромеханічний натискний механізм (а) та механізм врівноваження опорного валка (б) [15]

Гідравлічні натискні механізми встановлені у нижніх поперечках станин (рис. 7.7, а).

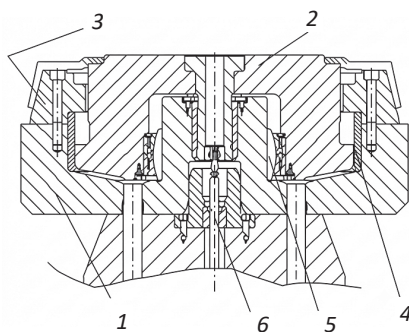
Гідроциліндр (рис. 7.7, б) складається з корпусу 1, поршня 2 і кришки 3. Для зниження тертя між поршнем та корпусом встановлена гільза 4 з антифрикційного матеріалу. Сферична втулка 5 забезпечує самовстановлення поршня відносно корпусу. Переміщення поршня фіксується датчиком 6, сигнал від якого надходить у систему автоматичного керування сервоклапаном (див. п. 4.3).

У горизонтальних чистових клітях також встановлюють один або частіше декілька механізмів профілювання міжвалкового зазору, які розглянемо далі.

На ШСГП горизонтальні кліті встановлені у чистових групах. Залежно від конструкційних рішень і досвіду підприємств-виробників вони можуть мати різні конструкції. Багато виробників встановлюють кліті кварто, конструкційно подібні до розглянутої вище



а



б

1 – корпус; 2 – поршень; 3 – кришка; 4 – гільза;
5 – сферична втулка; 6 – датчик переміщення

Рисунок 7.7 – Гідравлічний натискний механізм: загальний вигляд (а) та розріз по гідроциліндру (б) [15]

(рис. 7.5). Деякі вузли і механізми можуть відрізнятись, зокрема комбіновані натискні механізми розміщують повністю у верхній частині кліті з гідрошайбами під натискними гвинтами (рис. 7.8).

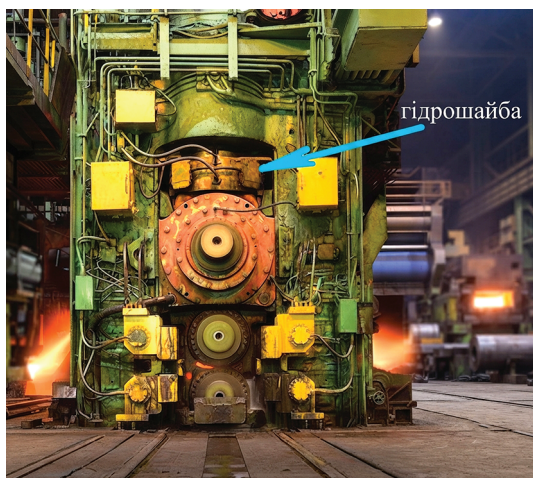
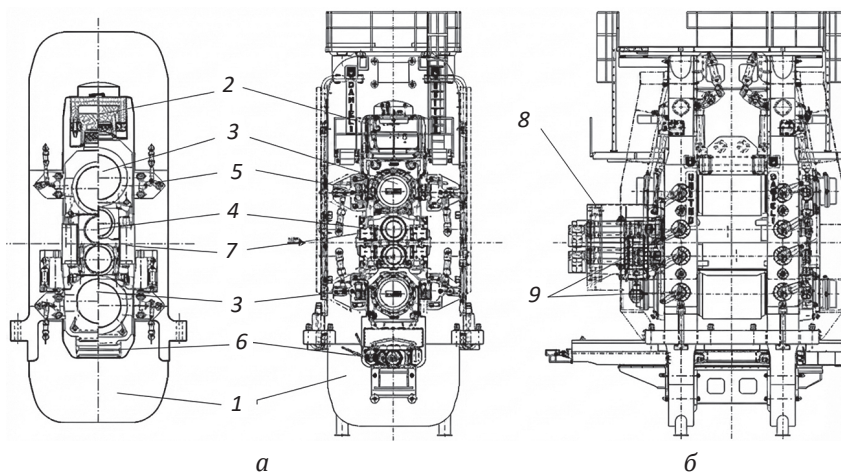


Рисунок 7.8 – Робоча кліть кварто конструкції НКМЗ

Ряд фірм виконують чистові кліті ШСГП тільки з гідравлічними натискними механізмами з огляду на невеликі переміщення валків у цих клітях. На рис. 7.9, а (див. с. 140) показана чистова робоча кліть фірми Danieli, виконана за такою схемою, яка використовується в ШСГП та станах Стекеля. У ній гідравлічний циліндр 2 натискного механізму розміщений у вікні станини над подушкою опорного валка. У нижній частині встановлено механізм виводу валків на рівень прокатки 6.

Однією з тенденцій є оснащення чистових клітей для прокатки тонких гарячекатаних штаб декількома механізмами профілювання міжвалкового зазору для усунення поперечної різнотовщинності та поліпшення площинності штаб і листів. Прикладом такої кліті є чистова кліть f2CR фірми Danieli [14], яка оснащена механізмами протизгину 7, осевого переміщення робочих валків 8 та механізмами перехрещення валків у горизонтальних площинах 9 (рис. 7.9, б (див. с. 140)), а також тепловим профілюванням міжвалкового зазору.



- 1 – вузол станин; 2 – гідравлічний натискний механізм;
 3 – опорні валки; 4 – робочі валки; 5 – пристрої фіксації
 опорних валків; 6 – механізм виведення валків на рівень
 прокатки; 7 – механізми протизгину робочих валків;
 8 – механізм осьового переміщення робочих валків;
 9 – механізм перехреснення робочих і опорних валків

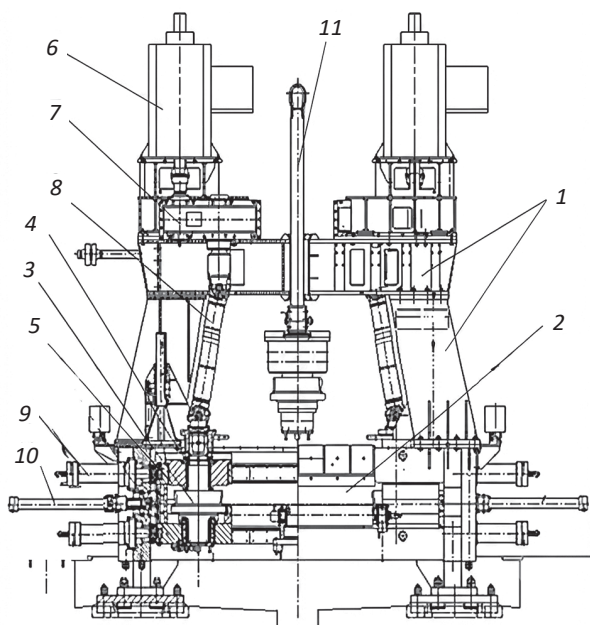
Рисунок 7.9 – Горизонтальні робочі кліті кварто фірми Daniel:
 чистова фінішна (а) та чистова f2CR (б) [14]

|| 7.3 Вертикальні та універсальні кліті

Вертикальні (еджерні) та універсальні кліті широко використовуються як чорнові у ТЛС, станах Стекеля та ШСГП [14; 15], причому вертикальні працюють у комплексі з горизонтальними чорновими клітями і іноді теж розглядаються як універсальні. На сучасних станах обтиснення у вертикальних валках використовують не тільки для усунення уширення та бочкоподібності кромки прокату, але і для обтиснення по ширині.

Привід валків у вертикальних клітях може бути верхнім або нижнім. Станина 1 вертикальної кліті з верхнім приводом (рис. 7.10, див. с. 141) складається із двох опорних стояків, з'єднаних зверху траверсою, на якій встановлені редуктори 7 і головні

двигуни 6 приводу валків. Кожен валок має індивідуальний привід з електричною синхронізацією. Крутний момент на валки передається від редукторів шпинделями 8. Станина встановлена на розміщеній на рівні прокатки горизонтальній рамі 2. У напрямних рами знаходяться подушки 5, у яких на підшипниках кочення 4 встановлені вертикальні валки 3. Нижній підшипник більший за верхній і має додатковий упорний підшипник, оскільки сприймає ще і вагу валків. Натискні механізми валків гідравлічні, кожен складається з двох гідроциліндрів 9, штоки яких тиснуть на подушки і зводять валки. Для розведення призначений гідроциліндр 10, він же притискає подушки до гідроциліндрів 9. Між приводами валків встановлений пристрій для перевалки 11.



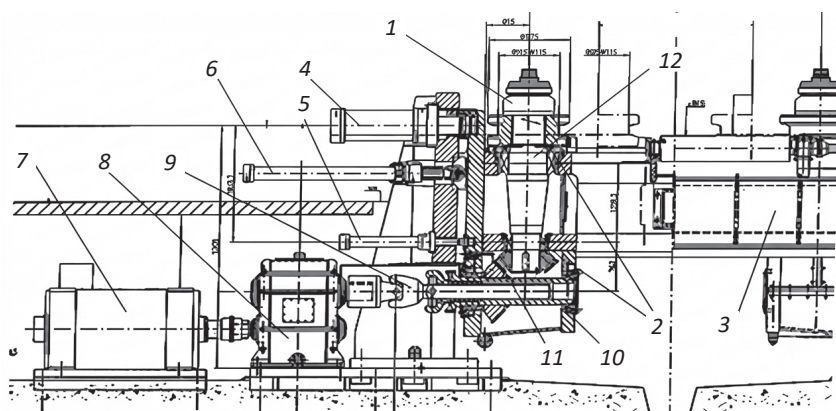
- 1 – станина; 2 – рама; 3 – валок; 4 – підшипник;
 5 – подушка; 6 – двигун; 7 – редуктор; 8 – шпиндель;
 9 – натискний гідроциліндр; 10 – гідроциліндр
 рівноваження; 11 – пристрій для перевалки

Рисунок 7.10 – Вертикальна кліть з верхнім приводом валків [15]

Валки 3 розміщені між подушками 5, між якими сила прокатки розподіляється майже однаково, тому гідроциліндри 9 однакові і рівномірно навантажені. У приводах валків використовуються циліндричні передачі. До переваг також слід віднести зручність обслуговування приводів. Недоліком є великі розміри кліті, що збільшує висоту цеху і металоємність конструкції.

Еджерна кліть з нижнім приводом валків показана на рис. 7.11.

Розміщена на рівні прокатки горизонтальна рама 3 є станиною кліті. В напрямних рами знаходяться касети 2, у яких змонтовані валкові вузли. Валковий вузол складається із встановленого у касеті на конічних підшипниках вертикального валу 12, у верхній частині якого консольно закріплений робочий валок 1. У нижній частині касети знаходиться конічна передача 11. Ведена конічна шестірня посаджена на валу 12, ведуча – на порожнистому валу 10, встановленому на підшипниках кочення у касеті 2. Внутрішня частина валу 10 має шліцеву нарізку, якою з'єднується із шліцевим хвостовиком



- 1 – валок; 2 – касета; 3 – рама (станина);
 4, 5 – гідроциліндри натискні; 6 – гідроциліндр
 врівноваження; 7 – електродвигун; 8 – редуктор;
 9 – шпindel; 10 – порожнистий вал; 11 – конічна
 передача; 12 – вал приводний

Рисунок 7.11 – Еджерна кліть з нижнім приводом
 (ліва частина кліті) [15]



шпинделю 9. Вал 12 з валком 1 приводиться від електродвигуна 7 через редуктор 8, шпindel 9, вал 10 та конічну передачу 11. Шліцеве з'єднання валів 9–10 дозволяє касеті 2 з валком переміщатись відносно встановленого на фундаменті приводу 7, 8 без втрати передачі крутного моменту. Привід кожного валка індивідуальний.

Касети 2 зводяться натискними гідроциліндрами 4, 5 і розводяться гідроциліндрами врівноваження 6. Через консольне розміщення валка 1 верхня підшипникова опора і верхній натискний гідроциліндр 4 сприймають більші навантаження, ніж нижні, і відповідно мають більші розміри.

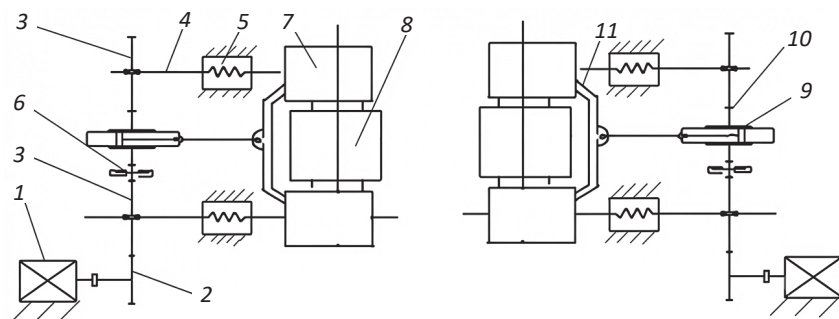
Основною перевагою еджерної кліті з нижнім приводом є невеликі розміри. Це дозволяє встановлювати її майже впритул до горизонтальної кліті. Також зручно здійснювати перевалку консольних валків 1, вал 12 при цьому залишається у касеті. До недоліків відносяться наявність конічних передач у приводах валків, нерівномірне навантаження на підшипники і натискні циліндри, знаходження приводів у зоні забруднення окалиною та стоками з кліті.

На багатьох ТЛС та ШСГП, побудованих у минулому сторіччі, використовувались електромеханічні гвинтові натискні механізми вертикальних валків, принцип роботи яких зрозумілий із кінематичної схеми на рис. 7.12. (див. с. 144)

З появою необхідності регулювати обтиснення під час прокатки їх стали замінювати на швидкодіючі гідравлічні натискні механізми (ГНМ). З урахуванням великих переміщень вертикальних валків фірма SMS розробила комбіновані натискні механізми на базі електромеханічних, що дає можливість модернізувати існуючі робочі кліті. У комбінованому натискному механізмі (рис. 7.13, див. с. 144) у отворах рами-станини 1 встановлені корпуси гідроциліндрів 2. Поршні гідроциліндрів 3 виконані у виді гайок. Для цього в них зроблено наскрізний отвір, в якому нарізана різьба для гвинта 4. При цьому при модернізації вертикальних клітей можна використовувати існуючі гвинти з електромеханічним приводом 5. При роботі в режимі ГНМ гвинт 4 слугує штоком для поршня 3. При роботі електромеханічного механізму

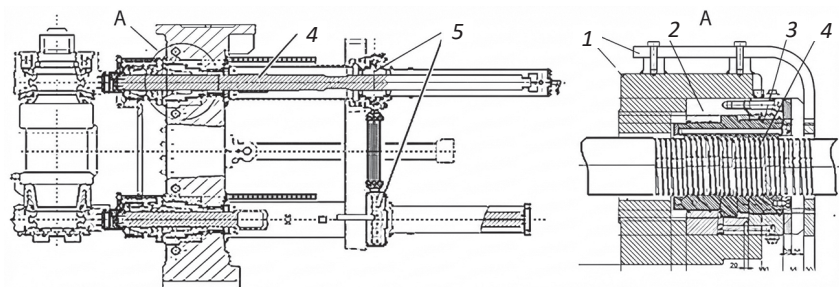
гідроциліндр 2, 3 слугує гайкою гвинтової пари, у якій гвинт 4 обертається приводом 5.

В універсальних робочих клітках знаходяться і вертикальні, і горизонтальні валки. Верхній привід вертикальних валків розташований на станині горизонтальних валків (рис. 7.14, див. с. 145). Інколи універсальною кліткою називають



- 1 – електродвигун; 2 – привідна шестірня; 3 – зубчасте колесо; 4 – натискний гвинт; 5 – гайка; 6 – розчіпна шестірня; 7 – подушка; 8 – валок вертикальний;
9 – гідроциліндр врівноваження; 10 – паразитна шестірня;
11 – траверса

Рисунок 7.12 – Кінематична схема електромеханічного натискного механізму вертикальних валків

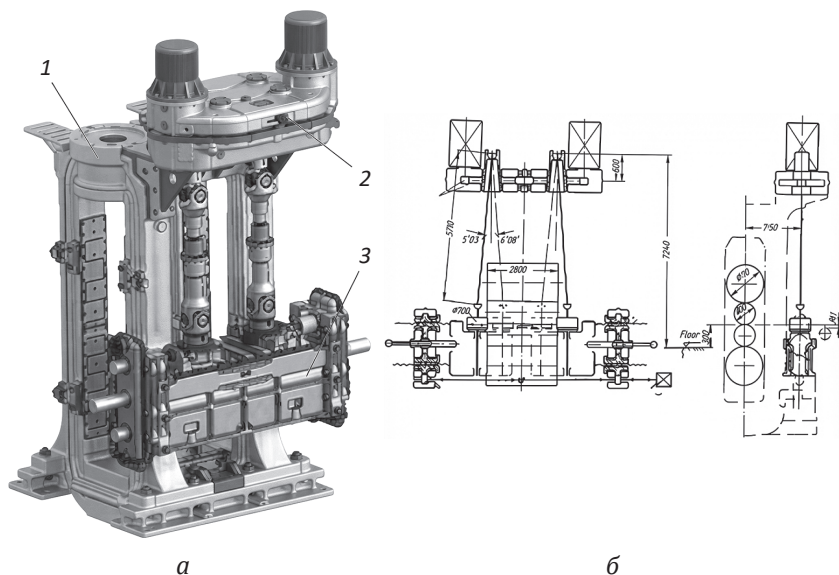


- 1 – станина; 2 – гідроциліндр; 3 – гайка-поршень;
4 – натискний гвинт; 5 – електромеханічний привід
натискних гвинтів

Рисунок 7.13 – Схема комбінованого натискного механізму вертикальних валків фірми SMS [24]

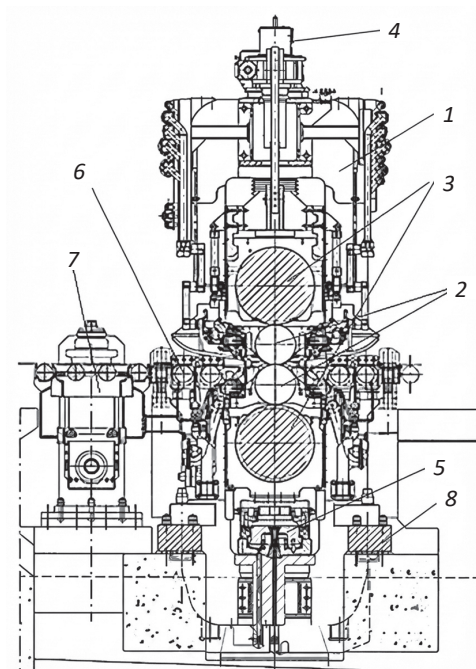
комбінацію встановлених впритул еджерної і горизонтальної клітей. Така універсальна кліть фірми Danieli [15] для ТЛС і станів Стекла показана на рис. 7.15 (див. с. 146).

Ця кліть одна з найбільш потужних і розрахована на сприйняття сили прокатки 70 МН (для порівняння сила прокатки у клітях ТЛС 3600 складала 45 МН). Складається із еджерної кліті 7 і горизонтальної кліті, встановлених практично впритул. Обладнання горизонтальної кліті аналогічне розглянутим раніше. Традиційно для клітей Danieli натискний комбінований механізм складається з верхнього електромеханічного 4 та нижнього гідравлічного 5 механізмів. Особливістю, характерною для клітей ТЛС, є масивні проводки та приводні станинні ролики 6 для передачі прокату між вертикальними 7 і горизонтальними 2 валками та передачі на робочий рольганг за кліттю.



а
б
1 – станина; 2 – привід вертикальних валків;
3 – вертикальна кліть

Рисунок 7.14 – Розміщення (а) та кінематична схема (б) приводу вертикальних валків універсальної кліті



1 – станина; 2 – валки робочі; 3 – валки опорні;
 4 – натискний механізм електромеханічний; 5 – натискний
 механізм гідравлічний; 6 – станинні ролики;
 7 – вертикальні валки з нижнім приводом;
 8 – фундаментні плити

Рисунок 7.15 – Універсальна чорнова робоча кліть ТЛС/
 Стекла 3400 фірми Danieli [15]

|| 7.4 Механізми профілювання міжвалкового зазору

Ці механізми використовуються лише на листопрокатних станах. Призначенням механізмів профілювання є забезпечення в процесі прокатки еквідистантного міжвалкового зазору (паралельності поверхонь бочок робочих валків).

Внаслідок дії силових та температурних факторів при прокатці міжвалковий зазор змінює свій профіль. У результаті згину

валків під дією сили прокатки відстань між валками посередині стає більшою, ніж по краях. Внаслідок дії температури валок стає бочкоподібним, і зазор по краях стає більше, ніж по середині. В обох випадках це призводить до поперечної різнотовщинності прокату (рис. 7.16).

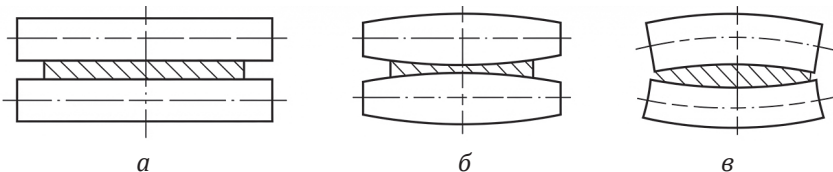


Рисунок 7.16 – Профілі міжвалкового зазору: еквідистантний (а), внаслідок нагрівання (б), від прогину валків (в)

Для зменшення поперечної різнотовщинності листового прокату застосовують верстатне, теплове профілювання, протизгин (компенсаційний згин) валків, осьове зрушення профільованих валків, перехрещення валків, гідравлічне профілювання валків, які створюють у валках деформації, що компенсують впливи, зображені на рис. 7.16.

Сутність верстатного профілювання полягає в тому, що поверхні бочки валка під час переточувань надається певна форма відповідно до заданої опуклості (увігнутості) на основі розрахунку деформації валків. Однак при розрахунку або виборі вихідної опуклості (увігнутості) валків важко врахувати всі змінні фактори, що впливають на профіль бочки в процесі прокатки. У зв'язку із цим верстатне профілювання валків забезпечує одержання необхідного поперечного профілю смуги, як правило, за номінальних умов прокатки і не є оперативним.

В основу теплового профілювання покладений перепад температур по довжині бочки валка, що забезпечує її певну теплову опуклість (увігнутість). На відміну від верстатного теплове профілювання дозволяє впливати на профіль поверхні валків у процесі прокатки. Теплове регулювання профілю валків у процесі прокатки здійснюється подачею на поверхню їхніх бочок охолодної рідини (на станах гарячої прокатки) або нагріванням валків за допомогою газових пальників, індукторів тощо (переважно

на дресирувальник станах, де немає змащення прокату). Подачу охолодної рідини або тепла роблять диференційовано по довжині бочок валків, причому витрату рідини або тепла регулюють.

На рис. 7.17, 7.18 наведено схему теплового профілювання, яка використовується на станах гарячої прокатки штаб [14]. Вона заснована на принципі, згідно якому кількість охолоджувальної рідини, що подається на поверхню, яку охолоджують, пропорційна відстані від форсунок до цієї поверхні (рис. 7.17).

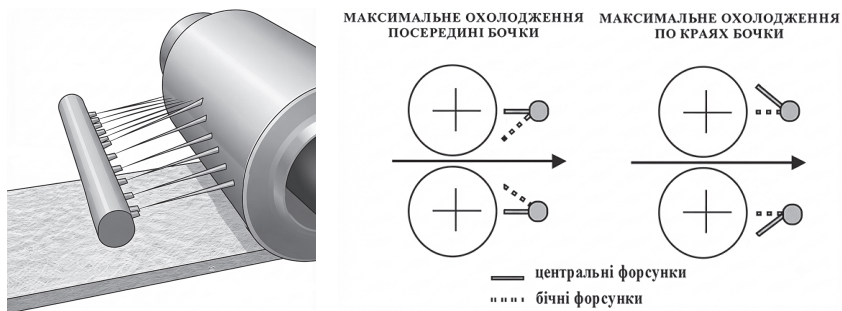
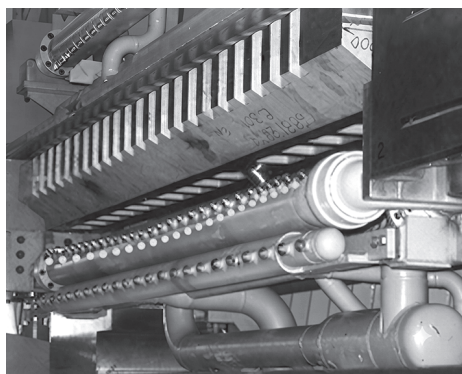
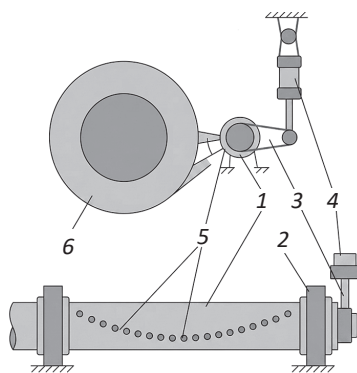


Рисунок. 7.17 – Схема теплового профілювання нерівномірним охолоджуванням бочки валка при гарячій прокатці [14]



a



б

1 – труба; 2 – шарнірні опори; 3 – важіль; 4 – гідроциліндр;
5 – форсунки; 6 – валок

Рисунок 7.18 – Загальний вигляд (*a*) та схема (*б*) пристрою для теплового профілювання робочих валків стану гарячої прокатки [14]



Для реалізації цього принципу розроблено конструкцію (рис. 7.18), в якій труба 1 для подавання охолоджувальної рідини встановлена з можливістю повороту у підшипникових опорах 2.

Поворот труби здійснюється за допомогою важеля 3 від гідроциліндру 4. Форсунки 5, через які рідина спрямовується під тиском на валки, розміщені по кривій лінії (рис. 7.18), що дозволяє змінювати відстань від форсунок до валків при повертанні труби 1 відповідно до схеми на рис. 7.17, тим самим змінюючи ступінь охолодження середини бочки відносно країв.

Основним недоліком теплового профілювання є його відносно низька швидкодія, оскільки температурні зміни в металі валків потребують певного часу.

Наразі найбільш поширеним, оперативним та ефективним засобом профілювання міжвалкового зазору є протизгин валків клітей кварто, який відрізняється швидкістю, ефективністю й легкістю автоматизації. Сутність протизгину валків полягає в тому, що до шийок валків прикладають додаткові сили, які вигинають валки назустріч вигину від сили прокатки з метою часткової або повної компенсації стріли прогину робочого валка.

Суттєвою вадою цього способу є те, що сила протизгину – це додаткова до сили прокатки вертикальна сила, яка діє на робочу кліть. Тому протизгин здійснюють як самостійно, так і у сполученні з іншими видами профілювання валків, щоб зменшити згадану силу. Застосовують кілька схем протизгину валків чотирьохвалкових клітей (рис. 7.19, див. с. 150).

1. Силу прикладають між подушками робочих валків – протизгин робочих валків (рис. 7.19, а).

2. Силу прикладають між подушками робочого та опорного валків – додатковий згин бочкоподібно спрофільованих робочих валків (рис. 7.19, б).

3. Силу прикладають до подовжених шийок опорних валків – протизгин опорних валків (рис. 7.19, в).

На сучасних станах використовують комбінацію перших двох схем. Третя схема, незважаючи на те, що є теоретично найбільш ефективною, майже не використовується, оскільки вимагає, по-перше, значної у порівнянні з попередніми способами сили протизгину (до 30 % від сили прокатки), яка додатково і досить

суттєво навантажує робочу кліть, та, по-друге, ускладнює конструкцію вузла опорних валків додатковими подушками, до яких прикладають силу протизгину (рис. 7.20) [7].

Конструкційно протизгин за першою і другою схемами здійснюють гідроциліндрами, розміщеними у спеціальних

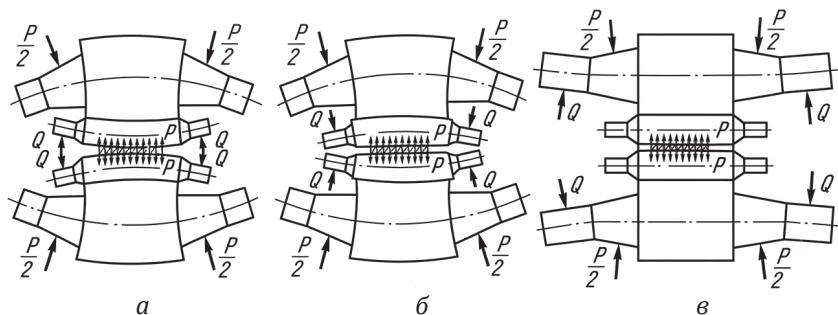
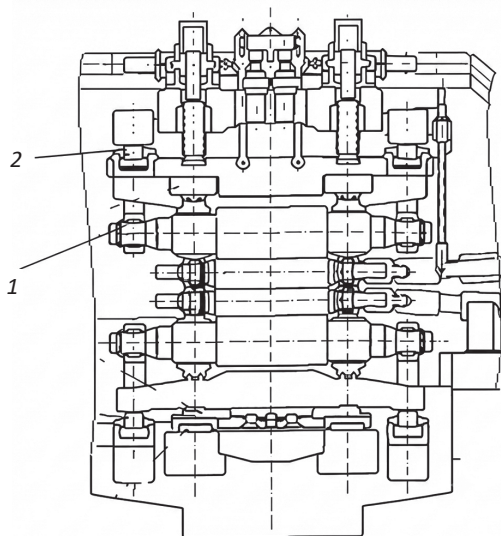


Рисунок 7.19 – Схеми компенсаційного згину валків: протизгин робочих валків (а), додатковий згин бочкоподібних робочих валків (б), протизгин опорних валків (в) [2; 4; 7]



1 – додаткова подушка; 2 – гідроциліндр протизгину

Рисунок 7.20 – Схема робочої кліті з протизгином опорних валків [7]

гідроблоках, що кріпляться до станини між подушками опорних валків (рис. 7.21).

Найбільш поширеною є схема з розміщенням гідроциліндрів протизгину робочих валків та врівноваження опорних у гідроблоках, а додаткового згину робочих валків – у подушках опорних валків, яка називається Mae West блок (рис. 7.21, а). Гідроциліндри протизгину водночас виконують функцію врівноваження робочих валків. Гідроблоки в такій схемі мають

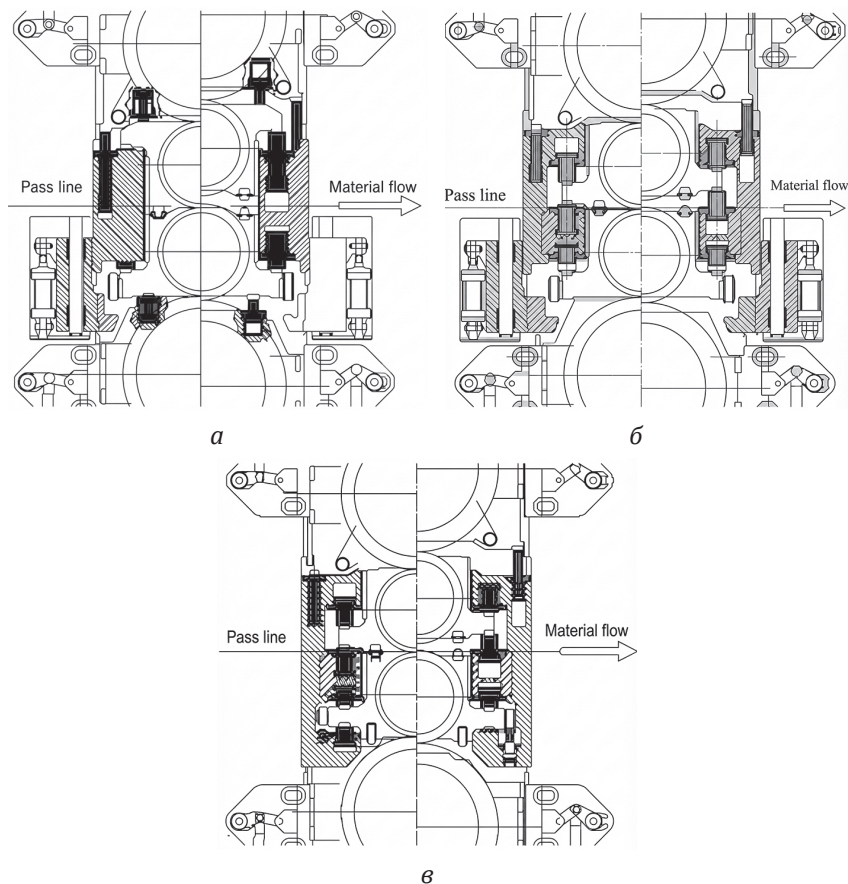


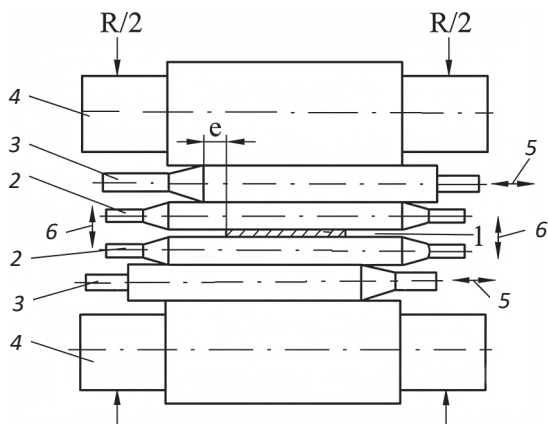
Рисунок. 7.21 – Схеми гідроблоків, що забезпечують протизгин – додатковий згин робочих валків: Mae West блок (а); С-блок (б); Е-блок (в) [14]

простішу конструкцію, а сама схема дозволяє використовувати плунжерні гідроциліндри.

С-блоки (рис. 7.21, б) та Е-блоки (рис. 7.21, в) одержали такі назви, бо за профілем нагадують відповідні букви латиниці. Усі гідроциліндри в цьому випадку розміщені в блоках. Е-блоки можна використовувати у 6-валкових клітках.

Профілювання міжвалкового зазору осьовим зрушенням профільованих валків з'явилося в 70-х роках минулого сторіччя. Фірмою «Shin Nippon Seitetsu» (Японія) була розроблена шести-валкова кліть із проміжними валками, що переміщуються в осьовому напрямку. При цьому проміжні (напівопорні) валки 3, розташовані за схемою, наведеною на рис. 7.22, мали профільовані конусні крайки бочки. Кліть одержала назву кліті HCM (High Control Middle) [4; 6; 7].

Відомо, що якщо довжина контакту робочих валків з опорними збігається з довжиною контакту робочих валків зі смугою, то прогин робочих валків збігається із прогином опорних, якщо ж такого збігу немає, то в кліті кварто виникає згинальний момент, що діє на робочі валки від впливу крайових ділянок



1 – прокат; 2 – робочі валки; 3 – проміжні (напівопорні) валки; 4 – опорні валки; 5 – напрямок дії осьового зрушення; 6 – напрямок дії протизгину

Рисунок 7.22 – Схема шестивалкової кліті з осьовим зрушенням проміжних валків [6]



опорних валків, що перебувають за межами ширини смуги. До початку застосування шестивалкових клітей умови збігу довжини контакту робочих валків з опорними з довжиною контакту робочих валків зі смугою намагалися забезпечити застосуванням скосів по краях опорних валків [4; 6; 7].

Зміною положення основи конусних ділянок проміжних валків таким чином, щоб воно збігалось із краєм різних по ширині смуг, що прокатуються, як показано на рис. 7.22 (верхнього проміжного валка з лівим краєм смуги, а нижнього із правим), досягається умова рівності довжини контакту опорного й робочого валків (виконання умови $l=0$)

У клітях НСМ осьовий зсув мають тільки проміжні (M – middle) валки. Наступним кроком стало створення клітей з осьовим зсувом проміжних і робочих валків (кліті НСМW). Величину зсуву проміжних валків вибирають залежно від ширини смуг, що прокатуються. Приводними в клітях НСМ і НСМW можуть бути робочі, проміжні або опорні валки, що визначається відношенням діаметра до довжини бочки робочого валка (D_p/L_p).

Осьове зрушення валків з пляшкоподібним профілюванням розробила фірма SMS. Валки зміщаються один відносно одного в протилежних напрямках на однакову відстань, утворюючи симетричний міжвалковий зазор і поперечний профіль смуги від прямокутного до опуклого з різною величиною опуклості. Можливе й одержання увігнутої форми смуги, але такі смуги не прокатують через нестійкість їх відносно осі прокатки. Схема одержала назву CVC (Continuously Variable Crown) [2; 4; 6; 7]. У вихідному положенні (без зсуву валків, рис. 7.23, а (див. с. 154)) міжвалковий зазор однаковий по довжині бочки валків і смуга прокатується з поперечною прямокутною формою. При зсуві валків у протилежному напрямку з'являється опукла форма смуги. Чим більше зсув, тим більше опуклість смуги. Профілювання виконане по кривій, близькій до синусоїди. Слід зважити, що коли мова йде про профілювання валків, його величина складає міліметри та десятки долі міліметра.

Осьове зрушення валків виконують спеціальні механізми з приводом від гідроциліндрів. Для цього подушки робочих валків з боку механізмів мають виступи (або додаткові подушки з виступами), з якими зчіплюються деталі та вузли, що з'єднують

їх з виконавчими гідроциліндрами. Існують механізми з прямолінійним та непрямолінійним переміщенням зазначених вузлів.

Механізм осьового зрушення прямої дії (рис. 7.24) складається з розміщених на станині 1 з боку обслуговування гідроциліндрів 5. Їхні штоки 6 з'єднані з упорами-повзунами 7, які мають

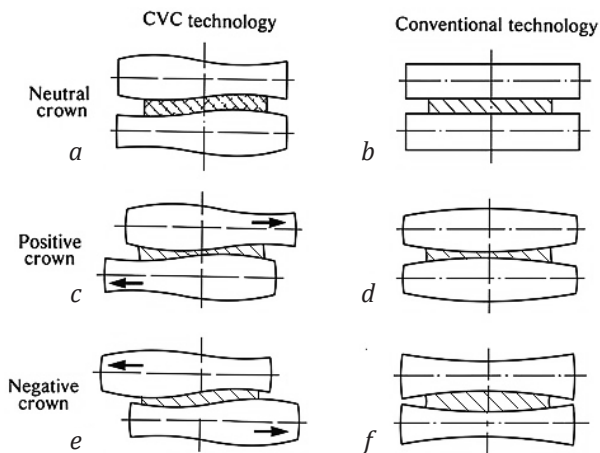
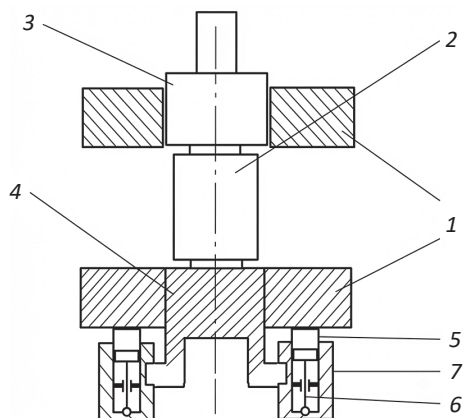


Рисунок 7.23 – Схема роботи системи CVC [4]



1 – станина; 2 – робочий валок; 3 – подушка задня;
4 – подушка передня; 5 – корпус гідроциліндра;
6 – шток; 7 – упор-повзун

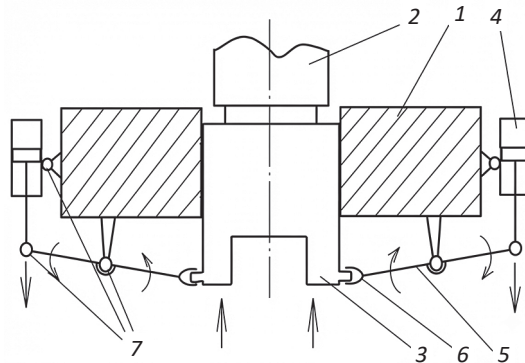
Рисунок 7.24 – Схема механізму осьового зрушення прямої дії

зачеплення з виступами на подушці 4. Через них рух від штоків 6 передається валку 2.

Механізми з прямим переміщенням конструктивно простіші, але мають суттєвий недолік. Він полягає в тому, що лінія дії сили, що прикладена до подушки, не співпадає з лінією дії сили гідроциліндру, внаслідок чого виникає пара сил. Для її компенсації виникають реакції, які створюють радіальне навантаження на шток гідроциліндра, що неприпустимо і вимагає додаткових елементів для розвантаження штока від цієї сили.

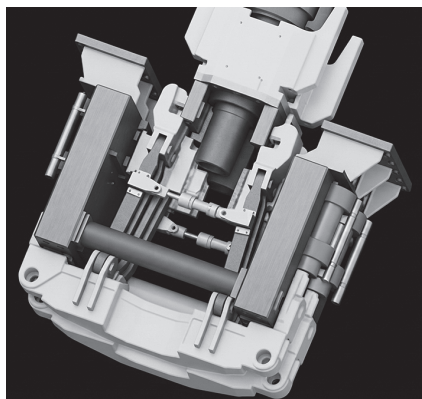
У механізмах з непрямолінійним переміщенням для передачі руху від гідроциліндрів подушкам використовуються важільні механізми (рис. 7.25). Вони більш складні, але в них відсутній попередній недолік.

Комбінацією двох схем є конструкція фірми Danieli (рис. 7.26, див. с. 156), у якій механізми осьового переміщення валків розміщених з боку приводу. Виконавчі гідроциліндри 1 встановлені на кронштейнах 2, прикріплених до станини 3. До штоків гідроциліндрів шарнірно приєднані поперечні траверси 4, до яких також шарнірно приєднані тяги 5, що безпосередньо контактують з подушками робочого валка 6. Тяги з'єднані між собою гідроциліндром 7, який вводить їх у зачеплення з виступами на подушках 6 робочих валків та виводить при перевалках.

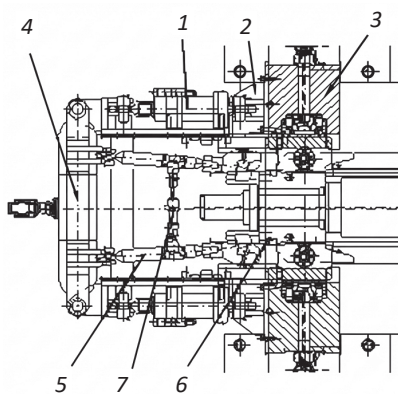


- 1 – станина; 2 – робочий валок; 3 – подушка передня;
4 – гідроциліндр; 5 – важіль; 6 – упор; 7 – шарніри

Рисунок 7.25 – Схема важільного механізму осьового зрушення



a



б

1 – гідроциліндр; 2 – кронштейн; 3 – станина; 4 – траверса;
5 – тяга; 6 – подушка; 7 – гідроциліндр

Рисунок 7.26 – Загальний вигляд (*a*) та схема (*б*) механізму осьового зрушення фірми Danieli [14; 15]

В останній час на станах почали використовувати профілювання міжвалкового зазору перехрещенням осей верхнього і нижнього комплектів валків. У перехрещених валках величина між валкового зазору по крайках прокату S_k більша, ніж посередині S_c (рис. 7.27, *a* (див. с. 157)), і різниця між ними складає:

$$\delta S = S_k - S_c = \frac{b^2 \operatorname{tg} \theta}{2(d + S_c)},$$

де S_k , S_c – розмір між валкового зазору по крайках прокату та посередині, відповідно;

b – ширина прокату;

d – діаметр робочих валків;

θ – кут перехрещення осей валків.

З урахуванням того, що при вигині валків силою прокатки зазор по крайках менший, ніж посередині, перехрещення осей валків компенсує його.

У робочих клітях складність виконання обмежує використання цього способу. Лише в останні роки з'явилися промислові конструкції фірм Mitsubishi з механічним приводом (рис. 7.27, *б*) та Danieli



з гідравлічно-важільним (рис. 7.28, 7.29) механізмами перехрещення валків. Принцип дії полягає у протилежному горизонтальному переміщенні подушок валка у зазорах вікон станини, причому подушки верхнього і нижнього валків переміщують в протилежних напрямках. На сучасних станах кварто здійснюють перехрещення комплекту робочих і опорних валків, оскільки перехрещення лише опорних валків призводить до перерозподілу і значного зростання контактних напружень по бочці валка. Конструкційно це призводить до появи бічних горизонтальних натискних механізмів, які проходять в отвори у стояках станин і контактують безпосередньо або через проміжні деталі з подушками валків.

Розглянемо схему гідравлічного механізму (рис. 7.28). На бокових поверхнях станин робочої кліти шарнірно закріплені гідравлічні циліндри 1, з'єднані з важелем 2, який тягою (важелем) 3 з'єднаний з важелем 4.

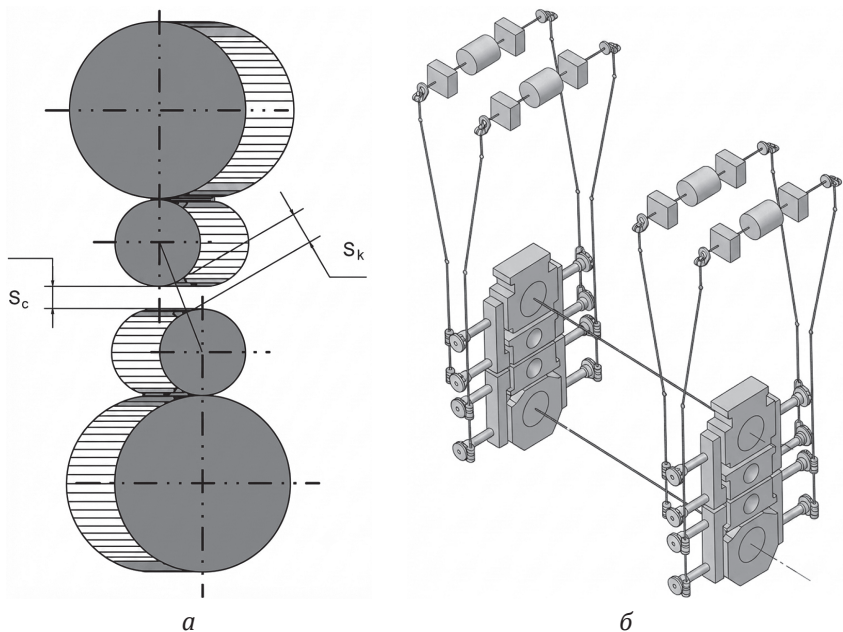
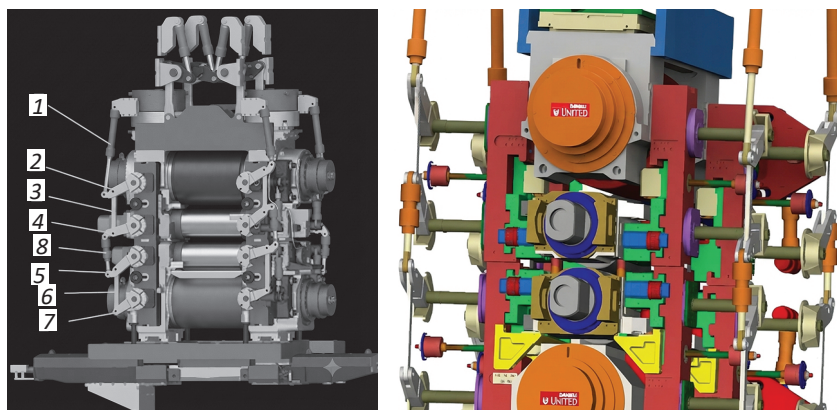


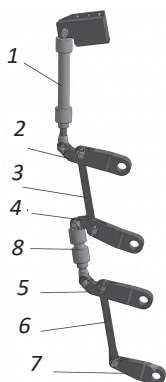
Рисунок 7.27 – Принципова схема профілювання міжвалкового зазору перехрещенням осей валків (а) та схема механізму перехрещення фірми Mitsubishi [1] (б, станина умовно не показана)

Важелі 2-4 утворюють шарнірний паралелограм (рис. 7.29, а), призначений для переміщення у вікнах станини подушок верхніх валків. Аналогічний шарнірний паралелограм 5-7 діє на подушки нижніх валків. Обидві групи важелів з'єднані гідроциліндром 8.

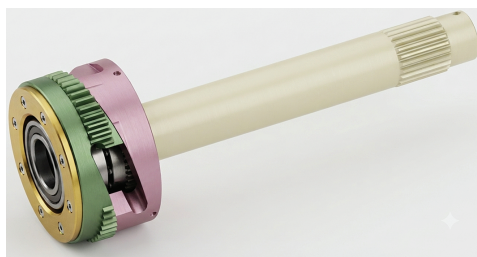


1, 8 – гідроциліндри; 2, 4, 5, 7 – важелі; 3, 6 – тяги

Рисунок 7.28 – Розміщення гідравлічно-важільного механізму перехрещення валків на кліті фірми Danieli (станина умовно не показана) [14]



а



б

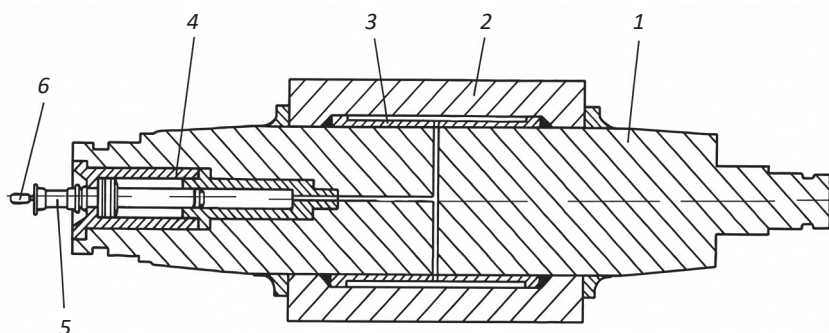
Рисунок 7.29 – Елементи гідравлічно-важільного механізму перехрещення валків фірми Danieli: гідравлічно-важільний пристрій (а), циліндрична клинова пара (б) [14]
(позиції відповідають рис. 7.28)

Гідроциліндр 1 здійснює переміщення системи важелів, а гідроциліндр 8 – автономне переміщення нижніх важелів відносно верхніх, у тому числі і в протилежному напрямку.

Важелі 2, 4 встановлені на хвостовиках валів, що розміщені в отворах стояків станин. Вали приводять рухомий клин колової клинкової передачі (рис. 7.29, б), яка подібна за принципом дії до одного витка різьби. Нерухомий клин передачі закріплений на спеціальній планці, встановленій між станиною та подушкою валка. Таким чином, обертання рухомого клина викликає осьове переміщення нерухомого клина разом з планкою, яке передається на подушку валка і переміщує її горизонтально в межах зазору вікна станини.

Недоліком таких конструкцій є поява додаткових зазорів між станиною та подушкою, яка спирається на досить тонкі стрижні або гвинти. Це призводить до зниження горизонтальної жорсткості кліті, що знижує точність настройок та підвищує зношення елементів конструкції. Тому незважаючи на теоретичну ефективність способу, широкого практичного використання він не одержав.

Серед інших конструкцій механізмів профілювання міжвалкового зазору слід вказати на гідравлічне профілювання бочки валка. Валок у цьому випадку виконано складеним з власне валка 1 та обичайки 2, що є бочкою валка (рис. 7.30) [4; 7].



1 – валок; 2 – обичайка; 3 – порожнина; 4 – стакан;
5 – вертлюг; 6 – трубопровід

Рисунок 7.30 – Валок з гідравлічним профілюванням бочки [6; 7]



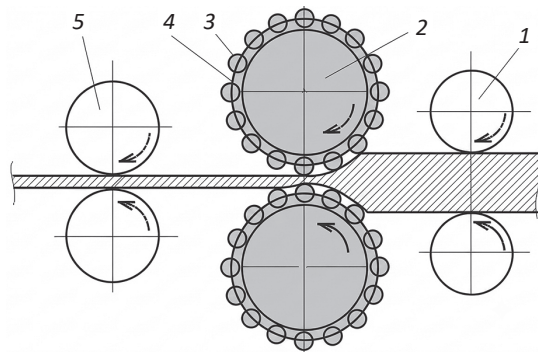
Між валком 1 і обичайкою 2 є порожнина 3, в яку під тиском за допомогою вертлюга 5 (пристрій для постачання рідини в конструкції, що обертаються) подається масло. Під дією тиску обичайка набуває бочкоподібність з вигином назустріч силі прокатки, компенсуючи викликаний нею згин валка. Але складність конструкційного виконання та експлуатації суттєво обмежує можливість використання цієї схеми.

|| 7.5 Планетарні стани

Планетарний стан був створений Т. Сендзіміром у 40-х роках минулого сторіччя. Планетарний стан є конструкцією, яка складається із двох великих опорних валків навколо яких у сепараторах з великою швидкістю синхронно обертаються робочі валки невеликого діаметру. Щоб зрозуміти таку конструкцію, уявіть роликівий підшипник зі знятим зовнішнім кільцем. Рух робочих валків навколо опорних нагадує обертання планет навколо сонця, звідси й назва таких станів – планетарні. Заготовка, що входить за допомогою задавальних валків у осередок деформації, періодично обтискається парами робочих валків (звідси інша назва цих станів – стани періодичної прокатки).

Планетарні стани мають, як правило, коротку бочку валків (455–643 мм і рідко більше 1000 мм). Є два різновиди цих станів – стани конструкції Сендзіміра й стани конструкції Круппа-Платцера. Основні їхні достоїнства – можливість великих, до 90 %, одиничних обтиснень (за один оберт опорного валка) і суміщення безпосередньо із МНЛЗ, оскільки швидкість прокатки на цих станах невелика. На рис. 7.31 (див. с. 161) показана схема робочої лінії планетарного стану конструкції Сендзіміра [1].

У планетарних станах конструкції Сендзіміра крутний момент приводу може передаватися робочим валкам через сепаратори або через опорні валки силами тертя. Конструкція станів із приводом через сепаратори простіше, але застосовуються вони тільки для сталей і сплавів з низьким опором деформації. Тому частіше застосовують привод через опорні валки.



1 – задавальні валки планетарної кліті; 2 – опорні валки планетарної кліті; 3 – робочі планетарні валки; 4 – обойми-сепаратори; 5 – прогладжувальна кліть

Рисунок 7.31 – Спрощена схема планетарного стану

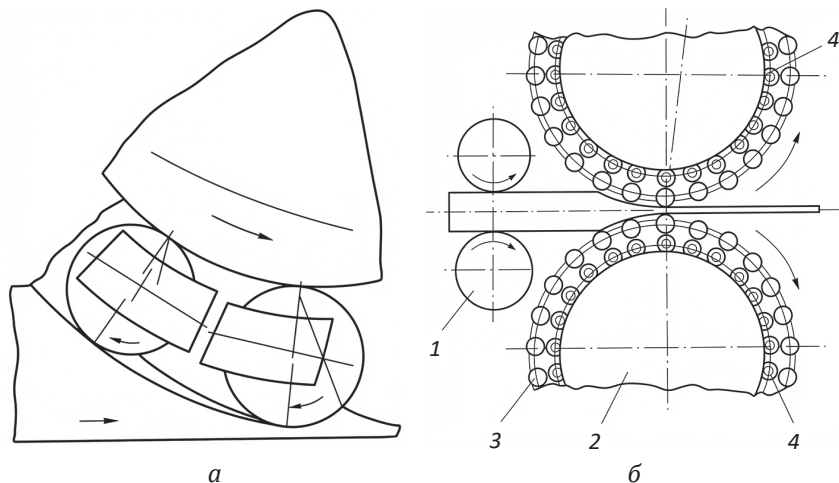
Заготовка надходить у робочу кліть за допомогою задавальних роликів 1, оскільки робочі валки 3 не мають захоплювальної здатності. На деяких станах як задавальну кліть використовують вертикальні кліті, що виконують також роль окалиноломача. Далі заготовка надходить у планетарну кліть, де багаторазовим обтисненням робочими валками 3 одержують необхідну товщину. Обтиснення в планетарних клітях визначається числом робочих валків, що знаходяться в зоні контакту з металом. В осередку деформації прокат обтискається послідовно декількома парами валків. Кожна пара робочих валків проводить незначне обтиснення, але за рахунок великої кількості обтиснень за один прохід забезпечується велика сумарна деформація. Сумарне обтиснення становить 95–98 % за один прохід, тобто кожний такий стан як би стає еквівалентним безперервній лінії прокатки, що складає з декількох станів. Це і є основною перевагою планетарних станів. Інтенсивна деформація обумовлює підвищення температури металу в осередку деформації на 100...150 °С, що дозволяє знизити температуру нагрівання сляба в прохідній печі й тим самим заощадити паливо й знизити виграє металу.

Також за рахунок деформації валками малого діаметру зменшується потребуєма сила прокатки, що дозволяє прокатувати метали і сплави, які важко деформуються. Крім того, такі стани

мають невелику швидкість прокатки (в цьому випадку мається на увазі швидкість смуги), що дозволяє відносно легко суміщати їх з МНЛЗ у ливарно-прокатних модулях. Швидкість задавання металу в кліть 0,5–3,5 м/хв (що відповідає швидкості розливання слябів на МНЛЗ), а швидкість виходу смуги з валків 0,5–2 м/с.

Одним з істотних недоліків стана Сендзіміра є те, що прока-тана смуга має хвилясту форму. Це пояснюється тим, що робочі валки, пройшовши точку найбільшого зближення, починають розходитися, рухаючись по окружності й продовжуючи деформу-вати зміщений об'єм (рис. 7.32, а). Звичайно вона не переви-щує 0,05 мм на сторону. Згладжування гребінців відбувається у прогладжувальній кліті 5 (рис. 7.31). Прогладжувальні кліті двохвалкові з діаметром валків до 800 мм, потужність приводу до 600 кВт [1; 25].

Вказаний недолік усунуто у планетарному стані Круппа-Платцера [1; 6; 7]. Для узгодження напрямку обертання робочого валка між робочими й опорними валками поміщені проміжні валки, що значно ускладнюють і без того складну конструкцію

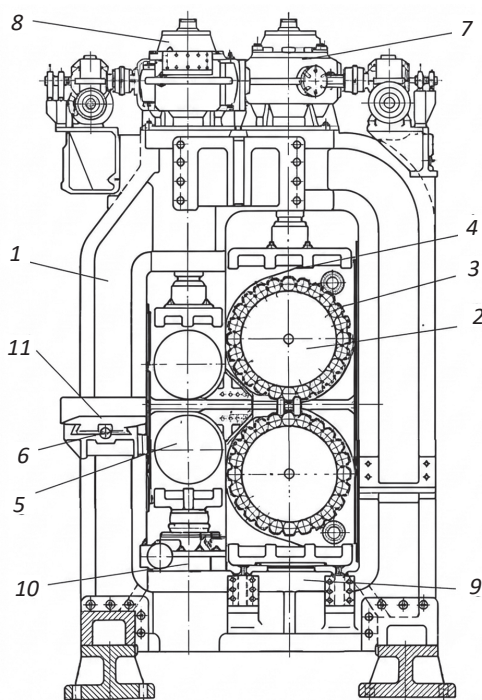


1 – задавальні ролики; 2 – опорний валок; 3 – робочі валки;
4 – проміжні валки

Рисунок 7.32 – Схема обтиснення на стані Сендзіміра (а) та вузол валків і розташування задавальних роликів стана Круппа-Платцера (б)

кліті. Схема валкового вузла стана Круппа-Платцера приведена на рис. 7.32, б. Обертання обойм, як і в стані Сендзіміра, синхронізовано.

На рис. 7.33 приведена конструкція планетарної кліті Сендзіміра. Задавальні ролики зазвичай розміщують в кліті безпосередньо біля вузла валків. Планетарна кліть стану Сендзіміра складається із двох опорних валків діаметром 450–1300 мм, довжиною бочки 450–1450 мм, навколо яких розташовуються до 50 робочих валків діаметром 50–200 мм. Робочі валки закріплені в сепараторах, що обертаються, як і опорні валки, у напрямку прокатки, але з меншою швидкістю, що обумовлює обертання робочих валків малого діаметра в напрямку,



- 1 – станина; 2 – опорний валок; 3 – робочі валки;
4 – подушка; 5 – ролик задавальний; 6 – подушка;
7–10 – натискні механізми; 11 – проводка

Рисунок 7.33 – Робоча кліть планетарного стану [1]



зворотному напрямку переміщення прокату. Для збереження взаємного розташування робочих валків у верхніх і нижніх ободах, а також їхнього синхронного обертання, сепаратори зв'язані між собою шестірнями, які приводяться в обертання від приводного двигуна опорних валків [1].

Робоча кліть містить станину 1, у вікнах якої розміщені вузли планетарних валків та задавальних роликів. Валковий вузол має два опорних валка 2, навколо яких в сепараторах розміщені по 24 робочих валки 3. Опорні валки встановлені в подушках 4. Паралельно з ними в подушках 6 встановлені задавальні ролики 5. І валки, і ролики мають власні верхні 7, 8 та нижні 9, 10 натискні механізми. На вході в робочу кліть встановлена проводка 11.

Як станам Сендзіміра, так і станам Круппа-Платцера властиві суттєві недоліки. Як було відзначено раніше, на станах Сендзіміра є хвилястість штаби, що прокатується.

Цього недоліку немає у станах Круппа-Платцера, де робочі валки обертаються у напрямку руху штаби. Однак стан Круппа-Платцера конструкційно істотно складніше стана Сендзіміра за рахунок наявності проміжних валків. Крім хвилястості вихідної смуги на стані Сендзіміра й складності конструкції стана Круппа-Платцера, цим стана властиві й інші недоліки. Для досягнення необхідної продуктивності число робочих валків доводять до 20–50. Оскільки робочі валки розташовуються у вузлах майже впритул, то настільки велике їхнє число веде до зменшення діаметра підшипників робочих валків. З іншого боку, досягнення необхідної продуктивності змушує тримати швидкість обертання досить високою, що в остаточному підсумку приводить до високої частоти обертання робочих валків, яка на практиці досягає 2–3 тис. об/хв. Поєднання таких факторів, як конструкційно продиктовані малі розміри підшипникових опор і високі швидкості обертання робочих валків під навантаженням, приводять найчастіше до низької працездатності цих вузлів.

Внаслідок цих недоліків планетарні стани використовують обмежено, насамперед для прокатки матеріалів, що важко деформуються.



Контрольні питання

1. Вкажіть сортамент продукції ТЛС та ШСГП.
2. Наведіть схеми обладнання ТЛС та вкажіть його взаємодію.
3. Назвіть типи широкоштабових станів та їх продуктивність.
4. Наведіть схему обладнання традиційного ШСГП та вкажіть його взаємодію.
5. Чим відрізняється склад обладнання широкоштабових ЛПМ від традиційного ШСГП?
6. Назвіть склад вузлів і механізмів горизонтальної кліті кварто ТЛС.
7. Назвіть переваги та недоліки еджерних клітей з верхнім та нижнім приводом.
8. Чому в еджерних клітях з двохопорними валками натискні гідроциліндри однакові, а з консольними – різні?
9. Опишіть особливості вузлів і механізмів вертикальної кліті з нижнім приводом валків.
10. Охарактеризуйте склад обладнання чистових робочих клітей ШСГП.
11. На яких станах листопрокатного виробництва і де використовують універсальні кліті?
12. Наведіть схеми обладнання станів Стекеля та вкажіть його взаємодію.
13. Обґрунтуйте необхідність профілювання міжвалкового зазору на листопрокатних станах.
14. Які типи профілювання міжвалкового зазору використовують у робочих клітях листопрокатних станів?
15. У чому сутність і недоліки верстатного профілювання валків?
16. За яким принципом здійснюється теплове профілювання міжвалкового зазору на станах гарячої прокатки?
17. Охарактеризуйте види протизгину, що використовуються, переваги та недоліки.
18. Чому протизгин опорних валків практично не використовують?
19. Наведіть та поясніть схеми гідроблоків для протизгину валків.
20. Як регулюють профіль міжвалкового зазору осьовим зсувом валків?
21. Наведіть схеми механізмів осьового зсуву.
22. Поясніть регулювання міжвалкового зазору при SVC-технології.
23. Поясніть сутність профілювання міжвалкового зазору шляхом перехреснення осей валків.

- 
24. Чому спосіб профілювання міжвалкового зазору шляхом перехрещення осей валків не набув широкого впровадження?
 25. Наведіть приклади схем механізмів профілювання міжвалкового зазору шляхом перехрещення осей валків.
 26. Поясніть конструкцію та роботу планетарного стану.
 27. Навіщо в планетарних станах Сендзіміра використовують прогладжувальну кліть?
 28. Вкажіть переваги та недоліки планетарних станів.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СТАНІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ

|| 8.1 Типи станів холодної прокатки

На станах холодної прокатки виробляють холоднокатані смуги товщиною 0,4–3 мм, жерсть товщиною 0,13–0,38 мм, стрічки товщиною 0,05–3,5 мм. Деякі стани призначені для прокатки листів товщиною 0,5–5 мм, але їх небагато, і більшу частину холоднокатаних листів одержують шляхом розрізання смуги на мірні довжини на агрегатах поперечного різання. Заготовкою для станів холодної прокатки є гарячекатана штаба в рулонах.

Стани холодної прокатки є як реверсивні, так і безперервні. Одноклітьові реверсивні стани (рис. 8.1, а) мають продуктивність 200–400 тис. т/рік. Безперервні стани (рис. 8.1, в) мають продуктивність більше 800 тис. т/рік. Фірмою SMS Demag були розроблені двоклітьові реверсивні стани ССМ (contrast cold mill) (рис. 8.1, б) [26], які впроваджені багатьма виробниками прокатного устаткування. Їхня продуктивність досягає 700 тис. т/рік.

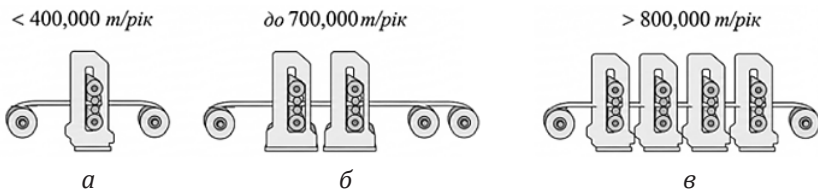


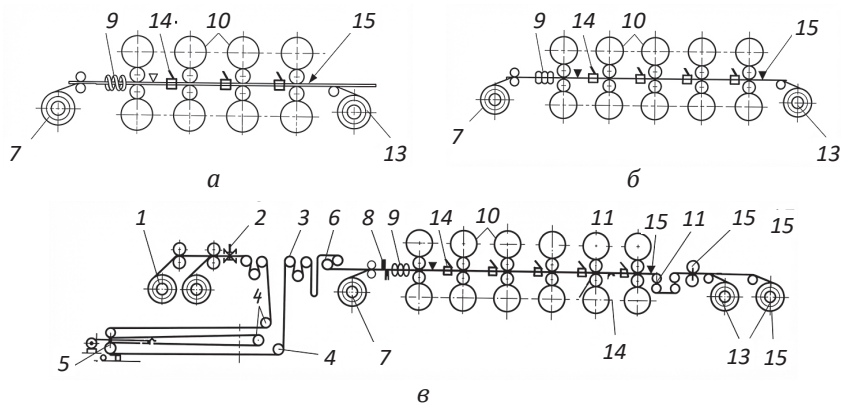
Рисунок 8.1 – Стани холодної прокатки: одноклітьовий реверсивний (а); двоклітьовий реверсивний (б); безперервний (в) [26]

|| 8.2 Безперервні стани холодної прокатки

У безперервних станах холодної прокатки (БСХП) кілька клітей (4–6) встановлені у безперервну групу тандем. Ці стани мають високу продуктивність, високу швидкість прокатки (за деякими даними, до 40 м/с [2; 7]), але відносно вузький у порівнянні з реверсивними сортамент. Зрозуміло, що кількість проходів на цих станах дорівнює кількості клітей, тому з потребою прокатувати більш тонкий метал, зокрема, жерсть, збільшувалась і кількість клітей безперервних станів.

Трьохклітьові БСХП першого покоління наразі залишились на деяких підприємствах кольорової металургії. Натомість чотирьохклітьові стани (рис. 8.2, а), які теж є застарілими, ще досить широко використовуються. Сортамент – смуги товщиною 0,4–3,5 мм, шириною до 2350 мм. Швидкість прокатки до 25 м/с [2; 3; 7].

У 60-х роках минулого сторіччя з'явилися п'ятиклітьові стани (рис. 8.2, б). Сортамент – жерсть (0,15–0,35×1300 мм) та смуга



- 1 – двопозиційний розмотувач; 2 – стикозварювальна машина; 3, 6, 11 – натяжні станції; 4 – накопичувач;
5 – натяжний візок; 7 – розмотувач; 8 – ножиці; 9 – вхідна проводка; 10 – робочі кліті; 12 – летучі ножиці;
13 – моталка; 14 – петлетримачі; 15 – товщиномір

Рисунок 8.2 – Схеми безперервних станів холодної прокатки: чотирьохклітьового (а); п'ятиклітьового (б); шестиклітьового нескінченної прокатки (в)



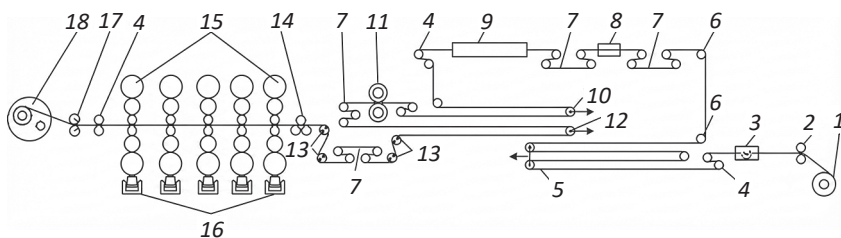
(0,4–3,5×2150 мм, ширина в обох випадках максимальна). Швидкість прокатки до 30 м/с [2; 3; 7].

На вказаних станах процес прокатки ведуть у порулонному режимі. Рулони гарячекатаної штаби встановлюють на розмотувач 7, з якого штабу за допомогою проводки 8 на заправній швидкості задають у робочі кліті 10 і в моталку 13. Після створення натяжінь кліті переводять на робочу швидкість і прокатують смугу в готовий розмір. Швидкості у клітях призначають відповідно до виконання закону сталості секундних об'ємів. Наприкінці швидкість скидають до заправної. Рулон знімають з моталки, водночас наступний рулон задають на розмотувач. Для контролю швидкості і міжклітьових натяжінь між клітями встановлені петлетримачі 14, а для контролю товщини – товщиноміри 15.

Стани третього покоління – п'яти- і шестиклітьові стани нескінченної прокатки (рис. 8.2, в). В них ведуть прокатку нескінченної смуги, яку отримують шляхом зварювання кінців штаб на стикозварювальній машині 2. Такі стани є безперервними агрегатами з вхідною дільницею для отримання нескінченної смуги, технологічною дільницею – станом холодної прокатки та вихідною дільницею для поділу нескінченної смуги на окремі і змотування їх у рулони. Склад і взаємодію обладнання розглянемо на прикладі шестиклітьового БСХП 1400 (рис. 8.2, в). Рулони гарячекатаної штаби встановлюють на двохпозиційний розмотувач 1, що забезпечує безперервне її надходження в лінію стану. Кінці попереднього і наступного рулонів зварюються на стикозварювальній машині 2 у нескінчену заготовку. Для безупинної роботи стану при зупинках на зварювання у накопичувачі 4, 5 створюється запас смуги у вигляді декількох витратних петель. Натяжна станція 3 протягує смугу через накопичувач, станція 6 створює заднє натягіння. Далі смугу прокатують у робочих клітях 10, переднє натягіння створюють натяжною станцією 11. Прокатану нескінченну смугу ділять летучими ножицями 12 на окремі смуги, які змотують по черзі в рулони на моталках 13. На стані існує можливість порулонної прокатки з розмотувача 7. Ножиці 8 призначені для обрізання некондиційних кінців заготовки.

Стани нескінченної прокатки мають більшу продуктивність. Відсутність зупинок стабілізує тепловий режим валків і, як наслідок, точність прокату. Технологічний процес повністю автоматизований.

БСХП четвертого покоління (початок нашого сторіччя) – безперервні агрегати, у яких прокатний стан об'єднаний у одну технологічну лінію з безперервним травильним агрегатом (БТА), який призначений для видалення окалини з поверхні гарячекатаних штаб перед холодною прокаткою (рис. 8.3).



- 1 – розмотувач; 2 – тягнучі ролики; 3 – стиковарювальна машина; 4 – натяжні ролики; 5, 10 – горизонтальні накопичувачі; 6, 13 – обвідні ролики; 7, 8 – комбінована правильна машина; 9 – лінія травлення смуги; 11 – дрсирувальна кліть; 12 – натяжні ролики; 14 – правильний блок; 15, 16 – неперервний стан нескінченної прокатки; 17 – летучі ножиці; 18 – карусельна моталка

Рисунок 8.3 – Безперервний агрегат з послідовним розміщенням БТА та БСХП [27]

У наведеній технологічній лінії позиції 1–12 відносяться до БТА, а позиції 13–18 – до БСХП.

Перспективи розвитку БСХП ідуть у напрямку подальшого об'єднання БТА-БСХП з безперервними агрегатами обробки холоднокатаних смуг, такими, як агрегати неперервного відпалу або гарячого цинкування. Є відомості про уведення в експлуатацію на фірмі Avesta Polarit (Фінляндія) БСХП 1800, у якому в одну технологічну лінію об'єднані БТА, трьохклітьовий БСХП та агрегат безперервного відпалу [46]. Наразі дані про ефективність роботи цього агрегату відсутні.



|| 8.3 Реверсивні стани холодної прокатки (РСХП)

Основними перевагами реверсивних станів є відсутність технічного обмеження на кількість проходів, яка визначається тільки вимогами до продуктивності, та більша виробнича гнучкість і діапазон стосовно сортamentів, що прокатуються. На них можна прокатувати смуги та стрічки товщиною менше 0,1 мм. За це приходиться платити втратою продуктивності, оскільки всі проходи по чергово проводять у одній кліті, що суттєво збільшує час прокатки. Тому продуктивність одноклітьових реверсивних станів мало коли перевищує 200 тис. т/рік, а швидкість – 10 м/с. Внаслідок цього їх використовують для цехів і сортamentів з невеликими об'ємами виробництва. Реверсивні стани можуть встановлювати в прокатних цехах додатково до безперервних саме з метою розширення сортamentу продукції. Підкатом можуть бути як гарячекатані штаби, так і відпалена холоднокатана смуга з БСХП. Реверсивні стани також широко використовуються у кольоровій металургії, де об'єми виробництва значно менші.

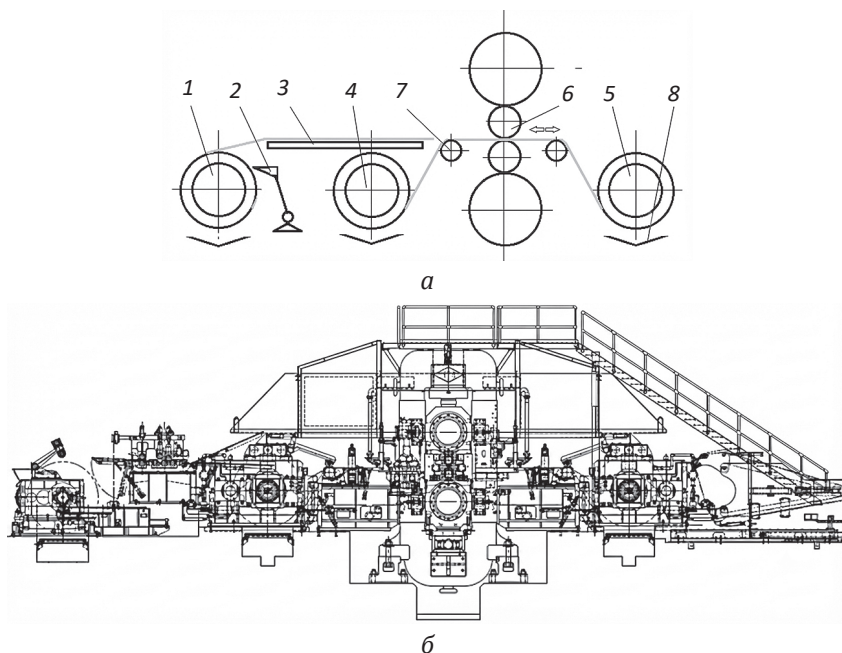
Склад устаткування одноклітьового реверсивного стану наведений на рис. 8.4 (див. с. 172). Прокатку ведуть у порулонному режимі. Рулон встановлюють на розмотувач 1. Відгиначем 2 відокремлюють зовнішній виток і на заправній швидкості спрямовують смугу по проводковому столу 3 у робочу кліть 6 понад моталкою 4. Смуга задається на праву моталку 8, якою створюється переднє натягіння, а розмотувачем – заднє, після чого стан виходить на робочу швидкість. Перший прохід ведуть з розмотувача 2 на моталку 5. Після проходу стан зупиняють, реверсують, смугу задають на моталку 4, моталками створюють натягіння, і далі ведуть прокатку з реверсом з моталки на моталку до кінцевої товщини. В цей час на порожній розмотувач встановлюють наступний рулон. Прокатану смугу знімають з моталки за допомогою стола-підйомника 8.

Столами-підйомниками можуть бути обладнані обидві моталки або тільки права (вихідна). Відповідно кількість проходів буде будь-яка або непарна. Перший варіант використовують частіше на станах для прокатки стрічок, другий – на станах

для прокатки смуг, де для подачі на стан та видачі рулонів використовуються спеціальні транспортери.

У двохкільтових реверсивних станах (рис. 8.5) дві кліті об'єднані у безперервну групу. Тобто в межах одного проходу вони працюють як на БСХП, а від проходу до проходу напрямок прокатки змінюється. Це дещо ускладнює швидкісний режим роботи. Але за один прохід стан здійснює два обтиснення замість одного, що дозволяє значно збільшити продуктивність у порівнянні з однокільтовими станами.

Особливістю показаного на рис. 8.5 (див. с. 173) двохкільтового стану фірми Danieli є використання 6-валкових клітей ЗСТ™ з широким діапазоном регулювання налаштувань [28]. Окрім них склад устаткування цього стану аналогічний до однокільтових

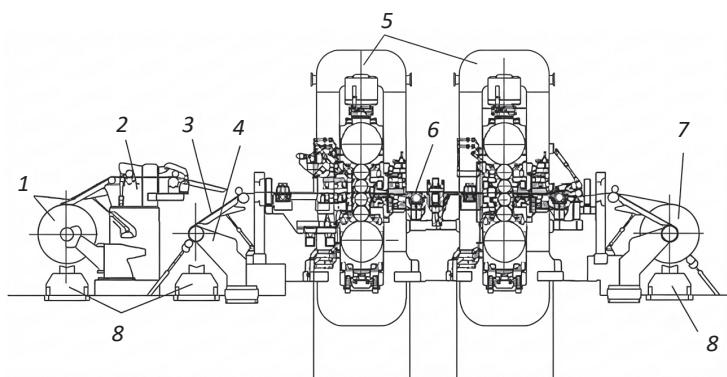


- 1 – розмотувач; 2 – відгинач; 3 – проводковий стіл;
4, 5 – моталки; 6 – робоча кліть; 7 – ролики;
8 – стіл-підйомник

Рисунок 8.4 – Схема (а) та загальний вигляд (б) [29]
однокільтового реверсивного стану

реверсивних станів. Послідовність операцій також відповідає розглянутій раніше з урахуванням необхідності регулювання у кожному пропуску швидкостей клітей відповідно закону сталості секундних об'ємів.

Відома також концепція трьохклітьових реверсивних станів (рис. 8.6) [7]. Це вже по суті реверсивний БСХП. В цілому тут закладені ті ж ідеї, що і в двохклітьовому реверсивному стані. Але регулювання швидкостей та узгодження роботи клітей тут ще більш ускладнене. Відомостей про реальне впровадження такої конструкції авторам не зустрічалося.



- 1 – розмотувач з відгиначем; 2 – задавальний пристрій;
 3 – стіл підйомний проводковий; 4 – ліва моталка;
 5 – робочі кліті; 6 – тензометричний ролик; 7 – права моталка; 8 – пристрої для знімання рулонів

Рисунок 8.5 – Двоклітьовий реверсивний стан [28]

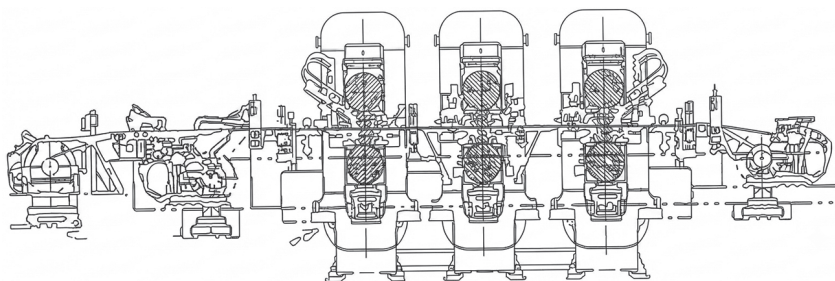


Рисунок 8.6 – Триклітьовий реверсивний стан [7]

До реверсивних також відносяться і багатовалкові стани холодної прокатки (рис. 8.7). Від звичайних вони відрізняються лише конструкціями робочих клітей, які будуть розглянуті далі.

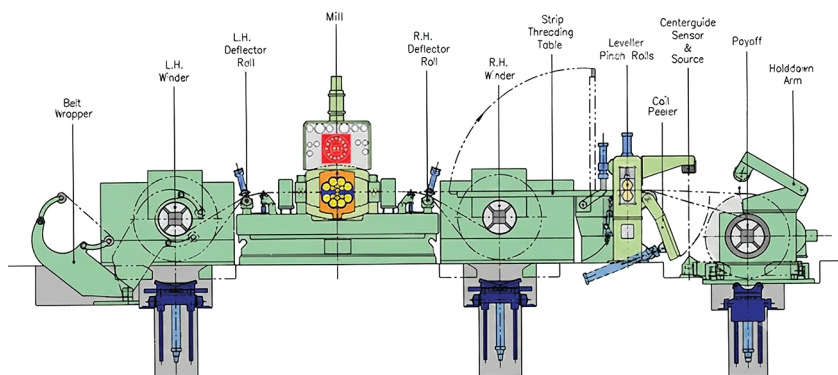


Рисунок 8.7 – Багатовалковий реверсивний стан [25]

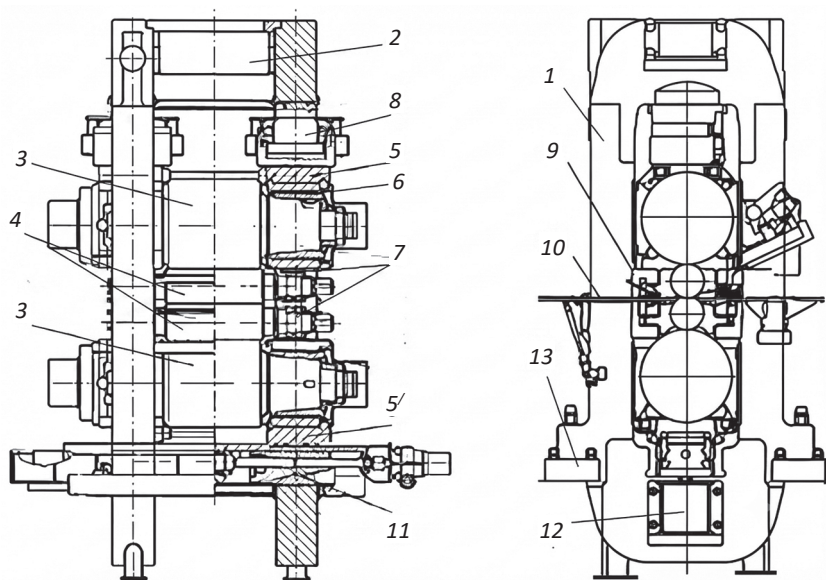
|| 8.4 Робочі кліті станів холодної прокатки

Як для БСХП, так і для реверсивних станів холодної прокатки базовим рішенням при виборі клітей є кліті кварто. На ста- нах, побудованих у минулому сторіччі, використовуються кліті кварто з електромеханічними натискними механізмами, кон- струкція яких аналогічна розглянутій у п. 2.2 (рис. 2.12). Сучасні кліті кварто дещо відрізняються конструкційно (рис. 8.8, див. с. 175).

Вузол станин складається із станин 1, з'єднаних травер- сами 2, 12. Опорні валки 3 встановлені у подушках 5, 5' на під- шипниках рідинного тертя 6. Робочі валки 4 встановлені у подушках 7 на чотирирядних підшипниках кочення. Валки вузли встановлені у вікнах станин 1. Між верхніми поперечками станин 1 та подушками 5 встановлені гідроциліндри 8 натискних механізмів. Штоки циліндрів закріплені на поперечках, а корпуси рухаються разом з подушками 5. На стояках станин між подуш- ками опорних валків закріплені Е-блоки 9 з гідроциліндрами

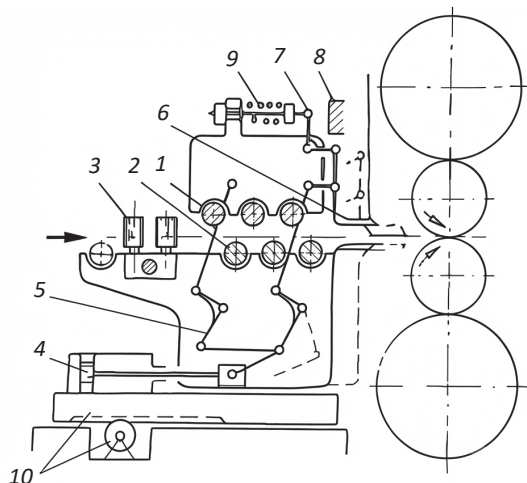
протизгину та врівноваження валків. Під подушками 5' у вікнах станин 1 знаходяться клинові механізми 11 для виводу нижнього комплекту валків на рівень прокатки. На рівні прокатки встановлені проводки 10. Робоча кліть встановлена на фундаментних плитах 13 і закріплена болтами. Більша частина вузлів і механізмів робочої кліті була розглянута у розділах 2–5, а механізми профілювання валків у п. 7.4.

Проводки листових станів призначені для спрямування металу в осередок деформації і центрування по осі прокатки. У станах холодної прокатки вони також створюють заднє натягіння кінця смуги, який зійшов з розмотувача або моталки, тому їх називають прес-проводками. Одна з таких конструкцій представлена на рис. 8.9 (див. с. 176).



- 1 – станина; 2 – верхня траверса; 3 – опорні валки;
- 4 – робочі валки; 5, 5' – подушки опорних валків; 6 – ПРТ;
- 7 – подушки робочих валків; 8 – гідравлічний натискний механізм; 9 – гідроблоки (Е-блоки); 10 – проводка;
- 11 – механізм виводу валків на рівень прокатки;
- 12 – нижня траверса; 13 – фундаментна плита

Рисунок 8.8 – Робоча кліть кварто стану холодної прокатки [7]



- 1 – ролики верхні; 2 – ролики нижні; 3 – вертикальні ролики; 4 – пневмоциліндр; 5 – важелі; 6 – проводка; 7 – важіль; 8 – упор; 9 – пружина; 10 – механізм відведення проводки

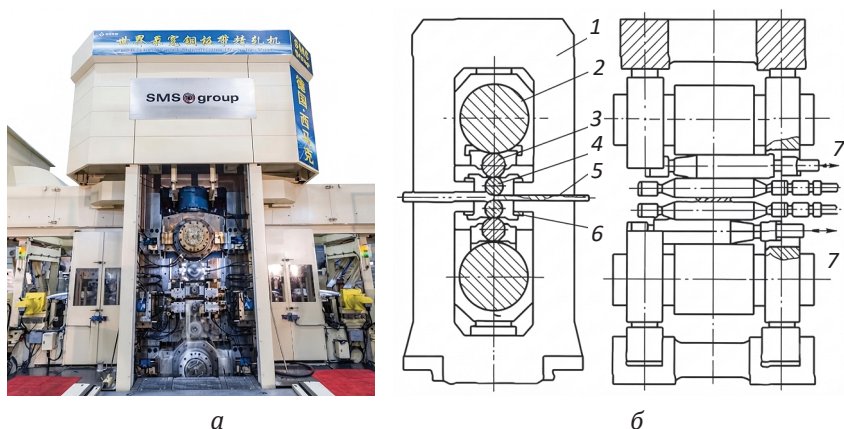
Рисунок 8.9 – Кінематична схема проводки стану холодної прокатки [16]

Рама верхніх холостих роликів 1, може переміщатися вертикально по рамі нижнього ряду холостих роликів 2. Спеціальні притискні ролики вводять смугу в ряди роликів 1 і 2, тому вона майже торкається валків. З боків стрічка центрується роликами 3. Коли поршень пневматичного циліндра 4 переміщається вправо, верхні ролики (за допомогою важелів 5) разом з плоскою проводкою 6 опускаються на стрічку і притискають її. При наступному ході поршня праворуч рами верхнього і нижнього валків зі стрічкою переміщуються до валків, і стрічка захоплюється валками. Коли важелі 7 упираються в упори 8, тиск блоку 6 на стрічку дещо зменшується (щоб уникнути надмірного тертя), і тиск роликів 1 збільшується, викликаючи невелике зворотне натягіння в смузі. Тиск блоку 6 на смугу регулюється шляхом затягування пружин 9. Однак на практиці смуга задається значно швидше, якщо подавати її у валки тільки притискними роликами без використання напрямної.

Напрямні ролики захоплюють смугу, створюючи заднє натя-
жіння після того, як вона потрапила до роликів. Під час зміни
валків весь напрямний механізм переміщається за межі вікна
станини за допомогою рейкової передачі і шестерні 10.

Останнім часом на станах холодної прокатки стали вико-
ристовувати 6-валкові кліті. Конструкція кліті SMS представлена
на рис. 8.10. Основною перевагою таких клітей є розширені мож-
ливості профілювання міжвалкового зазору шляхом осьового
переміщення напівпорних валків 3, у тому числі спрофільова-
них за CVC – технологією (див. п. 7.4, рис. 7.23). Інші конструк-
ційні рішення цих клітей аналогічні клітям кварто.

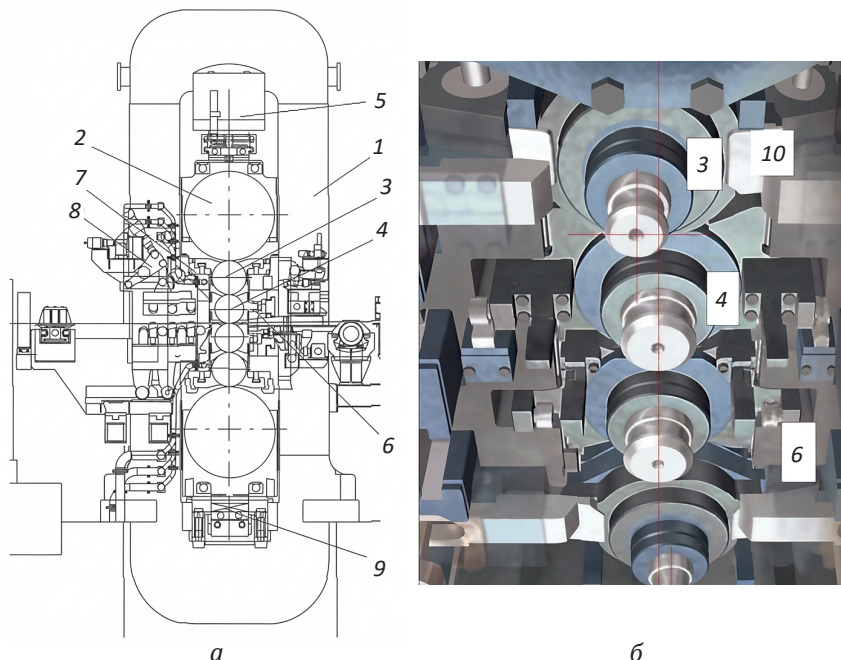
Особливістю 6-валкової кліті 3C™ фірми Danieli (рис. 8.11,
див. с. 178) є те, що в ній впроваджено комплекс механізмів регу-
лювання профілю міжвалкового зазору: позитивний/негативний
згин робочих валків; позитивний/негативний згин проміжних
валків; селективна подача охолоджувальної рідини робочих вал-
ків; зміщення робочих валків з довгим ходом та перехрещення
проміжних валків. Але фірма не розкриває особливості конструк-
цій цих механізмів.



- 1 – станина; 2 – опорний валок; 3 – напівпорний валок
з осьовим зрушенням; 4 – робочий валок; 5 – смуга;
6 – гідроблок

Рисунок 8.10 – Загальний вигляд (а) та схема (б) шестивалкової
кліті CVC-6 конструкції фірми SMS [26]

Використання перехрещення осей напівопорних валків розширює можливості регулювання профілю міжвалкового зазору в залежності від місця проявлення дефектів площинності по ширині смуги. Але при цьому знижується горизонтальна жорсткість кліті і збільшується знос у місцях контакту механізмів перехрещення з станиною і подушками. Результатів промислового використання таких конструкційних рішень фірма не надає.



- 1 – станина; 2 – опорний валок; 3 – напівопорний валок;
 4 – робочий валок; 5 – гідравлічний натискний механізм;
 6 – Е-блок; 7 – система охолодження валків; 8 – вхідна прес-проводка; 9 – механізм виводу валків на рівень прокатки;
 10 – механізм перехрещення напівопорних валків

Рисунок 8.11 – Шестивалкова робоча кліть ЗСТ[™] (а)
 та вузли робочих та напівопорних валків (б) [28]

|| 8.5 Багатовалкові стани

При холодній прокатці внаслідок деформаційного зміцнення матеріалу, що прокатується, значно зростає сила прокатки. Як відомо, сила прокатки також залежить від площі контакту металу з валками, тобто від діаметру валків. Зменшення діаметру зменшує силу прокатки, що і привело до появи клітей кварто. Подальше зменшення діаметру обмежується наявністю горизонтальних сил від натягіння смуги, яке є обов'язковим при холодній прокатці і яке у клітях кварто сприймається лише робочими валками.

Цей фактор привів до появи багатовалкових станів, у яких опорні валки розміщені так, що сприймають і вертикальне навантаження від сили прокатки, так і горизонтальне від натягіння. Перші такі стани (шестивалкові, див. рис. 2.5, б) були розроблені Т. Сендзіміром у 40-х роках XX ст. Необхідність подальшого зменшення діаметру для прокатки найтонших ($<0,1$ мм) смуг та сплавів з великим опором деформації привела до появи 12-валкових, 20-валкових станів Сендзіміра, складних конструкцій з кількістю валків більше 30 та конструкцій, що відрізняються від схеми Сендзіміра (рис. 8.12) [2; 5; 6].

Найбільше поширення отримали стани Сендзіміра з 20-валковими робочими клітями. Варіант конструкції такої кліті показаний на рис. 8.13 (див. с. 180) [2].

Валкові вузли мають конфігурацію, яку для станів Сендзіміра умовно можна назвати валковою «пірамідою». У кожному вузлу

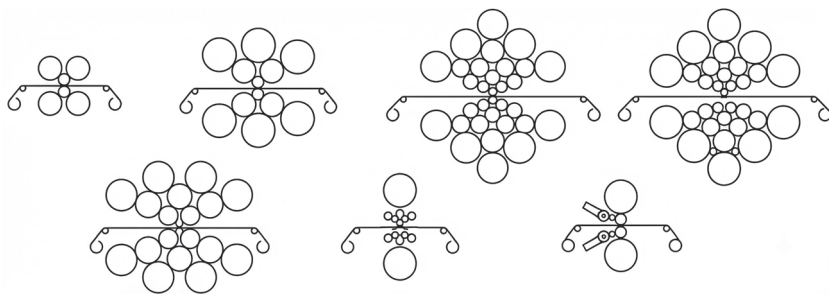
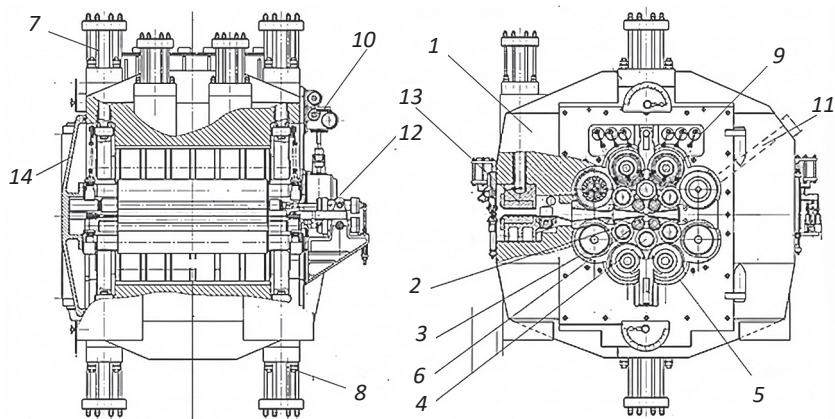


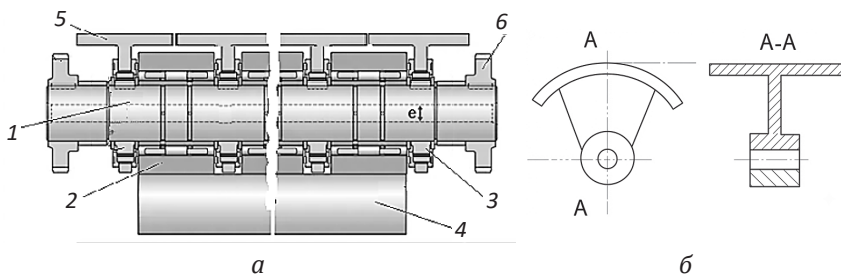
Рисунок 8.12 – Варіанти компонувань валкових вузлів багатовалкових станів [2; 5; 6]

по одному робочому валку 2 і по три ряди опорних валків з різною кількістю валків: два валка 3 у другому, три валки 4 у третьому і чотири валки 5, 6 у четвертому ряду. Приводними є чотири крайніх валка 4, на інші обертання передається силами тертя. Валки 2, 3, 4 суцільні циліндричні. Опорні валки 5, 6 мають складену конструкцію (рис. 8.14). На осі 1 встановлені спеціальні дворядні роликові підшипники 2 з потовщеними зовнішніми кільцями, на які і опираються валки третього ряду 4, тобто кільця і виконують функцію опорних валків. Вісь 1 встановлена на ексцентрикових втулках 3 з ексцентриситетом e в отворах опор 5. Опори 5 (рис. 8.14, б) мають широкі циліндричні опорні поверхні, якими вони опираються на розточки станини, і T -подібний переріз для розміщення між підшипниками. На осі 1 закріплена шестерня 6 натискного механізму. При обертанні осі підшипники 2 можуть переміщуватись радіально на величину $2e$ в отворах опор 5.



1 – станина; 2 – робочий валок; 3 – опорний валок другого ряду; 4 – опорний валок третього ряду; 5 – середній опорний валок четвертого ряду; 6 – крайній опорний валок четвертого ряду; 7 – верхній ГНМ; 8 – нижній ГНМ; 9 – пружинне врівноваження валків; 10 – привід механізму переміщення валків; 11 – механізм профілювання міжвалкового зазору; 12 – механізм осьового зрушення валків; 13 – прес-проводка; 14 – дверцята

Рисунок 8.13 – Робоча кліть 20-валкового стану [16]



- 1 – вісь; 2 – спеціальний підшипник; 3 – ексцентрикова втулка; 4 – опорний валок третього ряду; 5 – опора; 6 – зубчастий сектор

Рисунок 8.14 – Вузол опорного валка четвертого ряду (а) та схема опори (б)

Валкові вузли розміщені у спеціальних розточках станини 1. Сама станина виконана у вигляді монолітної конструкції з отворами для розміщення обладнання і проходження металу. Вона має велику жорсткість у порівнянні із звичайними станинами, що сприяє підвищенню точності прокатки. Розточки з валками закриваються дверцятами 14, які фіксують валки від осьових рухів.

У піраміді всі валки взаємодіють між собою, зміна положення будь-якого валка призводить до радіальних переміщень усіх валків. На цьому побудований принцип роботи гідромеханічних натискних механізмів 7, 8.

Привід натискного механізму здійснює гідроциліндр 1 (рис. 8.15, див. с. 182). Корпуси гідроциліндрів 1 кріпляться до станини. Шток 3 з'єднаний з поршнем 2 і проходить крізь отвір у станині. До штоку віссю 5 шарнірно приєднується зубчаста рейка 4. Вона входить у зачеплення з двома зубчастими секторами 6, встановленими на осі підшипників середніх опорних валків четвертого ряду (рис. 8.14).

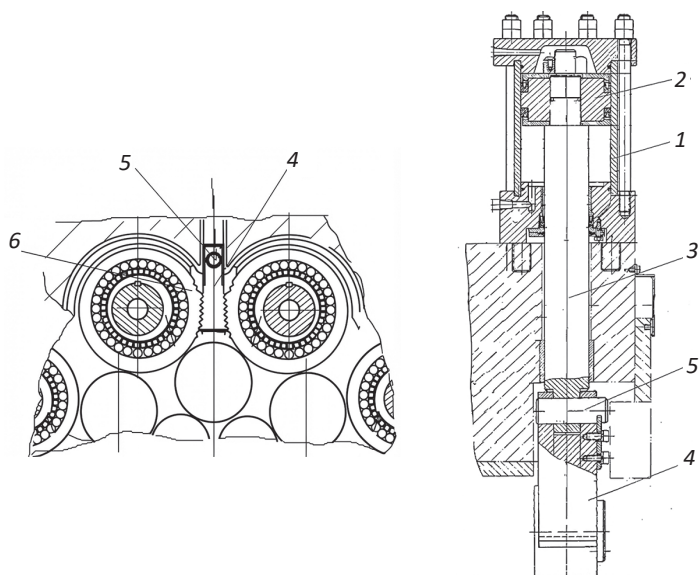
При переміщенні штоку 3 зубчаста рейка 4 рухається з ним і повертає зубчасті сектори 6. При цьому вісь 1 (рис. 8.14) повертається разом з ексцентриковими втулками 3 у отворах опор 5. За рахунок ексцентриситету вісь 1 із валками-підшипниками 2 рухається в радіальному напрямку. Середні валки 5 (рис. 8.13) передають цей рух через опорні валки 4, 3 на робочий

валок 2. Відстань між валками 2 (міжвалковий зазор) приймає нове значення. При цьому нові положення займають усі валки, окрім крайніх опорних валків 6.

Для вибирання зазорів між валками після переточок подібним чином приводяться крайні опорні валки 6 при нерухомих середніх 5. Їхні осі з ексцентриками приводяться від окремих електромеханічних механізмів 10, оскільки швидкодія в цьому разі не має значення.

Верхній валковий вузол має пружинне врівноваження. Безпосередньо врівноважуються усі опорні валки 3 і 4 (рис. 8.13). Для цього на шийки валків надіті стакани, до яких приєднані тяги з пружинними обоймами. З протилежного боку пружинні обойми тягами 9 приєднані до ексцентрикових дисків, обертанням яких регулюють натягнення пружин.

Двадцятивалковий стан має два механізми профілювання міжвалкового зазору. Перший – механізм осьового зсуву першого

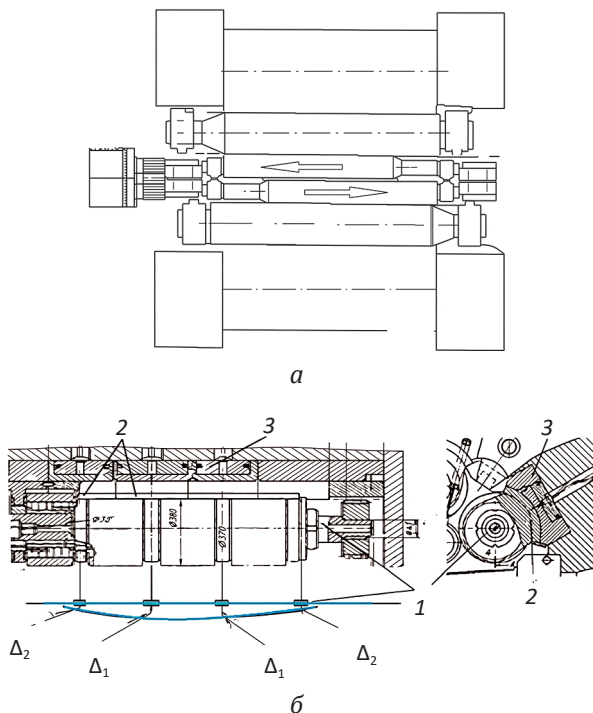


1 – гідроциліндр; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – зубчаста рейка;
5 – вісь; 6 – зубчастий сектор

Рисунок 8.15 – Гідромеханічний натискний механізм

ряду опорних валків 3, краї бочок яких спрофільовані під конус (рис. 8.16, а). Осьове переміщення виконують гідравлічні механізми 12 (рис. 8.13). Такий принцип профілювання було розглянуто у п. 7.4.

Другий спосіб полягає в прогині осі підшипників одного із крайніх опорних валків останнього ряду, який передається на інші валки у т.ч. і на робочий. Найбільш сучасним механізмом прогину осі є гідравлічний механізм. За довжиною валка в розточках станини встановлені плунжерні гідроциліндри 3, кількість яких дорівнює кількості Т-подібних опор 2. Плунжери гідроциліндрів 3 мають увігнуту контактну поверхню, на яку і опираються опори 2. При подачі в гідроциліндри 3 різного



1 – вісь валка (підшипників); 2 – опори; 3 – гідроциліндри

Рисунок 8.16 – Механізми профілювання міжвалкового зазору осьовим зрушенням валів другого ряду (а) та прогином осі крайнього опорного валка гідроциліндрами (б)

тиску опори переміщуються на різну величину Δ і прогинають вісь 1 з опорними підшипниками в бік, протилежний прогину від сили прокатки.

Залежність положення усіх валків у піраміді від зміни положення одного валка, яка використовується у натискному механізмі, в той же час є і одним з основних недоліків станів Сендзіміра. Будь-яка неточність у виготовленні валка передається на усі інші і веде до втрати точності прокатки. Це вимагає великої точності обробки валків та селективного збирання валкових вузлів, як наслідок, удорожчання виготовлення і складності експлуатації стану.

Були розроблені інші компоновання валкових вузлів багато-валкових станів, у яких сила прокатки сприймається однією групою опорних валків, а горизонтальна сила – іншою, незалежно одна від одної. До таких клітей відносяться MKW та Z-стани (рис. 8.17).

Фірма SMS активно впроваджує на станах холодної прокатки 18-валкові робочі кліті (рис. 8.17, з). В них використовуються комбінації механізмів профілювання валків: осьове зрушення й протизгин проміжних валків з CVC профілем, багатозонне охолодження робочих валків. Діаметр робочих валків складає лише 140 мм (проміжних 355 мм; опорних 1350 мм) [26].

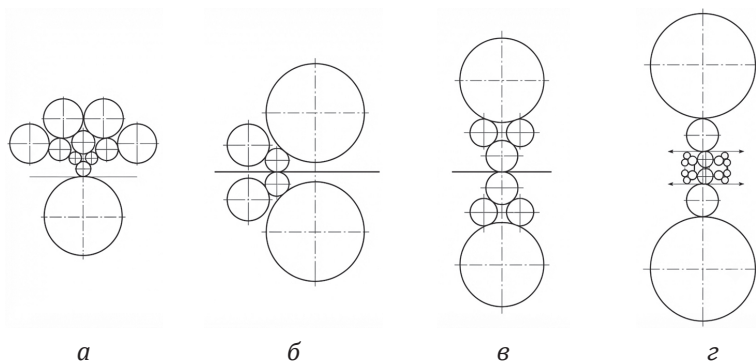
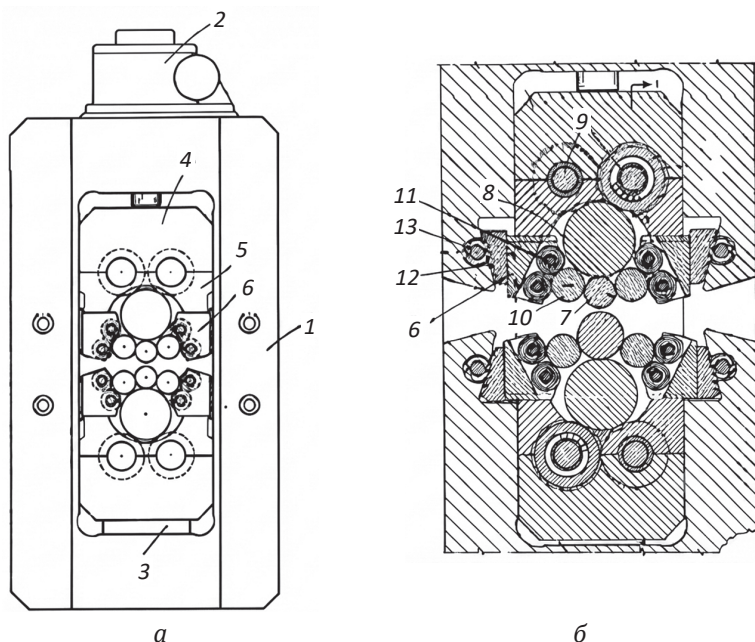


Рисунок 8.17 – Приклади компоновання валкових вузлів MKW та Z-станів: 11-валкового Z-стану (а), 6-валкового MKW-стану (б), 8-валкового (в) та 18-валкового (г) Z-станів [4; 6; 26]

Існують і інші конструкції робочих клітей Z-станів. На рис. 8.18 представлена конструкція 20-валкового Z-стану [30]. Вузол станин 1 верхній 2 і нижній 3 натискні механізми аналогічні звичайним клітям станів холодної прокатки. Валкові вузли (рис. 8.18, б) містять кожен десять валків: робочий 7, напівопорний 8 і два опорні 9 для сприйняття вертикальних навантажень та два блоки з трьох валків 10, 11 для сприйняття горизонтальних сил. Напівопорний валок 8 встановлений у подушках 4, опорні 9 виконані з підшипниками як на станах Сендзіміра і встановлені в касеті 5. Аналогічно виконані і опорні валки 11. Міжвалковий зазор встановлюється переміщенням касет 4 натискними механізмами 2, 3.



1 – станина; 2, 3 – натискні механізми; 4 – касета;
5 – подушка; 6 – касета; 7 – валок робочий; 8 – валок
напівопорний; 9 – валки опорні; 10, 11 – валки опорні для
сприйняття горизонтальних сил; 12 – клин; 13 – шестірня

Рисунок 8.18 – Робоча кліть (а) та вузол валків (б)
20-валкового Z-стану [30]

Опорні валки 10, 11 для сприйняття горизонтальних сил змонтовані у касетах 6. Їх вертикальне переміщення разом з робочим валком забезпечується рухом касети 4 та подушки 5. Горизонтальне регулювання касет 6 виконують клини 12. Вони розміщені у «кишенях» на стояках станини. На клинах 12 виконані зубчасті рейки, що приводяться від шестерень 13. Клин 12 рухається по похилій поверхні кишені вертикально і горизонтально, горизонтальне переміщення сповіщається касетам 6 з валками 10, 11.

У робочих клітках МКВ валки встановлені асиметрично. Приклади клітей МКВ наведені на рис. 8.19.

Валковий вузол 8-валкової клітки МКВ (рис. 8.19, а) [31] містить робочий валок 1, опорний валок 2, що сприймає силу прокатки, та розміщених у касетах 5 валків 3, 4 для сприйняття горизонтальних сил. Вісь робочого валка 1 зміщена відносно осі опорного 2 у бік валків 3, 4.

Вертикально валки переміщуються натискним механізмом робочої клітки. Горизонтальне переміщення касет 5 з валками 3, 4

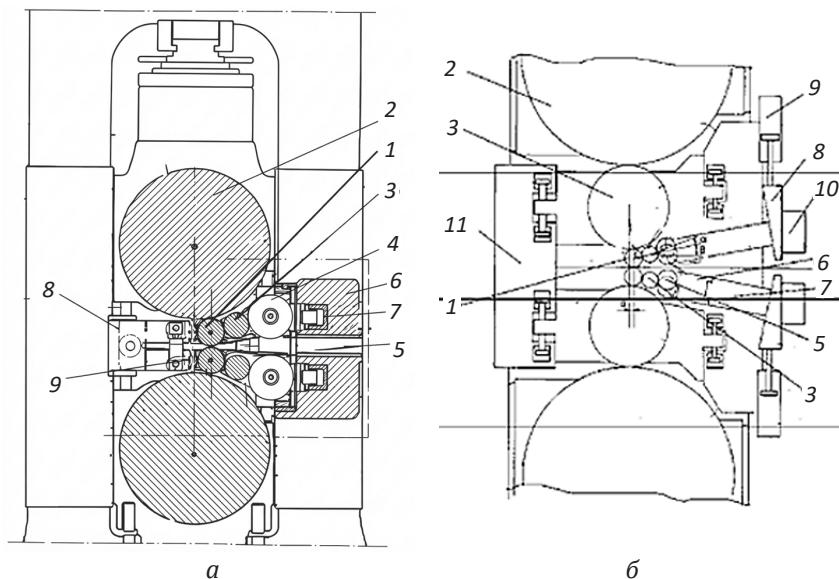


Рисунок 8.19 – Валкові вузли 8-валкової (а) [31] та 10-валкової (б) [32] робочих клітей МКВ-станів (позиції в тексті)



виконують гідроциліндри 7 гідроблоків 6. Між подушками опорних валків встановлені гідроблоки 8 з гідроциліндрами врівноваження. Вибирання зазорів у контактах валків 1, 3, 4 виконують гідроциліндри 9.

На рис. 8.19, б показано валковий вузол 10-валкової кліті МКВ. Він містить робочі 1, напівопорні 3 та опорні 2 валки для сприйняття сили прокатки. Для врівноваження і протизгину у вікнах станин встановлені Е-блоки 11.

Горизонтальні навантаження сприймають валки 4, 5 встановлені у подушках 6, які через проставки 7, які утворюють пари з клинами 8. З тильного боку клини 8 опираються на поперечні балки 10. Переміщуються клини гідроциліндрами 9.

Контрольні питання

1. Яку кількість робочих клітей мають сучасні стани холодної прокатки?
2. Назвіть склад обладнання безперервного стану холодної прокатки.
3. Назвіть конструктивні особливості робочих клітей безперервних станів холодної прокатки.
4. У чому особливості обладнання станів безкінечної прокатки?
5. Навіщо перед та за робочими клітями стану безкінечної прокатки встановлені натяжні станції?
6. Наведіть схеми суміщення БТА та стану безкінечної прокатки.
7. Вкажіть переваги та недоліки реверсивних станів у порівнянні з безперервними.
8. Наведіть типовий склад обладнання реверсивного стану холодної прокатки та назвіть призначення машин та пристроїв.
9. Вкажіть конструктивні особливості 6-валкової кліті двохклітьового реверсивного стану.
10. У чому полягає перевага розміщення ГНМ у вікнах станини?
11. Які типи багатовалкових станів існують?
12. Чим викликана необхідність використання багатовалкових станів?
13. Вкажіть конструкційні особливості станини робочої кліті 20-валкового стану.
14. Вкажіть конструкційні особливості вузла валків робочої кліті 20-валкового стану.

- 
15. Які механізми регулювання міжвалкового зазору має 20-валковий стан? Які їхні конструкційні особливості?
 16. Які механізми профілювання міжвалкового зазору має 20-валковий стан?
 17. Укажіть недоліки багатовалкових станів типу Сендзімір.
 18. Наведіть схеми розміщення валків у робочих клітках Z-станів та MKW-станів.
 19. Поясніть конструкцію 18-валкової клітки Z-стану.
 20. Охарактеризуйте натискні механізми «горизонтальних» опорних валків клітей Z-станів та MKW-станів.

ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ ТРУБОПРОКАТНИХ СТАНІВ

|| 9.1 Лінія робочої кліті прошивного стану

Технологічний процес виробництва гарячекатаних безшовних труб складається з наступних операцій: прошивання суцільної циліндричної заготовки у порожнисту гільзу на прошивному стані або прошивному пресі; розкатування гільзи у чорнову трубу із заданою товщиною стінки на оправці у розкатних станах; безоправочна прокатка чорнової труби у чистову із заданим діаметром без зміни товщини стінки (процес редукування) на редуційних та калібрування на калібрувальних станах.

Прошивний стан – це стан поперечно-гвинтової прокатки. Осі валків прошивного стану розміщені під кутом до осі прокатки, а самі валки обертаються в одному напрямку. Прошивання заготовки 3 у гільзу 4 відбувається між валками 1 та прошивним інструментом – дорном 2, який на оправці вводиться і утримується в осередку деформації (рис. 9.1, див. с. 190).

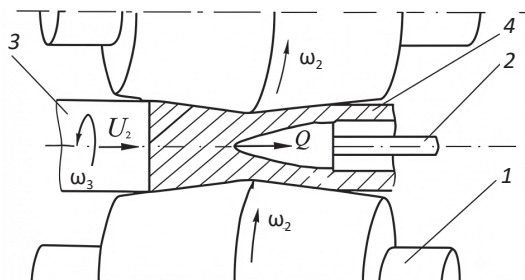
Сучасний прошивний стан – двох- або трьохвалковий, з індивідуальним приводом валків та видаленням прошитої гільзи вздовж осі прокатки без відведення дорну. Технологічна лінія прошивного стану показана на рис. 9.2 (див. с. 190).

На вхідній стороні стану встановлені електродвигуни 2 індивідуального приводу валків робочої кліті 1. Валки знаходяться у горизонтальній площині і шпинделі 4 знаходяться обабіч осі прокатки.

На осі прокатки між шпинделями знаходиться приймальний жолоб 5, у який скочується заготовка після накернення по центру лунки під дорн. Заштовхувач 6 призначений для задавання заготовки із жолоба у валки робочої кліті.

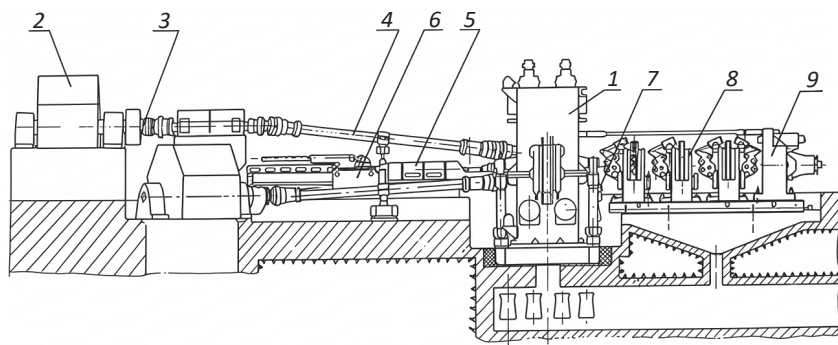
На виході із кліті встановлений перехоплювач дорна 7 – пристрій, що утримує дорн у кліті при видаленні гільзи зі стану.

Сам дорн встановлений на довгому металевому стрижні – оправці, кінець якої утримується упорно-регулювальним пристроєм 9. Між ним та робочою кліттю вздовж осі прокатки встановлено кілька центрувально-виштовхувальних блоків 8, у кожному з яких знаходяться три центрувальних і одна-дві пари виштовхувальних роликів.



1 – валок; 2 – оправка з дорном;
3 – заготовка; 4 – прошита гільза

Рисунок 9.1 – Осередок деформації при прошиванні циліндричної заготовки в гільзу у конічних валках

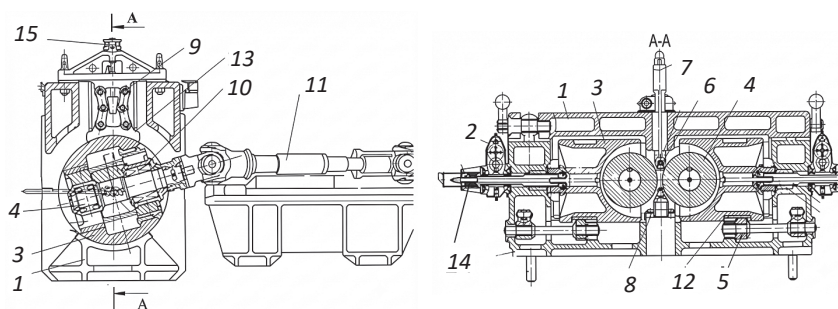


1 – кліть прошивного стану; 2 – приводний електродвигун;
3 – муфта; 4 – універсальний шпиндель; 5 – приймальний жолоб;
6 – заштовхувач заготовки; 7 – перехоплювач дорна;
8 – пристрій центрувально-виштовхувальний; 9 – пристрій упорно-регулювальний

Рисунок 9.2 – Технологічна лінія прошивного стану з індивідуальним приводом і осьовим відведенням гільзи [32]

Заготовка заштовхувачем 6 задається у робочу кліть, де прошивається у гільзу. По мірі прокатки прошита частина гільзи виходить із кліті на оправку дорна і утримується на ній центрувальними роликами пристроїв 8. Після сходу прошитої гільзи з дорну його перехоплювач 7 зводиться до оправки і утримує дорн у осередку деформації. Опора оправки у пристрої 9 відводиться з осі прокатки, звільняє кінець оправки і відкриває вікно для видалення гільзи. У пристроях 8 центрувальні ролики відводяться, а виштовхувальні зводяться і виштовхують гільзу з оправки через вікно пристрою 9 на приймальні ґрати за станом. Схема видалення гільзи без відведення дорну з кліті дозволяє скоротити час допоміжних операцій і збільшити продуктивність стану у порівнянні зі схемою з боковим видаленням гільзи, яка використовувалась до цього.

На рис. 9.3 показано робочу кліть прошивного стану. У розточках станини 1 робочої кліті встановлені барабани 3 з валками 4, осі яких знаходяться у горизонтальній площині. Валки встановлені в барабанах на радіально-упорних підшипниках 10. Кожен валок приводиться від двигуна через шпindel Кардано 11.



- 1 – станина; 2 – натискний механізм; 3 – барабани;
- 4 – валки; 5 – механізм провертання барабану; 6 – лінійка верхня; 7 – механізм переміщення лінійки верхньої;
- 8 – лінійка нижня; 9 – гальмівний механізм;
- 10 – підшипники; 11 – шпindel; 12 – зубчастий вінець;
- 13 – гальмівна колодка; 14 – пристрій врівноваження валка; 15 – гідроциліндр

Рисунок 9.3 – Робоча кліть прошивного стану [34]



На барабанах 3 нарізані зубчасті вінці 12, які входять у зачеплення із шестірнями 5 і призначені для обертання барабанів у розточках станини 1 з метою встановлення осей валків на певний кут відносно осі прокатки. У встановленому положенні барабани фіксуються гальмівними механізмами 9, у яких гідроциліндром 15 до барабанів притискаються встановлені на важелях гальмівні колодки 13.

Натискні механізми 2 електромеханічні черв'ячно-гвинтові, переміщують валки разом з барабанами. Натискний гвинт має наскрізний отвір, через який проходить штанга пружинного врівноваження 14.

Для утримання заготовки у осередку деформації призначені нижня 8 і верхня 6 напрямні лінійки. Положення верхньої лінійки 6 може регулюватись черв'ячно-гвинтовим натискним механізмом 7 з пружинним врівноваженням.

|| 9.2 Робочі кліті розкатних станів

Процес прокатки гільзи в чорнову трубу проходить на розкатних станах, які бувають різних типів: автомат-стани, безперервні розкатні стани, трьохвалкові поперечно-гвинтової прокатки, пілігрим-стани, рейкові стани (останні на вітчизняних виробництвах не використовуються). Вибір розкатного стану визначається типом трубопрокатного агрегату та сортаментом труб.

9.2.1 Автоматичний розкатний стан (автомат-стан)

Схема процесу розкатки гільзи в чорнову трубу показана на рис. 9.4 (див. с. 193). Участь у процесі беруть валки із круглими калібрами (кілька по довжині бочки), нерухома оправка, виштовхувальні ролики та задавальний пристрій (на рисунку не показаний).

Гільза задається у валки і обтискається по товщині стінки між валками і оправкою, виходячи з валків на оправку.

Виштовхувальні ролики, що обертаються весь час назустріч валкам, розведені. Після виходу гільзи з валків ті швидко розводяться, а ролики зводяться і виштовхують заготовку на вхідну сторону кліті. У задавальному пристрої заготовка повертається на 90° і знов задається у валки. Процес повторюється. Потім заготовка передається у сусідній калібр. Прокатка у калібрах триває до досягнення заданої товщини стінки труби. Свого часу процес вважався досить автоматичним і дав назву стану.

Склад обладнання автомат-стану наведений на рис. 9.5 (див. с. 194). На вхідній стороні встановлені похилі грати 5, на які гільза надходить з прошивного стану, передній стіл 1 із заштовхувачем 2 заготовок у кліть, скидач 3 для передачі заготовок між калібрами та видалення прокатої труби, кантувач 4 для обертання заготовки на 90° . На вихідній стороні кліті окрім виштовхувальних роликів 7 встановлені проводки 11, стрижень з оправкою 15 та упор для стрижня 12.

Робоча кліть автомат-стану – це кліть дуо. Уявлення про вузли і механізми кліті дає рис. 9.6 (див. с. 195).

Крутний момент надходить до валків від електродвигуна 1 через редуктор 2, шестеренну кліть 4 і шпинделі 5. Валки 6

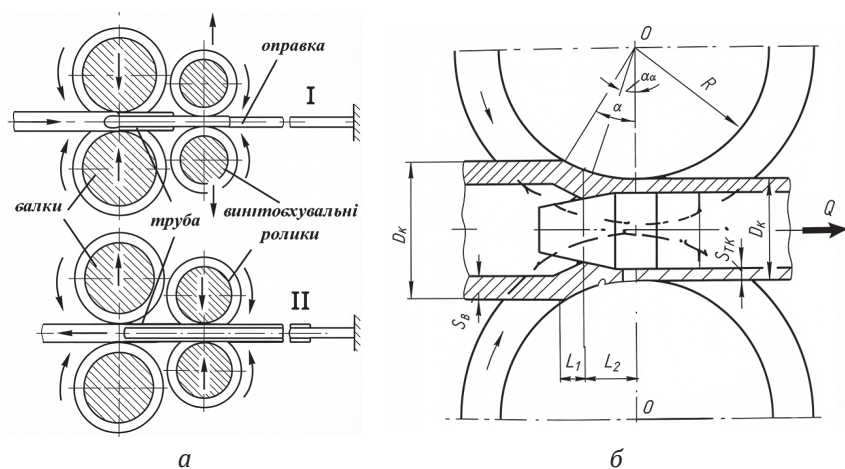
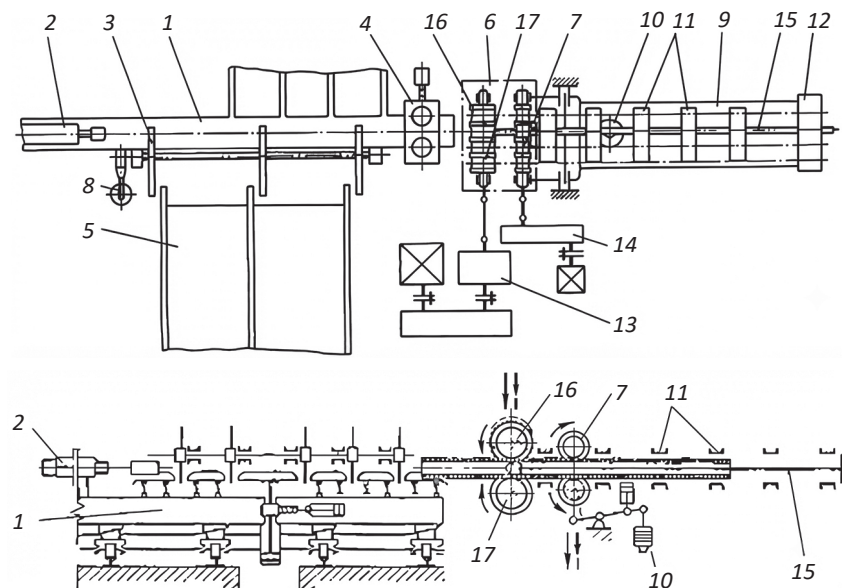


Рисунок 9.4 – Схема прокатки (а) та осередок деформації (б) при розкатуванні гільзи на автомат-стані [1]

зазвичай чавунні, мають по довжині бочки круглі калібри. У подушках 7 валки встановлені на чотирирядних підшипниках кочення. Кліть має верхній 9 і нижній електромеханічні черв'ячно-гвинтові натискні механізми. Врівноваження на великих клітьх вантажне 11, 12, на малих пружинне.

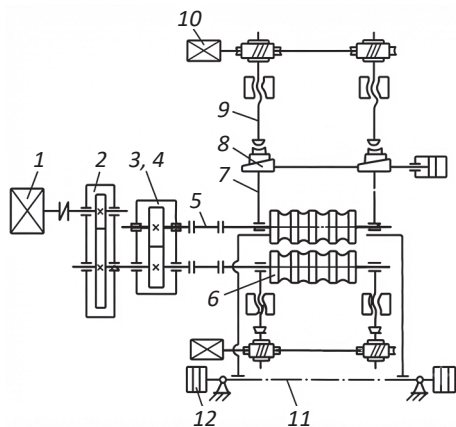
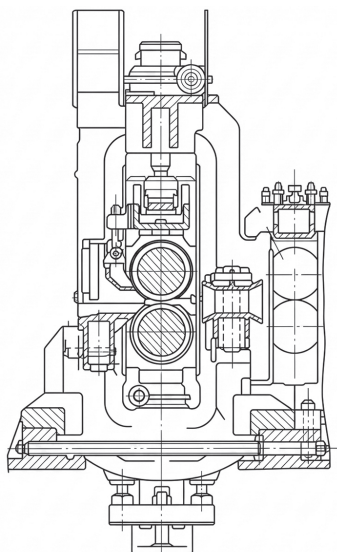
Оригінальним механізмом робочої кліті саме автомат-стану є механізм 8 для швидкого розведення-зведення валків, яке відбувається під час кожного проходу. Натискні механізми перед прокаткою встановлюють валкі у необхідне положення і залишаються у ньому на весь період прокатки.

Схема механізму показана на рис. 9.7 (див. с. 195). Він складається із нерухою траверси 6 і рухомої траверси 1 з клинами 5.



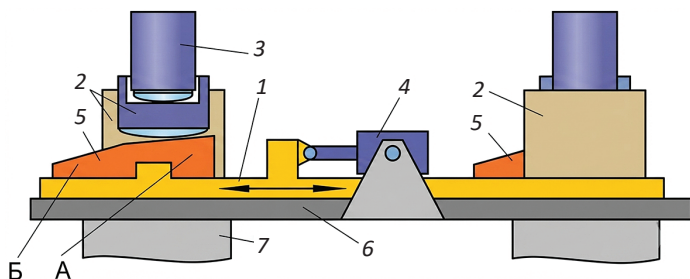
- 1 – передній стіл; 2 – заштовхувач; 3 – скидач; 4 – кантувач;
 5 – похилі ґрати; 6 – робоча кліть; 7 – ролики зворотної подачі; 8 – механізм переміщення; 9 – задній стіл;
 10 – механізм підйому нижнього ролика зворотної подачі;
 11 – проводки; 12 – стрижневий упор; 13 – привід робочих валків; 14 – привід роликів зворотної подачі; 15 – стрижень з оправою; 16, 17 – верхній і нижній валки

Рисунок 9.5 – Схема устаткування автомата-стану [1]



1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – маховик (може бути відсутній); 4 – шестеренна кліть; 5 – шпindelь; 6 – робочі валки; 7 – подушки; 8 – клиновий механізм; 9 – натискний гвинт; 10 – привід переміщення верхнього валка; 11 – врівноваження верхнього валка; 12 – контрвантаж врівноваження

Рисунок 9.6 – Загальний вид та схема робочої кліті автомат-стану [1; 16]



1 – рухома траверса; 2 – вузол підп'ятника; 3 – натискний гвинт; 4 – гідроциліндр; 5 – клин; 6 – нерухома траверса; 7 – подушка верхнього валка

Рисунок 9.7 – Клиновий механізм швидкого розведення валків автомат-стану



Горизонтальне переміщення клинам і траверсі 1 сповіщає гідроциліндр 4. Вся конструкція встановлена між подушками верхнього валка і натискними гвинтами 3, на які клини 5 опираються через підп'ятники 2.

Кожен клин має дві ділянки з різними кутами нахилу: ділянку *А* з кутом менше кута самогальмування і ділянку *Б* з більшим кутом. У робочому положенні натискні гвинти 3 опираються на ділянки *А* і клини 5 є звичайними проставками. Для розведення валків гідроциліндр 4 зсуває клини під гвинти на ділянку *Б*, зазор між гвинтом і подушкою 7 зменшується і механізмом врівноваження подушки з валком швидко підіймаються вгору, при цьому натискний гвинт не рухається. Зворотним ходом механізму валок повертається на лінію прокати на те саме місце, оскільки положення натискних гвинтів не змінилось. Це забезпечує точність прокатки у кожній парі проходів у даному калібрі.

9.2.2 Безперервні розкатні стани

У безперервних розкатних станах прокатка ведеться на рухомій оправці у круглих калібрах. Стани мають 7–9 робочих клітей. Товщина стінки труби визначається різницею радіусів калібру останньої кліті і оправки. Схема розкатки гільзи показана на рис. 9.8 (див. с. 197). В цілому процес подібний до прокатки круглих профілів на сортових безперервних станах.

Стани мають 7–9 робочих клітей. Це можуть бути послідовно розміщені горизонтальні і вертикальні кліті. Більш сучасним рішенням є послідовне розміщення однакових клітей під кутами 45° і 135° до горизонталі (підлоги цеху) (рис. 9.9 (див. с. 197), 9.10 (див. с. 198)). Кут між клітями становить 90° , як між горизонтальною і вертикальною клітями.

Двигуни робочих клітей встановлюють горизонтально на підлозі цеху (рис. 9.9) або під кутом на спеціальних плитах (рис. 9.10).

Недоліком першої схеми є більші габарити і наявність у приводах конічних передач, умови роботи яких гірші,

ніж у циліндричних. Друга схема більш компактна по ширині, в ній використовуються тільки циліндричні передачі. Недоліком є складність кутового розміщення і монтажу приводів.

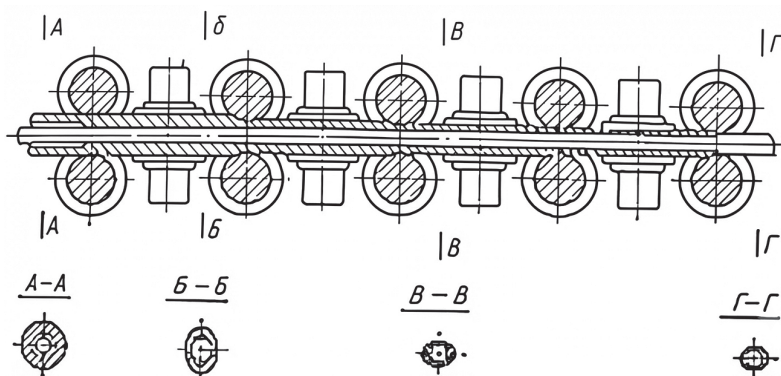
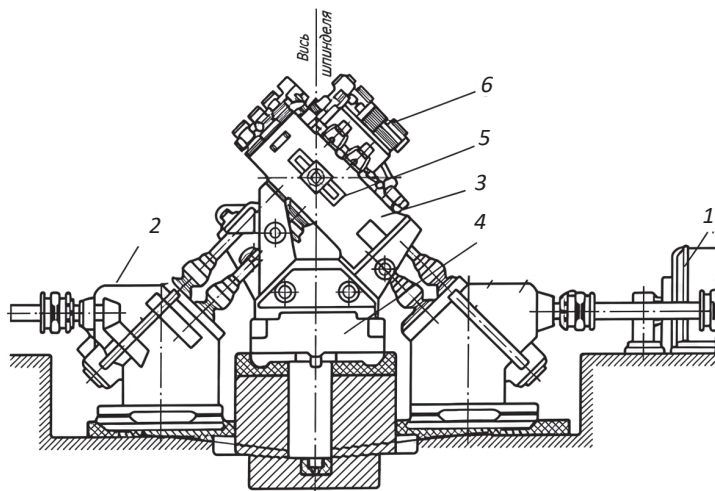
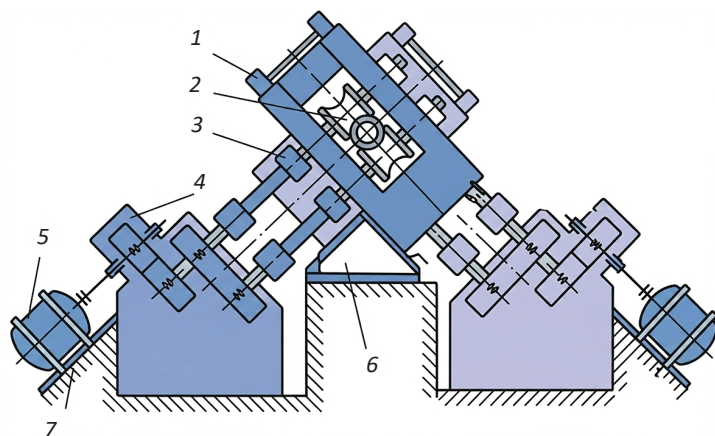


Рисунок 9.8 – Схема розкатки гільзи з рухомою оправкою на безперервному стані [5]



1 – двигун; 2 – кутовий комбінований редуктор-шестеренна кліть; 3 – робоча кліть; 4 – плита;
5 – проводки; 6 – наступна робоча кліть

Рисунок 9.9 – Робочі кліті безперервного стану, встановлені під кутом, з горизонтальним розташуванням двигунів [1]



- 1 – робоча кліть; 2 – робочі валки; 3 – шпинделі;
4 – кутовий комбінований редуктор-шестеренна кліть;
5 – двигун; 6, 7 – плити

Рисунок 9.10 – Похило встановлена робоча кліть безперервного стану з кутовим розташуванням двигунів

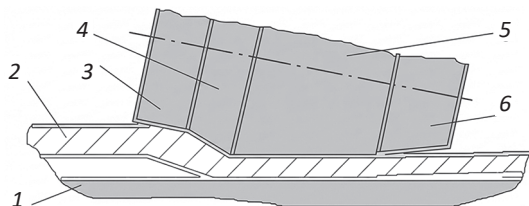
9.2.3 Тривалковий розкатний стан

У агрегатах для прокатки товстостінних труб високої точності, які в тому числі є заготовкою для кілець підшипників кочення, використовуються трьохвалкові стани поперечно-гвинтової прокатки. Причому такі стани використовують і для прошивки, і для розкатки, і для редукування труб. Вони мають уніфіковану конструкцію.

Осі валків трьохвалкових станів розміщені під кутом до осі прокатки. Осередок деформації при розкатуванні труби на рухомій оправці показаний на рис. 9.11 (див. с. 199). Трьохвалкові стани мають конічні валки з ділянцями різної конусності. Основна деформація має місце на гребені 4 валка. Далі труба калібрується на ділянці 5 і на вихідному конусі 6 за рахунок пружної деформації відходить від оправки. Така схема забезпечує високу точність по товщині стінки, яка становить $\pm 6\%$. Перехід на інші діаметри труби відбувається простим зведенням або розведенням валків. Калібри в цьому випадку не потрібні.

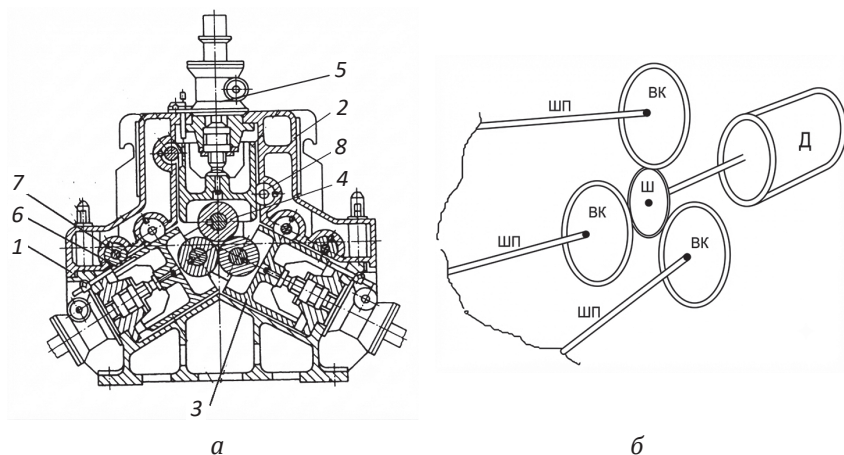
Робоча кліть трьохвалкового стану (рис. 9.12) має роз'ємну станину 1, закриту кришкою 2. В розточках станини і кришки встановлені під кутом 120° між собою барабани 3. У барабанах на чотирирядних підшипниках з додатковим опорним вузлом встановлені складені валки 4 зі змінною робочою конусною частиною.

Відстань між валками регулюється натискними механізмами 5, якими обладнаний кожен барабан. Врівноваження валків пружинне, аналогічне прошивному стану (рис. 9.3).



1 – оправка; 2 – заготовка; 3 – конус західний; 4 – гребінь;
5 – конус калібрувальний; 6 – конус вихідний

Рисунок 9.11 – Осередок деформації при розкатуванні стінки на тривалковому стані



1 – станина; 2 – кришка; 3 – барабан; 4 – валок;
5 – натискний механізм; 6 – зубчастий вінець;
7 – зубчаста рейка; 8 – стопорний клин

Рисунок 9.12 – Схема робочої кліті тривалкового розкатного стану (а) [35] та схема приводу (б)



Для кутового налаштування барабани повертаються в розточках станини. Для цього на їхніх поверхнях нарізані зубчасті вінці 6, що входять у зачеплення із зубчастими рейками 7, які мають власні приводи. Після налаштування барабани стопоряться від повороту стопорними клинами 9. Рейки 7 і стопори 9 мають циліндричну опорну поверхню і переміщуються у циліндричних напрямних станини.

Валки стану приводяться від одного двигуна Д (рис. 9.12, б) через шестеренну кліть з центральною ведучою шестернею III та веденими зубчастими колесами ВК, встановленими з кутами 120° аналогічно робочим валкам, та шпинделі ШП. Між шпинделями по осі прокатки встановлюють задавальний жолоб із штовхачем для задавання гільзи з оправкою у валки.

9.2.4 Розкатні стани пілігримової (періодичної) прокатки

На пілігрим-станах прокатують найбільші типорозміри гарячекатаних безшовних труб (діаметром до 720 мм, товщиною стінки до 60 мм) у тому числі з перерізами, що відрізняються від круглих [1; 3].

На пілігрим-станах розкатка ведеться періодично по ділянках труби у валках з калібром перемінного діаметру (рис. 9.13, див. с. 201).

Калібр пілігрим-стану має чотири зони: I – зона обтиснення, у якій діаметр калібру змінюється від максимального $D_{\max}$ до мінімального $D_{\min}$; II – зона калібрування, у якій діаметр калібру постійний і дорівнює $D_{\min}$; III – зона поздовжнього випуску, у якій діаметр збільшується до $D_{\max}$ – холоста зона, у якій діаметр перевищує максимальний.

Валки постійно обертаються назустріч подачі гільзи. Гільза з оправкою вільно подається у валки, коли розмір калібру максимальний (зона IV), на довжину, що обтискається у зоні I. Вона входить у контакт з валками у зоні I, де обтискається по товщині стінки до потрібної величини і при цьому виштовхується валками із кліті. Наступна подача відбувається на прокатану і непрокатану довжину. Нова ділянка обтискається у зоні I,

прокатана калібрується у зоні II і знов виштовхується з валків. Надалі заготовка подається на довжину непрокатаної, прокатаної та відкаліброваної ділянок. Ділянки, що обтискаються зонами I і II, виштовхуються з валків, а ділянка, відкалібрована у попередньому проході, залишається у валках, оскільки в зоні III виходить із контакту з ними. За кожен прохід додається нова відкалібрована частина, і заготовка поступово виходить із кліті на вихідну дільницю. Перед кожною подачею гільза перевіряється вздовж осі на 90° з метою усунення овальності труби.

Робоча кліть пілігрим-стану (рис. 9.14, див. с. 202) – це потужна двовалкова кліть. Калібровані валки 5 встановлені в подушках 6 на текстолітових підшипниках ковзання. Натискний механізм електромеханічний черв'ячно-гвинтовий 8–11. Зміна міжвалкового зазору відбувається при перевалках та переході на труби інших діаметрів. У під'ятниках встановлені запобіжні пристрої 7, які оберігають валки та натискні механізми від перевантаження. Врівноваження 12 верхнього валка – гідравлічне.

Головна лінія стану складається із електродвигуна 1, маховика 2, шестеренної кліті 3 та універсальних шпинделів 4. Маховик – масивний диск, що акумулює кінетичну енергію на холостому ході і витрачає на робочому. Це запобігає піковим

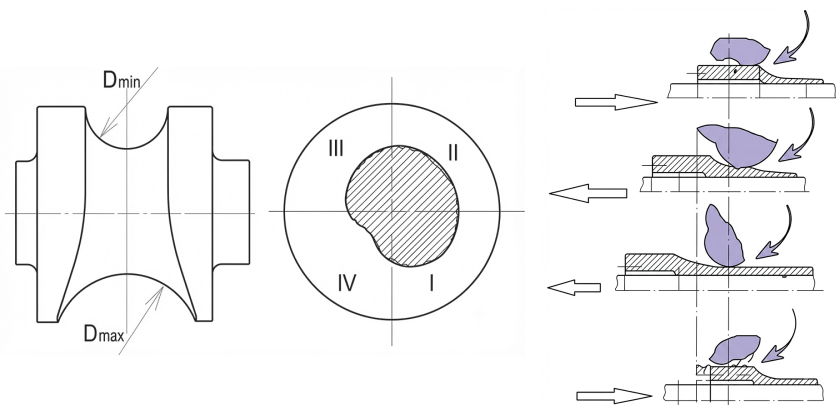
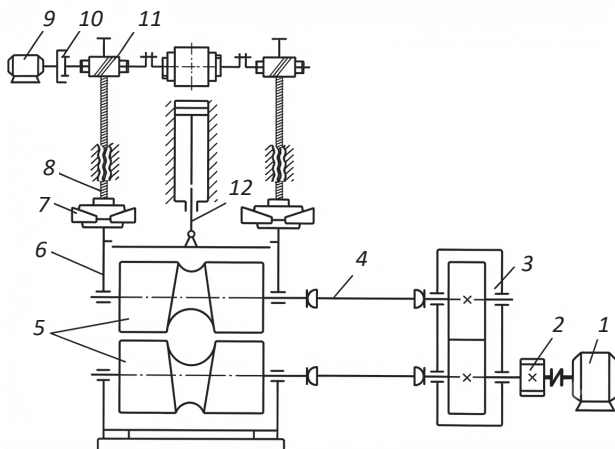


Рисунок 9.13 – Валок пілігрим-стану (а)
і схема прокатки за один прохід (б) [1; 16]

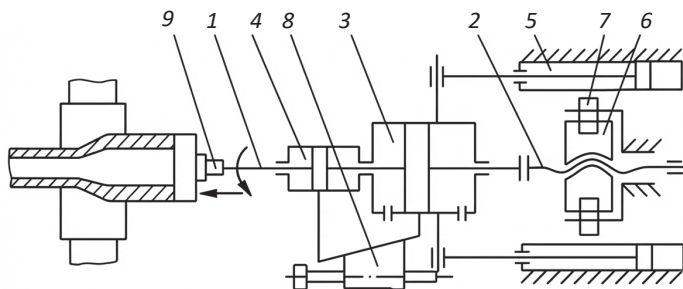
навантаженням на двигун при переході від холостого ходу до прокатки.

Прокатка на пілігрим-стані неможлива без встановленого перед робочою кліткою задавального апарату (рис. 9.15). В його



- 1 – електродвигун головного приводу; 2 – маховик;
3 – шестеренна клітка; 4 – шпиндель; 5 – робочі валки;
6 – подушки; 7 – запобіжник; 8 – натискний механізм;
9 – електродвигун натискного механізму; 10 – муфта;
11 – черв'ячний редуктор; 12 – гідравлічне врівноваження

Рисунок 9.14 – Схема робочої клітки та приводу валків пілігрим-стану



- 1 – шток; 2 – дрель; 3 – повітряна камера; 4 – гальмівна
водяна камера; 5 – гідроциліндр подачі; 6, 7 – храпове
колесо; 8 – механізм підйому; 9 – затискач

Рисунок 9.15 – Кінематична схема задавального апарату



функції входить точна і плавна подача гільзи у валки на задану величину та поворот на 90° вздовж осі.

Задавальний апарат складається із корпусу (на схемі не показаний), в якому встановлені два механізми подачі 3 і 5, механізм підйому 8 та механізм обертання заготовки 2, 6, 7.

На штоку 1 встановлений затискач 9, у якому кріпиться гільза з оправкою. На штоку знаходяться поршні водяного амортизатору 4 та пневматичної камери 3. Шток закінчується дрилем 2 з храповим колесом 6, 7. Вся конструкція встановлена на рамі, яка регулюється по висоті механізмом 8 і пересувається гідроциліндрами 5.

Механізм подачі 3 і обертання 2, 6, 7 приводяться самими валками кліті. Коли заготовка виштовхується з кліті валками, вона рухає шток 1 праворуч. Повітря у камері 3 стискається під поршнем, а дріль 2 перетворює осьовий рух у обертальний і повертає заготовку на 90° . Коли валки виходять із контакту з гільзою, стиснене повітря штовхає шток камери 3 назад, і заготовка повертається у валки на ту ж саму величину. Водяна камера 4 виконує роль амортизатора динамічних навантажень. Поворот заготовки з дрилем назад блокує храповий механізм 6, 7. Гідроциліндри 5 подають гільзу на величину, яка полягає обтисненню і водночас проштовхують прокату ділянку через валки.

|| 9.3 Редукційні та калібрувальні стани

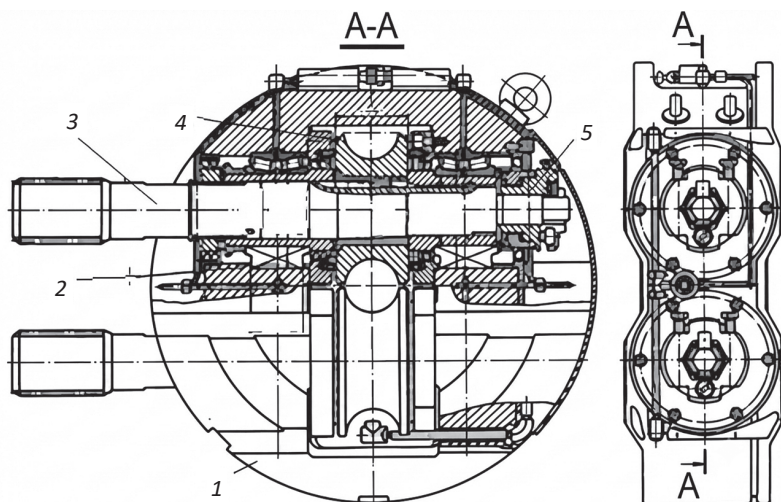
Редукування – процес безправочного обтиснення труб у круглих калібрах для одержання потрібного діаметру. Товщина стінки труби при цьому не змінюється або змінюється незначно. Калібрування аналогічне за схемою редукуванню, але без суттєвих обтиснень, призначене для поліпшення точності розмірів і усунення овальності труб. Як прошивання і розкатка це теж процеси гарячої прокатки.

Обидва процеси реалізують на безперервних станах за винятком агрегатів з трьохвалковими станами поперечно-гвинтової прокатки, де всі вони уніфіковані між собою. У безперервних

калібрувальних станах кількість клітей становить 3–7, у редукційних може доходити до 20.

Зазвичай редукційні і калібрувальні стани одного агрегату уніфіковані за конструкцією робочих клітей. Залежно від сортаменту труб у них використовують двохвалкові та трьохвалкові робочі кліті. Двохвалкові кліті сучасних станів встановлюють так, як і на безперервних розкатних станах (рис. 9.9, 9.10). Вони використовуються переважно для прокатки товстостінних труб, де навантаження на кліть достатньо високі. Двохвалкові кліті можуть мати як звичайну конструкцію, так і конструкцію з високою жорсткістю (рис. 9.16).

У цій конструкції немає натискних механізмів. Кліті збирають під конкретний сортамент на спеціальних стендах і встановлюють на стан без подальших регулювань калібрів. Станина 1 виконана у вигляді моноблоку. Робочі валки мають складену конструкцію. На приводних валах 3 за допомогою дистанційних втулок встановлені бандажі 4, в яких нарізані рівчаки, що складають калібр. Бандажі фіксуються в осьовому напрямку гідрогайками 5.



1 – станина; 2 – вузол підшипників; 3 – приводні вали;
4 – робочі валки; 5 – гідрогайки

Рисунок 9.16 – Двохвалкова кліть високої жорсткості [36]

Зібрані валки встановлені у станині 1 у виді двохопornoї конструкції на дворядних конічних підшипниках 2.

Трьохвалкові кліті використовуються при прокатці тонкостінних труб, у тому числі у редукційно-розтяжних станах. Існують два типи клітей: з одним вхідним валом і розподілом моменту між валками усередині кліті (рис. 9.17, а) та з трьома вхідними валами і розподілом моментів поза кліттю (рис. 9.17, б, в). Провідним виробником клітей обох типів є фірма «Koks» (Німеччина).

Кліть першого типу та переваги трьохвалкових конструкцій розглянуті у п. 6.6 та на рис. 6.24.

Конструкція кліті з трьома вхідними валами наведена на рис. 9.18 (див. с. 206). Конічні передачі 3 використовуються у ній для передачі моменту на вали, розміщені під кутом один до одного і знаходяться у значно кращих умовах роботи, аніж у схемі з одним вхідним валом, оскільки винесені із високотемпературної зони валків. Моменти на конічні передачі передаються трьома вхідними валами 4. Безпосередньо розподіл моментів від двигуна на вали 4 здійснюється у шестеренній кліті з компонуванням передач, як показано на рис. 9.17, б, в. Валкові вузли 2, як і в попередніх випадках, мають складену двохопornoу конструкцію. Для обслуговування валкових вузлів станина має відкидну кришку 1. Оскільки вали конічних передач мають власні підшипникові опори, підшипники робочих валків сприймають в основному радіальні навантаження. Усе це робить кліті цього типу більш надійними і довговічними, аніж кліті з одним вхідним валом.

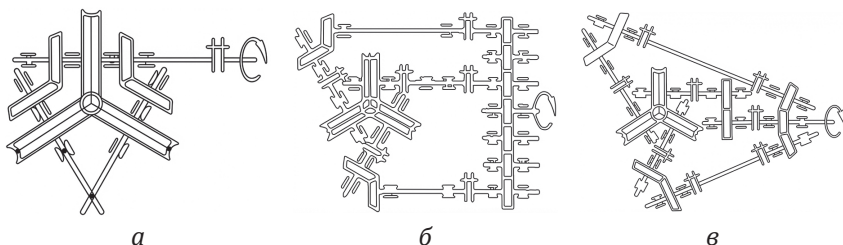
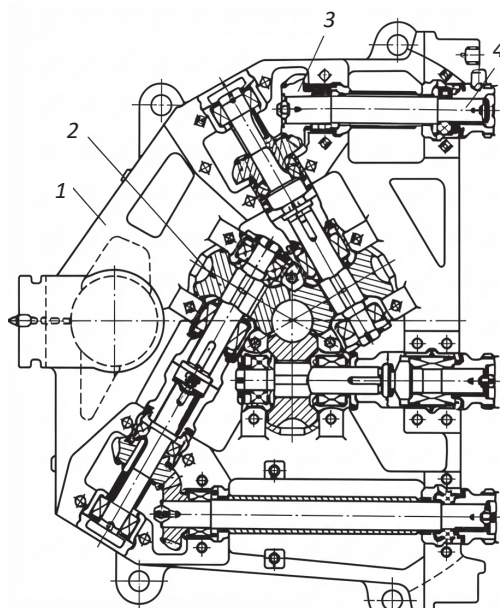


Рисунок 9.17 – Кінематичні схеми тривалкових клітей: з одним вхідним валом (а); з трьома вхідними валами (б, в)

Недоліком клітей другого типу є значно більші розміри та ускладнення перевалок через необхідність від'єднувати три вали від шестеренної кліті.

Трьохвалкові кліті встановлюються зазвичай у виді блоків з мінімальною відстанню між клітями (рис. 9.19). Валки в наступній кліті «перевернуті» відносно попередньої, що забезпечує зниження овальності та підвищення точності виробів.

Залежно від типу клітей і типорозмірів станів вони мають різні типи приводів. У робочих клітях на рис. 9.9, 9.10 використовують індивідуальний привід для кожної кліті. До переваг такого приводу відноситься можливість незалежного регулювання швидкостей і міжклітьових натяжінь по клітях. Міжклітьові натяжіння є функцією від контрольованого розузгодження швидкостей попередньої і наступної клітей. Недоліками

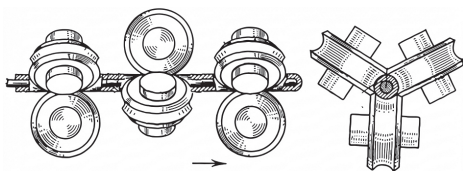


1 – станина; 2 – робочий валок; 3 – конічне зачеплення;
4 – вхідний вал

Рисунок 9.18 – Тривалкова робоча кліть конструкції фірми Koks із трьома вхідними валами [37]



а



б

Рисунок 9.19 – Загальний вигляд (а) та порядок розміщення валків (б) у блоку тривалкових клітей

індивідуального приводує великі габарити та більша сумарна потужність двигунів.

Груповий привод використовують для блоків клітей редукційно-калібрувальних станів. Він не дозволяє регулювати співвідношення швидкостей і натяжін між клітями під час прокатки, які залежать від передатних чисел зубчастих передач, що підбираються під кожен сортament. На сучасних станах їх не використовують.

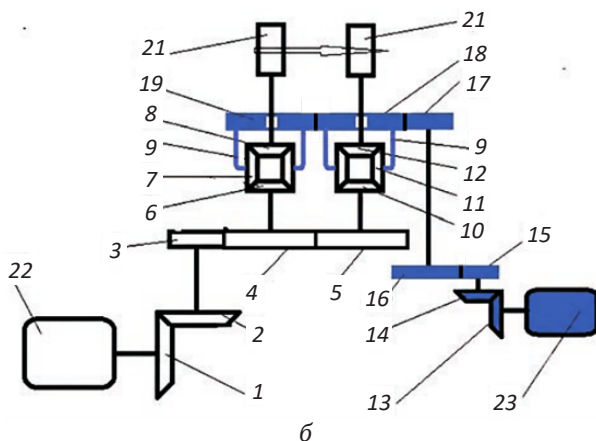
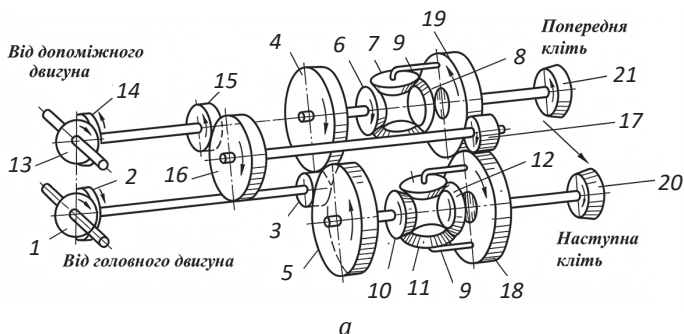
У комбінованих приводах від одного двигуна приводяться дві-три суміжні кліті, регулювання швидкостей і натяжін забезпечується у достатньо широких діапазонах за рахунок наявності у приводах диференціальної передачі.

Кінематична схема комбінованого диференціального приводу показана на рис. 9.20 (див. с. 208).

Обертотий момент від головного двигуна 22 передається на редуктор 3–5, де зубчастими колесами 4, 5 розподіляється на лінії приводів двох робочих клітей. Валок 21 приводиться від зубчастого колеса 4 через диференціал 6–8, валок 20 – від зубчастого колеса 5 через диференціал 10–12. Вали ведених шестерень 8, 12 проходять через отвори у маточинах зубчастих коліс 18, 19 і приводять ведучі валки 20, 21 трьохвалкових клітей з одним вхідним валом. Осі сателітів 7, 11 посаджені на водила 9, жорстко встановлені на торцях зубчастих коліс 18, 19.

Якщо колеса 18, 19 не обертаються, сателіти 7, 11 виконують функцію паразитних шестерень, передатне число диференціалів дорівнює 1, і валки 20, 21 мають однакову частоту

обертання. (Нагадаємо, що в безперервних станах однакових швидкостей бути не може, внаслідок подовження металу швидкості зростають від першої до останньої кліті пропорційно витяжкам.) Особливістю диференціалів є можливість змінювати передатне число. Для цього від допоміжного двигуна 23 через зубчасті передачі 13-14, 15-16 приводиться зубчасте



1, 2 – конічна передача; 3-5 – головний редуктор;
6, 10 – ведучі шестерні диференціалів; 7, 11 – сателіти;
8, 12 – ведені шестерні диференціалів; 13, 14 – конічна
передача; 15, 16 – допоміжний редуктор; 17-19 – зубчаста
передача; 20, 21 – ведучі робочі валки; 22 – головний
двигун; 23 – допоміжний двигун

Рисунок 9.20 – Просторова (а) і спрощена плоска (б) кінематична схема комбінованого диференціального приводу двох робочих клітей (синім кольором позначена лінія приводу сателітів)



зачеплення 17–18–19. Закріплені на колесах 18, 19 водила 9 починають обертати сателіти по ведучих і ведених шестернях диференціалів. Це призводить до розузгодження частоти обертання ведучих 6, 10 і ведених 8, 12 шестерень, тобто до зміни передатних чисел диференціалів. Зубчасті колеса 18, 19 з водилами 9 обертаються у протилежних напрямках, відповідно передатне число одного з диференціалів буде зменшуватись, а другого збільшуватись і приведе до різниці у швидкостях валків 20, 21. Задаючи потрібну частоту обертання зубчастим колесам 18, 19, можна досягати потрібного співвідношення швидкостей клітей, а відповідно і міжклітьових натяжінь.

Такі приводи широко використовуються у редуційно-розтяжних станах, де, окрім обтиснення по діаметру, можна за рахунок натяжін зменшувати у деякому діапазоні і товщину стінки труби.

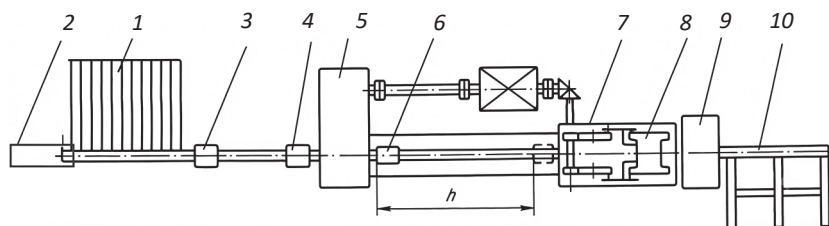
|| 9.4 Стани холодної прокатки труб

На станах холодної прокатки прокатують труби діаметром 4–450 мм з товщиною стінки від десятих долей міліметра до 30 мм. Холоднокатані труби мають високі показники якості та низькі витратні коефіцієнти. Їх виготовляють практично з усіх видів сталей і кольорових металів і сплавів. Процес прошивки в цьому випадку відсутній, заготовкою можуть бути гарячекатані безшовні або зварні труби.

Процес холодної прокатки на більшості станів носить періодичний характер, подібний до пілігрим-прокатки, але тут труба прокатується окремими ділянками по довжині при зворотно-поступальному руху прокатної кліті або заготовки.

Стани холодної прокатки труб підрозділяють на валкові (ХПТ) і роликові (ХПТР). Стани ХПТ класифікують за багатьма ознаками, які визначають їх конструкційні особливості. Ми розглянемо найбільш поширений тип станів – однониточні ХПТ зі зворотно-поступальним рухом робочої кліті. Назву таких станів визначає максимальний діаметр труб, що на них прокатують, від найменших ХПТ 32 до найбільших ХПТ 450.

Склад устаткування ХПТ ілюструє рис. 9.21.



- 1 – стіл заготовок; 2 – подавальний пристрій;
3, 4 – затискачі оправки; 5 – головний привід; 6 – патрон;
7 – рама; 8 – робоча кліть; 9 – пила; 10 – стіл готових труб

Рисунок 9.21 – План устаткування стану ХПТ
із торцевим завантаженням заготовки

Заготовки подаються на стіл 1, з якого подавальним пристроєм 2 по одній подаються на оправку у затискачі 3. Затискач 4 перехоплює заготовку з оправкою і передає її в патрон 6. Вмикається головний привід 5, що надає переривчастий рух патрону подачі 6 із заготовкою і зворотно-поступальний робочій клітці 8. Заготовка по ділянках прокатується, доки патрон 6 не прийде у крайнє положення. За необхідності готова труба ріжеться пилою 9 і скидається на стіл готових труб 10. Патрон повертається у початкове положення, і цикл повторюється.

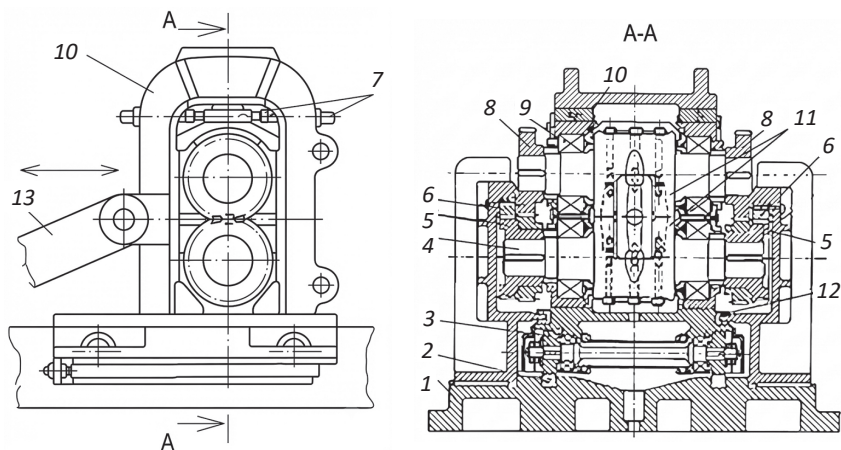
Робочі клітці ХПТ можуть виконуватись із рухомою станиною або нерухомою станиною і рухомим вузлом валків. Більшість робочих клітей виконують за першим варіантом (рис. 9.22, див. с. 211).

Робоча кліть встановлена у закріпленій на фундаменті рамі 1, всередині якої вона рухається зворотно-поступально шатунами 13 кривошипно-важільного механізму. Станина клітці 10 встановлена на роликах 3, на яких рухається по балках 2 рами. З боків кліть обмежена напрямними 12. Валки 11 встановлені у подушках на чотирирядних підшипниках кочення 9. Валки не мають приводу і обертаються від переміщення робочої клітці. Для цього на хвостовиках верхнього і нижнього валків встановлені шестірні 8, що знаходяться у зачепленні між собою. Нижній валок має подовжені хвостовики 4,

на яких додатково встановлені шестірні 5. Вони входять у зачеплення із зубчастими рейками 6, закріпленими у верхній частині рами 1. При переміщенні кліті шестірні 5 перекочуються по нерухомих рейках 6 і обертають нижній валок, який через зачеплення 8 приводить верхній валок. Обертання верхнього і нижнього валків жорстко синхронізоване, і калібр кожної миті займає чітко визначене положення.

Зворотно-поступальний рух кліті супроводжується значними динамічними навантаженнями від інерційних сил. Щоб їх зменшити, використовують пристрої врівноваження динамічних навантажень. Як і пристрої врівноваження валків робочих клітей, вони можуть бути вантажними, пружинними та гідравлічними (рис. 9.23, див. с. 212), та мають ті ж самі переваги та недоліки (див. п. 4.5). У наведеній на рис. 9.22 кліті встановлене пружинне врівноваження 7.

Валки станів ХПТ виконують збірними (рис. 9.24, а (див. с. 213)). У тілі валка 1 виконується виріз, у якому



- 1 – рама; 2 – балки; 3 – ролики; 4 – хвостовик нижнього валка; 5 – шестірня ведуча; 6 – зубчаста рейка;
7 – врівноваження кліті; 8 – ведені шестерні;
9 – підшипники; 10 – станина; 11 – валки; 12 – бічні напрямні; 13 – шатун приводу кліті

Рисунок 9.22 – Робоча кліть стану ХПТ з рухливою станиною [38]

за допомогою клинових або різбових з'єднань фіксують калібровану вставку 2 з рівчаком змінного радіусу. Це дає змогу замінювати калібровану вставку, не виймаючи валок із кліті. Вставку виконують зі сталі ШХ15 або 60ХФА і термообробляють до твердості 55–60 HRC. На станах з подовженим ходом кліті використовують кільцеві калібри (рис. 9.24, б (див. с. 213)).

У стані ХПТР замість валків застосовують три ролики з калібром постійного перерізу. Такі стани мають низку переваг: простий робочий інструмент (ролики і напрямні планки) і невелика його маса; менші діаметри робочих валків, як наслідок, зниження сили прокатки і пружної деформації робочої кліті; відсутність важконавантажених підшипників робочих валків; значно менша маса робочої кліті, що дозволяє знизити інерційність і збільшити кількість її ходів за хвилину; більш повне охоплення деформованого матеріалу трьома роликами, що дає можливість прокатувати труднодеформовані сталі і сплави; можливість прокатки особливо тонкостінних труб з товщиною стінки, що дорівнює $1/100$ – $1/500$ зовнішнього діаметра готової труби.

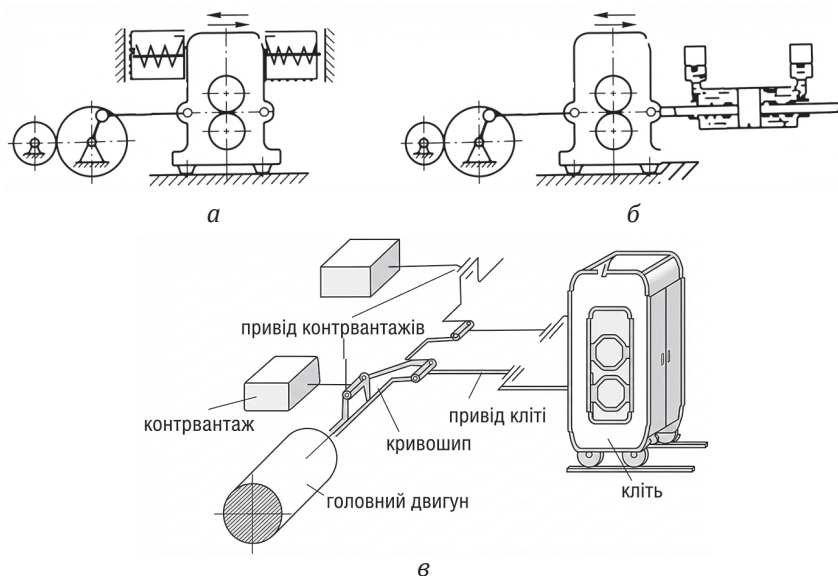


Рисунок 9.23 – Врівноваження робочої кліті: пружинне (а); гідравлічне (б); вантажне (в)

Але ці переваги мають місце у вузькому діапазоні легких сортamentів, оскільки стани ХПТР мають низьку продуктивність і у них обмежена можливість редукування труб по зовнішньому і внутрішньому діаметрах.

Конструкція робочої кліти стану ХПТР наведена на рис. 9.25 (див. с. 214). Станина виконана у вигляді товстостінної втулки 1, яка на коліщатках 2 здійснює зворотно-поступальний рух у напрямних рами під дією кривошипно-шатунного механізму 13.

У станині в сепараторі 5 знаходяться похилі напрямні 4, по яких під час руху станини перекочуються шийки робочих роликів 3. При цьому ролики зближуються і в калібрі обтискають ділянку труби 8 на оправці 9.

Ролики 3 встановлені у шпинделі 5, який рухається усередині станини 1 і з'єднаний з повзуном 7. Повзун 7 тягами 11 приєднаний до важелів 10, шарнірно закріплених на рамі. Важелі 10 тягами 12 приєднані до станини 1. Коли станина рухається зі швидкістю $V_{\text{кл}}$ важелі 10 через тяги 12 одержують обертовий рух відносно шарнірів, який через тяги 11 перетворюється на поступальний рух повзуна 7 з сепаратором 6 і роликами 3 зі швидкістю $V_6 = V_{\text{кл}} R_2 / R_1$. Так гарантується рух роликів 3 по напрямних 4 без ковзання з потрібною швидкістю.

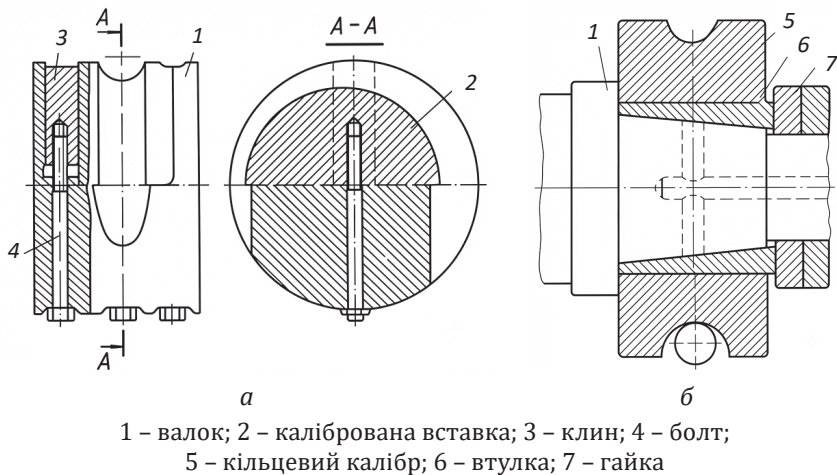
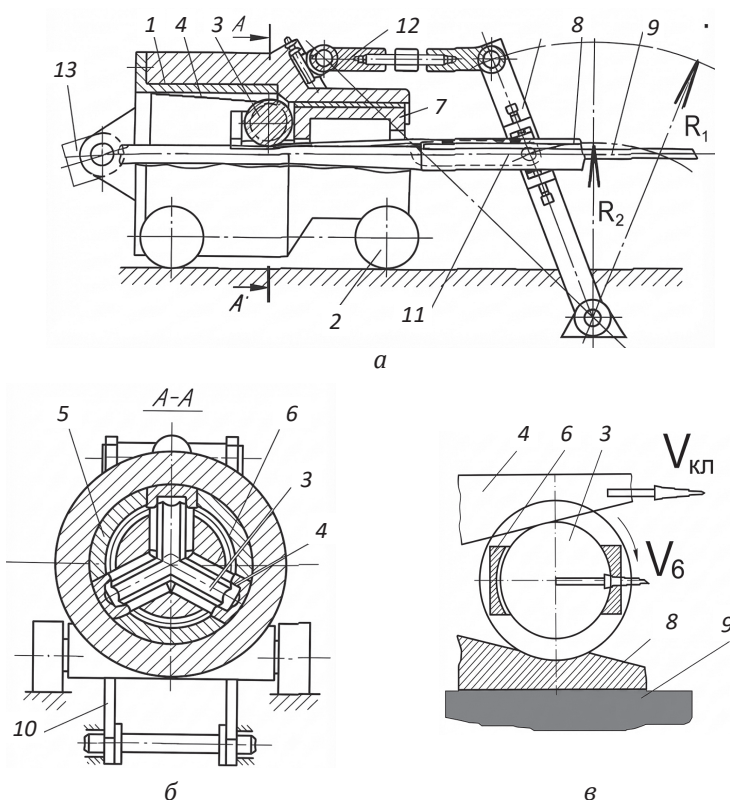


Рисунок 9.24 – Валки станів ХПТ з калібною вставкою (а) та з кільцевим калібром (б)

Після циклу прокатки ділянки труби нова ділянка заготовки 8 подається у ролики і повертається на 90° задавальним апаратом стану, і процес повторюється, поки по ділянках не буде прокатана вся труба.



- 1 – станина; 2 – коліщатка; 3 – робочі ролики; 4 – похилі напрямні; 5 – сепаратор; 6 – шпindelь; 7 – повзун;
 8 – заготовка; 9 – оправка; 10 – важіль; 11, 12 – тяги;
 13 – привід кліті

Рисунок 9.25 – Робоча кліть стану ХПТР: поздовжній розріз (а); поперечний переріз (б); схема перекочування ролика й обтиснення труби (в) [38]



Контрольні питання

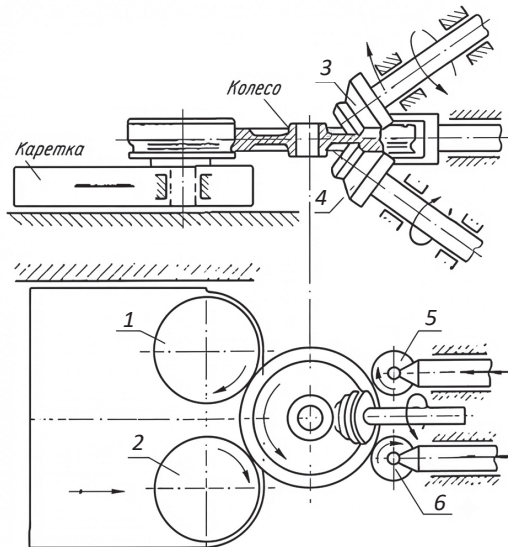
1. Назвіть послідовність процесів виробництва гарячекатаної безшовної труби та призначення станів трубопрокатного агрегату.
2. Наведіть кінематичну схему стану поперечно-гвинтової прокатки.
3. Наведіть схему осередку деформації прошивного стану та поясніть механізм прошивання гільзи.
4. Приведіть склад обладнання прошивного стану з осьовим відводом гільзи.
5. Розкрийте конструкцію робочої кліті прошивного стану.
6. Поясніть принцип розкатування труби на автоматичному стані.
7. Вкажіть конструктивні особливості робочої кліті автомат-стану.
8. Розкрийте призначення та принцип роботи механізму швидкого розведення валків автомат-стану.
9. Які схеми розташування клітей використовують на безперервних розкатних станах?
10. Поясніть принцип розкатування труби на пілігрим-стані.
11. Зобразіть профіль рівчака валка пілігрим-стану, вкажіть, яка зона якій стадії процесу відповідає.
12. Розкрийте конструкцію апарату для задавання заготовки у пілігрим-стан, вкажіть принцип дії його основних механізмів.
13. Розкрийте принцип дії трьохвалкового розкатного стану поперечно-гвинтової прокатки, зобразіть схему.
14. Розкрийте конструкцію робочої кліті трьохвалкового розкатного стану, вкажіть принцип роботи основних механізмів кліті.
15. Наведіть схему обладнання стану холодної прокатки труб.
16. Розкрийте конструкцію робочої кліті стану ХПТ.
17. Дайте порівняльну характеристику станів ХПТ і ХПТР.
18. Розкрийте конструкцію робочої кліті стану ХПТР.
19. Назвіть призначення редуційного та калібрувального станів?
20. Чим обумовлене використання трьохвалкових робочих клітей?
21. У чому полягають особливості приводів трьохвалкових клітей редуційних станів?
22. Опишіть конструкцію трьохвалкової робочої кліті фірми «Koks».
23. Опишіть конструкційні особливості диференціального приводу редуційних робочих клітей.

СПЕЦІАЛЬНІ СТАНИ

|| 10.1 Колесопрокатні та кільцепрокатні кліті

Процес прокатки використовують для накатування робочих поверхонь коліс залізничного транспорту. Виробництво коліс здійснюється шляхом сполучення двох процесів обробки металів тиском: ковальсько-пресової обробки й прокатки. Прокатку використовують для виконання найбільш точної та відповідальної операції виготовлення робочої поверхні ободу залізничного колеса.

Схема накатування поверхні колеса приведена на рис. 10.1. Прокатка виконується в шести валках: двох головних (корінних),

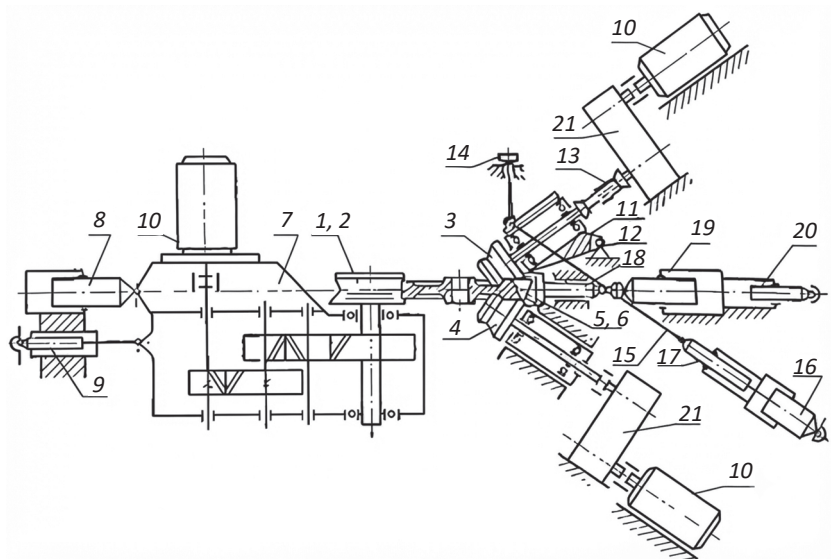


1, 2 – робочі валки; 3, 4 – еджерні валки;
5, 6 – опорні ролики

Рисунок 10.1 – Схема накатування бігової поверхні залізничного колеса

один з яких 1 приводний, а другий 2 – холостий, двох приводних еджерних валках 3, 4, та двох неприводних притискових роликах 5, 6. Всі валки мають радіальні переміщення, окрім стаціонарного еджерного валка 4, по якому базується заготовка. Калібрування головних та натискних валків відповідає профілю бігової поверхні та реборди, а профілювання еджерних валків – торцевій та внутрішній поверхні обода колеса. Накатування відбувається при радіальному зближенні валків [1].

Кінематична схема стану для гарячої прокатки залізничних коліс приведена на рис. 10.2. В станині встановлена рухлива каретка 7, в якій встановлені на підшипниках кочення корінні валки 1, 2 та розміщено привод одного з валків від вертикального двигуна 10, встановленого на каретці [16].



- 1, 2 – робочі валки; 3, 4 – еджерні валки; 5, 6 – притискові ролики; 7 – каретка з редуктором; 8, 16, 19 – натискні гідроциліндри; 9, 17, 20 – гідроциліндри зворотного ходу; 10 – електродвигуни; 11 – хитна платформа; 12 – шарнір; 13 – шпindel; 14 – обмежувач ходу; 15 – тяга; 18 – штанги; 21 – редуктори

Рисунок 10.2 – Кінематична схема колесопрокатного стану [16]



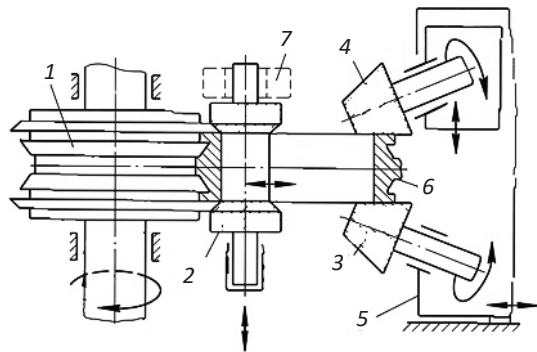
Каретка з валками рухається в напрямних станини натискними гідравлічними циліндрами прямого 8 та зворотного 9 ходу. Еджерні валки 3, 4 встановлені на підшипниках в опорних втулках і приводяться кожен такими ж двигунами 10 через редуктори 21, в лінії приводу хитного валка 3 встановлено шпindel 13 для компенсації зміни кута нахилу.

Осі валків 3, 4 нахилені в різні боки до горизонталі під кутом 35° . Втулка нижнього валка 4 встановлена стаціонарно, а верхнього 3 – на хитній платформі 11 і шарнірно з'єднана з тягою 15 натискного механізму, що складається з гідроциліндрів прямого 16 та зворотного 17 ходу.

Зведення-розведення еджерних валків відбувається за рахунок повороту платформи 11 навколо шарніра 12 натискними циліндрами. Нижнє положення верхнього валка 3, тобто мінімальний міжвалковий зазор, обмежується гвинтовим запобіжником 14.

Притискні холості ролики 5, 6 змонтовані на підшипниках на кінцях двох штанг 18 і переміщаються в горизонтальній площині натискними гідроциліндрами прямого 19 та зворотного 20 ходу. Використання в натискних механізмах стану окремих циліндрів прямого та зворотного ходу дозволяє підвищити точність встановлення валків та зводити-розводити їх з різними швидкостями. Циліндри зворотного ходу також виконують функцію гідравлічного врівноваження.

Прокатку кільця застосовують замість ковальської операції розкочування на оправці. Використання кільцепрокатних станів дозволяє в 5–10 разів підвищити продуктивність і знизити в 1,5–2 рази витрата металу в результаті скорочення припусків на обробку різанням і виконання необхідного профілю перерізу кільця. Кільця різного призначення – для великогабаритних підшипників кочення, бандажів для складених залізничних коліс та ін. – виготовляються за технологією обробки тиском, близькою до виготовлення залізничних коліс. Принципова схема прокатки кільця показана на рис. 10.3 (див. с. 219). На відміну від колесопрокатного стану, де реалізується процес поперечної прокатки, прокатка на кільцепрокатному стані за фізичною сутністю є поздовжньою прокаткою в валках різного діаметру, тобто з геометричною асиметрією осередку деформації [1].



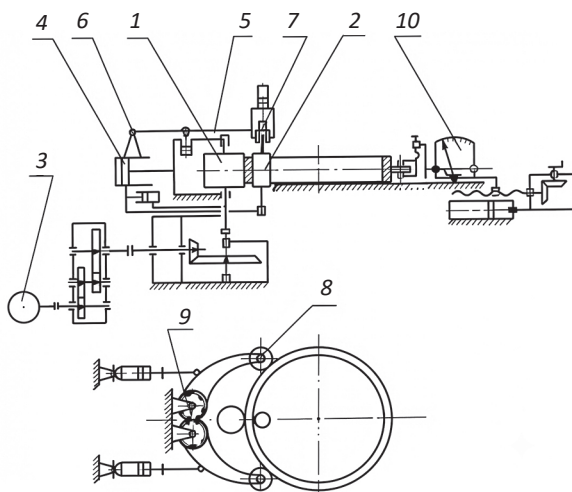
1 – стаціонарний приводний валок; 2 – внутрішній холостий валок; 3, 4 – приводні еджерні валки; 5 – каретка еджерних валків; 6 – заготовка; 7 – підйомна опора

Рисунок 10.3 – Принципова схема кільцепрокатного стану [1]

Кільцеровкатні стани значною мірою аналогічні за конструкцією колесопроркатному, відрізняючись наявністю внутрішнього валка. Для проркати великих кілець застосовують 2- і 4-валкові кільцепрокатні стани із приводними торцевими валками. Двохвалкові стани мають просту конструкцію, меншу масу й забезпечують задовільну якість проркатаних кілець.

Двохвалковий стан (рис. 10.4, див. с. 220) містить зовнішній 1 і внутрішній 2 робочі валки, установлені в станині вертикально. Зовнішній валок обертається електродвигуном 3 через циліндричний двоступінчастий редуктор й конічну передачу. Внутрішній валок 2 виконаний натискним. Валки зближаються гідроциліндром 4, шток якого закріплений на корпусі стаціонарного валка, а рухливий корпус з'єднаний тягами з подушками внутрішнього валка 2. Обидва робочі валки стана виконані двохопорними, в результаті чого зберігається паралельність валків під навантаженням.

Для завантаження й вивантаження кілець верхня опора 5 внутрішнього валка піднімається, повертаючись навколо осі 6 на каретці натискного циліндра. Якісне з'єднання верхньої опори з робочим валком досягається завдяки рухливій втулці 7, що вводиться перед проркаткою в зазор між валком і підшипниковою опорою.



- 1 – приводний робочий валок; 2 – неприводний робочий валок; 3 – двигун; 4 – гідравлічний натискний механізм;
 5 – важіль верхньої опори; 6 – вісь; 7 – верхня опора;
 8 – опорні ролики; 9 – зубчасте зачеплення;
 10 – слідкувальний механізм

Рисунок 10.4 – Кінематична схема
 двовалкового кільцепрокатного стану

Два опорних ролики 8, призначених для підтримування правильної окружності кільця, переміщуються гідроциліндрами. Симетричність розташування роликів відносно робочих валків забезпечується зубчастим зачепленням 9, розташованим між важелями роликів, що синхронізує поворот важелів.

Під час прокатки кільце збільшується у діаметрі і розводить опорні ролики. Для підвищення точності діаметра кілець опорні ролики наприкінці прокатки можуть бути встановлені на регульовані упори.

Чотиривалкові кільцепрокатні стани з еджерними (торцевими) валками мають ряд додаткових переваг. Розширюється асортимент кілець, що виготовляються – стає можливою прокатка кілець, радіальна товщина яких перевищує осьову ширину. Зменшується парк валків, тому що гладкі кільця можуть бути прокатані без зміни валків. Поліпшується якість прокатаних

кілець за рахунок усунення заусенців і підвищення чистоти обробки торців. Знижуються вимоги до точності ширини заготовок під прокатку. Разом з тим, ускладнюється конструкція стана і його керування, зростає маса й вартість. Тому стани з торцевими валками доцільно застосовувати в спеціалізованих кільце-прокатних виробництвах.

|| 10.2 Робочі кліті деталепрокатних станів

10.2.1 Стани для прокатки круглих періодичних профілів

Для різних галузей машинобудування потрібні у великій кількості заготовки – круглі профілі зі змінним по довжині діаметром (для виготовлення півосей автомобілів, конічних і східчастих валів та ін.). Найбільш економічним і високопродуктивним способом виготовлення таких заготовок є поперечно-гвинтова прокатка на трюхвалкових станах.

На станах використовуються валки конічної або дискової форми (рис. 10.5). Осі валків зміщені на $3-6^\circ$ стосовно площини, що проходить через вісь заготовки.

Нагріті до температури прокатки заготовки подаються через вступну проводку й зону робочих валків 2 в автоматичний затискач 5 (рис. 10.6, див. с. 222).

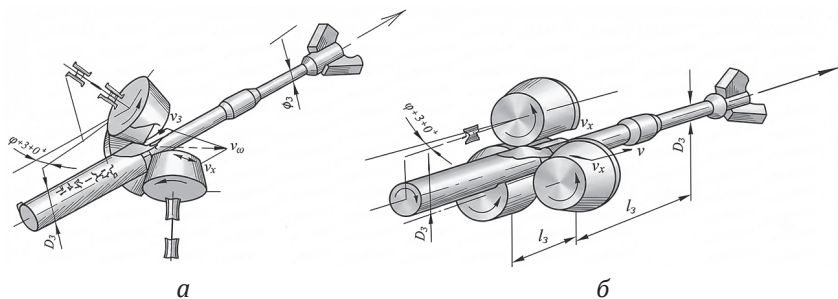
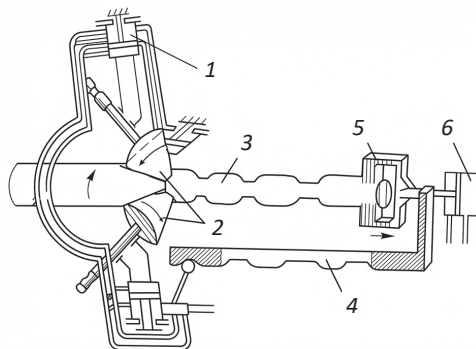


Рисунок 10.5 – Схема тривалкових станів з конічними (а) та дисковими (б) валками [16]



1 – натискний механізм; 2 – валки; 3 – об'єкт обробки;
4 – копір; 5 – затискач; 6 – натяжний пристрій

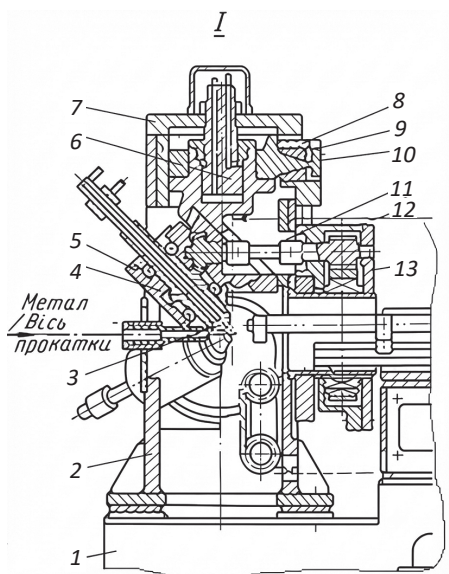
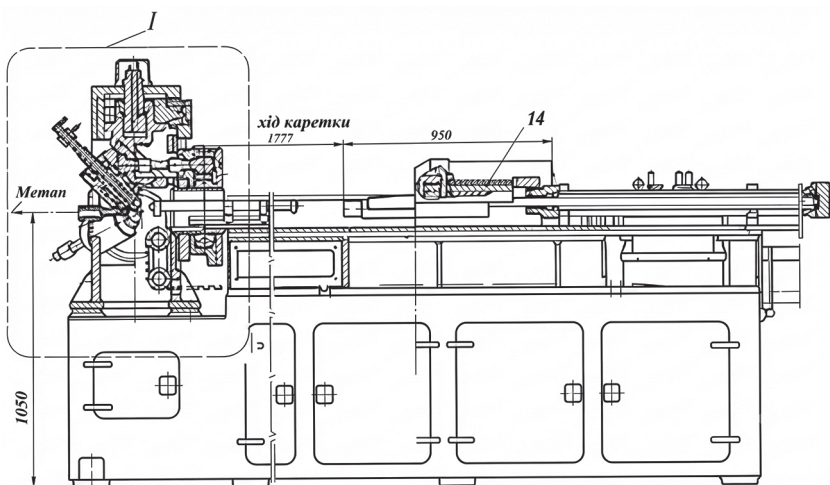
Рисунок 10.6 – Принципова схема тривалкового стану [39]

Після затиснення заготовки включається копіювальна система. Потім починається робочий хід натяжного пристрою 6, при якому автоматичний затискач із регульованою швидкістю рухається від робочої кліті. Обертові робочі валки 2 обтискають натягнуту в осьовому напрямку заготовку 3. При цьому валки встановлюються відносно осі прокатки за допомогою гідравлічних натискних механізмів 1, керованих копіром 4, що переміщається разом з автоматичним затискачем. Наприкінці робочого ходу прокат звільняється з губок автоматичного затискачу й підтримувальними лотками опускається на транспортер, що рухається безупинно, або похилі ґрати й видається за межі стану.

На станах малих типорозмірів використовують, переважно, конічні валки, на станах великих типорозмірів (понад 90 мм) – дискові.

Як приклад станів першої групи розглянемо конструкцію стану 20 (рис. 10.7, див. с. 223).

Стан складається з тумби-основи 1, в якій змонтовано гідравлічний привод від гідромотору. На тумбі встановлена робоча кліть, що складається зі станини 2, в кришках 7 якої закріплені штоки гідравлічних натискних механізмів 6. Рухомими є корпуси гідроциліндрів, до яких за допомогою з'єднань типу «ластівчин хвіст» жорстко кріпляться касети 5, в яких на підшипниках кочення розміщені конічні вал-шестірні з консольно



- 1 – тумба з гідроприводом; 2 – станина; 3 – вхідна проводка; 4 – валок, 5 – касета; 6 – ГНУ; 7 – кришка; 8–10 – механізм кутового налаштування; 11 – шпindel; 12 – ведена шестірна; 13 – паразитна шестірна – вихідна проводка; 14 – натяжний пристрій

Рисунок 10.7 – Тривалковий стан 20 прокатки періодичних валів



закріпленими в цангових затисках конічними валками 4. Для кутового налаштування валків корпуси ГНМ з касетами 5 валків можна провертати в розточеннях станини важелями 10 та фіксувати після налаштування клинами 9. Кут повороту визначається по шкалі 8.

Метал надходить у валки через вхідну проводку 3 (трубчасту) і виходить через проводку 13 у вигляді кільця. Діаметр останньої достатній для проходу до валків захоплювача натяжного пристрою 14. Вихідну проводку охоплює підшипник, на якому встановлена паразитна шестірня, що контактує з трьома малими шестірнями 12, кут між якими становить 120° . Одна з цих шестірень (нижня) приводиться безпосередньо від гідромотору, розміщеного в тумбі 1. Вона є ведучою і приводить шпindel одного з валків та паразитну шестірню 13, від якої приводяться дві інші малі шестірні 12 (ведені). Через шпинделі 11 та конічні передачі крутні моменти передаються валкам 4, які завдяки паразитній шестірні обертаються в одному напрямку.

Окрім робочої кліті на тумбі 1 розміщені напрямні рейки, по яких гідроциліндром рухається каретка з затискним пристроєм (захоплювачем). Захоплювач з гідроциліндром складають натяжний пристрій 14. Також на тумбі встановлено слідкувальний пристрій з копіром (на рис. 10.7 не видно). В комплект стану 20 входять також нагрівальний пристрій та холодильник.

Стани для прокатки валів діаметром понад 80 мм зазвичай оснащені дисковими валками, що суттєво впливає на конструкцію робочої кліті. На рис. 10.8 (див. с. 225) зображено трюхвалковий стан 220 для прокатки періодичних валів.

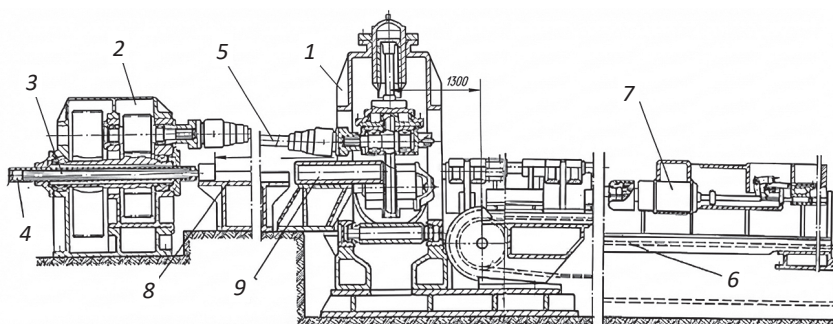
Робоча кліть 1 встановлена на фундаменті. Привод кліті – від окремо встановленого електродвигуна на редуктор-шестеренну кліть 2 з центральною ведучою та трьома периферійними веденими шестірнями, шпинделі 5 та робочі валки. Вихідне зубчасте колесо редуктора та ведуча шестірня шестеренної кліті 2 встановлені на загальному порожнистому валу 3, в якому розміщено штовхач задавального пристрою. Заготовка завантажується у задавальний жолоб 8, розміщений між шпинделями 5, і штовхачем задається у валки.

З вихідного боку стану на рамі 6 встановлені циліндричні напрямні рейки, по яких гідроциліндром рухається каретка 7 натяжного пристрою. Гідроциліндр встановлений на траверсі, жорстко з'єднаний з напрямними. Там же розміщено слідкувальний пристрій ГНУ стану.

Робоча кліть стану 220 (рис. 10.9, див. с. 226) складається з литої станини 1 з кришкою встановленою на фундаментній плиті 2. В середині кліті на шарнірах 7 встановлені двоплечі важелі 4 з чашоподібними корпусами, в яких розміщені поворотні касети 6. В касетах на підшипниках кочення встановлені валкові вузли 5. Валки виконані у вигляді складеної конструкції з приводним валом, на якому на шпонці встановлено обичайку з дисковою конічною робочою частиною. Валок також має вузол упорних підшипників. Касети 6 можуть провертатись в чашоподібних корпусах для кутового налаштування черв'ячними механізмами 14.

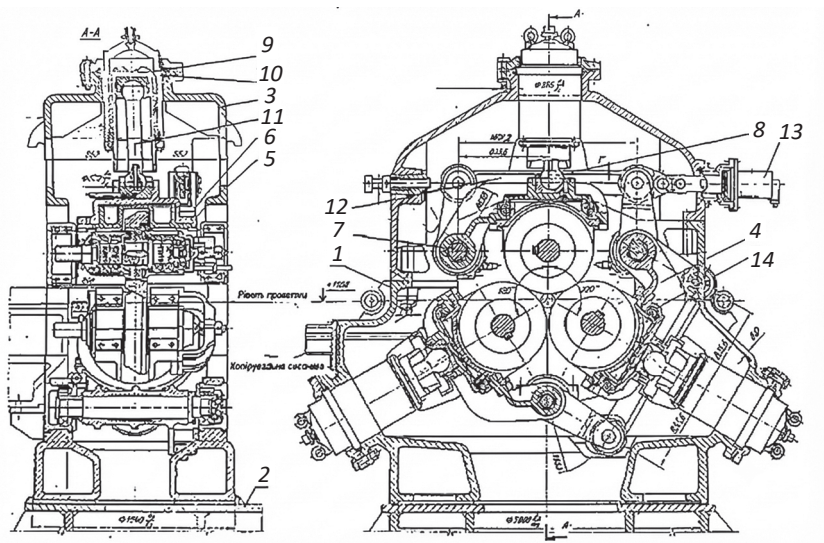
Двоплечі важелі 4 з валковими вузлами опираються на підп'ятники 8 на штоках 11 гідравлічних натискних механізмів, які складаються з гідроциліндрів 10 з порожнистими плунжерами 9.

Штоки 11 з'єднані з плунжерами 9 через кулькові опори, що забезпечує самовстановлення валкових вузлів відносно



- 1 – робоча кліть; 2 – редуктор-шестеренна кліть;
- 3 – порожнистий вал; 4 – штовхач; 5 – шпindelъ;
- 6 – рама; 7 – натяжний пристрій; 8 – задавальний жолоб;
- 9 – вхідна проводка

Рисунок 10.8 – Тривалковий стан 220 прокатки періодичних валів



- 1 – станина; 2 – фундаментна плита; 3 – кришка; 4 – важіль;
 5 – валковий вузол; 6 – касета; 7 – шарнір; 8 – під'ятник;
 9 – плунжер; 10 – гідроциліндр; 11 – шток; 12 – тяга;
 13 – гідроциліндр; 14 – механізм кутового налаштування

Рисунок 10.9 – Робоча кліть тривалкового стану 220

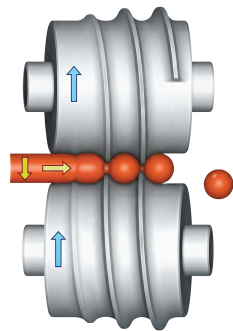
натискних механізмів. Натискні механізми тільки зводять валки. Для розведення валків та їхнього врівноваження призначений гідроциліндр 13, який через тягло 12 шарнірно з'єднаний з усіма двоплечими важелями 4, що дозволяє синхронно провертати їх одним гідроциліндром.

10.2.2 Стани для прокатки коротких тіл кочення

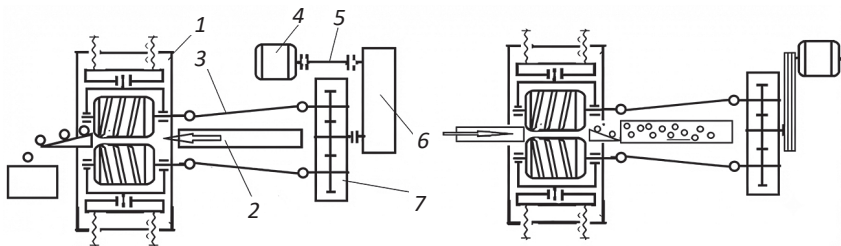
На станах поперечно-гвинтової прокатки з каліброваними валками виробляють короткі тіла кочення: кулі, ролики та голки для підшипників кочення, кулі для кульових млинів, втулки та кільця. Суцільні вироби прокатують на двохвалкових, а порожнисті – на трьохвалкових станах. В останньому випадку прокатку ведуть на оправці. Осі валків двохвалкових станів лежать в горизонтальній площині, прокат утримується в осередку деформації



Робоча кліть сучасного кулепрокатного стану (рис. 10.12, див. с. 228) містить станину 1, що закріплена на рамі 2 з можливістю повороту у вертикальній площині на кут 90° для перевалки, касети 3 з робочими валками 4, кожний з яких опирається на дві подушки 5, механізми врівноваження касет 3, механізми переміщення валків 4 у вигляді натискного гвинта 6



**Рисунок 10.10 –
Схема прокатки
куль [39]**



а б

1 – робоча кліть; 2 – завантажувальний жолоб;
3 – шпindelь; 4 – двигун; 5 – вал; 6 – редуктор;
7 – шестеренна кліть

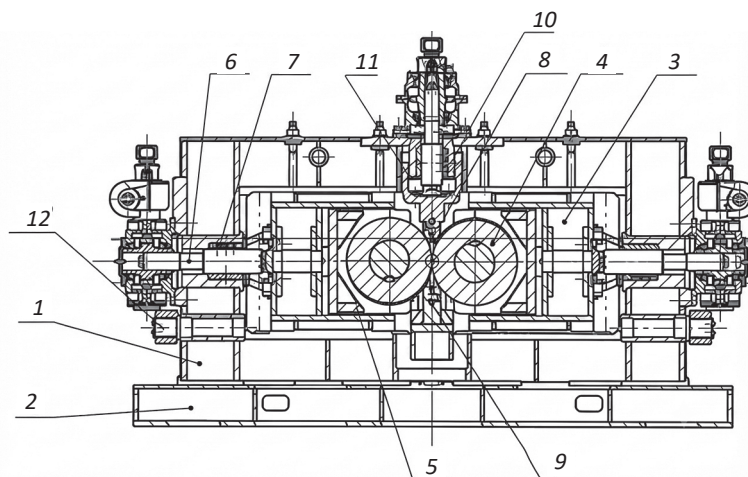
Рисунок 10.11 – Головні лінії кулепрокатних станів: з приводом через зубчасту передачу з вхідного боку (а); з приводом через клинопову передачу з вихідного боку (б)

і натискної гайки 7, закріпленої в станині 1, механізм установки верхньої лінійки 8 і вузол установки нижньої лінійки 9.

Касети мають гідравлічне врівноваження у вигляді закріплених на бічних сторонах станини 1 двох горизонтально розташованих гідроциліндрів, шарнірно зв'язаних з касетами 3. Механізм установки верхньої лінійки 8 виконаний у вигляді пари гвинт-гайка, установлених через сферичну опору 10 у контакт з корпусом лінійки 11, і закріплених на бічних сторонах станини 1 двох вертикально розташованих гідроциліндрів врівноваження, штоки яких за допомогою серг з'єднані з корпусом 11. Касети 3 оснащені механізмами повороту для кутового налаштування (в розріз не потрапляють).

При перевалці станина 1 повертається спеціальними гідроциліндрами, з'єднаними з нею шарнірами 12, у вертикальній площині на 90° і укладається на опорні стояки.

Кулі діаметром до 20 мм і циліндричні вироби до 10 мм прокатують в холодному стані як на станах гарячої прокатки



- 1 – станина; 2 – рама; 3 – валкова касета; 4 – валок;
5 – подушка; 6 – гвинт; 7 – гайка; 8 – верхня лінійка;
9 – нижня лінійка; 10 – сферична опора; 11 – корпус лінійки
верхньої; 12 – шарнір

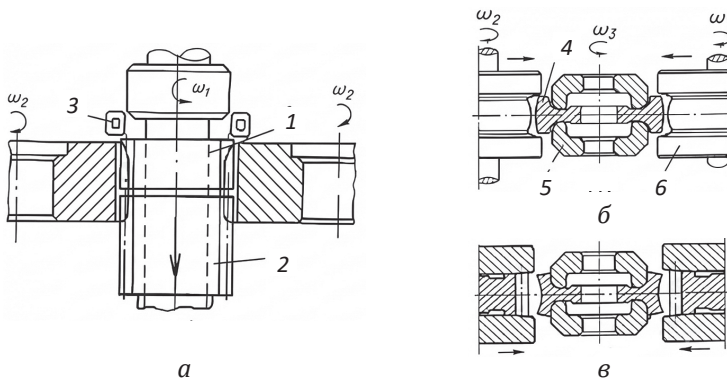
Рисунок 10.12 – Робоча кліть кулепрокатного стану

без нагрівання, так і на спеціальних станах (верстатах) холодної прокатки. Останні використовують для прокатки роликів (голок) голчастих підшипників.

10.2.3 Стани для гарячого накатування зубчастих коліс

На зубопрокатних станах здійснюють накатування поверхні циліндричних та конічних зубчастих коліс та зірочок ланцюгових передач.

Процес прокатки зубчастих коліс (шестірень) здійснюється двома способами: з осьюовою подачею заготовки та з радіальною подачею валків (рис. 10.13). Зубопрокатні стани типу ЗПС забезпечують накатку широкої номенклатури зубчастих коліс із модулем 1,5–8 мм і діаметром до 600 мм. На базі цих станів створене також устаткування для накатки зірочок ланцюгових передач. Нові стани повністю автоматизовані, забезпечують високу продуктивність процесу накатування й гарну якість зубчастих коліс. Основною характеристикою станів є максимальний добуток модуля на ширину зубчастого вінця коліс, що виготовляються на стані ($m \times B$), вона входить у назву стану у вигляді числа,



1, 4 – заготовка; 2 – західна ділильна шестірня;
3 – індуктор; 5 – патрон; 6 – накатні валки

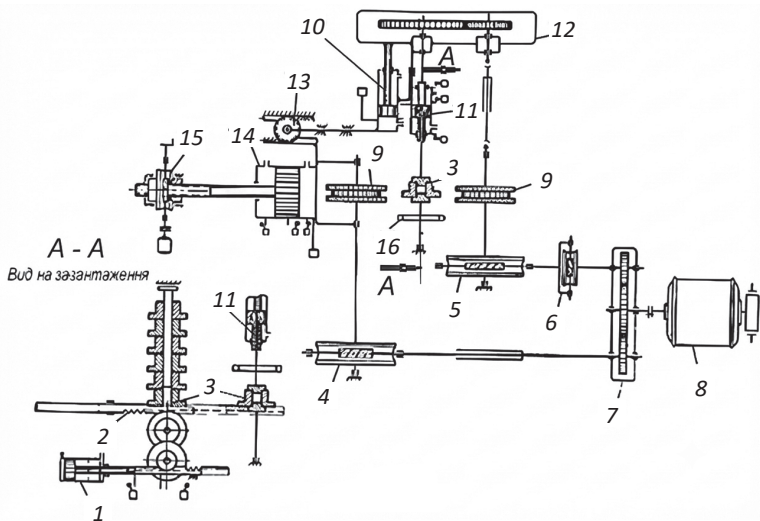
Рисунок 10.13 – Схеми накатування зубів: з осьюовою подачею заготовки (а); з радіальною подачею валків (б, в) [16]

що дозволяє визначати розміри зубчастого вінця, накатування якого можна на ньому здійснити. Ця характеристика визначає як розміри коліс, що накатуються, так і силу процесу накатування, та відповідно, і габарити стана.

На рис. 10.14 приведена кінематична схема зубопрокатного стану.

Стан складається з розміщених у робочій кліті приводних накатних валків, причому один з валків 9 стаціонарний, а інший 9' рухомий у радіальному напрямку.

Привід валків здійснюється від двигуна 8 через шестеренну кліть 7, трансмісійні вали та черв'ячні передачі 4, 5. Вал приводу рухомого валка має шліцовий компенсатор зміни довжини при зведенні валків. У лінії приводу стаціонарного валка встановлено регульовальну муфту 6, яка дозволяє незалежно від приводу



- 1 – гідроциліндр; 2 – шибер; 3 – заготовка; 4, 5 – черв'ячні передачі; 6 – муфта регульовальна; 7 – шестеренна кліть; 8 – електродвигун; 9, 9' – валки; 10 – гідроциліндр переміщення каретки; 11 – затискач; 12 – коробка змінних шестерень; 13 – механізм переміщення заготовки; 14 – натискний механізм; 15 – регульовальний механізм; 16 – індуктор

Рисунок 10.14 – Кінематична схема стану ЗПС

провертати валок для суміщення накатних зубів з протилежним валком. Обертання патрону з заготовкою 3 здійснюється від стаціонарного валка 9, що забезпечує жорсткий кінематичний зв'язок між числом обертів заготовки та валків.

Валок 9 через шпindelь приводить розміщену в каретці 12 коробку змінних шестірень, на вихідному валу якої встановлено затискач 11 патрону заготовки 3. Залежно від параметрів зубчастих коліс, що накатуються, передатне число коробки 12 змінюють відповідним підбиранням шестірень.

Валок 9' має гідравлічний натискний механізм у вигляді гідроциліндру 14 із закріпленим штоком та рухомим корпусом, з'єднаним з подушкою валка. Величину зведення валків регулюють, переміщуючи шток при налаштуванні гвинтовим механізмом 15. При зведенні валків валок 9' і заготовка 3 рухаються в радіальному напрямку до валка 9. Оскільки заготовка знаходиться посередині між валками, необхідно, щоб швидкість її подачі була вдвічі меншою за швидкість подачі валка 9'.

Це досягається за допомогою зубчастої рейкової передачі, що складається з рухомої рейки, жорстко закріпленої на подушці валка 9', та нерухомої рейки на станині, зв'язаних шестірнею 13, яка при русі рухомої рейки перекочується по нерухомій. Вісь шестірни 13 з'єднана з кареткою 12. Оскільки миттєвий центр швидкостей (м. ц. ш.) шестірни 13 знаходиться на нерухомій рейці (рис. 10.15), швидкість її осі буде вдвічі меншою за швидкість рухомої рейки. Тобто швидкість каретки 12 із закріпленою заготовкою 3 також буде вдвічі меншою за швидкість руху подачі валка 9'.

Після цього індуктор виключається, циліндр 10 переміщує заготовку у валки 9, де і відбувається накатування зубів. Після

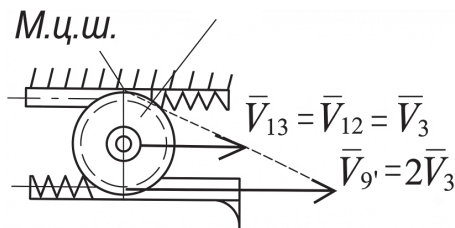


Рисунок 10.15 – Співвідношення швидкостей у рейковій передачі



накатування валки розводяться, і заготовка повертається циліндром 10 на вихідну позицію, де шибер 2 зіштовхує її на стіл готової продукції, потім процес повторюється. Прокатка виконується в автоматичному режимі.

Стани більших типорозмірів виконані за цією ж схемою і відрізняються насамперед двоохонними валками з ділянкою для попереднього накатування ободу та ділянкою для накатування зубів (рис. 10.12, б), а також деякими відмінностями конструктивного виконання окремих механізмів.

Гаряча накатка конічних зубчастих коліс поширена в автомобільному й тракторному виробництвах. Через високі вимоги, що висуваються у цих галузях промисловості до зубчастих передач, процес накатування використовують замість попереднього фрезерування зубів.

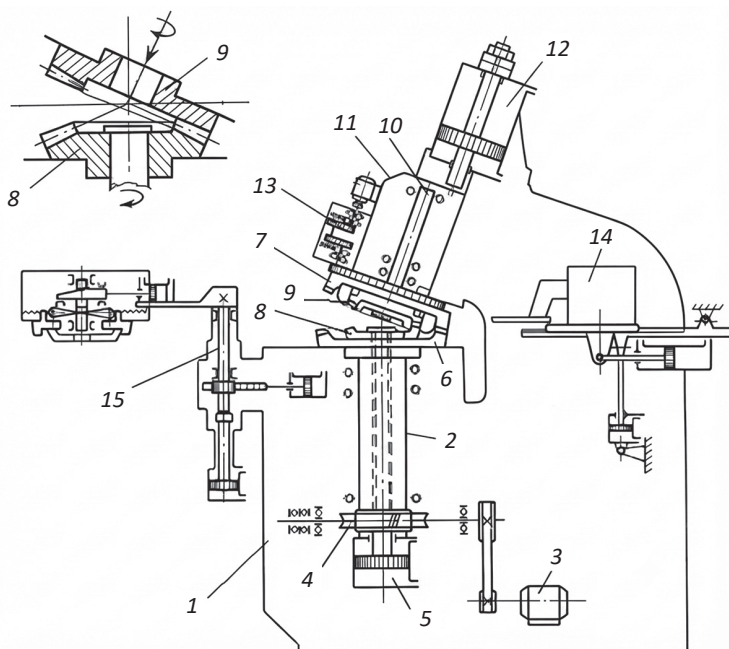
Кінематична схема типового стану для накатування конічних зубчастих коліс наведена на рис. 10.16 (див. с. 233). Такий стан являє собою машину, у якій всі операції, що забезпечують накатування зубів, захист поверхні заготовки, що нагрівається, від окислювання, змащення інструмента і його охолодження, а також завантаження та вивантаження заготовки, повністю автоматизовані. Стан складається з корпусу 1, в якому на підшипниках кочення встановлений порожнистий вал 2. Вал приводиться від двигуна 3 через пасову та черв'ячну 4 передачі. На валу закріплена конічна шестірня 6, у середині якої знаходиться затискач з приводом від гідроциліндра 5, розміщеного в порожнистому валу 2. Затискач фіксує заготовку 8 в шестірні 6.

У верхній частині корпусу 1 у напрямних встановлено каретку 11, з'єднану з натискним гідроциліндром 12. У каретці на осі 10 встановлено холосту конічну шестірню 7, однакову з шестірнею 6, в якій закріплений накатник 9. Над шестірнею 7 встановлене зубчасте колесо, з'єднане з синхронізатором 13, який обертає шестірню 7 під час холостого ходу (відсутності зачеплення з шестірнею 6).

У корпусі 1 також встановлена хитна рама з індуктором 14 та маніпулятор 15 з механізмами затиску, підйому та повороту. Всі вказані механізми мають гідравлічні приводи.

Маніпулятор 15 встановлює заготовку 8 у затискач шестірні 6, що обертається, при цьому каретка 11 піднята

у верхнє положення. Індуктор 14 подається по напрямних хитної рами на заготовку і нагріває її до температури прокатки, після чого відводиться. Циліндр 12 опускає каретку 11 з накатником 9 на заготовку, при цьому шестірні 6 і 7 входять у зачеплення, обертаючи заготовку і накатник з однаковою швидкістю. Синхронізатор 13 розганяє перед цим шестірню 7, щоб при вході зубів у зачеплення з шестірнею 6 уникнути ударних навантажень. По мірі опускання накатника 9 відбувається формування зубів на заготовці 8. Після закінчення прокатки циліндр 12 відводить каретку 11 з накатником від заготовки, остання звільняється від фіксації і маніпулятором 15



- 1 – корпус; 2 – вал; 3 – двигун; 4 – черв'ячна передача;
 5 – гідроциліндр; 6, 7 – шестірні; 8 – заготовка;
 9 – накатник; 10 – вісь; 11 – каретка; 12 – натискний
 гідроциліндр; 13 – синхронізатор; 14 – індуктор;
 15 – маніпулятор

Рисунок 10.16 – Стан (верстат) для накатування конічних зубчастих коліс



вивантажується на стіл готової продукції, після чого процес повторюється для наступної заготовки.

Контрольні питання

1. Укажіть основні операції, які виконують на колесопрокатному стані.
2. Які валки використовуються у колесопрокатному стані, назвіть їх призначення?
3. Наведіть кінематичну схему та розкрийте конструктивні особливості колесопрокатного стану.
4. Наведіть кінематичну схему кільцеровкатного стану та поясніть його роботу.
5. Які типи станів використовують для прокатки періодичних профілів?
6. Наведіть принципові схеми станів з конічними та дисковими валками.
7. Розкрийте конструктивні особливості робочої кліті деталепрокатного стану 20.
8. Розкрийте конструктивні особливості деталепрокатного стану 150 та його робочої кліті.
9. Наведіть схему стану для прокатки куль. Зобразіть його осередок деформації.
10. Назвіть конструкційні особливості станів для прокатки коротких тіл кочення.
11. Наведіть схему стану для накатування циліндричних зубчастих коліс та розкрийте його роботу.
12. Як синхронізується переміщення рухомого валка і заготовки при зведенні валків зубонакатного стану?
13. Навіщо для зведення та розведення валків в деталепрокатних станах використовують два різні механізми?

ТЕМА 11

ПРИСТРОЇ ГОЛОВНОЇ ЛІНІЇ КЛІТЕЙ ТА ПЕРЕВАЛКИ

|| 11.1 Шпинделі

Для передачі моментів від двигунів або валків шестеренної кліті до приводних валків робочої кліті в головній лінії прокатного стану використовують шпинделі.

Шпинделі – це вали із шарнірами на кінцях, які служать для передачі обертового руху під змінними кутами нахилу, що обумовлені вертикальними переміщеннями робочих валків.

У станах лінійного типу (рис. 1.16) шпинделі також передають обертання від валків однієї кліті до валків іншої.

В основу роботи шпинделів покладено принцип шарніра Гука, який забезпечує обертання відносно двох осей Y і Z в площині, перпендикулярній осі обертання вала X (рис. 11.1).

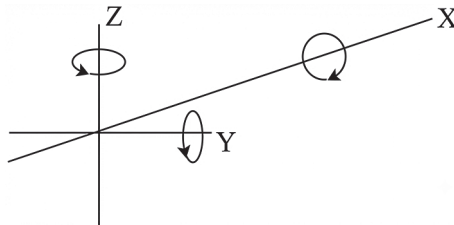


Рисунок 11.1 – Осі обертання в шарнірі Гука

При підйомі верхнього валка на висоту h відстань між шарнірами шпинделя, а отже, і довжина шпинделя повинна збільшуватись (рис. 11.2, див. с. 236). Кут α є максимальним робочим кутом перекосу, який має різні значення для різних типів шпинделів. Знаючи його, можна знайти максимальну довжину шпинделя L із геометричних співвідношень $L_{\max} = h / \sin \alpha$. Відповідно,

мінімальна довжина шпинделя $L_{\min} = h / \operatorname{tg} \alpha$ визначатиме відстань між робочою та шестеренною клітями.

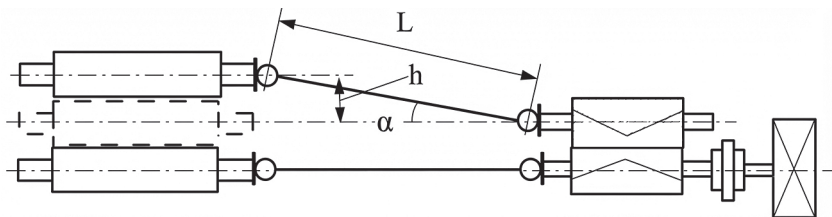


Рисунок 11.2 – До визначення довжини шпинделя

Діаметральні розміри шарнірів шпинделів по осях Y і Z також мають обмеження. З одного боку, чим більше розміри шарнірів, тим вони міцніші і можуть передавати більші моменти. З іншого боку, робочі валки треба зводити впритул, і шарніри при цьому не можуть торкатись один одного. Тому вони не можуть бути більшими за мінімальний діаметр $D_{\text{Вmin}}$ переточених валків. На практиці діаметр шарніра шпинделя з боку робочої кліті приймають $(0,85 \div 0,95) D_{\text{Вmin}}$.

Виготовляють шпинделі з конструкційних сталей, які мають межу міцності $\sigma_{\text{в}} = 500 \div 600$ МПа. При великих навантаженнях можуть застосовуватись й високоміцні леговані сталі.

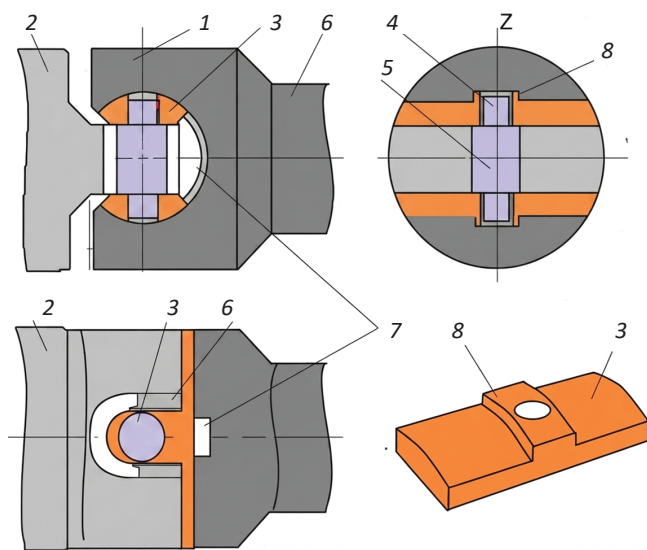
Умови роботи шпинделів досить різноманітні і залежать від особливостей конструкцій станів і режимів їх роботи. Вони відрізняються різними кутами перекосу, величиною навантажень, швидкостями обертання, температурними умовами, забрудненням зони роботи шарнірів. Тому, залежно від умов роботи, використовуються різні види шпинделів, які класифікуються за типом шарніру, що застосовується:

- універсальні на вкладишах ковзання;
- з шарнірами на підшипниках кочення (типу Кардано);
- кулькові й роликові шпинделі;
- шпинделі типу подовжених зубчастих муфт;
- трєфові шпинделі.

Донедавна найчастіше в головних лініях прокатних станів та допоміжного прокатного устаткування використовувались універсальні шпинделі на вкладишах ковзання. Основною

їх перевагою є невеликий діаметр при високих питомих навантаженнях. Ці шпинделі працюють з допустимими кутами перекосу $\alpha=8\div 10^\circ$. Основний недолік таких шпинделів – низький к. к. д. і швидке зношування вкладишів, особливо на великих швидкостях роботи та кутах перекосу більше 6° .

Конструкція універсального шпинделя на вкладишах ковзання наведена на рис. 11.3. Шарнір створюється між головою 1 на кінці валу шпинделя 6 і лопаттю 2, що встановлюється на хвостовики валків, робочого з одного боку і шестеренного з іншого. Рухливими елементами шарніру є вкладиші 3, які встановлені на цапфах 4 сухаря 5 (осі шарніру). У головці 1 виконано циліндричний отвір. Радіус отвору дорівнює радіусу вкладиша 3. Циліндричні поверхні вкладишів 3 входять у отвір головки і утворюють з нею пари ковзання, а плоскими поверхнями опираються на поверхню лопаті. опираються на поверхні. Сухар 4 з вкладишами знаходиться у прорізі



1 – головка; 2 – лопать; 3 – вкладиш; 4 – цапфа сухаря;
5 – сухар; 6 – вал; 7 – кільцева проточка; 8 – гребінь

Рисунок 11.3 – Шарнір шпинделя на вкладишах ковзання
з осьовим збиранням

або отворі лопаті 5. Осями шарніру Гука є вісь циліндричного отвору головки Y і вісь сухаря Z .

Лопать з боку робочого валка виконують з прорізною під сухар 4 у якій він може рухатись у осьовому напрямку. Це дозволяє компенсувати збільшення відстані між шарнірами при збільшенні кута перекосу і забезпечує від'єднання валка від шпинделя при перевалці. Лопать з боку шестеренної кліті має отвір, у який вставляється сухар.

Шарнір може збиратись у осьовому або в боковому напрямку. У першому випадку у отворі головки 1 виконують кільцеву проточку 7, а на вкладиші гребінь відповідної ширини. Гребінь входить у проточку і фіксує шарнір у отворі головки при обертанні шпинделя. Схема збирання шарніру показана на рис. 11.4.

У другому випадку (рис. 11.5) сухар 5 вставляють у отвір лопаті, надівають на цапфи 4 вкладиші 3 і зібраний вузол заводять збоку в отвір головки 1. Щоб зафіксувати вузол в отворі при обертанні шпинделя, на головку надівають кільце 7, що закриває отвір. Такий варіант виконують переважно з боку шестеренної кліті.

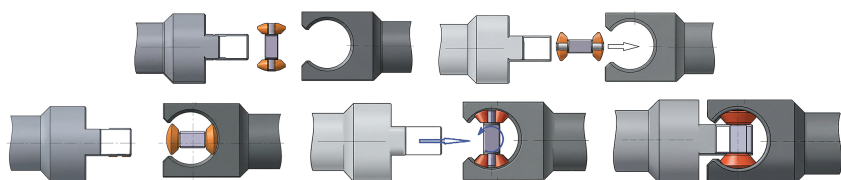
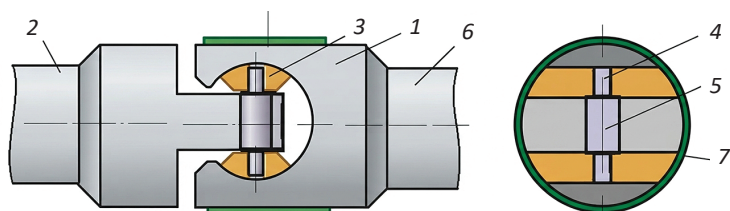


Рисунок 11.4 – Схема осьового збирання шпинделя



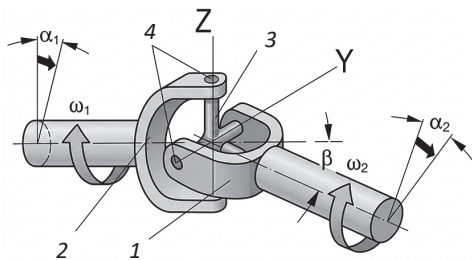
1 – головка; 2 – лопать; 3 – вкладиш; 4 – цапфа сухаря;
5 – сухар; 6 – вал; 7 – кільце

Рисунок 11.5 – Шарнір шпинделя з бічним розбиранням

Вкладиші виконують із бронзи Бр. АЖ 9-4. На поверхні тертя подають змащення, але цей захід малоефективний. Тому має місце швидке зношування вкладишів із дорогої бронзи, яке зростає при збільшенні кута перекосу внаслідок збільшення шляху тертя вкладишів.

Зазначені недоліки викликали необхідність у використанні інших типів шпинделів. Найбільш поширеним є шарнір на підшипниках кочення, широко відомий як «кардан» (рис. 11.6).

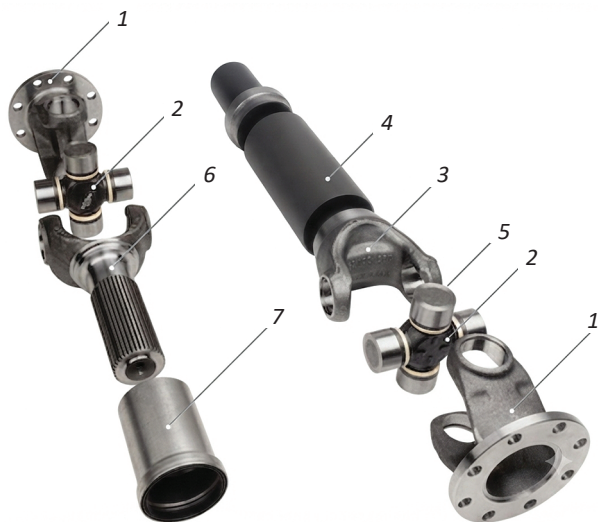
Шарнір складається із двох встановлених на валах напівмуфт (вилок) 1, 2 які з'єднані хрестовиною 3 з підшипниками 4. Підшипники дозволили перейти від тертя ковзання до тертя кочення. Як наслідок, знизився коефіцієнт тертя, зріс к. к. д. при передачі моменту, збільшився допустимий робочий кут перекосу (до 15°). Осі обертання підшипників Y, Z співпадають з осями хрестовини 3, тому шарнір Гука тут реалізований у чистому вигляді.



1, 2 – вилки (напівмуфти); 3 – хрестовина;
4 – підшипники кочення

Рисунок 11.6 – Принципова схема шарніру шпинделя на підшипниках кочення

Конструкція кардану наведена на рис. 11.7. (див. с. 240) Хрестовини 2 з надітими на них підшипниками кочення 5 вставляються у отвори напівмуфт 1, 3, 6. Сам вал виконаний складеним із двох частин із зовнішніми шліцевими нарізами, з'єднаних шліцевою втулкою 6. Така конструкція забезпечує передачу моменту при збільшенні довжини шпинделя при розведенні валків.



1 – напівмуфти з вилками; 2 – хрестовини;
 3, 6 – напівмуфти (вилки) шпинделя; 4 – вал;
 5 – голчастий підшипник; 7 – шліцева втулка

Рисунок 11.7 – Конструкція шпинделя на підшипниках кочення [43]

Основним недоліком таких шпинделів є те, що величина моменту, який передається, пропорційна розмірам складових шарніру. При великих моментах, що мають місце у прокатних клітках, діаметр шарнірів перевищував діаметр валків. Тому їх використовували в мало навантажених сортових клітках або у листових вертикальних клітках, де валки не зводяться упритул.

Останнім часом було розроблено шпинделі на голчастих роликових підшипниках, що витримують значні навантаження при малих радіальних розмірах (рис. 11.8, див. с. 241). За розмірами шарнірів шпинделі на підшипниках кочення практично зрівнялись із шарнірами універсальних шпинделів. Фірми Voith та GWB, які є провідними світовими виробниками шпинделів на підшипниках кочення, пропонують вироби, що передають крутні моменти 11 МНм та 15 МНм з діаметрами близько 1000 мм [42; 43]. Такі параметри відповідають найбільш потужним кліткам сучасних ТЛС. Тому перехід на шпинделі-кардани є основною тенденцією у головних лініях сучасних робочих клітей.

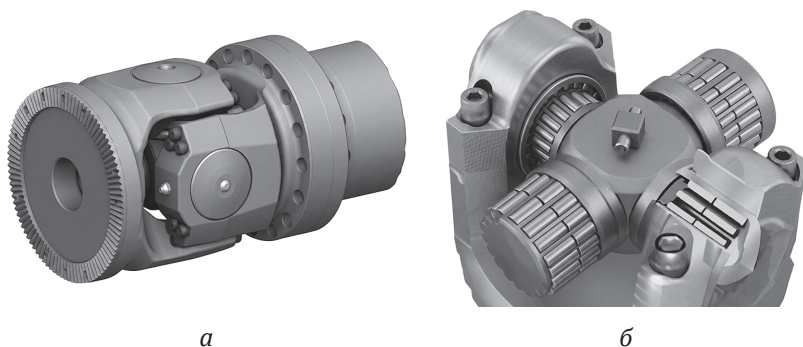


Рисунок 11.8 – Загальний вигляд шарніру (а) та хрестовини з дворядними голчастими підшипниками в напівмуфті (б) [43]

Однією з особливостей шпинделів на підшипниках кочення, яка ускладнює конструкцію і збільшує їхню вартість, є компенсація зміни довжини шпинделя за рахунок шліцевого з'єднання двох частин валу (рис. 11.9).

Такі компенсатори довжини мають і шпинделі на тілах кочення.

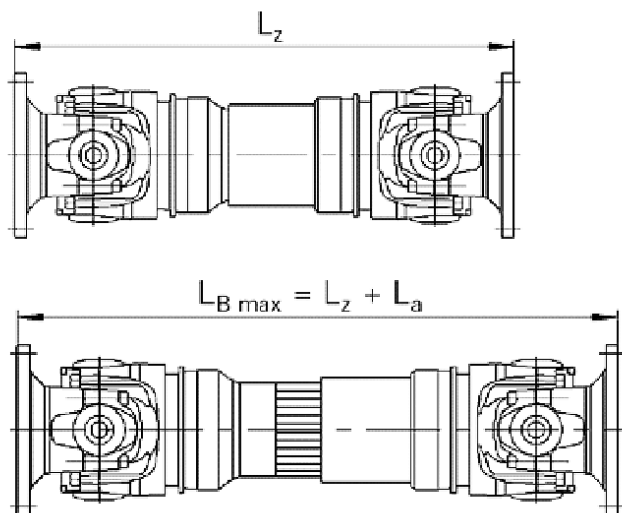


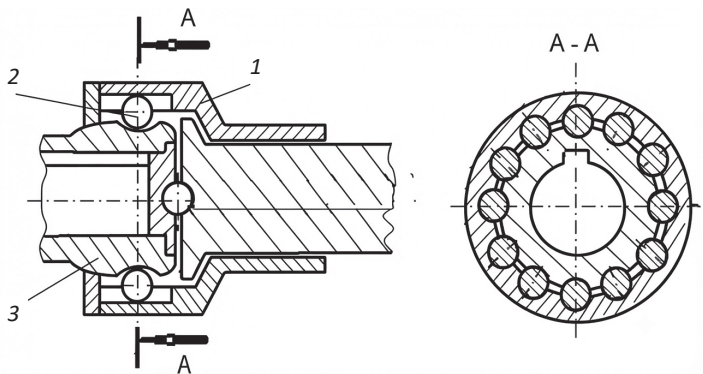
Рисунок 11.9 – Компенсація зміни довжини шпинделя за рахунок шліцевого з'єднання [43]

Низьке питоме навантаження шпинделів з підшипниками кочення до появи спеціальних підшипників обумовлене їх великими габаритами: багато місця займають внутрішні й зовнішні кільця. Тому цілком природним рішенням з'явилася заміна цих елементів деталями самого шарніра.

Одним з варіантів цих рішень є т. зв. кулькові шпинделі. Вони складаються із зовнішніх обойм 1 з напівциліндричними пазами для кульок 2 і втулок 3 з головками, у яких є напівсферичні лунки для кульок (рис. 11.10). Завдяки сферичній формі лунок і кулькам 2 головка 3 може повертатися на невеликий кут в обох площинах, а циліндричні пази обойми 1 забезпечують зачеплення між обоймою й головкою. Крутний момент передається самими кульками, як сферичними шліцями.

Кулькові шпинделі мають довговічність у кілька разів більшу, ніж інші види шпинделів, й працюють при кутових швидкостях до 200 рад/с. Вібрація при цьому практично відсутня. Припустимий кут перекосу кулькових шарнірів – до 8° і момент до 1000 кНм [5].

Переданий момент даного шарніра невеликий, оскільки контакт тіл кочення – кульок – практично точковий, і тому в місцях торкання виникають великі контактні напруження. Більшу площу контакту мають ролики. Тому наступним етапом розвитку конструкцій шпинделів з'явилося створення роликових шарнірів для універсальних шпинделів.



1 – напіввтулка-обойма; 2 – кулька; 3 – сферична головка

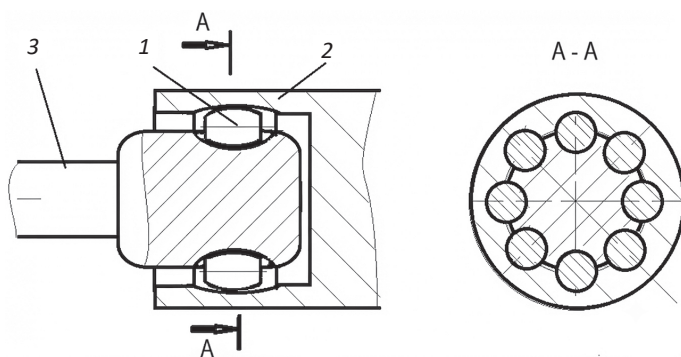
Рисунок 11.10 – Кульковий шарнір

Влаштовані вони подібно до кулькових шарнірів, але як тіла кочення використовуються бочкоподібні ролики. Вони передають крутний момент під змінними кутами завдяки розташуванню роликів 1 однією своєю половиною в напівциліндричних пазах обойм 2, а іншою – у напівциліндричних пазах сферичної головки 3 (рис. 11.11). Ці шарніри добре працюють при кутах перекосу до 6° , за рахунок збільшення точності виготовлення їхніх деталей можна збільшити цей кут до 8° . Вони здатні передавати більші крутні моменти при малих швидкостях обертання або менші – при більших. Деякі конструкції пристосовані до роботи в умовах високих динамічних навантажень.

Для приводу валків при великих швидкостях прокатки (до 30 м/с), коли не потрібне значне переміщення верхнього валка (дресирувальні й жерстепрокатні стани), застосовуються шпинделі типу подовжених зубчастих муфт. Вони складаються із двох зубчастих втулок 1 і 2, зуби яких оброблені по сфері й мають бочкоподібний переріз (рис. 11.12, див. с. 244).

Зовні зубчасті муфти охоплює обойма-напівмуфта 3 із внутрішніми проточками бочкоподібного перерізу, з'єднаний із фланцем втулки 1 шпильками. Кут перекосу цих шпинделів обмежений $1,5\text{--}2^\circ$.

Трефові шпинделі є самою старою й найменш досконалою конструкцією. Застосовуються при невеликій величині підйому верхнього валка, коли кут перекосу не перевищує $1\text{--}2^\circ$.



1 – ролик; 2 – напіввтулка-обойма; 3 – сферична головка

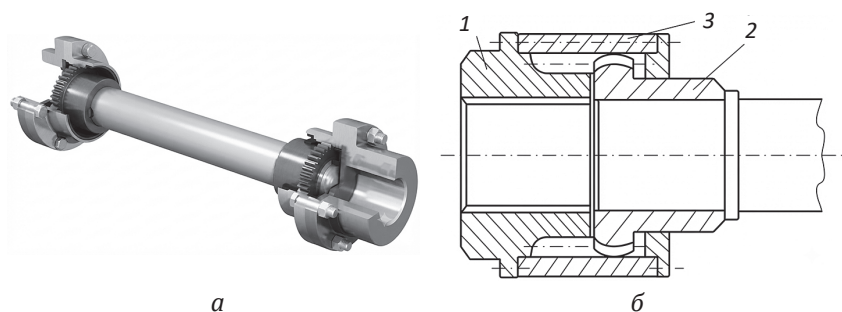
Рисунок 11.11 – Схема роликового шпинделя

При більших кутах нахилу виникають більші втрати на тертя й тріфове з'єднання швидко зношується. Форма тріфового з'єднання показана на рис. 11.13.

На приводний кінець валка, що має вирізи у формі тріфу, і вал шпинделя 2 одягається муфта 3 з такими ж вирізами, що і забезпечує передачу крутного моменту.

Розміри тріфових шпинделів стандартизовані. Матеріал – зазвичай сірий чавун, але при більших навантаженнях муфти роблять із литої сталі. Матеріал тріфів – кута або лита сталь із $\sigma_B = 500 \div 600$ МПа.

У наш час такі шпинделі ще використовують в лінійних групах клітей сортових станів, зокрема в клітях тріо РБС.



1 – втулка; 2 – зубчаста втулка; 3 – зубчаста обойма

Рисунок 11.12 – Шпиндель типу подовженої зубчастої муфти: загальний вигляд (а) та переріз шарніру (б)

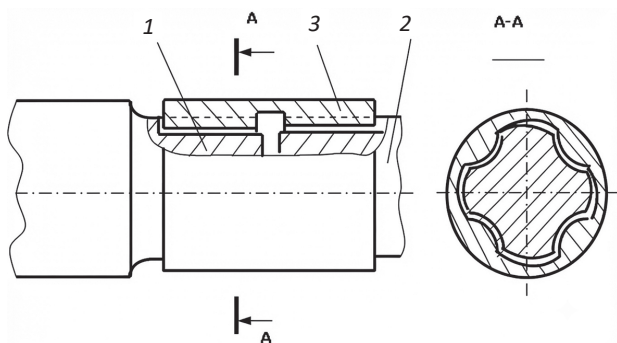


Рисунок 11.13 – Шарнір тріфового шпинделя



|| 11.2 Врівноваження шпинделів

Між робочою і шестеренною клітьми встановлені шпиндельні столи – пристрої для врівноваження шпинделів. Їх необхідність викликана кількома факторами. По-перше, вони компенсують вагу шпинделів, яка на великих станах досягає 300–400 кН і за їх відсутності сприймалася б хвостовиками валків, на які опиралися б шарніри. Це б викликало додаткові статичні і динамічні навантаження на валки. По-друге, коли робочі валки виймають при перевалках, шпиндель втрачає опору, але повинен знаходитись на осі валків, щоб його можна було швидко з'єднати з новим валком. Сприйняття ваги шпинделів і утримання їх у заданному положенні і входить до функції врівноважувальних пристроїв.

Для врівноваження на валах шпинделів встановлюються в корпусах підшипники. Зазвичай це закриті підшипники ковзання, у яких подачею мастила створюють рідинне тертя. До корпусів і прикладають силу врівноваження. Силу врівноваження створюють гідроциліндрами, пружинами, або контрвантажами. Переваги і недоліки різних видів врівноваження такі ж, як і для врівноваження валків робочих клітей (див. п. 4.5). Пружинне врівноваження використовують, якщо вертикальний хід валків $h < 50 \div 100$ мм (рис. 11.2), або при невеликій вазі шпинделів гідравлічне – якщо $h > 100$ мм, і вага шпинделів значна. Вантажне врівноваження використовують при значному вертикальному переміщенні верхнього валка, характерному для обтискних станів. Нижній валок, що має невеликі переміщення врівноважують пружинами (рис. 11.14, див. с. 246) або гідроциліндрами.

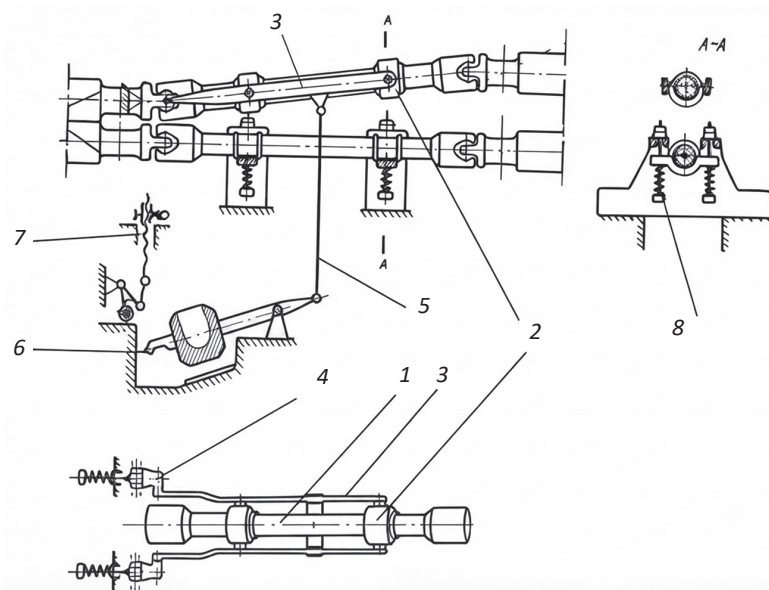
На верхньому шпинделі 1 встановлено два підшипники ковзання в корпусах 2. Корпуси 2 мають цапфи, якими з'єднані з двома балками 3, розташованими з боків паралельно шпинделю. З боку шестеренної кліті балки опираються на шарніри 4, а посередині з'єднані зі штангами 5. Штанги 5, в свою чергу, шарнірно з'єднані з двоплечим важелем, на якому закріплений контрвантаж 6, вага якого і врівноважує вагу шпинделя.

Щоб фіксувати положення шпинделя на рівні осі валка при перевалках, контрвантаж 6 (щоб він не підймав звільнений

шпindel вгору) також фіксують на цей час за допомогою пристрою 7. Нижній шпindel, що має невеликий вертикальний хід, врівноважують пружинами 8.

Принципові схеми пружинного та гідравлічного врівноваження зображені на рис. 11.15 (див. с. 247). Вони в цілому подібні, але в першому випадку (рис. 11.15, а) силу врівноваження створюють пружини 6, а в другому (рис. 11.15, б) – гідравлічні циліндри 8, 9.

На рис. 11.16 (див. с. 247) зображено шпindelний стіл з пружинним врівноваженням. На валу кожного шпинделя 1 встановлено підшипник ковзання 3, розміщений в корпусі 4 та закритий кришкою. Корпуси 4 підшипників мають виступи з отворами, якими вони надіті на два вертикальні стояки 5, закріплені на фундаментній рамі 2. Стояки мають різьбові частини

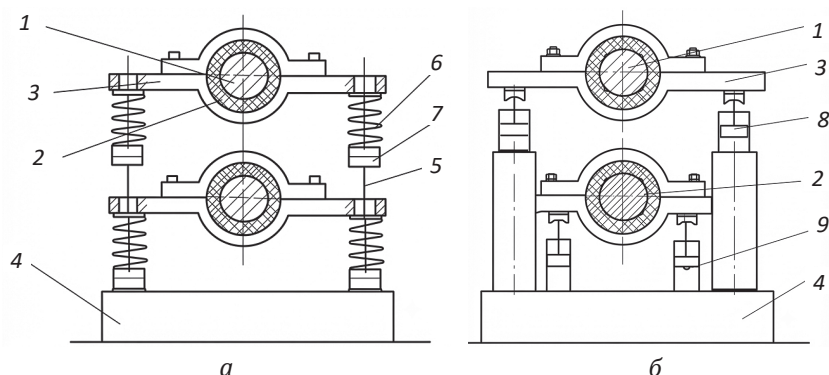


- 1 – шпindel; 2 – корпус підшипника; 3 – балка; 4 – шарнір;
5 – штанга; 6 – контрвантаж; 7 – фіксатор; 8 – пружинне
врівноваження

Рисунок 11.14 – Комбіноване пружино-вантажне
врівноваження шпindelів

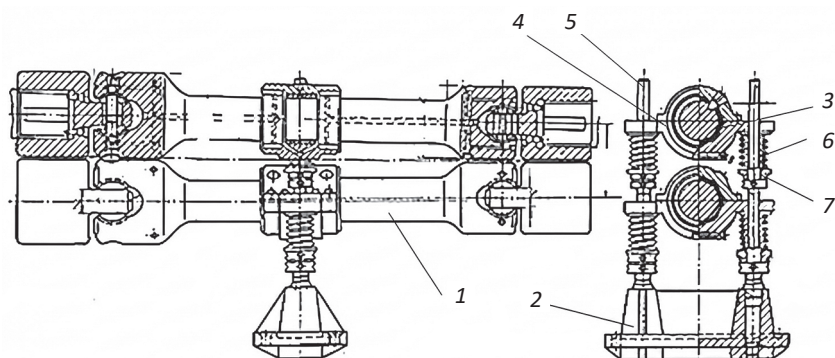
з регулювальними упорними гайками 7. Корпуси 4 підшипників опираються на гайки через пружини 6, які і створюють силу врівноваження.

На рис. 11.17 (див. с. 248) показаний шпиндельний стіл з гідравлічним врівноваженням. У цьому випадку корпуси 4 підшипників 3 опираються на плунжери гідроциліндрів,



- 1 – шпиндель (вал); 2 – підшипник; 3 – корпус підшипника;
4 – рама; 5 – стояк; 6 – пружина; 7 – опорна гайка;
8, 9 – гідроциліндри

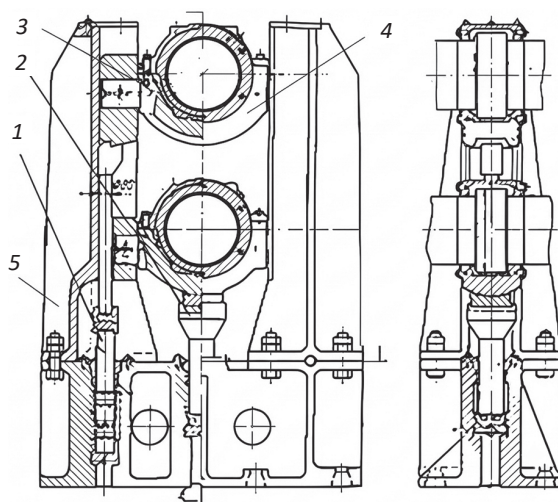
Рисунок 11.15 – Схеми пружинного (а) та гідравлічного (б) врівноваження шпинделів



- 1 – шпиндель; 2 – рама; 3 – підшипник; 4 – корпус;
5 – стояк; 6 – пружина; 7 – гайка

Рисунок 11.16 – Шпинделі з пружинним врівноваженням

розміщених в U-подібній рамі 5. Верхній корпус врівноважується двома гідроциліндрами 1, нижній – одним, більш потужним гідроциліндром 2.



1, 2 – гідроциліндри; 3 – підшипник; 4 – корпус підшипника; 5 – рама

Рисунок 11.17 – Шпиндельний стіл з гідравлічним врівноваженням [16]

|| 11.3 Шестеренні кліті

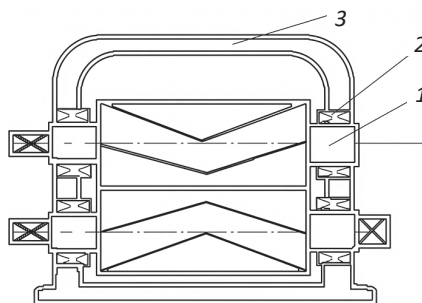
Шестеренні кліті призначені для розподілу обертального моменту від одного двигуна між декількома валками робочої кліті (див. п. 1.4). У сутності це є одноступінчасті редуктори з передатним числом $i=1$ і декількома вихідними валами (двома в шестеренних клітях дуо й трьома – у тріо). Приводною є переважно нижня шестірня в дуо й середня – у тріо.

Конструкція шестеренних клітей складається із шестерень 1, які виконуються заодно із валом і за формою нагадують робочі валки з тією різницею, що на поверхні бочки нарізані шевронні зуби. Тому вони називаються шестеренними валками. Шийки

валків зазвичай встановлюються на дворядних ролико-конічних або ролико-сферичних підшипниках 2 (рис. 11.18). У старих клітках використовують і підшипники ковзання.

Валковий комплект міститься в корпусі 3. У зв'язку з великими контактними напруженнями в зубах і виділенням значної кількості тепла при роботі змащення шестеренних клітей рідке, централізоване, від спеціальних маслостанцій.

З метою зменшення кутів перекосу шпинделів діаметр шестеренних валків наближають до діаметру робочих валків. На сортових станах саме діаметр шестеренних валків останніх клітей входить в позначення стану.



1 – шестеренний валок; 2 – підшипник; 3 – корпус

Рисунок 11.18 – Схема шестеренної кліті

Між діаметрами шестеренних валків d_0 (діаметр діляльного кола шестерень), діаметром нових валків D_n і діаметром переточених валків D_n існують співвідношення:

- для обтискних станів:

$$d_0 = (D_n + D_n) / 2 + h / (8 - 10),$$

де h – максимальна висота підйому верхнього валка;

- для інших станів:

$$d_0 = (D_n + D_n) / 2.$$

Оскільки діаметр шестірень обмежений діаметром робочих валків, площу контактної поверхні зубів та їх міцність збільшують за рахунок ширини, яка за звичай більша за діаметр шестірни. За шириною шестеренні валки підрозділяються на три типи:

- вузькі з $1,2 \leq B/A \leq 1,6$ (тут B – ширина зубів шестірні; A – міжосьова відстань, що дорівнює діаметру ділильного кола d_0);
- середні з $1,6 \leq B/A \leq 2,0$;
- широкі з $2,0 \leq B/A \leq 2,5$.

Відношення $B/A \geq 2,5$ небажане, тому що через згин шестірень під дією радіальної сили порушується характер евольвентного зачеплення та виникає нерівномірний розподіл навантаження по довжині зубів. Число зубів $z=18-29$. Більша кількість призводить до зменшення розмірів зубів і втрати міцності, менша – до порушень плавності роботи.

Шестеренні валки виконуються з шевронними зубами. Це забезпечує плавність ходу й відсутність осьової складової навантаження на підшипники, яка компенсується зустрічним нахилом зубів. Шестеренні валки роблять із доріжкою по середині валка для виходу черв'ячної фрези при нарізанні зубів (рис. 11.19, а) або без її (рис. 11.19, б). В останньому випадку зуби нарізають довбачем.

Доріжка зменшує корисну ширину зуба, отже міцність зубів і величину крутного моменту, що передається. Однак шестірні, нарізані черв'ячними фрезами дешевше, ніж виготовлені довбачами.

Обробку зубів роблять по 2 або 3-му класу точності. Кут нахилу шеврона в зубах $\beta=30^\circ$. Матеріал шестеренних валків – сталі 45, 40ХН, 60Х2МФ та ін. Для підвищення стійкості зуби шестеренних валків піддаються поверхневому гартуванню.

Шестеренні кліті також підрозділяються на три типи залежно від конструкції їхніх станин:

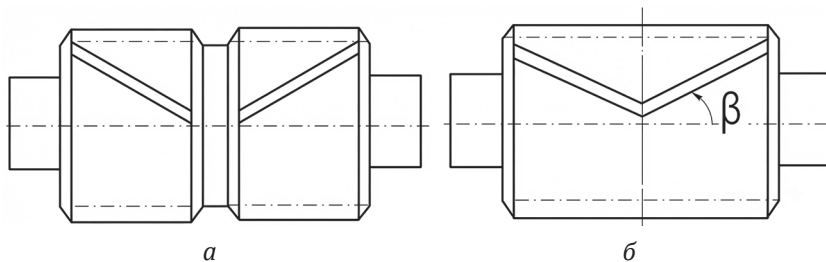


Рисунок 11.19 – Типи шестеренних валків: з доріжкою (а) та без неї (б)



1. Відкритого типу з високими стояками, між якими розміщені подушки підшипників.

2. Відкритого типу з нерозвиненими стояками, що мають одну (у дуо) подушку між стояками валків.

3. З горизонтальними розніманнями.

Станини першого типу (рис. 11.20, *а*) прості в експлуатації й дозволяють уникнути установки підшипників безпосередньо в станини, що приводить до їхнього зношування.

Станини третього типу (рис. 11.20, *в*) більш герметичні, але мала товщина перемички між шийками шестерень не завжди

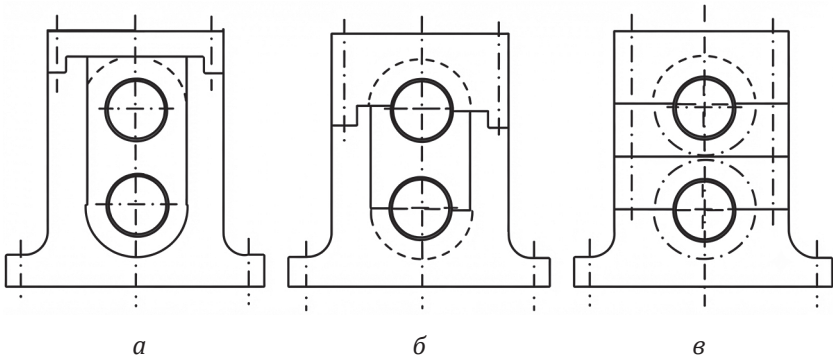


Рисунок 11.20 – Типи шестеренних клітей: відкритого типу з високими стояками (*а*), відкритого типу з нерозвиненими стояками (*б*), з горизонтальними розніманнями (*в*)

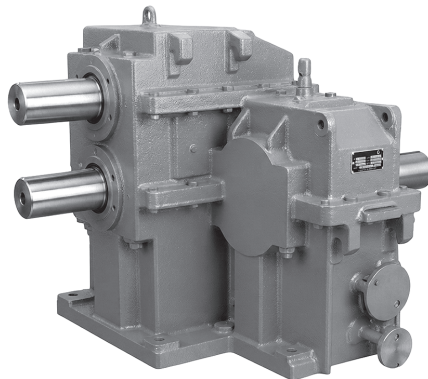


Рисунок 11.21 – Комбінований редуктор – шестеренна кліть

дозволяє цей варіант використовувати. Станини другого типу (рис. 11.20, б) у значній мірі позбавлені недоліків першого й третього типів.

Іноді на невеликих станах зустрічаються шестеренні кліті, комбіновані з редуктором (рис. 11.21, див. с. 251).

Їхньою перевагою є менша маса й компактність, але вони більш складні при виготовленні і ремонтах.

|| 11.4 Редуктори головної лінії

Редуктори використовують у головній лінії робочої кліті для узгодження кутових швидкостей (частот обертання) головного двигуна та робочих валків. Найчастіше використовують одно- та двохступеневі циліндричні редуктори, рідше – трьохступеневі (рис. 11.22). Їхні конструкції подібні до редукторів загального машинобудування. Але необхідність передавати великі крутні моменти обумовили значні розміри редукторів та використання косозубих та шевронних зубчастих передач.

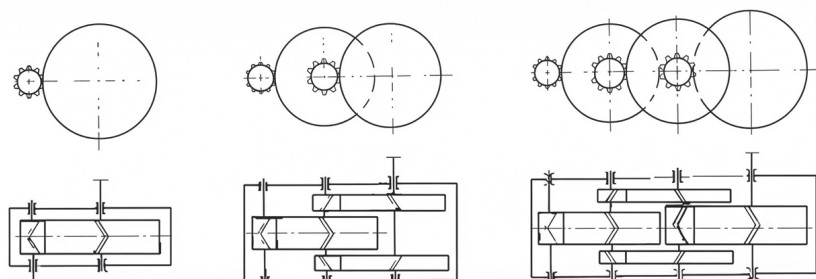


Рисунок 11.22 – Компонування редукторів головної лінії

Корпуси редукторів виконують зварними. Зубчасті колеса в редукторах з міжцентровою відстанню більш за 2500 мм виконують бандажованими.



|| 11.5 Механізми та пристрої для заміни валків

Внаслідок сил тертя між металом і валками останні інтенсивно зношуються. Для відновлення профілю поверхні їх переточують, для чого зношені валки періодично виймають з кліті, замінюючи новими або переточеними. Робочі валки чистових клітей кварто міняються через 1–3 зміни. Опорні валки замінюють значно рідше. Тривалість кампанії (періоду між перевалками) валків чорнових клітей за звичай становить приблизно 15 діб. Перевалку сортових клітей роблять також при переході на прокатку іншого профілю у зв'язку зі зміною калібрування валків.

Процес заміни валків у кліті називають перевалкою.

Перевалки вимагають певного часу, що знижує продуктивність стану. Тому їх намагаються робити за мінімальний час, використовуючи спеціально для цього призначені пристрої й механізми.

Щоб скоротити тривалість зміни валків на ряді сортових станів, де кількість клітей за звичай велика, а самі кліті компактні, перевалку виконують заміною всієї робочої кліті. Для цього в цеху є другий комплект клітей, у які на стендах завалюють нові валки заздалегідь. Після зміни зношені валки також на стендах витягають зі знятих клітей. У клітей сортових станів зі станинами відкритого типу валки міняють краном при знятих верхніх кришках станин. У клітях зі станинами закритого типу перевалку виконують, виймаючи валки з вікон станин у осьовому напрямку.

Відомі способи перевалок у осьовому напрямку за допомогою муфти *М*, підвішеної разом з новим валком на двох гаках 1, 2 мостового крана (рис. 11.23, *а* (див. с. 254)) та за допомогою скоби 1, що також підвішується на двох гаках крана і уводиться в зачеплення із неприводним кінцем валка 2 (рис. 11.23, *б* (див. с. 254)). Це застарілі способи і зараз практично не використовуються через основний недолік обох способів – задіяння кранового обладнання цеху на весь термін перевалки, за допомогою якого вона, власне і відбувається, а також те, що валки замінюють не комплектом, а по одному. Це значно подовжує час перевалки та знижує продуктивність станів.

Спеціальними механізмами для зміни валків забезпечується заміна всього комплекту валків, що скорочує тривалість перевалки. Застосовується цей спосіб для перевалок у більшості сучасних клітей. У цьому випадку кранове обладнання використовують лише для доставки комплектів валків на стан та від нього.

В обтискних та сортових станах застосовуються механізми ланцюгового й рейкового типів, а в листових – гідравлічні та рейкового типу.

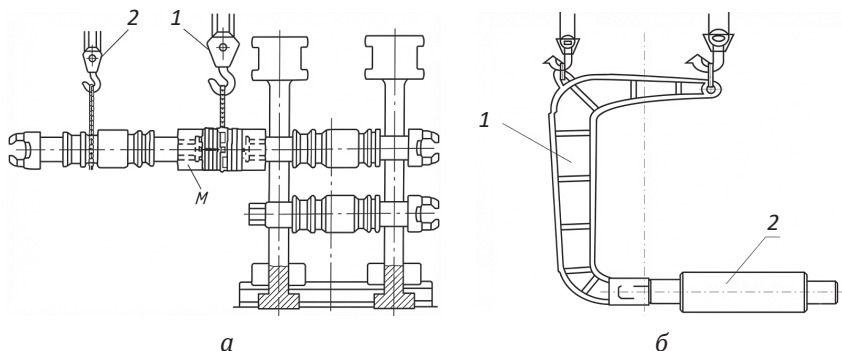


Рисунок 11.23 – Перевалка муфтою (а) та скобою (б) [1]

В обтискних станах застосовуються механізми ланцюгового й рейкового типів, а в листових – гідравлічні та рейкового типу.

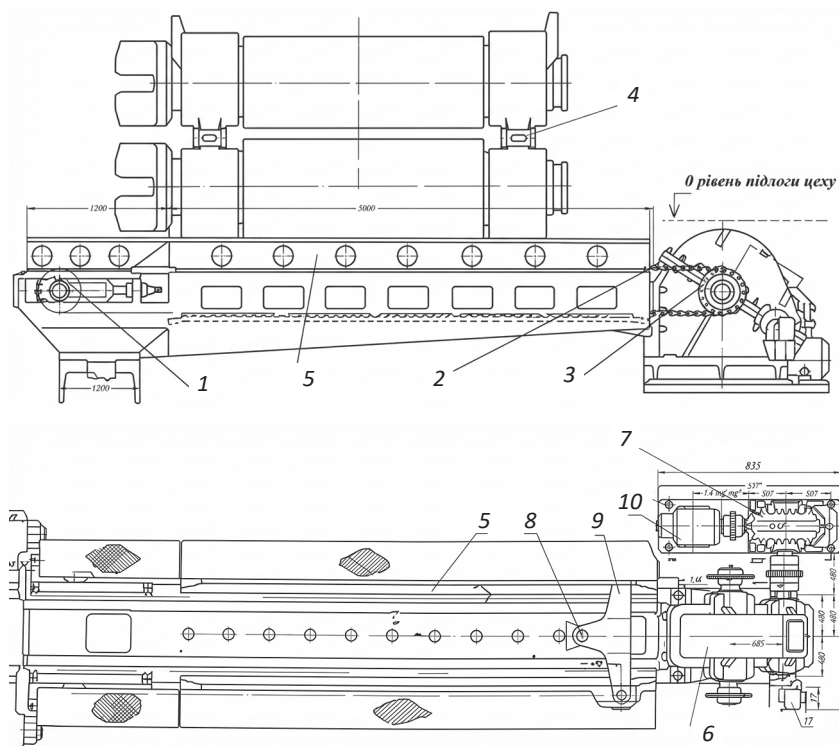
Перед перевалкою між верхнім і нижнім комплектами валків встановлюють спеціальні проставки, на які натискним механізмом опускають верхній валковий вузол. Потім його від'єднують від механізмів врівноваження, і він лишається на нижньому валковому вузлі. Натискні механізми виводять із контакту з подушками верхнього валка. Комплект валків готовий до перевалки.

Перед кліттю розташовані напрямні механізму перевалки, який знаходиться нижче рівня підлоги і при роботі стану закритий профнастилом. Комплект валків витягають з кліті на напрямні за допомогою спеціального пристрою (в зарубіжній літературі його називають «трактором»), привід якого і визначає тип механізму перевалки.

У ланцюговому механізмі (рис. 11.24, див. с. 255) переміщення валкового комплекту відбувається за рахунок руху коромисла 9,

що закріплене на двох рядах ланцюгів 2, які приводяться до руху ведучими ланцюговими зірочками 3 від електродвигуна 10 через редуктори 7 і 6 і натягаються пристроєм на ведених зірочках 1.

Коромисло 9 за допомогою пальця 8 з'єднується з подушкою нижнього валка і витягає комплект валків із кліті на напрямні 5, де він краном замінюється на новий. Зворотним ходом ланцюгів коромисло 9 заштовхує новий комплект валків у вікна станини, а зношений краном транспортується на ділянку переточування валків.

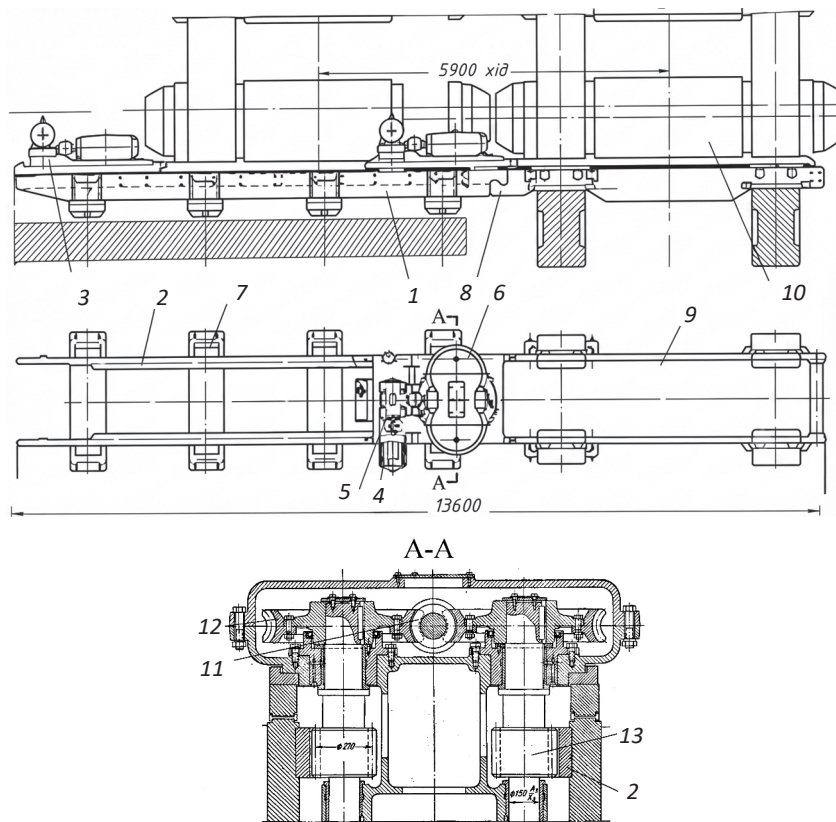


- 1 – ведена зірочка з натяжним пристроєм; 2 – ланцюг;
3 – ведуча зірочка; 4 – проставки між валками;
5 – напрямні; 6 – циліндричний редуктор; 7 – черв'ячний редуктор; 8 – палець; 9 – коромисло; 10 – електродвигун

Рисунок 11.24 – Ланцюговий механізм для перевалки робочих валків слябінга

Рейковий механізм (рис. 11.25) відрізняється тим, що валки висуваються із кліті на напрямні за допомогою рейкової передачі. З боку обслуговування кліті розмішені напрямні рами 1.

На внутрішніх бічних поверхнях рам закріплені зубчасті рейки 2. На напрямних рам встановлено каретку 3 («трактор»), на якій розміщено привід з електродвигуном 4 та черв'ячними редукторами 5, 6. Один черв'як 11 редуктора 6 приводить два черв'ячні



- 1 – напрямні; 2 – зубчасті рейки; 3 – каретка (у крайньому відведеному положенні); 4 – електродвигун; 5 – редуктор черв'ячний; 6 – редуктор черв'ячний; 7 – плитовина;
8 – гак; 9 – кліть робоча; 10 – валки; 11 – черв'як;
12 – черв'ячне колесо; 13 – вал-шестірня

Рисунок 11.25 – Рейковий механізм для перевалки опорних валків

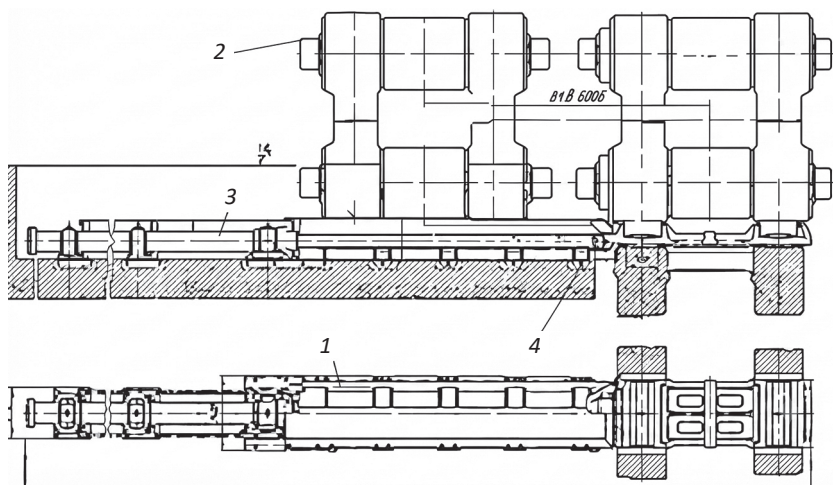
колеса 12, встановлені на циліндричних вал-шестірнях 13, що знаходяться в зачепленні з нерухомими зубчастими рейками 2.

При обертанні зубчастих вал-шестерень 13 вони перекочуються по рейках 2 і приводять до руху каретку 3, яка пересувається по напрямних до робочої кліті 9.

Каретка оснащена зчіпним пристроєм, до якого кріпиться комплект валків 10 і зворотнім рухом каретка витягає його з кліті на напрямні рами 1. Звідти комплект валків прибирають краном, на його місце встановлюють новий, і каретка заштовхує його в кліть.

У гідравлічних механізмах (рис. 11.26) між напрямними брусами 1, на які витягаються валки 2, розміщено гідроциліндр 3 із зчіпним пристроєм 4 на штоці, яким, власне, і замінюється комплект валків.

У неперервних станах для прокатки смуг (чистові групи ШСГП, неперервні стани холодної прокатки) валки замінюють водночас в усіх клітях. Для цього використовують комбіновані механізми з «потягом» візків.



- 1 – напрямні бруси; 2 – комплект валків;
3 – гідроциліндр; 4 – зчіпний пристрій

Рисунок 11.26 – Гідравлічний механізм для перевалки опорних валків

Механізм (рис. 11.27) складається із з'єднаних між собою візків 3, рейкових шляхів 4, що прокладені вздовж фронту клітей з боку обслуговування між клітками 1 та механізмами перевалки 7, гідроприводу переміщення візків 5.

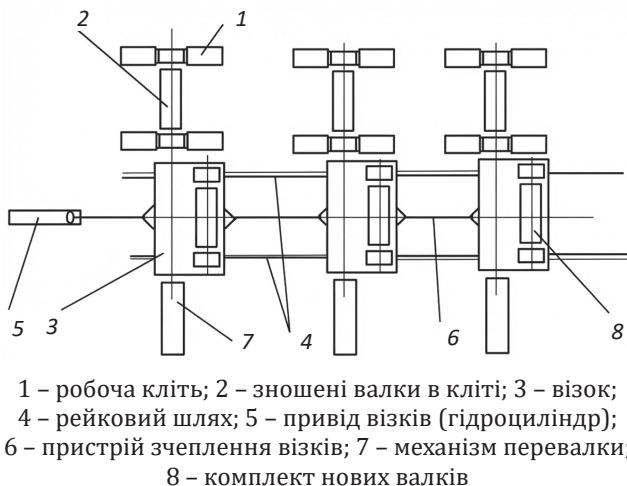


Рисунок 11.27 – Схема «потягу» візків у положенні перед перевалкою (вид зверху)

Механізм зміни валків установлений нижче рівня підлоги й своїми верхніми частинами у вихідному положенні складають частину настилу підлоги. Всі візки 3 механічно зв'язані один з одним швидкокороз'ємними з'єднаннями 6 й утворюють собою загальний стенд («потяг»), що переміщується уздовж фронту робочих клітей гідроприводом на ходових колесах по рейковому шляху.

Перед перевалкою на візки встановлюють нові комплекти валків 8 так, що їхні осі зміщені відносно вікон станин, а навпроти вікон площа візків вільна. Механізмами перевалки 7 зношені валки 2 витягають з клітей на вільну площину візків. Механізмом 5 потяг пересувається таким чином, щоб осі нових валків співпали з осями вікон станин. Механізми 7 одночасно заштовхують нові комплекти в кліті, і стан може продовжувати роботу. Зношені комплекти по черзі краном транспортують на переточування.

На деяких станах замість потягу візків використовують карусельні стенди (рис. 11.28), у яких замість прямолінійного переміщення комплектів валків вздовж фронту клітей використовують обертове.

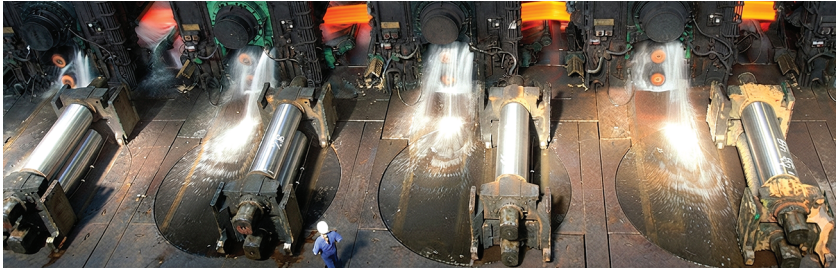


Рисунок 11.28 – Карусельні стенди для заміни комплектів валків

Контрольні питання

1. Вкажіть призначення шпинделів у головній лінії прокатного стану.
2. Поясніть принцип шарніру Гука.
3. Які типи шпинделів використовують у головній лінії прокатного стану?
4. Із яких міркувань визначають довжину шпинделя?
5. Чим обмежений припустимий кут перекосу шпинделя? Назвіть допустимі кути перекосу для різних типів шпинделів.
6. Назвіть складові деталі шарніру універсального шпинделя на вкладишах ковзання. З яких матеріалів вони виконані?
7. Як реалізується принцип шарніру Гука в універсальному шпинделі? Чим різняться конструкційно шарніри універсальних шпинделів із осьовим та боковим збиранням?
8. Які переваги та недоліки універсального шпинделя на вкладишах ковзання?
9. Назвіть складові деталі шарніру шпинделя Кардано. Як у ньому реалізується принцип шарніру Гука?
10. Які конструкційні рішення дозволили зменшити діаметр шарніру у шпинделях Кардано?
11. Як компенсується зміна довжини при перекосі у шпинделях різних типів?
12. Поясніть конструкцію і принцип роботи шпинделів на тілах кочення.

- 
13. Поясніть конструкцію і принцип роботи зубчастих шпинделів та зубчастих муфт. Назвіть переваги та недоліки зубчастих шпинделів.
 14. Яке призначення шпиндельних столів?
 15. Які типи врівноваження використовують у шпиндельних столах? Назвіть їх переваги та недоліки.
 16. Назвіть призначення шестеренної кліті у головній лінії стану.
 17. Із яких міркувань вибирають розміри та міжосьову відстань шестеренних валків?
 18. Назвіть типи шестеренних валків, їх переваги та недоліки.
 19. Обґрунтуйте необхідність перевалок валків робочих клітей.
 20. Які недоліки перевалки валків муфтами та скобами?
 21. Які є типи механізмів перевалки валків? Що в них є тягнучими пристроями («тракторами»)?
 22. Як виконують перевалку у неперервних групах клітей?

МАШИНИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ПОЗИЦІОНУВАННЯ ПРОКАТУ

|| 12.1 Загальні відомості

Прокатні стани й агрегати прокатних цехів складаються з ряду машин, що виконують технологічні операції. При цьому метал передається від машини до машини, від агрегату до агрегату, із цеху в цех за допомогою транспортних машин. Крім того, в кожній машині технологічної лінії метал повинен займати строго визначене положення. Наприклад, у сортовому стані перед прокаткою заготовку треба встановити напроти відповідного калібру, а в листовому – відцентрувати вздовж осі прокатки. Встановлення прокату в задане положення перед технологічною операцією називається позиціонуванням. Для позиціонування призначені спеціальні машини – маніпулятори й кантувачі.

У прокатних цехах для транспортування прокату застосовуються транспортні й підйомно-транспортні машини загального призначення й спеціальні. До машин загального призначення слід віднести цехові крани (мостові, козлові, кран-балки), стрічкові й гаківі транспортери, передатні візки й електрокари. До спеціальних машин відносяться рольганги й спеціальні транспортери, які застосовуються в цехах гарячої прокатки. У цехах холодної прокатки в лініях агрегатів тонкі листи й смуги транспортуються тягнучими або подавальними роликками по проводковим столах, а між агрегатами смуги в рулонах або листи в пачках передаються кранами або транспортерами. До спеціального устаткування також відносяться машини більш вузького призначення, такі як злитковози на обтискних станах, пічні штовхачі, поворотні й підйомно-поворотні столи тощо.

Міжцехове транспортування прокату здійснюється заводським автомобільним і залізничним транспортом або транспортерами, якщо цехи розташовані в одній будівлі.



|| 12.2 Рольганги

12.2.1 Класифікація рольгангів

Рольганги є основними машинами для позовжнього транспортування металу на станах гарячої прокатки. Вони являють собою приводні ролики, послідовно встановлені з певним кроком. При обертанні роликів метал передається по їхній поверхні за рахунок сил тертя. Рольганги встановлені безпосередньо в лініях станів між машинами, що виконують технологічні операції.

За призначенням розрізняють наступні типи рольгангів: робочі, транспортні, розкатні, приймальні й спеціальні.

Робочі рольганги призначені для задавання металу в кліть і приймання його із робочої кліті, тобто вони безпосередньо беруть участь у процесі прокатки. Їх встановлюють на реверсивних станах з обох боків робочої кліті. Такі рольганги працюють у реверсивному режимі й піддаються підвищеним динамічним навантаженням. У ході прокатки метал подовжується, і в деяких випадках довжини робочих рольгангів не вистачає для розміщення прокату. У цих випадках використовують розкатні рольганги, які є продовженням робочих. Звичайно вони працюють як транспортні, а для довгих розкатів – і як робочі.

До робочих рольгангів можна віднести й станинні ролики, які розташовані в робочій кліті й заповнюють проміжок між рольгангом і валками.

Транспортні рольганги призначені безпосередньо для транспортування прокату між машинами прокатного стану. Їх можна розрізняти по місцю в лінії прокатного стану як прийомні, проміжні, обвідні (байпасти) і відвідні. Прийомні рольганги встановлені на початку лінії стану й призначені для прийому металу з печей і початку транспортування, при цьому вони можуть піддаватися підвищеним динамічним навантаженням. Тому до них висуваються більш високі вимоги в порівнянні з іншими транспортними рольгангами.

Спеціальні рольганги крім основної функції транспортування металу виконують додаткові функції. До них можна віднести рольганги-холодильники ТЛС, пакетувальні рольганги сортових



станів і рольганги з конічними роликами для розвороту металу перед задаванням у кліть при розбивці ширини прокату.

Другою ознакою, за якою класифікують рольганги, є тип приводу. Рольганги виконують із груповим, напівгруповим та індивідуальним приводом. При груповому приводі від одного двигуна приводяться 8–10 роликів. При напівгруповому від одного двигуна приводяться секції по 2–4 ролики. При індивідуальному приводі від одного двигуна приводиться один ролик. Вибір приводу залежить зазвичай від типу рольгангу й визначається раціональним завантаженням роликів. Так для робочих і приймальних рольгангів, а також при транспортуванні коротких і товстих розкатів зазвичай використовують груповий або напівгруповий привод, для транспортування довгих розкатів – індивідуальний. Це дозволяє зменшити необхідну потужність приводу.

12.2.2 Конструкція рольгангів

Основними параметрами рольганга є: діаметр роликів d , крок роликів t , довжина бочки роликів l_6 і швидкість рольганга v_p (рис. 12.1).

Діаметр роликів намагаються робити мінімальним, тому що це зменшує їхню масу й момент інерції. Однак мінімальний діаметр обмежений міцністю роликів, а при наявності бічного руху металу – габаритами підшипників і приводу.

Крок роликів t вибирають за умови розташування прокату не менш, ніж на двох роликах, а при транспортуванні довгих і тонких розкатів – за умови непровисання металу під власною вагою.

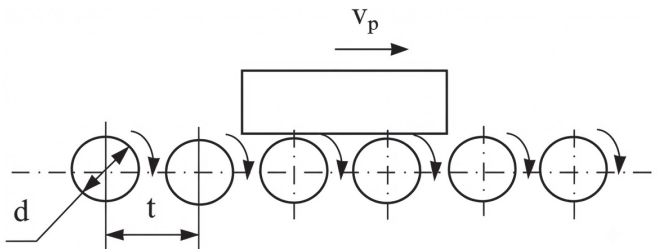


Рисунок 12.1 – Основні параметри рольгангу



Довжина бочки роликів l_6 у робочих рольгангів дорівнює довжині бочки робочих валків (в обтискних станах і ТЛС – трохи більше, для розміщення лінійок маніпуляторів). У реверсивних сортових станів розкатні рольганги вужчі за бочку валка й дорівнюють тій її частини, де довжина розкату в останніх проходах стає більше довжини робочого рольганга. Довжина бочки транспортних рольгангів на 150–200 мм більша за максимальну ширину прокату, а при транспортуванні розігрітих злитків – більша на 300–500 мм для запобігання перегріву підшипників.

Швидкість рольгангів вибирається залежно від швидкості прокатки (у робочих) або від необхідної продуктивності агрегатів (у транспортних).

Звичайно рольганги виконують у вигляді відкритої U-подібної рами, у верхній частині якої на підшипниках кочення встановлений один (при індивідуальному приводі) або кілька роликів. На робочих і приймальних рольгангах з метою зменшення динамічних ударних навантажень ролики виконують підпружиненими.

Ролики рольгангів бувають цілісними (у т.ч. і порожніми) і складовими (бандажованими). Матеріал – сталеве лиття, кута сталь або чавун. За формою розрізняють ролики циліндричні, конічні (для поворотних пристроїв ТЛС), біконічні (для транспортування труб і круглого сорту), східчасті (у станинних рольгангів при каліброваних валках), ребристі (для зменшення площі контакту смуги з бочкою ролика). Як опори роликів зазвичай застосовуються підшипники кочення, зокрема, спеціальні рольгангові із крученими роликами.

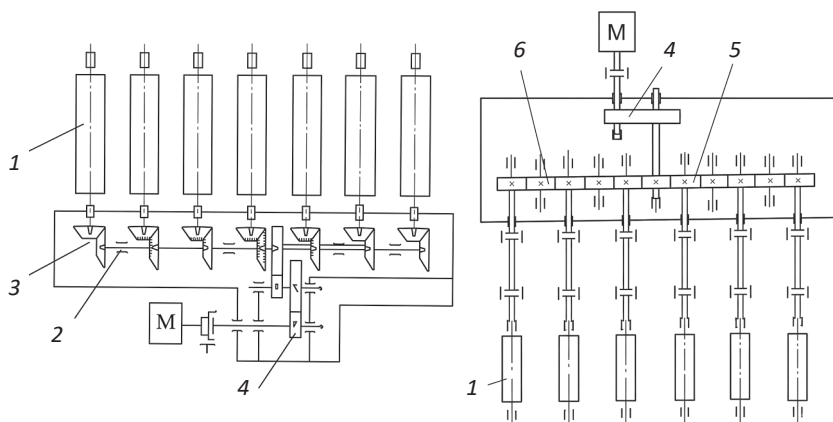
Рольганги із груповим (і напівгруповим) приводом розрізняються типом передач, що використовуються: конічних або циліндричних (рис. 12.2, див. с. 265).

Основна перевага рольгангів з конічними передачами – компактність. Ролики 1 (рис. 12.2, а (див. с. 265)) приводяться через багатоопорний трансмісійний вал 2 з конічними передачами 3 від двигуна М через редуктор 4. Недолік такої конструкції закладений у самій конічній передачі, у якій характер зачеплення змінюється зі зміною міжцентрової відстані внаслідок теплової або силової деформації валів. Це приводить до істотного погіршення роботи передачі й зношування шестірень.

Кращими в експлуатації є рольганги з циліндричними передачами, однак вони мають більші розміри й металоємність і застосовуються в тому випадку, якщо для їхнього розміщення є необхідний простір. Це обумовлено як самим компонованням передач, так і наявністю у шестеренній кліті 2 паразитних шестірень 3, необхідних для обертання роликів 1 в одному напрямку (рис. 12.2, б).

Для рольгангів з індивідуальним приводом (рис. 12.3, див. с. 266) застосовуються електродвигуни звичайного горизонтального виконання (на «лабетах»), фланцеві й спеціальним рольгангові з порожнім ротором. В останньому випадку привід найпростіший і дешевий, тому що приводний вал рольганга входить у порожнину ротора двигуна. В інших випадках для сполучення двигунів з роликами використовуються редуктори, карданні вали й, найчастіше, зубчасті муфти.

Найбільш швидкісними є відвідні рольганги. До швидкості 18 м/с ролики рольгангів установлені горизонтально, а при більш високих швидкостях – із зустрічним нахилом, що чергується, для центрування прокату на рольгангу.



а

б

- 1 – ролики; 2 – вал; 3 – передача конічна; 4 – редуктор;
5 – передача циліндрична; 6 – паразитна шестіря

Рисунок 12.2 – Рольганги із груповим приводом з конічними (а) і циліндричними (б) передачами

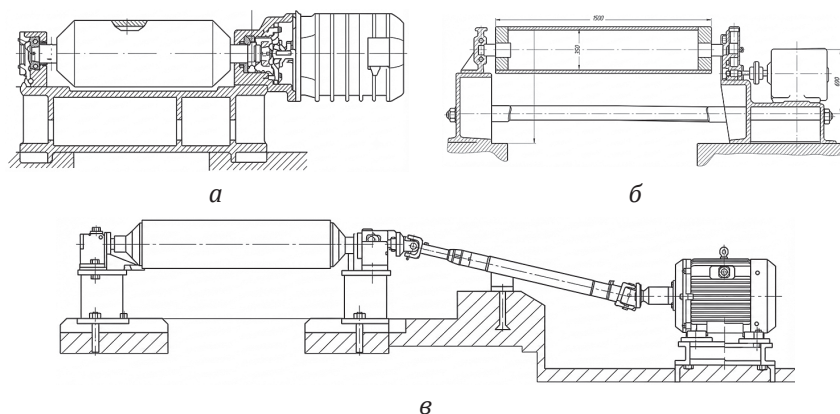


Рисунок 12.3 – Рольганги з індивідуальним приводом:
із прямим приводом (а); із редукторним приводом (б);
із приводом через шпindelь (в)

12.2.3 Спеціальні рольганги

Для транспортування товстих гарячих листів (до ножиць, правильних машин та ін.) застосовують рольганги-холодильники з ребристими (дисковими) роликами (рис. 12.4, див. с. 267). Диски роликів контактують із гарячим металом лише частиною поверхні, тому жолоблення роликів незначне.

Наведений на рис. 12.4 рольганг-холодильник ТЛС має груповий привід з конічними передачами.

Пакетувальні рольганги застосовуються на сортових станах і призначені для збору металу в пачки. Мають ролики, установлені під кутом до осі транспортних рольгангів (рис. 12.5, див. с. 267).

За рахунок такого положення роликів 1 (рис. 12.5) прокат 6, що надходить з транспортного рольганга, переміщається уздовж і поперек рольганга зі швидкостями V_x і V_y , відповідно, поки не упреться в лінійку 5, а потім в упор 4. Для кожного наступного розкату 6 роль лінійки виконує вже пакет 7. Після складання в пачку необхідної кількості розкатів упор 4 опускається, і пакет, що не має більше можливості поперечного переміщення,

обертанням роликів подовжно передається на наступний транспортний рольганг.

При прокатці з виверсткою на ТЛС для розбивки ширини заготовку розвертають у горизонтальній площині на 90° . На сучасних

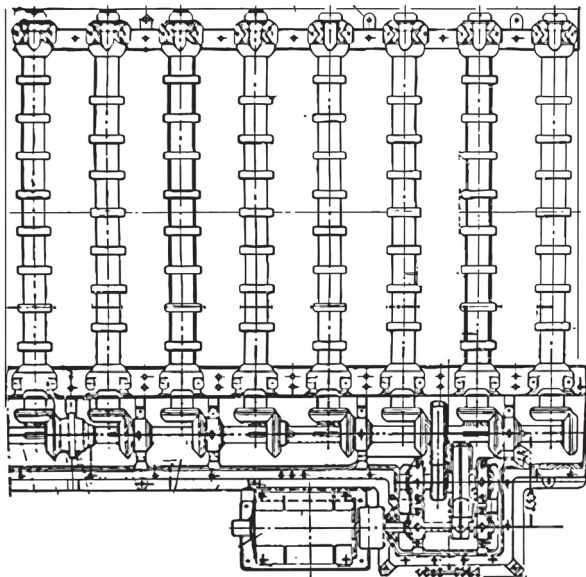
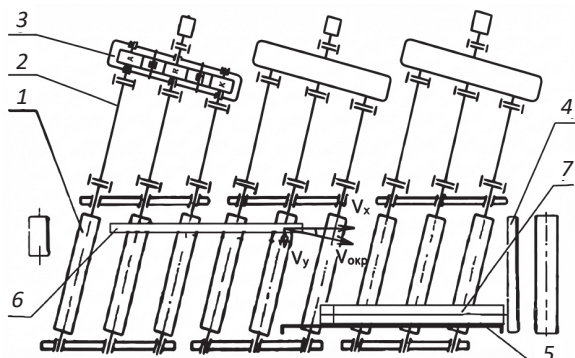


Рисунок 12.4 – Рольганг-холодильник для товстих листів



1 – ролик; 2 – шпindelь; 3 – редуктор; 4 – рухливий упор;
5 – лінійка; 6 – прокат; 7 – пачка (пакет) сорту

Рисунок 12.5 – Пакетувальний рольганг

станах для цього застосовують спеціальний рольганг із конічними роликами, що входить до складу робочого рольганга перед кліттю. Парні й непарні ролики мають зустрічну конусність і роздільний привід (рис. 12.6). При цьому заготовка однією стороною лежить на парних, а іншої – на непарних роликах. Якщо всі ролики обертаються в одну сторону, заготовка просто транспортується по рольгангу. Якщо парні й непарні ролики обертаються назустріч один одному, то краї заготовки переміщуються в різні боки й відбувається її поворот на рольгангу (подібно розвороту танку або трактора на місці за рахунок зустрічного руху гусениць). Після розвороту ролики знову обертаються в одному напрямку й задають прокат у робочу кліть.

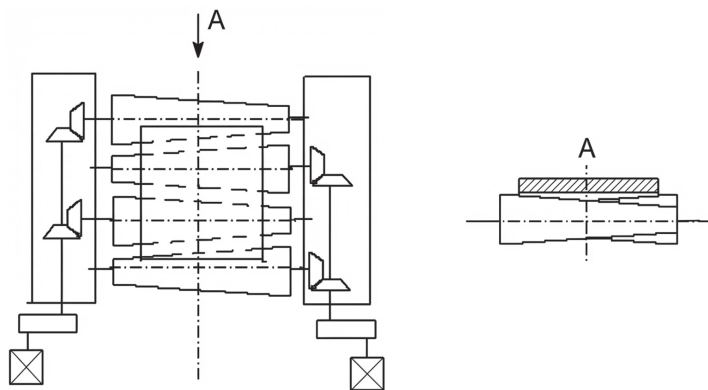


Рисунок 12.6 – Спеціальний рольганг для повороту заготовки у горизонтальній площині (план)

|| 12.3 Маніпулятори й кантувачі

12.3.1 Призначення маніпуляторів й кантувачів

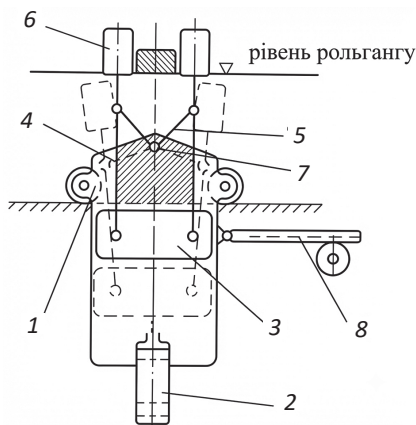
Маніпулятори й кантувачі – машини для позиціонування металу. Маніпулятори служать для поперечного переміщення розкату по робочому рольгангу з метою установки його в необхідне положення відносно валків. На листових станах розкати

центруються відносно лінії прокатки, на сортових й обтискних вони встановлюються проти певного калібру. Кантувачі призначені для повороту (кантування) розкатів навколо їхньої поздовжньої осі, щоб забезпечити в горизонтальних валках обтиснення й по товщині, і по ширині прокату.

12.3.2 Вилочні маніпулятори й кантувачі сортових станів

Вилочні маніпулятори й кантувачі застосовуються в основному на РБС і крупносортних станах і в станах із клітьми тріо. Їхня основна перевага – можливість як горизонтального, так і вертикального переміщення, що важливо при прокатці в різні по висоті рівнях.

Конструкція маніпулятора представлена на рис. 12.7. Корпус маніпулятора встановлений на візку 1, що переміщається по напрямним під рольгангом. У корпусі встановлений повзун 3, що переміщається вертикально гідроциліндром 2. На повзуні шарнірно закріплені стояки 4 з роликами 6. Стояки шарнірно з'єднані з важелями 5, пов'язаними із шарніром 7. Шарнір 7 закріплений на корпусі маніпулятора.



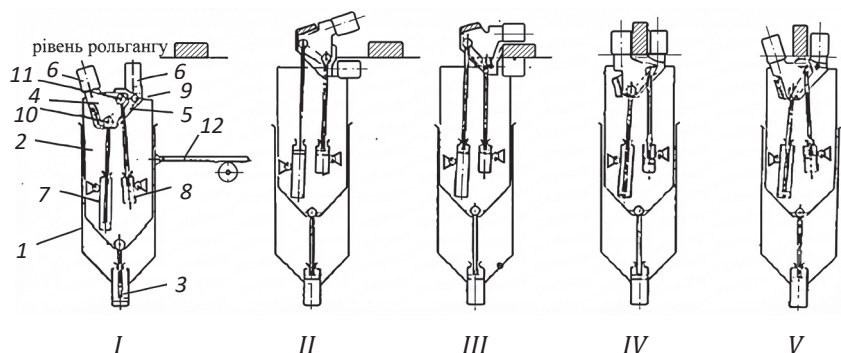
1 – візок; 2 – гідроциліндр підйому; 3 – повзун;
4, 5 – важелі; 6 – ролики; 7 – шарнір; 8 – привід візка

Рисунок 12.7 – Маніпулятор вилочного типу

Візок за допомогою привода 8 устанавлюється під заготовкою, що лежить на рольгангу. Гідроциліндр 2 піднімає повзун 3. При цьому важелі 5 обертаються навколо шарніра 7 і по мірі підйому повзуна спершу розводяться а потім зводяться стояки 4. У момент підйому над рівнем рольганга стояки зводяться максимально й ролики 6 захоплюють заготовку. Потім візок 1 з затиснутою в роликах заготовкою переміщається поперек рольгангу і встановлює прокат напроти відповідного калібру.

На рис. 12.8 показана конструкція й стадії роботи кантувача вилочного типу. Кантувач складається із корпусу 1, установленого на візку із приводом 12. У напрямних корпусу встановлений повзун 2, що переміщається гідроциліндром 3. У повзуні 2 розміщена система важелів 4, 5 із загальним шарніром 11 (аналог всім знайомих побутових ножиць або плоскогубців). На важелях закріплені ролики 6. Важіль 5 (аналог – половинка побутових ножиць) шарніром 9 кріпиться до повзуна. Загальний шарнір 11 з'єднаний зі штоком гідроциліндру кантування 8, а шарнір 10 на кінці важеля 4 – зі штоком гідроциліндра 7.

Гідроциліндр підйому 3 піднімає повзун 2 з важелями 4, 5 на рівень рольгангу. Спільним підйомом гідроциліндрів 7, 8 важелі повертаються навколо шарніра 9 так, що важіль 5



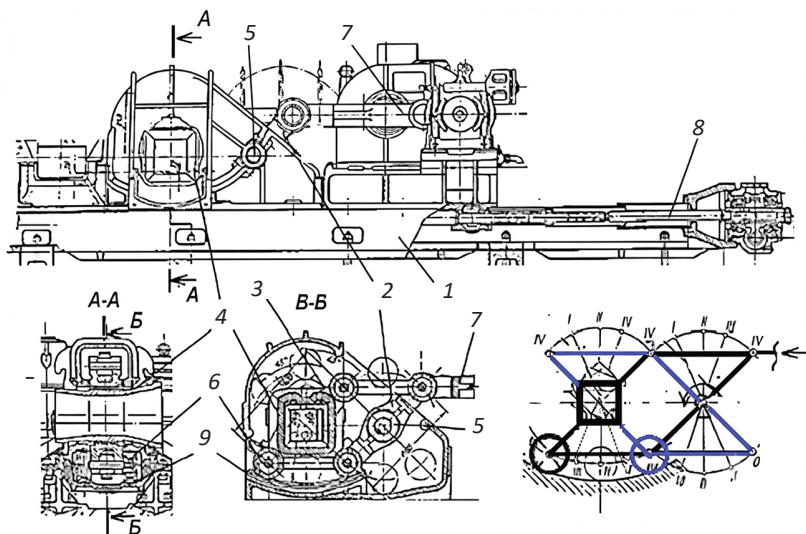
- 1 – корпус; 2 – повзун; 3 – гідроциліндр підйому;
4, 5 – лівий і правий важелі; 6 – ролики; 7 – гідроциліндр
затискувача; 8 – гідроциліндр кантування;
9–11 – шарніри; 12 – привід візка

Рисунок 12.8 – Схема й стадії роботи кантувача вилочного типу

з роликом 6 займає горизонтальне положення (рис. 12.8, полож. II). Візок із приводом 12 подає корпус на метал і при подальшому ході нагору гідроциліндра 7 важіль 4 повертається навколо шарніра 11, і метал затискається між роликами 6 (рис. 12.8, полож. III). Потім опусканням штоків гідроциліндрів 7, 8 важелі повертаються навколо шарніра 9 у зворотному напрямку й кантують затиснутий між роликами метал на необхідний кут (рис. 12.8, полож. IV). Після кантування гідроциліндр 7 відводить важіль 4 з роликом від металу (рис. 12.8, полож. V), і повзун 2 опускається під рольганг.

12.3.3 Кантувальна втулка

Найпоширенішим кантувачем сортних станів є кантувальна втулка, що сполучає функції кантувача й маніпулятора (рис. 12.9).



- 1 – платформа; 2, 3 – шарнірний паралелограм; 4 – втулка;
5 – шарнір; 6 – коток; 7 – кривошипно-важільний механізм;
8 – механізм переміщення платформи; 9 – напрямна

Рисунок 12.9 – Кантувальна втулка [10]



Кантувальна втулка являє собою візок (або рухому платформу) 1, на якій установлений шарнірний паралелограм із приводом. Одна з бічних ланок паралелограма 2 з'єднана посередині із шарніром 5 на корпусі візка. У паралельній ланці 3, що опирається через коток 6 на напрямну 9, закріплена втулка 4.

На вході й виході втулка має розтруби (див. розріз А-А, рис. 12.9) для полегшення заходу металу. Коли метал потрапляє у втулку, кривошипно-важільний механізм 7 приводить паралелограм у рух. При цьому ланка 2 обертається навколо шарніра 5, а ланка 3 із втулкою 4 і металом займає паралельне їй положення, тобто поворот ланки 2 визначає кут кантування металу (синім кольором показане положення механізму після кантування на 90°). Візок черв'ячно-гвинтовим механізмом 8 переміщується й установлює втулку з металом напроти відповідного калібру, тобто виконує функцію маніпулятора.

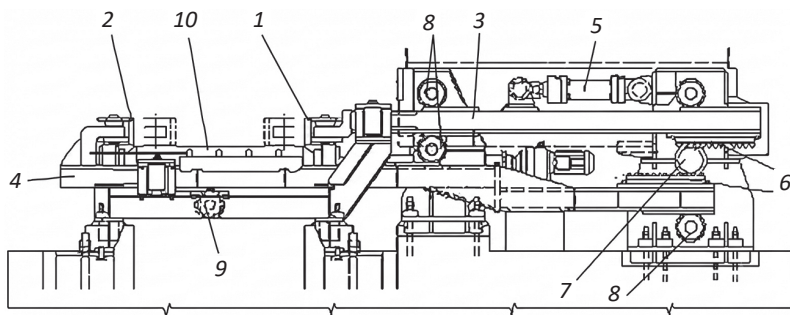
12.3.4 Маніпуляторні лінійки листових станів

Маніпулятори листових станів виконані у вигляді маніпуляторних лінійок і призначені для центрування металу по осі прокатки (симетрично відносно середини валка).

Лінійки повинні строго синхронно переміщатися назустріч одна одній або одна від одної відносно осі прокатки. На рис. 12.10 (див. с. 273) представлена схема приводу маніпуляторних лінійок ТЛС.

Лінійки 1, 2 установлені над рольгангом 10 і з'єднані кожна із двома штангами 3, 4 розміщеними між роликами рольганга (на рис. 12.10 видно по одній штанзі із приводом). На штангах закріплені зубчасті рейки 6, що входять у зачеплення з холостою шестірнею 7. Штанги опираються на ролики 9, а ролики 8 притискають рейки 6 до шестірні 7, щоб радіальна сила в зачепленні не вивела зуби із зачеплення.

Для центрування прокату гідроциліндр 5 переміщує штангу 3 з лінійкою 1 до центру рольганга. При цьому верхня зубчаста рейка 6 провертає шестірню 7, що, у свою чергу переміщує



1, 2 – права і ліва лінійки; 3, 4 – верхня і нижня штанги;
5 – гідроциліндр; 6 – зубчасті рейки; 7 – шестірня;
8 – ролик; 9 – коток; 10 – рольганг

Рисунок 12.10 – Маніпуляторні лінійки ТЛС [15]

нижню рейку 6 зі штангою 4 і лінійкою 2 з тією же швидкістю й на ту ж відстань назустріч лінійці 1. Якщо метал зміщений з осі прокатки, одна з лінійок штовхає його по рольгангу до контакту із другою лінійкою. Затиснутий між лінійками метал перебуває на осі прокатки. Після центрування лінійки синхронно розводяться зворотним ходом гідроциліндра 5.

|| 12.4 Спеціальні транспортери

Транспортери в прокатних цехах використовуються для переміщення металу між агрегатами. Як правило, це транспортери загального призначення. Також застосовуються транспортери у вигляді холодильників для охолодження металу.

Основні типи спеціальних транспортерів для поперечного переміщення:

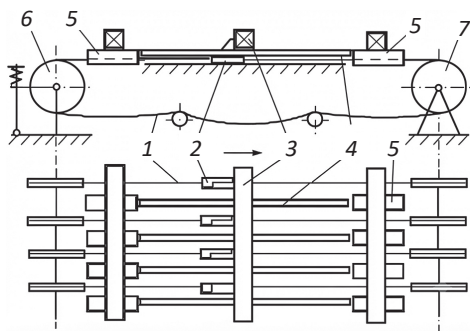
1. Канатні шлепери (рис. 12.11) – використовуються в основному як транспортери крупного сорту, в лініях рейкобалкових та сортових станів.

2. Ланцюгові шлепери (рис. 12.13) – використовуються як транспортери для блюмів, слябів, заготовок, крупного сорту, листів і як холодильники.

3. Транспортери з несучими ланцюгами (рис. 12.14) – як транспортери листів і рулонів, що забезпечують збереження високої якості поверхні.

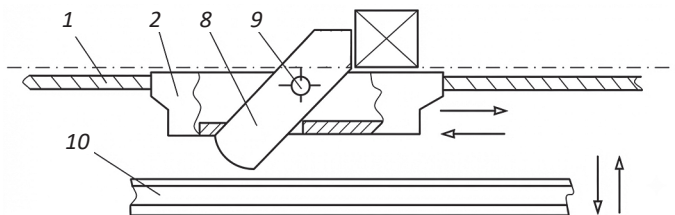
Канатні шлепери складаються з ряду сталевих канатів 1 зі шлеперними візками 2, захватки яких переміщують метал 3 волоком по рейковому настилі 4, зазвичай від одного рольганга 5 до іншого (рис. 12.11). Канати натягаються блоками 6 і приводяться барабанами 7 через редуктори від електродвигунів.

Шлеперні візки бувають із керованими й некерованими штовхачами. Штовхачі 8 утримуються від перекидання (через свою неврівноваженість) навколо шарніра 9 уступами в пазу візка 2 (рис. 12.12). При реверсі візків, наприклад, праворуч, черговий



1 – канати; 2 – шлеперні візки; 3 – прокат;
4 – рейковий настил; 5 – рольганг; 6 – натяжний блок;
7 – приводний барабан

Рисунок 12.11 – Канатний шлепер



8 – штовхач; 9 – шарнір; 10 – лінійка

Рисунок 12.12 – Керований шлеперний візок
(поз. 1, 2 сумісні з рис. 12.11)



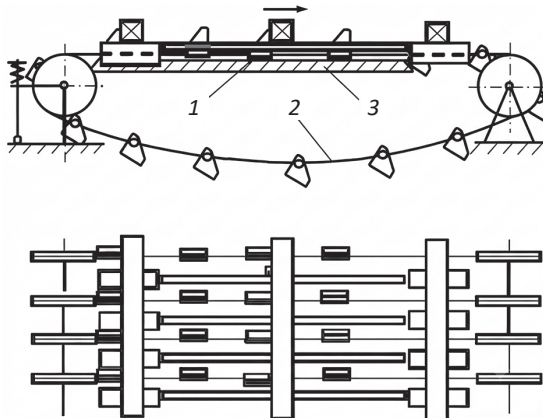
розкат відхиляє штовхач долілиць, дозволяючи тим самим установлювати візок в будь-яке положення. Якщо потрібно пересунути візка вперед, не зачіпаючи розкати, то механізм керування штовхачами піднімає лінійку 10 нагору, утоплюючи штовхачі нижче рівня настилу 4.

Завдяки цьому є можливість переміщати розкати з будь-якої ділянки на настил, що необхідно при роботі шлепера як холодильника. При некерованих штовхачах така можливість відсутня. Швидкість переміщення металу канатними шлеперами – 1–2 м/с.

Перевагою канатних шлеперів є більша маневреність завдяки реверсивному режиму роботи. Їхні недоліки – низька стійкість канатів під впливом тепловиділення розкатів і неможливість переміщення прокату з постійними інтервалами.

Ланцюгові шлепери й транспортери з несучими ланцюгами переміщують метал волоком по настил, але замість канатів штовхачі 1 кріпляться на ланцюгах 2, які мають більшу теплостійкість (рис. 12.13). Штовхачі можуть бути із жорстким кріпленням (у крупносортих станів) або «падаючими» у станів лінійного типу.

В останньому випадку, зійшовши з доріжки на планці 3, штовхач перекидається й розчіплюється з розкатом. Через умови натягнення ланцюгів такі шлепери роблять нереверсивними, тому вони менш маневрені, ніж канатні.



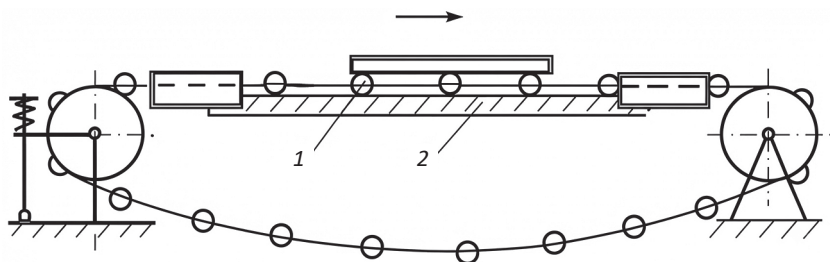
1 – штовхач; 2 – ланцюг; 3 – опорна планка

Рисунок 12.13 – Ланцюговий шлепер з «падаючими» штовхачами

Транспортери з несучими ланцюгами переміщують метал, що лежить на роликів ланцюгах. Тому забезпечується збереження якості поверхні прокату. Переміщення відбувається коченням роликів 1 ланцюгів по напрямних планках 2, свого роду рольгангах (рис. 12.14).

Листи з рольганга на ланцюзі й з ланцюгів на інший рольганг передаються підйомом і опусканням ланцюгів спеціальним кривошипним механізмом.

Для транспортування рулонів використовують спеціальні ланцюгові транспортери (рис. 12.15), в яких на ланках роликів ланцюгів закріплені сидла 1. Ланцюги рухаються по напрямній балці 2, встановленій на касетах з пружинами 3. Нижня холоста гілка ланцюгів рухається по балках 5–7. Ланцюги приводяться приводними зірочками 4.



1 – роликів ланцюг; 2 – напрямна планка

Рисунок 12.14 – Транспортер з несучими роликів ланцюгами

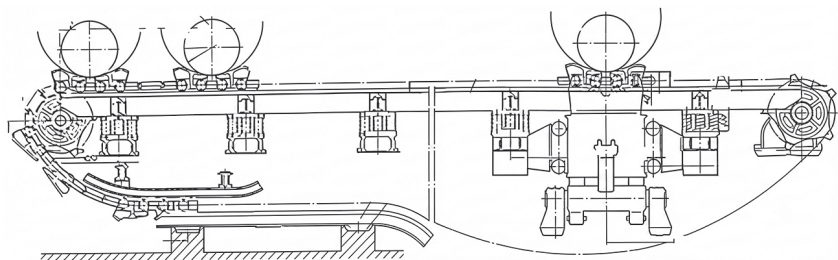


Рисунок 12.15 – Ланцюговий транспортер рулонів



Контрольні питання

1. Які машини використовуються для транспортування прокату у прокатних цехах?
2. Що собою являють рольганги? Як вибирають їхні параметри?
3. Як класифікують рольганги за призначенням?
4. Які типи приводів використовують у рольгангах?
5. Назвіть переваги та недоліки рольгангів з конічними та циліндричними передачами групового приводу.
6. У чому полягає принцип роботи пакетувального рольгангу?
7. У чому полягає принцип роботи поворотного рольгангу?
8. Яка необхідність позиціонування прокату в технологічній лінії стану?
9. Поясніть конструкцію та принцип роботи вилочного маніпулятора.
10. Поясніть конструкцію та послідовність роботи вилочного кантувача.
11. Поясніть конструкцію та принцип роботи кантувальної втулки.
12. Назвіть призначення шлеперних транспортерів та поясніть принцип їх роботи.
13. Поясніть конструкцію канатного шлепера.
14. Як шлеперний упор проходить під прокатом при реверсі?
15. Поясніть конструкцію ланцюгового шлепера.

МОТАЛКИ ТА РОЗМОТУВАЧІ

|| 13.1 Призначення моталок та розмотувачів

Прокат невеликого перерізу й великої довжини (стрічка й смуга, катанка, дрібносортовний прокат простої форми та труби малого діаметру) переважно змотують у рулони й бунти з метою компактного розміщення біля основних машин станів і агрегатів та зручності подальшого транспортування. Машини для змотування прокату називаються намотувальними пристроями або моталками. В свою чергу прокат у бунтах і рулонах, переданий на наступний в технологічній лінії агрегат, необхідно розмотувати для його обробки. Машини для розмотування прокату з рулонів або бунтів називають розмотувачами. Різноманіття видів прокату, що змотується або розмотується, привело до створення моталок і розмотувачів різних конструкцій, які за призначенням поділяють на смугові та сортові.

Моталки для змотування штаб, смуг і стрічок працюють із намотуванням витків один на одного. Розрізняють моталки гарячої штаби та моталки холоднокатаних смуг та стрічок.

Довжина прокату на штабових та стрічкових станах досягає декількох сотень і навіть більш за тисячу метрів. Внутрішньоцехове, міжцехове транспортування і складування такого прокату можливе тільки у компактному виді після змотування його в рулони, яке і здійснюють моталки. При цьому слід забезпечувати необхідну якість змотування рулонів.

Поняття якості змотування рулону визначається двома основними критеріями: мінімальним відхиленням від правильної геометричної форми (овальність по діаметрах і телескопічність по торцях) і оптимальною щільністю намотування. Щільність намотування повинна бути такою, щоб рулон у процесі транспортування і складування не міг одержувати довільну



телескопічність за рахунок осьового зсуву витків, не зварювався та не окислювався у гарячому стані внаслідок контакту витків з повітрям і не набував овальної форми замість циліндричної під дією власної ваги. Щільне змотування рулону забезпечується натягінням, створення якого також входить до функцій моталок.

Збільшення маси рулонів і підвищення технологічних швидкостей процесу прокатки у сполученні з важкими умовами роботи висуває наступні вимоги до конструкції намотувальних пристроїв:

- забезпечення необхідної міцності конструкції і надійності роботи;
- забезпечення формування рулонів заданих розмірів і маси;
- забезпечення необхідної якості намотування;
- забезпечення заданої швидкості прокатки на стані в узгодженні зі швидкістю робочої кліті;
- забезпечення заданого рівня технологічних натяжінь і підтримка їхньої постійної величини в процесі прокатки.

Моталки зазвичай оздоблені пристроями для механізації знімання рулону з барабана після закінчення прокатки – зіштовхувачами, піднімальними столами тощо.

|| 13.2 Моталки гарячої штаби

13.2.1 Типи моталок гарячої штаби

Моталки гарячої штаби призначені для змотування в рулони гарячекатаних штаб товщиною 0,8–25 мм шириною до 2350 мм (залежно від типорозміру стану) при температурі порядку 600...650 °С. Вони встановлені в кінці технологічної лінії широкоштабових станів за вихідним рольгангом.

Першими моталками гарячої штаби були згортувальні машини, засновані на вільному формуванні рулону після його згину на потрібну величину між формувальними роликками. Зараз такий принцип використано в проміжно-перемотувальних пристроях типу CoilBox. Внаслідок відсутності щільності рулону в таких машинах їх зараз не використовують.



Основним типом моталок для змотування гарячих штаб у наш час є ролико-барабанні моталки. Для намотування тонких штаб іноді використовують карусельні моталки. На станах Стекеля використовують моталки в печах, але вони мають інше призначення – компактно накопичувати штабу біля робочої кліті та підтримувати температуру прокатки.

13.2.2 Ролико-барабанні моталки

Ролико-барабанні моталки встановлені групами в кінці відповідного рольгангу нижче його рівня. На рис. 13.1 наведена схема ролико-барабанної моталки стану ШСГП 2000.

Моталка складається з подавальних роликів 1 проводок 2, напрямних роликів 3, формувальних роликів 6 з формувальними проводками 8, встановлених в касетах, барабану 7, механізму підведення формувальних роликів 5 з приводом від пневмоциліндру 4 та пристрою для знімання рулонів 9. Подавальні ролики 1 встановлені на рівні рольгангу, верхній ролик підйомний. Він опускається і спрямовує штабу в проводки 2, якими вона подається до барабану 7 з формувальними роликами 6. Коли верхній ролик 1 піднято, штаба по рольгангу проходить до наступної моталки.

Штаба змотується в рулон на приводному барабані 7, який створює натягіння, необхідне для формування щільного рулону.

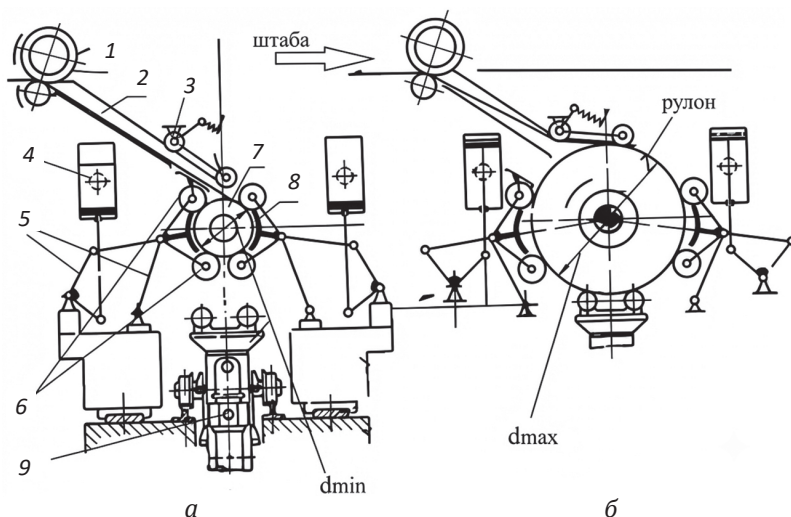
Приводні формувальні ролики 6 з проводками 8 згинають штабу на необхідну для охоплення нею барабану 7 кривизну. По мірі зростання діаметра рулону касети з роликами поступово відводяться від барабану, і в кінці змотування (рис. 13.1, б (див. с. 281)) максимально розведені.

Після змотування рулон знімається з барабану пристроєм 9, що складається з підйомного столу з роликами, встановленого на візку, який гідроциліндром рухається вздовж барабану.

Для поліпшення захоплювання переднього кінця штаби верхній подавальний ролик 1 має більший діаметр, з цією ж метою верхній ролик зміщають на кут 15–20° уперед (по напрямку руху штаби) відносно нижнього ролика.

Змотування гарячекатаної штаби на барабан моталки можна здійснити двома способами: 1) при змотуванні відносно тонкої гарячої штаби (1–4 мм) барабаном моталки, що створює натяжіння (з притиском до смуги формувальних роликів на перших витках); 2) при змотуванні більш товстих штаб – формувальними роликами, щільно притиснутими до штаби на барабані моталки, але без натяжіння її барабаном моталки.

Основним вузлом моталки є вузол барабану 7 з механізмами обертання та зміни діаметру барабану. Механізмом обертання здійснюється власне змотування штаби в рулон на барабані. Механізм приводить барабан від головного двигуна моталки, привід може бути прямим або редукторним, в останньому випадку редуктор може встановлюватись окремо між моталкою та двигуном або входити в конструкцію самої моталки. Друга схема більш компактна, але складніша в ремонті і обслуговуванні. Призначення механізму зміни діаметра наступне. При намотуванні з натяжінням витки рулону міцно охоплюють



- 1 – подавальні ролики; 2 – проводка; 3 – напрямний ролик;
 3 – пневмоциліндр; 5 – важелі; 6 – формувальні ролики;
 7 – барабан; 8 – формувальні проводки; 9 – стіл-зйомник

Рисунок 13.1 – Схема чотирироlikової роlikо-барабанної моталки ШСПП на початку (а) та в кінці (б) змотування



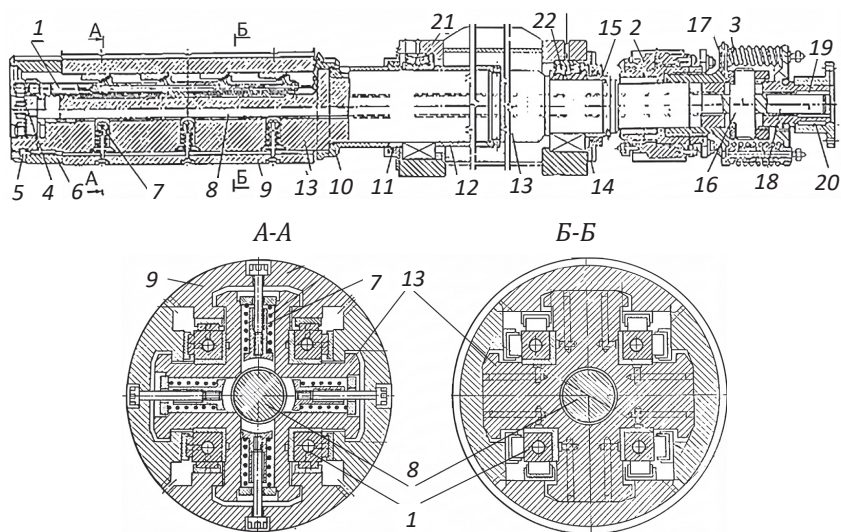
барабан, і вільно зняти рулон з барабану практично неможливо. Тому перед змотуванням діаметр барабана збільшують і в такому стані намотують рулон. Після змотування діаметр барабану зменшують, між барабаном і внутрішнім витком рулону з'являється зазор, що дає можливість вільно зняти рулон з барабану.

Власне барабан є складеною конструкцією, основою якої є приводний вал механізму обертання, консольно встановлений на підшипниках в корпусі моталки. На консольній ділянці, де саме і знаходиться барабан, вал має переріз складної форми, і на ньому змонтовані чотири сегменти, які і складають поверхню барабана. Між барабаном та сегментами знаходяться елементи механізму зміни діаметру, склад і конструкція яких залежить від типу механізму. На більшості моталок використовують механізми на основі клинової кінематичної пари, яка зводить або розводить сегменти в радіальному відносно осі барабану напрямку, при цьому його діаметр відповідно зменшується чи збільшується.

Для прикладу розглянемо конструкцію барабану моталки ШСГП 2000 (рис. 13.2, див. с. 283).

Приводний вал 13 встановлений в корпусі на підшипниках 21, 22. На консольній ділянці він має переріз трефової форми з Т-подібними виступами на кінцях (А-А, Б-Б). На них фіксуються чотири сегменти 9, що утворюють поверхню барабану. В осьовому напрямку сегменти 9 зафіксовані обичайками 6, 10. Внутрішні частини сегментів 9 мають виступи з клиновою поверхнею, якими вони контактують з чотирма клиновими квадратами 1, розміщеними в пазах трефового валу 13. Клинові квадрати мають з двох сторін клинові виступи для контакту з сегментами, тобто кожен сегмент контактує з двома квадратами, а кожен квадрат – з двома сегментами. Сегменти притиснуті до клинів квадратів за допомогою пружин 7. На кінцях квадрати мають різьбу для з'єднання з квадратним диском 4, з'єднаним, в свою чергу, з штангою 8, що проходить всередині приводного валу 13. З протилежного боку штанга 8 має чеку 16, яка проходить крізь вікна, виконані у валу 13, ширина яких більша за ширину чеки. Чека 16 з'єднана з рухомим фланцем 17,

який з одного боку опирається на батарею пружин 3, з іншого – контактує з плунжером гідроциліндру 2. Плунжер має в середині отвір, через який вільно, щоб не заважати обертанню, проходить вал 13. Батарея пружин 3 обертається разом з валом 13. Пружини штовхають чеку 16 з штангою 8, диском 4 та квадратами 1 ліворуч. Цей осьовий рух у клинових парах квадратів з сегментами перетворюється на радіальне переміщення сегментів від осі валу. Під дією пружин діаметр збільшується. Гідроциліндр 2 переміщає чеку 16 з позиціями 8, 4, 1 праворуч, клинові квадрати прагнуть вийти з контакту з сегментами, під дією пружин 7 сегменти 9 зближуються, діаметр барабану зменшується. Після скидання тиску в циліндрі 2 пружини 3 повертають барабан у розведене положення, тобто барабан зводиться тільки на час зняття рулону.



- 1 – клиновий квадрат; 2 – гідроциліндр; 3 – пружини;
 4 – диск квадратний; 5 – шпонка; 6, 10 – обичайки;
 7 – пружина; 8 – штанга; 9 – сегмент; 11, 15 – ущільнення;
 12 – втулка; 13 – вал; 14 – кільце; 16 – чека;
 17 – фланець; 18 – шпилька; 19 – муфта;
 20 – шпонка; 21, 22 – підшипники

Рисунок 13.2 – Барабан моталки ШСГП 2000

Обертальний момент передається від приводу на барабан через муфту 19 та шпонку 20.

Наведена конструкція досить складна як з боку виготовлення, так і кількості елементів. Тому більшість моталок має більш прості конструкційні виконання вузлів барабану (рис. 13.3).

Слід вказати, що барабани разом з рулоном мають велику вагу, що при консольній конструкції приводить до їх прогину і появи телескопічності рулону. Для розвантаження конструкції барабан опирають на третю опору, яку відводять при зніманні рулону (рис. 13.4, див. с. 285). Підшипники в правій частині барабанів на рис. 13.3 є елементами цієї опори.

Конструкції вузлів формувальних роликів також різноманітні як за кількістю, так і за виконанням. Кількість роликів

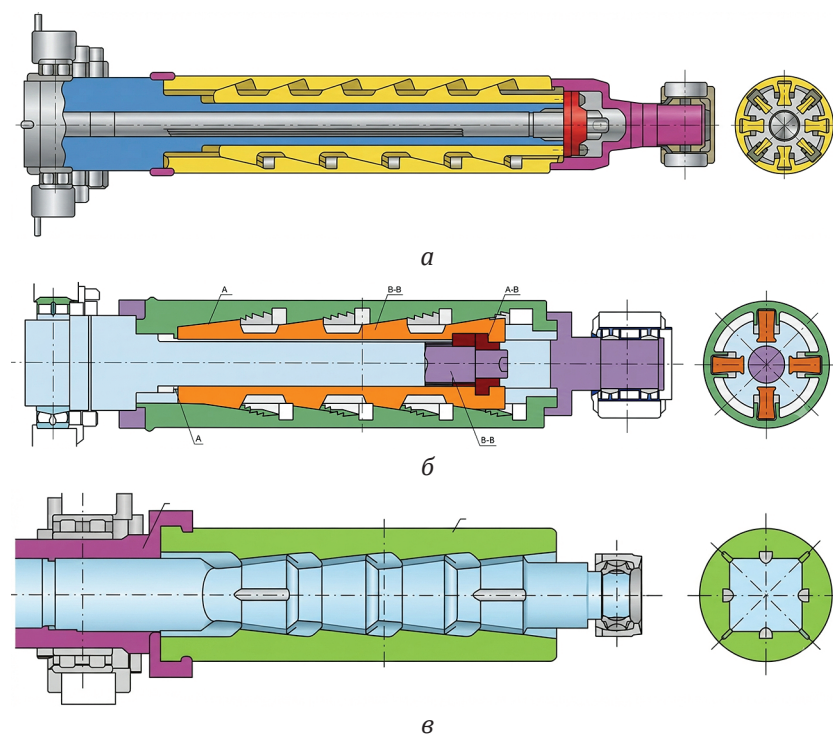


Рисунок 13.3 – Варіанти виконання барабанів моталок з проміжними клинами (а, б) та з пірамідальним валом (в) [14]

може змінюватись від двох для моталок тонкої штаби до восьми на моталках товстої штаби (рис. 13.5).

Вимоги уніфікації привели до використання однакових моталок для змотування тонких і товстих штаб, тому зараз найбільш поширені трьох- та чотирьохроликові моталки (рис. 13.6, див. с. 286).

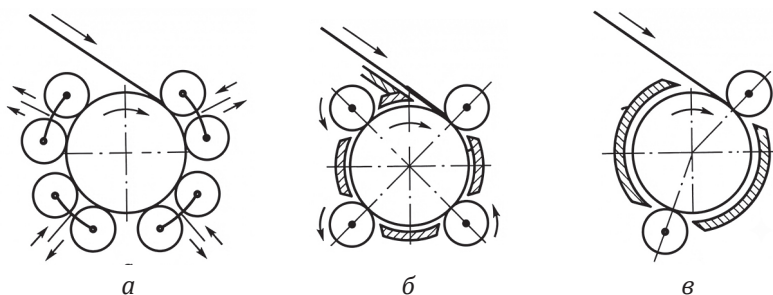
Практика показує, що при змотуванні штаби рулон має ексцентричність, що викликає динамічні навантаження на формувальні ролики. Через систему важелів 5 (рис. 13.1) вони сприймаються пневмоциліндрами 4, які не мають функцій демпферів. Тому в останній час для переміщення касет формувальних роликів використовують гідравлічні циліндри 2 (рис. 13.6), що забезпечують більш плавну роботу моталок.



a

б

Рисунок 13.4 – Моталка з відкидною опорою: опора зведена (*a*); опора відкинута (*б*) [14]



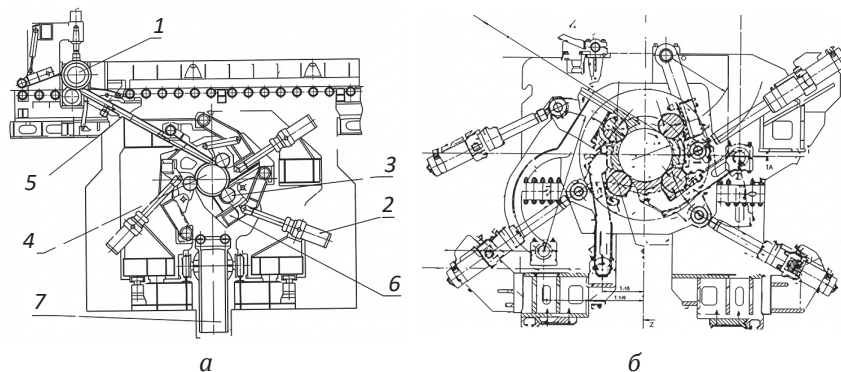
a

б

в

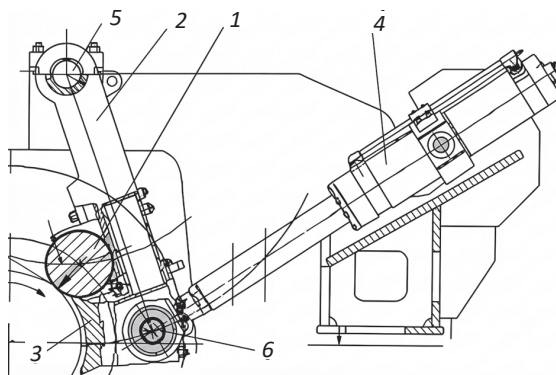
Рисунок 13.5 – Схеми розміщення формувальних роликів і проводок: 8-роликова (*a*); 4-роликова (*б*); 2-роликова (*в*)

На рис. 13.7 зображено вузол формувального ролика, який приводиться гідроциліндром. Вузол складається з важеля 2, на якому встановлено ролик 1 та проводку 3. Важіль шарніром 5 приєднується до корпусного вузла. Гідроциліндр 4 також



1 – напрямні ролики; 2 – гідроциліндри формувальних роликів; 3 – формувальні ролики; 4 – барабан моталки;
5 – проводки; 6 – касети формувальних роликів;
7 – пристрій для знімання рулону

Рисунок 13.6 – Схема трироlikової (а) та чотирироlikової (б) моталок конструкції НКМЗ



1 – формувальний ролик; 2 – важіль; 3 – формувальна проводка; 4 – гідроциліндр; 5, 6 – шарніри

Рисунок 13.7 – Вузол першого формувального ролика моталки конструкції НКМЗ



шарнірно встановлений в корпусі, а його шток шарніром 6 кріпиться до важеля 2.

Кожен формувальний ролик має власний привід обертання, з яким з'єднується за допомогою шпинделів, які забезпечують передачу роликам крутного моменту в умовах зміни кута нахилу внаслідок їхнього переміщення.

13.2.3 Карусельні моталки

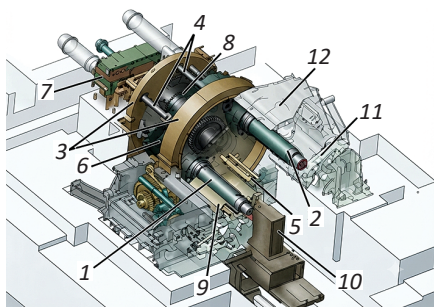
Для забезпечення безперервної роботи широкоштабового стану необхідно мати як мінімум дві моталки. Поки на одній відбувається намотування, з другої знімають рулон і готують до приймання нового. Наявність двох і більше моталок тягне за собою збільшення маси обладнання, довжини стану та потребу в розвинutih фундаментах, що в підсумку збільшує його вартість. Тому для намотування тонких штаб розроблено карусельні моталки, які суміщають дві моталки в одній машині.

Уявлення про таку моталку дає її загальний вигляд (рис. 13.8, *а, б* (див. с. 288)) (на рис. 13.8, *б* – без обладнання задання штаби в барабан), а також схема моталки в початковому перед намотуванням рулону положенні I (рис. 13.9, див. с. 288).

Карусельна моталка (рис. 13.8, *а*, 13.9) складається з двох барабанів 1, 2, що приводяться в обертання незалежно один від одного для послідовного безперервного намотування штаби і розміщені в обертовому роторі 3 (каруселі). Барабани за рахунок обертання ротора періодично переміщуються відповідно з початкового положення в положення знімання рулону з барабану.

Ротор 3 зазвичай виконаний у вигляді двох паралельних дисків, з'єднаних між собою траверсами 4. Інколи його виконують у вигляді єдиної циліндричної порожнистої конструкції. Ротор встановлений на роликах 5 та має на поверхні зубчастий вінець, який служить для його обертання шестернею, що приводиться від окремого механізму. З одного боку ротору (зона змотування) розміщено барабани моталок з приводами 6 для зміни діаметру барабанів. З іншого боку (бік приводу) розміщено навісний

привід барабанів, який обертається разом з ротором, або елементи стаціонарного приводу 7. В середині ротору розміщено трансмісію 8 приводу барабанів. З боку намотування на вході



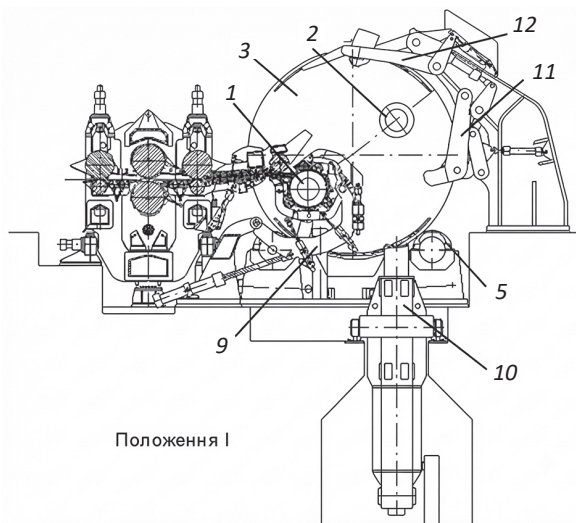
a



б

- 1, 2 – барабани; 3 – ротор; 4 – траверси; 5 – ролики;
 6 – гідроциліндр барабану; 7 – привід барабанів;
 8 – передачі; 9 – захльостувач; 10 – зйомник рулону;
 11 – відкидна опора; 12 – притискний ролик

Рисунок 13.8 – Загальний вигляд карусельної моталки цілком (*a*), ротора з барабанами (*б*) [14]



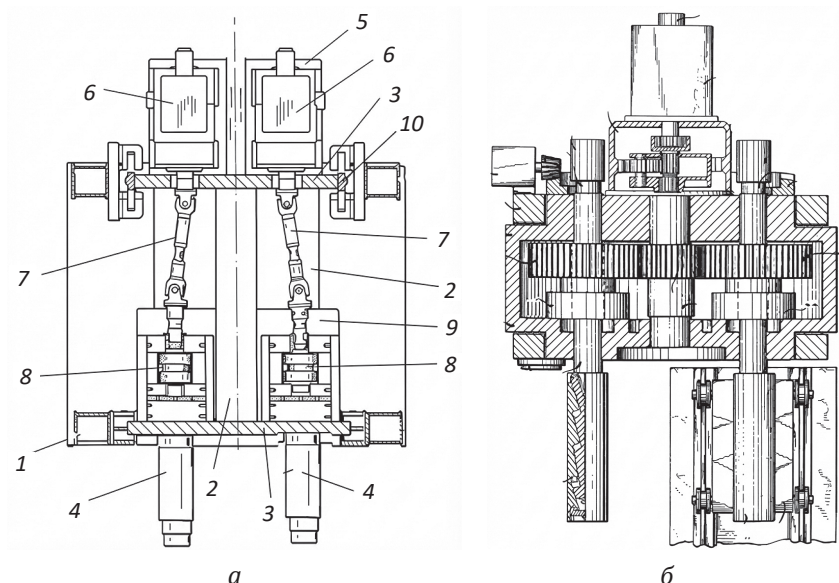
Положення I

Рисунок 13.9 – Схема карусельної моталки у вихідному перед намотуванням положенні (позиції сумісні з рис. 13.8) [14]

в моталку встановлено касети 9 захльостувача штаби з формувальними роликами та проводками. В зоні розвантаження встановлено пристрій для знімання рулону 10, відкидну опору 11 та консоль 12 з притискним роликом. Всі вказані механізми приводяться гідроциліндрами.

На рис. 13.10 наведені різні схеми приводів барабанів карусельних моталок. Барабани мають навісний привід, що обертається разом з ротором (рис. 13.10), або стаціонарний, встановлений на фундаменті. В обох випадках він може виконуватись як індивідуальним з окремим двигуном для кожного барабану, так і груповим з загальним двигуном. Самі барабани за конструкцією аналогічні іншим моталкам і мають окрім приводу також механізм зміни діаметру барабану.

Розглянемо схему на рис. 13.10, а. В станині 1 на роликах встановлений ротор, що складається з двох дисків 3, з'єднаних



- 1 – станина; 2 – траверси; 3 – диски, вони ж ротор;
4 – барабани; 5 – кронштейн; 6 – двигун; 7 – шпindelь;
8 – редуктор; 9 – кронштейн; 10 – зубчастий вінець

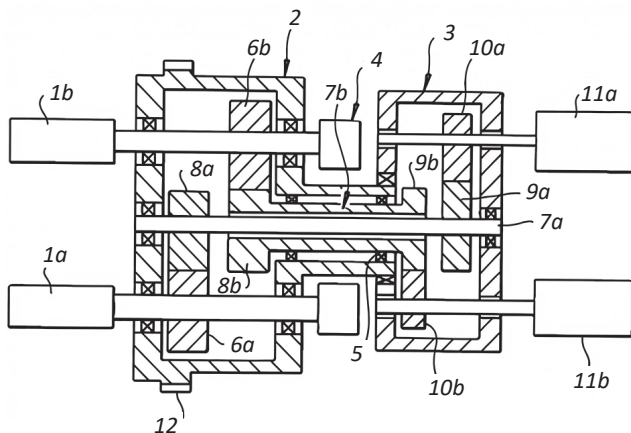
Рисунок 13.10 – Схеми навісних приводів карусельної моталки: індивідуального (а) [44] та групового (б) [45]

траверсами 2. В одному із дисків 3 розміщено барабани 4, до іншого прикріплений кронштейн 5 з двигунами 6.

Момент передається на кожен з барабанів через шпинделі 7 та редуктори 8, встановлені на кронштейнах 9 всередині ротора. Ротор разом з барабанами та двигунами повертається від окремого приводу за допомогою зубчастого вінця 10, розміщеного на одному з дисків 3.

Груповий привід обох барабанів від одного двигуна використано в конструкції на рис. 13.10, б. Двигун з планетарним редуктором закріплений зовні на роторі, всередині якого центральна шестерня передає крутний момент на барабани. Для зупинки одного з барабанів його привідне колесо виводиться зі зчеплення з шестернею. Ротор обертається від окремого приводу з конічною передачею.

Схема стаціонарного індивідуального приводу наведена на рис. 13.11. Барабани 1 приводяться від двох двигунів 11 через стаціонарний редуктор 3 з передачами 10-9, трансмісійні вали 7а та 7б і зубчасті передачі 8-6. Елементи в лініях приводів барабанів 1а та 1б – позначені відповідними



1 – барабани; 2 – ротор; 3 – редуктор; 4 – гідроциліндр зміни діаметра; 5 – підшипники; 6 – зубчасті колеса; 7а – вал; 7б – порожнистий вал; 8 – шестірні; 9 – зубчасті колеса; 10 – шестірні; 11 – двигуни; 12 – зубчастий вінець

Рисунок 13.11 – Схема стаціонарного індивідуального приводу барабанів карусельної моталки [46]

індексами (а та б). Для компактного розміщення передач вал 7а проходить в середині порожнистого валу 7b, що забезпечує співвісність елементів 7–9. Ротор 2 обертається за допомогою зубчастого вінця 12. При цьому барабани 1 з колесами 6 обертаються навколо осі елементів 7–9. Змінення їхньої швидкості, яке відбувається при обкатуванні в парах 6–8, компенсується системами автоматики приводів.

Цикл роботи карусельної моталки наведений на рис. 13.12.

Перед змотуванням (положення I, див. рис. 13.9) лівий барабан 1 встановлений у нижньому положенні, барабан 2 – у діаметрально протилежному. Касети 9 підведені до барабану 1 і охоплюють його.

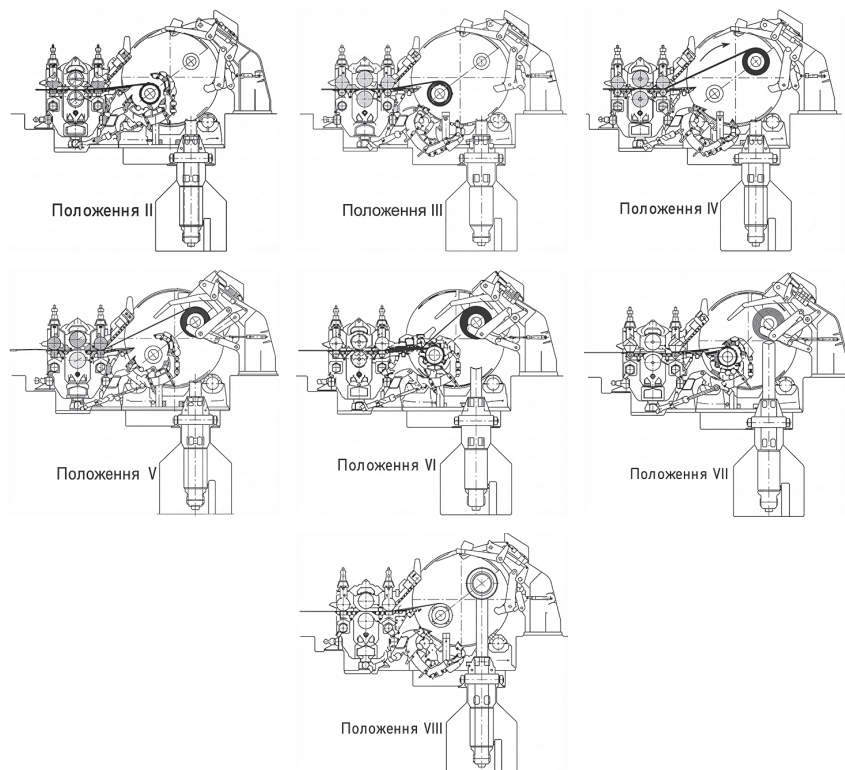


Рисунок 13.12 – Цикл роботи карусельної моталки (положення I див. рис. 13.9) [14]



Штаба подавальними роликами спрямовується через роликову проводку до барабану 1, на який задається касетами 9. Після намотування декількох витків штаба захльостується на барабані і касети 9 відводяться (рис. 13.12, положення II). Надалі відбувається намотування штаби на барабан (рис. 13.12, положення III).

Після намотування приблизно третини рулону ротор без припинення намотування штаби повертається на 180° і барабан з рулоном займає верхнє праве положення (рис. 13.12, положення IV). Оскільки маса рулону зростає, до барабану підводиться відкидна опора, а зверху опускається притискний ролик (рис. 13.12, положення V). У цей час до вільного барабану підводяться касети захльостувача 9 (рис. 13.12, положення VI). Після закінчення намотування барабан з рулоном зупиняється, до нього підіймається стіл зйомника рулону, а наступна штаба подається на вільний барабан, де починається її змотування (рис. 13.12, положення VII). Від барабана з рулоном відводяться відкидна опора та притискний ролик, і рулон осьовим рухом від барабану візка зйомника знімається з барабану (рис. 13.12, положення VIII). Надалі цикл змотування повторюється, починаючи з положення III для другого барабана.

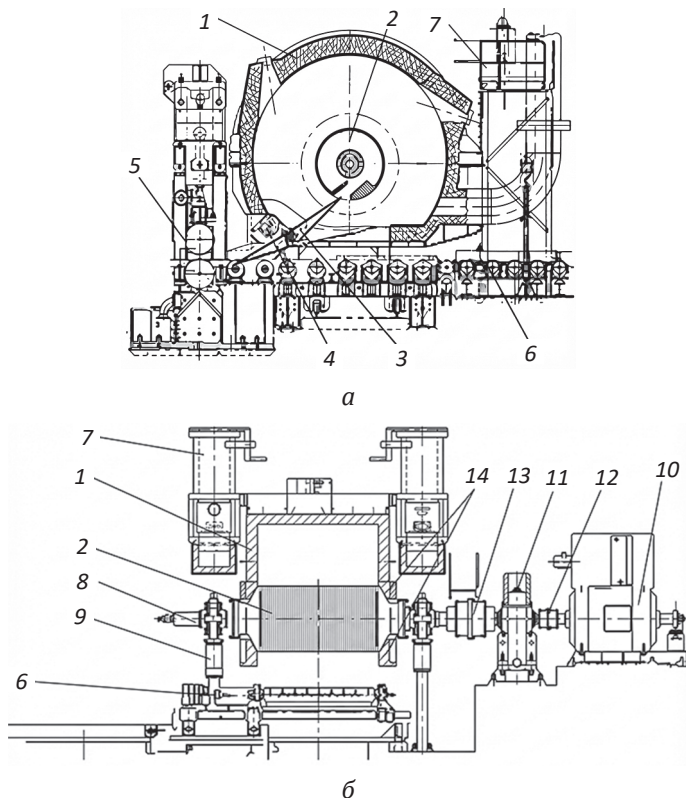
13.2.4 Моталки в печах станів Стекеля

На станах Стекеля пічні моталки призначені для ведення процесу прокатки у чистовій робочій кліті (або у чистових проходах на одноклітьових станах). Вони, по-перше, забезпечують температуру прокатки штаби, яка в останніх проходах має велику поверхню охолодження. За допомогою пічних моталок температура прокатки в чистовій кліті підтримується у діапазоні $980...1090^\circ\text{C}$. По-друге, моталки дозволяють компактно розміщати змотаний у рулон прокат біля робочої кліті. До якості змотування рулону в цих моталках жорстких вимог не висувається. Схема пічної моталки приведена на рис. 13.13 (див. с. 293).

Барабан моталки 2 знаходиться в печі 1, яка встановлена над рольгангом 6, що дозволяє прокатувати штабу або лист без задавання в піч. У самій печі знаходиться тільки бочка барабана 2.

Усі інші деталі і вузли моталки та приводу знаходяться поза піччю. Герметизується барабан в печі ущільненнями 14 по торцях бочки і шийках. Таке рішення значно полегшує обслуговування печі. Барабан встановлений на підшипниках у подушках 8. Привід барабану складається із двигуна 10, редуктора 11 та муфт 12, 13.

Нижня частина печі закривається клапан-дверцятами 3, коли моталка не задіяна. Під час роботи моталки дверцята



- 1 – піч; 2 – барабан; 3 – дверцята-клапан; 4 – притискний ролик; 5 – подавальні ролики; 6 – рольганг; 7 – димохід;
8 – подушка барабана; 9 – опори; 10 – двигун;
11 – редуктор; 12, 13 – муфти; 14 – пічні ущільнення

Рисунок 13.13 – Поздовжній розріз (а) і лінія приводу (б) пічної моталки [15]



відкриті і виконують функцію напрямних, по яких штаба, що подається роликами 5, спрямовується у щілину барабана. Притискний ролик 4 утримує кінець штаби у печі і забезпечує вихід з печі при реверсі. Його використання дозволяє уникнути недокатів штаби.

|| 13.3 Моталки станів холодної прокатки

13.3.1 Вимоги до моталок станів холодної прокатки

Моталки станів холодної прокатки виконують дві основні функції: по-перше, як і всі моталки, формування смуг і стрічок у рулони; по-друге, створення технологічних натяжінь. На безперервних станах холодної прокатки моталка встановлена у вихідній частині стану за останньою робочою кліттю. У реверсивних прокатних станах моталки розташовані по обидва боки робочої кліті. Намотування смуг і стрічок здійснюють на барабан намотувального пристрою, яким саме і утворюється натяжіння у смузі. Тому моталки станів холодної прокатки називають моталками з намотувально-натяжним барабаном.

Крім умов міцності і надійності при забезпеченні необхідного технологічного натяжіння до барабанів намотувальних пристроїв висувається ряд інших вимог, пов'язаних з якістю намотування рулону, стабільністю умов процесу прокатки, величиною коефіцієнта виходу металу, продуктивністю стану в цілому.

Так, розміри рулонів, особливо внутрішній діаметр, повинні відповідати параметрам і технологічним можливостям інших агрегатів у технологічному потоці цеху холодної прокатки;

- у міру намотування смуги на барабан моталки кутова швидкість його обертання повинна зменшуватися пропорційно зростанню відношення радіуса рулону до радіуса барабана для забезпечення постійної величини лінійної швидкості змотування;

- необхідним є забезпечення достатньо високої міцності барабана в його поперечних перерізах, у противному випадку



недостатня міцність або радіальне «просідання» барабана під дією стискаючих напружень з боку рулону, що намотується, може привести до значного радіального биття, що призводить до коливань величини натягіння смуги, яка прокатується, і як наслідок, коливань сили прокатки, а також до втрати форми внутрішньої поверхні рулону, що утруднить його знімання з барабана;

- при намотуванні стрічок і смуг товщиною менше 0,5–0,7 мм барабан не повинний мати на робочій поверхні щілин, що є джерелами «пташок» – дефектів, викликаних втратою стійкості внутрішніх витків сформованого рулону;

- розміщений у щілині барабана передній кінець прокату повинен бути надійно зафіксований при додаванні до нього технологічного натягіння без попереднього підмотування декількох витків, що особливо актуально при прокатці смуг малої довжини з гостродефіцитних і дорогих металів.

13.3.2 Конструкції барабанів моталок

Барабан є основним вузлом намотувального пристрою, роботу якого забезпечують основні механізми – механізм обертання барабана, механізм зміни діаметра барабана і механізм затиску смуги. Перші два виконують ті ж функції, що й у моталках гарячої штаби. Механізм фіксації (затиску) смуги забезпечує утримання кінця смуги в барабані моталки при намотуванні рулону під дією натягіння.

Привод моталок може бути редукторним і безредукторним в залежності від співвідношення швидкостей обертання двигуна і барабану. Більшість моталок станів холодної прокатки має подібну конструкцію, відрізняючись лише конструкцією барабану. Тому класифікують намотувальні пристрої насамперед за конструкцією барабану.

У деяких агрегатах використовують моталки зі змінними нерозтискними барабанами. Але внаслідок низки недоліків вони не одержали поширення. Тому основним типом моталок у цехах холодної прокатки є моталки з барабанами змінного діаметру.

За принципом дії барабани можна розділити на три основні підгрупи:

- барабани з двома поворотними сегментами, що складаються при реверсі приводного вала чи за допомогою клинового механізму;
- барабани з сегментами, що прямолінійно переміщаються, і клиновим механізмом зміни діаметра;
- барабани з сегментами, що прямолінійно переміщаються і безклиновим механізмом зміни діаметра.

Конструкції першого типу є застарілими, але ще застосовується на станах для прокатки широких смуг. У них барабан виконаний з двома поворотними сегментами, закріпленими на корпусі барабана з можливістю хитного руху на невеликий кут для зміни діаметра. Вони відрізняються за типом механізму зміни діаметра, який може бути кулачковим, важільним або клиновим (рис. 13.14).

Такі моталки мають ряд недоліків (низька радіальна жорсткість внаслідок порожнин в барабані, можливість складання при знеструмленні або заклинювання та ін.), що роблять проблематичним створення значних натяжінь. При модернізації станів їх замінюють на інші типи моталок. Зараз такі моталки використовуються переважно в лінях агрегатів, які не потребують значних натяжінь.

Найбільш сучасними і поширеними є моталки з прямолінійним рухом сегментів і з клиновим механізмом зміни діаметра

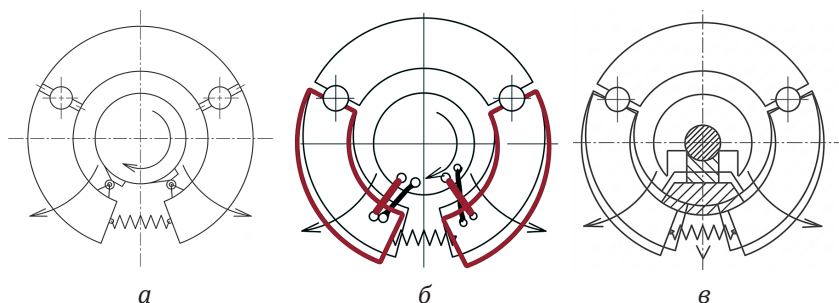


Рисунок 13.14 – Принципові схеми трисегментних моталок з кулачковим (а), важільним (б) та клиновим (в) механізмами розведення в сегменті



барабана. Їхньою основною перевагою є більш висока жорсткість у радіальному напрямку.

Барабани зазначеного типу за конструктивним виконанням можна розділити на барабани з порожнистим нерухомим пірамідальним валом і з осьовим та радіальним переміщенням сегментів; барабани з порожнистим нерухомим пірамідальним валом, сегментами, що радіально переміщаються, і системою рухомих проміжних клинів; барабани з рухомим в осьовому напрямку пірамідальним валом і з сегментами, що радіально переміщуються (рис. 13.15).

Незважаючи на те, що моталка першого типу (рис. 13.15, а) забезпечує практично весь необхідний діапазон технологічних натяжінь, принцип роботи барабану, побудований на переміщенні сегментів у напрямку поперек напрямку прокатки істотно утруднює центрування стрічки по осі прокатки.

Крім того, при випадковому частковому складанні барабана, наприклад, при тимчасовому падінні тиску в гідросистемі, може виникнути телескопічність рулону і навіть зсув стрічки з осі прокатки. Це може призвести до аварійної ситуації, обриву стрічки й ушкодження її кромки. Тому при проектуванні нових станів барабани з осьовим переміщенням сегментів практично не застосовують.

Барабани другого типу з сегментами, що переміщуються в радіальному напрямку, нерухомим пірамідальним валом і системою рухомих проміжних клинів, подібні до у вітчизняних

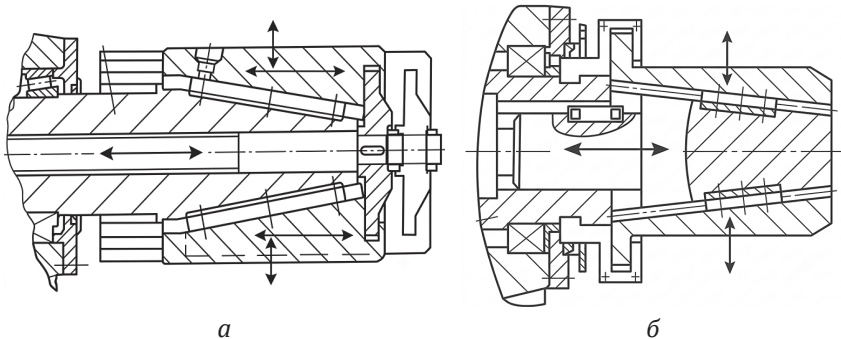


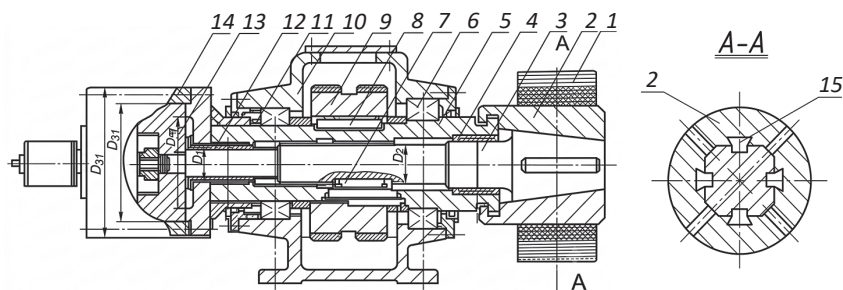
Рисунок 13.15 – Схеми 4-сегментних моталок з осьовим та радіальним переміщенням сегментів (а) та з рухомим в осьовому напрямку пірамідальним валом і з сегментами, що радіально переміщуються (б)

конструкціях намотувальних пристроїв стрічкових станів холодної прокатки застосовуються обмежено через відносну складність конструкції.

Конструкційно вони подібні до барабанів гарячої штаби, розглянутих раніше (рис. 13.2, 13.3). Звичайно їх застосовують для моталок станів з довжиною бочки більш 1000 мм та для так званих безщільових барабанів.

Найбільш поширеними є моталки з барабанами третього типу (рис. 13.15, б). Принцип дії такого барабану розглянемо на прикладі конструкції моталки тонкої стрічки з приводом редукторного типу та рухомим в осьовому напрямку пірамідальним валом із радіальним переміщенням сегментів.

Вузол барабану є вихідним валом редуктора 10 приводу моталки (рис. 13.16). Він складається з порожнистого валу 5, встановленого в корпусі 10 на підшипниках 6, 11. В середині валу 5 на опорах ковзання 4, 12 встановлений пірамідальний вал 3 – основа барабану. До нього за допомогою шпонок типу «ластівчин хвіст» 15 приєднані чотири сегменти 2, що складають власне барабан. Вони також з'єднані з фланцями на валу 5, що фіксують їх від осьового руху. Вал 3 з'єднаний з поршнем 13 гідроциліндру, корпус якого 14 закріплений на валу 5.



- 1 – рулон; 2 – сегмент; 3 – пірамідальний вал; 4, 12 – опори ковзання; 5 – порожнистий вал; 6, 11 – підшипники;
7, 8 – шпонки; 9 – зубчасте колесо; 10 – корпус редуктора;
13 – шток з поршнем; 14 – корпус гідроциліндра;
15 – шпонка типу «ластівчин хвіст»

Рисунок 13.16 – Схема моталки з пірамідальним валом (на перерізі А-А рулон 1 не зображено) конструкції СКМЗ



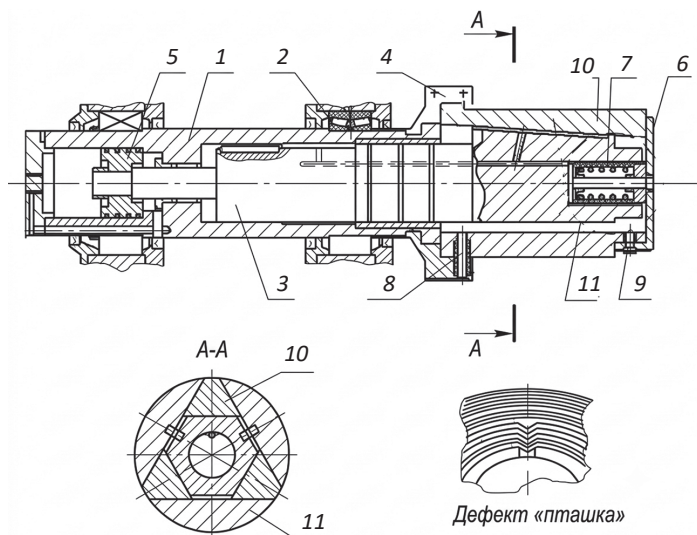
Для збільшення діаметра гідроциліндр 13, 14 рухає пірамідальний вал 3 ліворуч, сегменти 2, зафіксовані від осьового руху, одержують радіальне переміщення від осі валу і розводяться, діаметр збільшується. При зворотному русі пірамідального валу 3 сегменти 2 зводяться, оскільки шпонки «ластівчин хвіст» 15 забезпечують їх постійний контакт з пірамідальним валом.

Барабани з клиновим механізмом розглянутого типу є в даний час базовим рішенням при проектуванні стрічкових станів холодної прокатки, оскільки позбавлені ряду недоліків, зазначених для розглянутих раніше конструкцій. Вони набувають усе більше поширення і для моталок станів з довжиною бочки валків більш 1000 мм для прокатки смуг. Подальше удосконалення барабанів зазначеного типу спрямоване на підвищення надійності і довговічності їхньої роботи, на розробку більш досконалих механізмів затиску смуги, а також на рішення проблеми по намотуванню тонких смуг товщиною менш 0,5 мм.

Намотування особливо тонких смуг та стрічок характерне тим, що крім забезпечення щільності і відсутності телескопічності істотною стає відсутність втрати стійкості внутрішніх витків рулону. Явище це виникає при зменшенні діаметра барабана, на який намотаний рулон з досить високим питомим натягінням. Під дією натягіння у смузі виникає пружне розтягіння, яке після зняття натягіння переходить у пружний стиск. Пружна деформація стиску приводить до втрати стійкості внутрішніх витків, що «провалюються» у зазори між сегментами, й утворюють дефект, названий за характерну форму «пташка» (рис. 13.17, див. с. 300). Товщина шару, що втрачає стійкість, може сягати до половини товщини рулону, при цьому кількість тонкої смуги чи стрічки, що йде в брак, складає сотні метрів.

Для усунення цього дефекту застосовують намотування на гільзи, які надівають на звичайний барабан і які потім залишаються в середині рулону, а також на так звані безщільові барабани [47]. До радіальної міцності і жорсткості таких барабанів висуваються більш високі вимоги у зв'язку з тим, що намотування більш тонких стрічок при тих же натягіннях викликають великі напруження тиску з боку рулону на барабан і, відповідно, великі напруження в елементах самого барабана. Стосовно

до розглянутої схеми з рухомим пірамідальним валом одна з конструкцій приведена на рис. 13.17.



1 – порожнистий вал; 2 – підшипник; 3 – пірамідальний вал; 4 – обойма; 5 – гідроциліндр; 6 – кришка; 7 – вузол змащування; 8, 9 – пружини; 10 – проміжний клин; 11 – сегмент

Рисунок 13.17 – Безщільовий барабан з рухомим пірамідальним валом

Барабан має порожнистий вал 1 з обоймами 4 та розміщений в ньому рухомий пірамідальний вал 3, три сегменти 11. Між пірамідальним валом і сегментами розміщено проміжні клини 10, виконані у вигляді усічених пірамід, які утворюють разом з сегментами суцільну робочу поверхню барабана у розсунутому стані. Ці клини взаємодіють з пірамідальним валом за допомогою розміщених в передній кришці 6 та у фланці порожнистого валу пружин 8, 9. При переміщенні поршня 5 з пірамідальним валом 3 в крайнє переднє положення останній діє на проміжні клини 10, а через них – на сегменти 11. Сегменти переміщуються до тих пір, поки вони не упруться у виточку фланця 4 і уступи кришки 6. При цьому клини 10 завдяки формі свого перерізу



заповнюють зазор між сегментами, що ними розсуваються, утворюючи суцільну поверхню барабану.

13.3.3 Механізми фіксації смуги в барабані

Для утворення технологічних натяжінь необхідно, щоб кінець смуги або стрічки, яка прокатується, був надійно закріплений на барабані моталки. В протилежному випадку під дією натягнення рулон може повернутись на барабані. Це призведе до порушення процесу як за силовими (знизиться рівень натягнення), так і за кінематичними (неузгодженість швидкостей моталки та робочої кліті) параметрами з подальшим зупиненням процесу.

Для фіксації кінця смуги або стрічки на барабані використовуються два основні способи: використання спеціальних машин – захльостувачів та оснащення барабанів спеціальними механізмами фіксації – затискачами кінця смуги. Захльостувачі (будуть розглянуті далі) дозволяють фіксувати прокат на барабані без зупинки стану (на заправній швидкості), тому досить широко використовуються на безперервних станах холодної прокатки смуг. У той же час необхідність намотувати на барабан для надійної фіксації 3–5 витків, які потім не прокатуються, робить недоцільним їх використання на реверсивних станах.

Широко використовується і другий спосіб – за допомогою спеціального механізму фіксації в барабані моталки. Для цього в одному з сегментів виконують щілину (зів), в якій розміщено губки затискача кінця смуги. Кінець прокату задається в щілину і фіксується губками затискача. Надійність фіксації визначає можливість створювати потрібне натягнення з самого початку прокатки без попереднього намотування кількох витків, що підвищує видатковий коефіцієнт прокату, особливо на реверсивних станах. Але ряд механізмів не забезпечує надійної фіксації при дії високих натяжінь і вимагає попереднього намотування витків, хоча і менш за кількістю, ніж при використанні захльостувачів.

Конструкції механізмів фіксації переднього кінця смуги на барабані моталки можна розділити по способах самої фіксації: на фрикційні, що працюють за рахунок сил тертя; на такі,

що працюють за рахунок перегину смуги; на такі, що самозатягуються; на такі, що утримують смугу за рахунок прошивання в ній отворів; на комбіновані.

Найбільш поширеними є механізми перших двох типів. Для інших характерна надійна робота для дуже вузького діапазону товщин прокату, тому вони використовуються обмежено.

На рис. 13.18 наведені конструкції механізмів перших двох типів. У конструкції, зображений на рис. 13.18, а, в одному з сегментів 1 розміщено вставку 2 з рухомою 3 та нерухою 4 губками. Рухома губка 2 з'єднана з пальцем ексцентрика 5, інший палець якого розміщений у пазу 6 шпонки «ластівчин хвіст». Паз 6 виконаний під кутом до осі барабану. При збільшенні діаметру шпонка рухається вздовж сегменту 1 і за рахунок нахилу паза 6 нижній палець зміщається в ньому і повертає ексцентрик 5 в отворі сегменту 1. Верхній палець рухає губку 3 до губки 4 і затискає вставлену між ними смугу. При зменшенні діаметру відбувається зворотний рух механізму, губки розходяться і смуга звільняється.

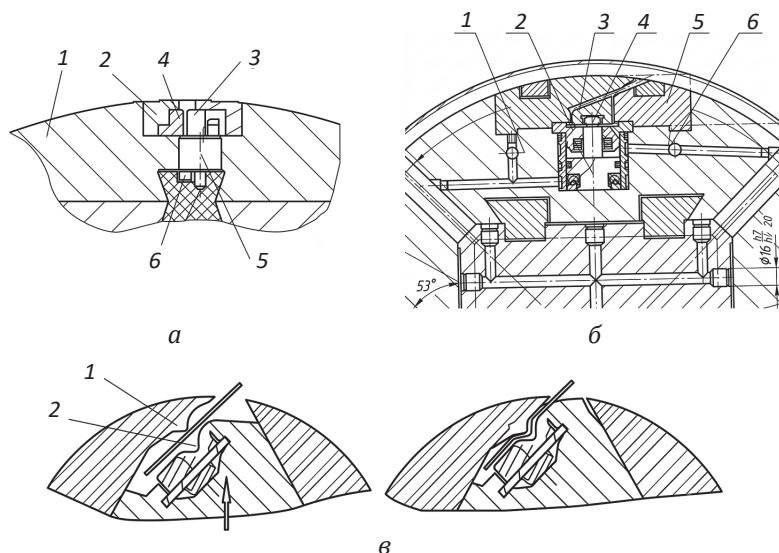


Рисунок 13.18 – Конструкції механізмів фіксації переднього кінця смуги: фрикційні з ексцентриком (а), з гідравлічним затискачем (б), з перегиним смуги (в) (позиції у тексті)

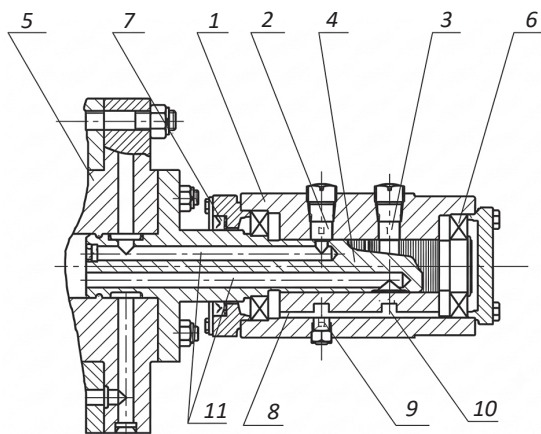


У конструкції, зображений на рис. 13.18, б, в одному з сегментів 1 розміщено вставку 5 з нерухомою губкою 2. рухома губка 3 закріплена на штоку гідроциліндру 4, корпус якого зафіксований в розточці сегменту 1. Через отвори 6 мастило подається в циліндр одночасно зі зміною діаметру барабану, шток 4 притискає до губки 2 губку 3 та вставлену в отвір смугу, фіксуючи її при збільшенні діаметру, та відводить губку 3, звільняючи смугу при зменшенні діаметру.

Конструкція, зображена на рис. 13.18, в, використовується в безщільовому барабані (рис. 13.17) Контактна поверхня одного з сегментів та проміжних клинів має профільовану ділянку із щілиною, в яку заправляється смуга. При розведенні барабану клин з западиною 2, рухаючись радіально, наближається до сегмента з виступом 1 і перегинає смугу, фіксуючи її в щілині. Після прокатки при зменшенні діаметру профільована ділянка 2 клина відходить від сегмента на величину, достатню для вільного виходу зігнутої частини смуги з щілини між ними.

13.3.4 Вертлюг

Більшість барабанів з прямолінійним переміщенням сегментів і клиновими механізмами зміни діаметра, що працюють з високими питомими натяжіннями, вимагають для переміщення пірамідальних валів, сегментів або проміжних клинів сил, що в деяких випадках перевищують 1000 кН. З цієї причини для приводу механізмів зміни діаметра таких барабанів використовуються тільки гідравлічні циліндри двосторонньої дії. Найбільш розповсюдженою є наведена на рис. 13.16, 13.17 конструкція із корпусом гідроциліндра, який жорстко з'єднаний з валом барабана і обертається разом з ним під час намотування. Для підведення робочої рідини від трубопроводів гідравлічної системи до циліндра, який обертається, використовують спеціальний пристрій – вертлюг (рис. 13.19).



1 – корпус; 2, 3 – отвори; 4 – золотник; 5 – обертовий гідроциліндр моталки; 6 – підшипник; 7 – ущільнення; 8 – дренажна порожнина; 9 – зливний отвір; 10 – кільцеві проточки; 11 – канали золотника

Рисунок 13.19 – Вертлюг моталки редукторного типу

Вертлюг складається з нерухомого корпусу 1, в якому виконано два отвори 2, 3, до яких підведені трубопроводи для подавання рідини у відповідну порожнину гідроциліндра 5. З гідравлічним циліндром 5 жорстко з'єднаний золотник 4, в якому на рівні отворів 2, 3 виконано кільцеві проточки 10, відокремлені одна від однієї ущільненнями на корпусі золотника. В корпусі золотника 4 виконано канали 11, отвори яких виходять у відповідні розточки 10 та по яких рідина подається у порожнини гідроциліндра 5. Золотник 4 встановлений у корпусі 1 на підшипниках кочення 6 та герметизований з боку гідроциліндра ущільненням 7. У корпусі 1 також виконано дренажні порожнину 8 та отвір 9, через які рідина, що проходить крізь ущільнення золотника, повертається в гідросистему. Рідина, що подається через отвір 2, надходить в штокову, а через отвір 3 – у поршневу порожнини гідроциліндра 5.

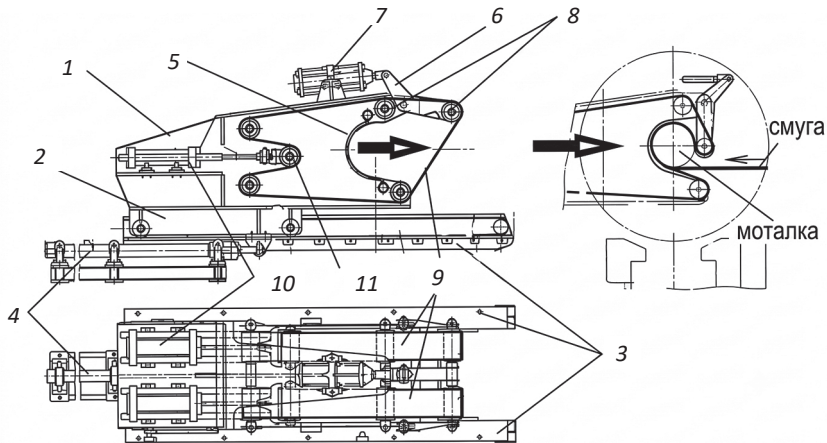
Таким чином, рідина з отворів 2, 3 надходить у розточки 10 золотника і попадає у отвори каналів 11 незалежно від їх положення відносно отворів 2, 3 корпусу при обертанні золотника разом з гідроциліндром.

13.3.5 Захльостувач

Як було зазначено вище, для намотування перших витків смуги на барабан моталки використовують спеціальну машину – пасовий захльостувач (рис. 13.20).

Пасовий захльостувач має корпус 1, у якому з боку моталки виконана профільована западина 5 під діаметр барабану. Корпус на чотирьох ходових роликах 2 встановлений у напрямних балках 3, по яких переміщується гідроциліндром 4. На корпусі встановлені важелі 6, які приводяться гідроциліндрами 7. Пара паралельних замкнутих ременів 9 охоплює обвідні ролики 8 у корпусі та на важелях 6. Гідроциліндри 10 натягують ремені через ролики 11.

Для задавання смуги у моталку захльостувач гідроциліндром 4 пересувається до моталки і наїжджає на барабан. Барабан моталки входить у западину 5 та тисне на ремені 9, які охоплюють барабан на 3/4 кола. При обертанні барабану ремені 9 починають рухатись за рахунок тертя. Смуга заходить між ремнями



- 1 – корпус; 2 – ходові ролики; 3 – напрямні балки;
4 – гідроциліндр; 5 – западина у корпусі; 6 – важіль;
7 – гідроциліндр; 8 – обвідні ролики; 9 – ремені;
10 – гідроциліндри; 11 – ролик

Рисунок 13.20 – Пасовий горизонтальний захльостувач



та барабаном і силами тертя захоплюється і намотується на барабан. Коли намотаються кілька витків, вони захльостуються і фіксуються на барабані моталки. Захльостувач після цього від'їжджає на позицію очікування.

Існують конструкції, у яких захльостувачі розміщені над моталками і подаються на барабан вертикально. Використовують також хитні захльостувачі, які закріплені шарнірно і подаються на барабан хитним рухом.

|| 13.4 Сортіві моталки

Сортіві моталки забезпечують змотування у бунти дрібного сорту простого перерізу, для якого закручування профілю не приводить до втрати форми поперечного перерізу (круг, квадрат, шестигранник), а також катанки.

Відомі два типи таких моталок: з нерухомим та рухомим бунтом, або, відповідно, з осьовою й тангенціальною подачею металу в моталку, а також третій тип – комбінована моталка.

При змотуванні моталками першого типу (рис. 13.21, див. с. 307) метал скручується на 360° . Тому їх застосовують тільки для змотування профілів із круглим поперечним перерізом. Перевагою моталок з осьовою подачею є нерухомість бунта, внаслідок чого досягається більша швидкість змотування та вага бунта.

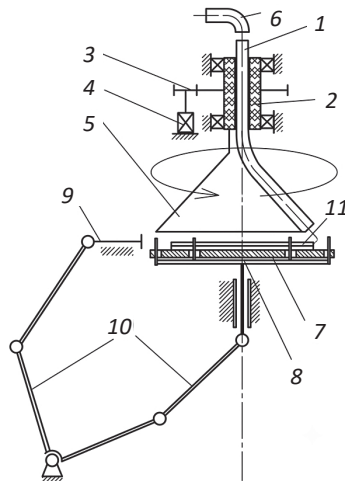
Моталка складається з трубки 1, встановленої в порожнистому валу 2 з водяним охолодженням. Вал приводиться від двигуна 4 через зубчасту передачу 3 (є варіанти з циліндричними або конічними передачами). До валу кріпиться напрямний конус 5. Бунт формується на нерухомому столі 7 між зовнішніми і внутрішніми штирями, що розміщені на диску 8 і проходять в отвори столу 7. Диск повзуном штангою з'єднаний з важільним механізмом 10, який з іншого боку з'єднаний зі штовхачем 9.

Прокат через проводку 6 надходить до трубки 1, яка обертається з валом 2, і укладається в бунт на стіл 7 між штирями. Після змотування бунту механізмом 10 диск 8 зі штирями опускається

під стіл 7, водночас той же механізм приводить штовхач 9, який зіштовхує бунт зі столу на транспортер поряд з моталкою.

Моталки другого типу з тангенціальною подачею та рухомим бунтом здійснюють змотування без скручування й тому годяться для змотування також і дрібного сорту з некруглою формою поперечного перерізу. В той же час обертова маса бунта викликає динамічні навантаження на конструкцію, тому такі моталки використовують для бунтів обмеженої маси та з невеликою швидкістю змотування. Розповсюдженою є конструкція моталки Гаррета з рухомим бунтом (рис. 13.22, див. с. 308).

Моталка складається з барабану 2, встановленого на порожнистому валу 4. Вал приводиться від двигуна через зубчасту передачу 7 (також є варіанти і з циліндричними, і з конічними передачами). В барабані 2 розміщений стіл 3, який обертається разом з барабаном. Стіл 3 встановлений на осі 5, яка проходить



- 1 – трубка; 2 – вал; 3 – зубчаста передача; 4 – двигун;
5 – напрямний конус; 6 – проводка; 7 – нерухомий стіл;
8 – диск зі штирями; 9 – штовхач; 10 – важільний механізм;
11 – бунт прокату

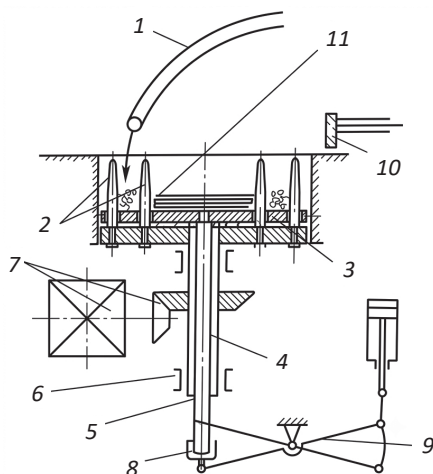
Рисунок 13.21 – Кінематична схема моталки з рухомим бунтом [1]

всередині порожнистого валу 4 і спирається на підп'ятник 8. Підп'ятник з'єднаний з механізмом 9.

Прокат по трубці-проводці 1 подається між штирями барабану 2, і формується в бунт на обертовому столі 3. Після змотування механізмом 9 стіл 3 з бунтом 11 підіймається вище рівня штирів барабану 2 і штовхачем 10 зіштовхується на транспортер поряд з моталкою. Потім стіл 3 опускається в барабан 2 і змотується наступний бунт.

Зрозуміло, що кожна з моталок має свої переваги й недоліки і використовується для окремих видів прокату. Однак на сучасних дрібносортовних станах з широким сортаментом виникає потреба в змотуванні різних видів прокату. Тому в останній час використовують комбіновані моталки, які являють собою поєднання обох розглянутих конструкцій (рис. 13.23).

Верхня частина 1 такої моталки аналогічна моталці з нерухомим бунтом, нижня 2 – моталці Гаррета. При змотуванні за першою схемою прокат подається через верхню проводку, а нижня частина моталки загальмована.



- 1 – трубка-проводка; 2 – барабан зі штирями; 3 – стіл;
4 – порожнистий вал; 5 – вісь; 6 – підшипники; 7 – привід;
8 – вилка з підп'ятником; 9 – механізм підйому;
10 – штовхач; 11 – бунт прокату

Рисунок 13.22 – Кінематична схема моталки з рухомим бунтом [1]

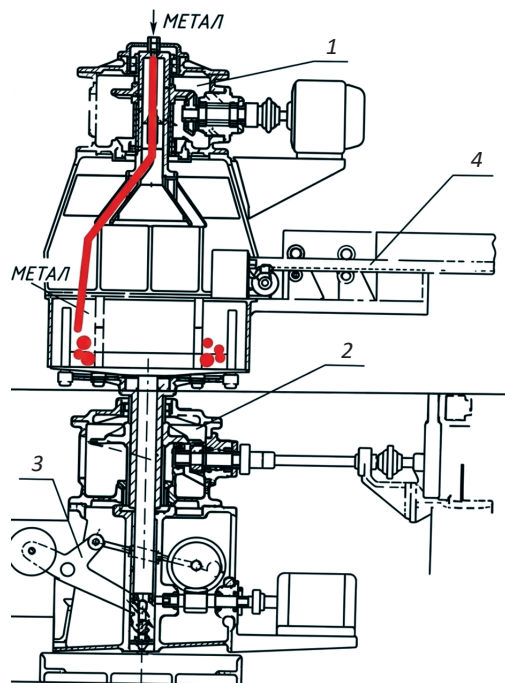


Рисунок 13.23 – Комбінована сортова моталка [1]

При змотуванні за другою схемою прокат подається через нижню проводку в барабан, який обертається, а верхня частина конструкції взагалі не бере участі в роботі. Після змотування як за першою, так і за другою схемою механізм 3 підіймає стіл з бунтом над рівнем барабану і штовхач 4 зіштовхує бунт на транспортер.



|| 13.5 Розмотувачі та відгиначі

13.5.1 Розмотувачі

Прокат, що змотується в рулони або бунти на стані або інших агрегатах прокатного цеху, поступає на наступні агрегати, де потребується його розмотування для задавання в агрегатну лінію. Функцію розмотування виконують спеціальні машини-розмотувачі.

Для розмотування рулонів значної маси та зі створенням заднього натяжіння використовують приводні двоголовчасті та барабанні розмотувачі. Двоголовчасті, в свою чергу, бувають з барабанними та конусними головками.

Схема двоголовчастих розмотувачів наведена на рис. 13.24 (див. с. 311). На рамі 8 (рис. 13.24, а) розташовані корпуси 9, що переміщуються гідроциліндрами 1. Барабани 5 приводяться в дію від електродвигуна, який при утворенні натяжіння працює в генераторному режимі, через зубчасте колесо 3 редуктора. Кожен барабан має свій привод. В середині вала проходить шток 4, який одним кінцем з'єднаний з плунжером гідроциліндра 2, а другим – з клином 6 для зміни діаметру сегментів барабанів. Рулон 7 спочатку подається до розмотувача, корпуси якого розсунуті, і підйомником виводиться на вісь головок, а потім головки зводяться при русі корпусів гідроциліндрами 1 на полозках по напрямних, і рулон центрується на головках.

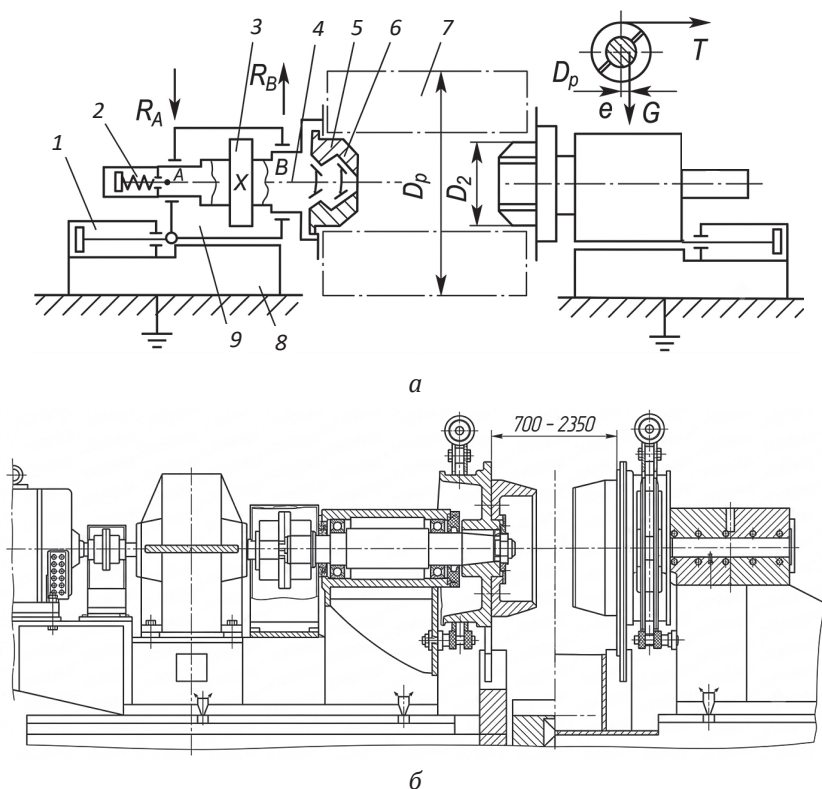
Під час роботи циліндра 2 клини 6 розсувають сегменти головки, збільшуючи діаметр, і закріплюють рулон. Коли тиск в гідроциліндрі 1 знімають, плунжер під дією пружин повертається у вихідне положення, а сегменти стискаються своїми пружинами.

Механізм розмотувача виконує такі операції: повертає рулон при відгинанні і заправці переднього кінця листа; створює відповідне натяжіння смуги при повороті розмотувача; загальмовує рулон при зниженні швидкості подачі листа; виконує аварійне гальмування привода.

Аналогічну конструкцію мають і розмотувачі з конусними головками (рис. 13.24, б). Але в них фіксація рулону відбувається силами

тертя між рулоном і конусами при зведенні останніх. У наведеній конструкції приводною є лише ліва головка, права холоста. До переваг такого розмотувача відносяться можливість роботи з рулонами з різним внутрішнім діаметром, зручність фіксації і центрування рулону. Однак малий резерв сил тертя на контакті рулону з конусами не дозволяє створювати значне натягнення.

Барабанні розмотувачі за конструкцією аналогічні барабанним моталкам. Уявлення про барабанний розмотувач дає рис. 13.25 (див. с. 312).



- 1 – механізм переміщення барабанів; 2 – гідроциліндр;
 3 – редуктор; 4 – шток; 5 – барабанна головка; 6 – клин;
 7 – рулон; 8 – рама; 9 – корпус барабана

Рисунок 13.24 – Двоголовчасті розмотувачі з барабанними (а) та конусними (б) головками [5]

Фіксація рулону на барабані відбувається шляхом створення посадки з натягом між рулоном і барабаном, оскільки діаметр барабану в розведеному стані перевищує внутрішній діаметр рулону. Це дозволяє створювати великі задні натяжіння. Недоліками є те, що в таких розмотувачах важче надівати рулон на барабан та центрувати його по осі стану або агрегату. При телескопічності рулону по мірі розмотування витки рулону зміщуються з осі агрегату і потребують корегування свого положення. Для цього використовують так звані плаваючі розмотувачі, які можуть рухатись в осьовому напрямку і повертати рулон на вісь агрегату.

Як і моталка, розмотувач має механізми обертання та зміни діаметру барабану з пірамідальним валом. На відміну від моталок сегменти радіально переміщуються на значну величину (в наведеній конструкції – на 35 мм), тому для зменшення осьового руху валу кут нахилу його клинових поверхонь значно перевищує кут самогальмування. Тому в силовому гідроциліндрі барабану тиск підтримується весь час розмотування.

Серед особливостей саме цього розмотувача слід вказати на розміщення приводу на його корпусі та на наявність відкидної опори, про яку свідчить підшипникова головка на кінці барабану. Для барабана передбачений механізм плавання

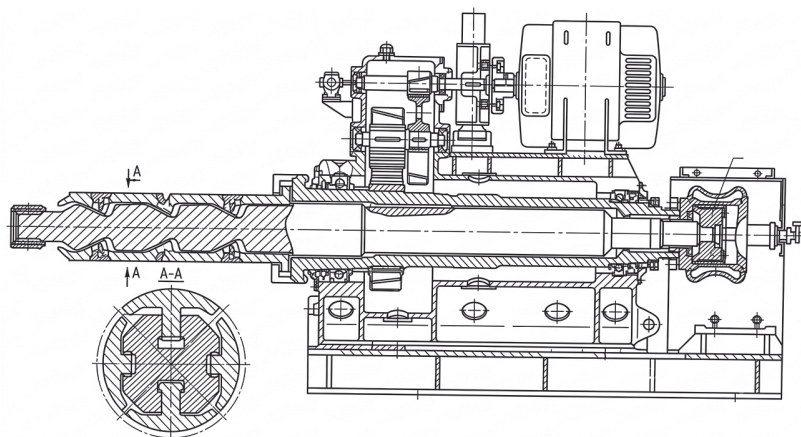
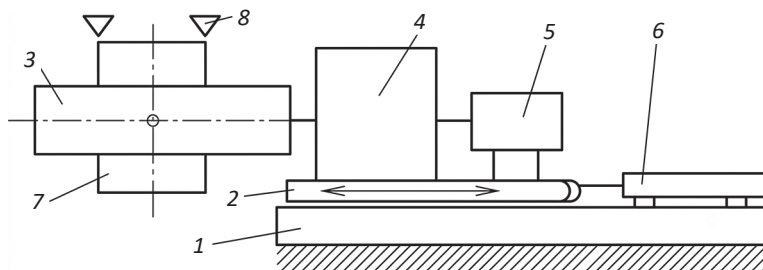


Рисунок 13.25 – Барабанный розмотувач з редукторним приводом

(не зображений), про який свідчить наявність напрямних на рамі розмотувача та вушко в нижній частині корпусу для приєднання штоку гідроциліндра.

Схема плаваючого розмотувача наведена на рис. 13.26.



- 1 – рама стаціонарна; 2 – рама рухома; 3 – барабан;
4 – редуктор; 5 – двигун; 6 – гідроциліндр «плавання»;
7 – рулон; 8 – фотореле

Рисунок 13.26 – Схема розмотувача з механізмом «плавання»

У напрямних закріпленої на фундаменті рамі 1 встановлено рухому раму 2 з приводом 5, 4 барабану 3. Рухома рама 2 вушком з'єднана зі штоком гідроциліндру «плавання» 6, закріпленого на рамі 1. Зміщення рулону 7 з осі прокатки фіксується фотореле або лазерами 8, встановленими по його краях, сигнал з яких на корегування положення поступає на гідроциліндр 6, який переміщує раму 2 з розмотувачем до суміщення осі рулону з віссю прокатки.

13.5.2 Відгиначі

На початку розмотування необхідно відділити верхній виток від рулону, щоб спрямувати смугу в лінію агрегату. Для цього розмотувачі оснащені спеціальними пристроями – відгиначами кінця рулону. Існує два типи відгиначів – електромагнітні та скребкові.

Схема електромагнітного відгинача показана на рис. 13.27 (див. с. 314). Електромагнітний відгинач виконаний в одній конструкції разом з подавальними роликами. Він складається

з важеля 2, що рухається гідроциліндром 3. На важелі закріплений електромагніт 4. Верхній подавальний ролик 5 може бути встановлений або стаціонарно, як на даній конструкції, або на важелі 2. Нижні подавальні ролики встановлені в хитній касеті 6, що приводиться механізмом 7. Рулон на розмотувачі 1 повертається так, щоб його край був біля ролика 5. Гідроциліндр 3 опускає важіль 2 до контакту електромагніту 4 з рулоном. Включенням електромагніту стрічка «прилипає» до нього (рис. 13.27, а). Далі гідроциліндр 3 підіймає важіль 2 до контакту стрічки з роликом 5. Механізм 7 підіймає касету 6 так, що стрічка стає затиснутою в подавальних роликах (рис. 13.27, б). Після відключення електромагніту ролики разом з розмотувачем подають смугу в лінію агрегату.

Основною перевагою такого відгинача є відсутність травмування поверхні смуги при розмотуванні. Недолік витікає із самого принципу дії – робота тільки з магнітними матеріалами.

Скребокві відгиначі (рис. 13.28, див. с. 315) можуть застосовуватися для будь-яких матеріалів. Принцип їхньої дії зрозумілий кожному, хто відокремлював нігтем край скотчу від рулону. Він полягає в тому, що при обертанні рулону

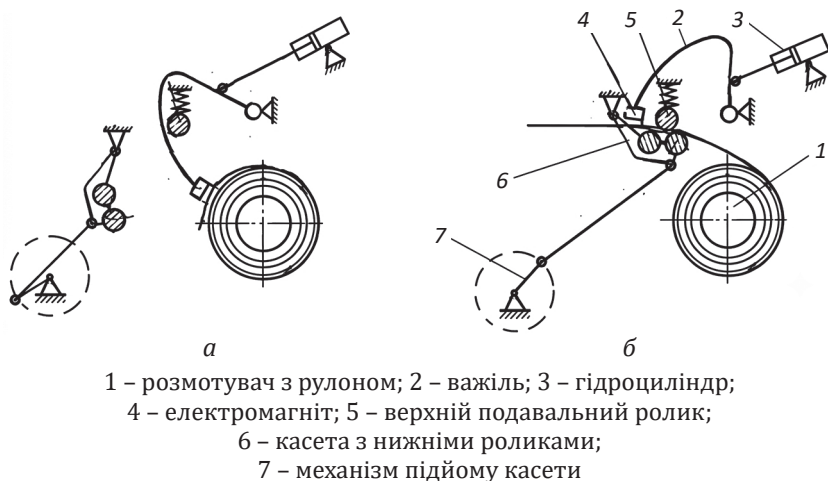
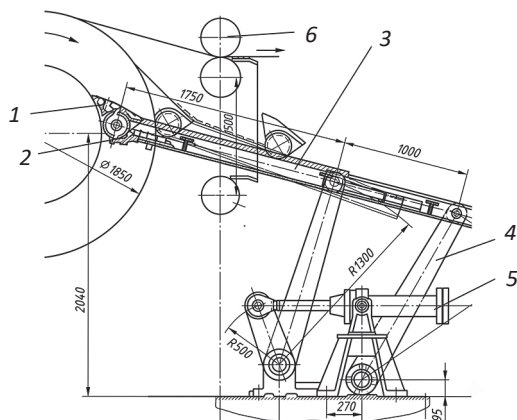


Рисунок 13.27 – Схема електромагнітного відгинача в момент захоплення смуги (а) та зі смугою в подавальних роликах (б)

розмотувачем зовнішній його кінець відділяється скребком і надходить у подавальні ролики, які транспортують смугу в лінію агрегату. Недолік скребкових відгиначів – можливість утворення подряпин на смузі.

За звичай вони виконані у вигляді важелю (або важільного механізму 3, 4) зі скребком 2 на кінці. Край скребка 1 підпружинений для тісного контакту з рулоном. Гідроциліндр 5 притискає важіль зі скребком до рулону.



1 – скребок; 2 – шарнір; 3, 4 – важелі;
5 – гідроциліндр; 6 – тягнучі ролики

Рисунок 13.28 – Скребковий відгинач конструкції НКМЗ

Розмотувач обертається, і край смуги підчіплюється скребком, відділяється від рулону і подальшим обертанням розмотувача подається до тягнучих роликів 6 і далі в лінію стану або агрегату.

Контрольні питання

1. Назвіть призначення моталок та розмотувачів у лініях прокатних станів.
2. Які вузли та механізми входять до складу ролико-барабанної моталки?
3. Назвіть призначення механізмів зміни діаметру барабану моталки.

- 
4. Навіщо для барабанів моталок використовують відкидну опору?
 5. З яких основних вузлів складається карусельна моталка?
 6. Вкажіть послідовність роботи карусельної моталки.
 7. Яке призначення моталок у печах станів Стекеля?
 8. Яка частина пічної моталки знаходиться безпосередньо у печі?
Що це дає?
 9. Перелічіть функції моталок станів холодної прокатки.
 10. У чому перевага чотирьохсегментних моталок з пірамідальним валом у порівнянні з трьохсегментними?
 11. Поясніть, як змінюють діаметр барабану у трьохсегментних моталках.
 12. Поясніть, як змінюють діаметр барабану у чотирьохсегментних конструкціях.
 13. Навіщо потрібен механізм фіксації (затиску) смуги у барабані моталки?
 14. У чому причина створення безщільових барабанів моталок?
 15. Як усуваються зазори між сегментами у безщільових моталках?
 16. Яке призначення вертлюга і як він влаштований?
 17. Назвіть типи сортових моталок та область їх використання.
 18. Поясніть роботу моталок з рухомим та нерухомим бунтом.
 19. Назвіть переваги та недоліки двохголовчатих та барабанних розмотувачів.
 20. Вкажіть послідовність роботи двохголовчатого розмотувача.

НОЖИЦІ ЛІНІЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

|| 14.1 Класифікація ножиць

Для розрізання прокату в поточних лініях прокатних станів використовують ножиці. Вони використовуються для наступних операцій: розрізання листового і сортового прокату на необхідну довжину відповідно вимог технології; обрізання некондиційних кінців і крайок прокату; вирізання проб для механічних випробувань металу; у випадку аварійних ситуацій поділ прокату на фрагменти, зручні для видалення з лінії стану.

Існують наступні ознаки класифікації ножиць:

1. Ножиці поперечного та поздовжнього різання – перші здійснюють розрізання металу на мірну довжину та обрізання кінців прокату, другі – розрізання широких смуг на вузькі стрічки та обрізання крайок прокату. В лініях прокатних станів застосовуються ножиці поперечного різання.

2. Ножиці стаціонарні та летучі – перші розрізають метал під час його зупинки, другі – під час руху металу, тобто на ходу (на льоту), звідки і одержали свою назву. Стаціонарні ножиці можуть встановлюватись як у технологічній лінії стану або агрегату, так і як окремі машини. Летучі ножиці входять до складу технологічних ліній.

3. За геометрією різання розрізняють ножиці з паралельними ножами, ножиці з похилими ножами (гільйотинні), з шевронними ножами, з фігурними ножами, з криволінійними ножами (ножиці з котким різом) та з ножами у вигляді дисків. Останні бувають тільки ножицями поздовжнього різання.

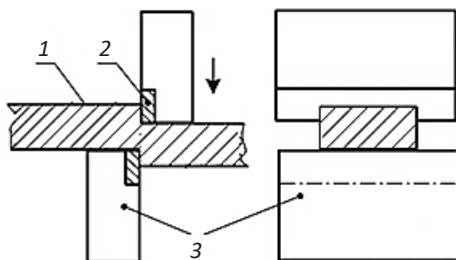
4. За температурою металу, що розрізається – ножиці гарячого та холодного різання.

|| 14.2 Ножиці обтискних та сортових станів

14.2.1 Ножиці з паралельними ножами

Ножиці з паралельними (прямими) ножами – це ножиці поперечного розрізання. Як витікає з назви, ріжучі грані ножів у них паралельні між собою. Їх використовують для розрізання металу з відношенням ширини до товщини $B/H < 3$, такого, як блюми, сляби, квадратні сортові заготовки, сортовий прокат. Ножиці, що встановлені в лініях обтискних та сортових станів – ножиці гарячого різання.

На рис. 14.1 показано схему різання прямими ножами. Форму ножів приймають у вигляді прямокутного паралелепіпеда, щоб можна було при різанні використати всі чотири кути. Кут загострення роблять рівним 90° . Ріжуть прокат 1 шляхом вертикального переміщення одного з ножів 2 відносно іншого. Деталь або вузол, у якому закріплений ніж, називають супортом 3.



1 – прокат; 2 – ніж; 3 – супорт

Рисунок 14.1 – Схема ножиць з паралельними ножами

До основних параметрів ножиць належать сила різання P , хід (величина переміщення) ножів H , довжина ножа L та кількість розрізів на хвилину n .

Хід ножів вибирають із урахуванням можливості безперешкодного проходу прокату максимального перерізу між розведеними ножами. Наприкінці різку ножі мають перекриття $\Delta = 10\text{--}20$ мм. Між ножами існує бічний зазор $\delta = (0,05\text{--}0,08) h$ (товщини металу, що ріжеться).

Довжину ножів приймають рівною [48]:

а) для невеликих ножиць з силою різання 0,5–2,0 МН – 3–4-кратну максимальній ширині заготовки, виходячи з умови можливості різання на них заготовок більш дрібних перерізів, покладених у кілька рядів (пачками);

б) для середніх і великих ножиць з силою різання до 16 МН, які застосовуються на блюмінгах, 2–2,5-кратній ширині блюма максимального перерізу;

в) для ножиць з силою різання до 20 МН, які застосовують на слябінгах – ($B + 150\text{--}200\text{ мм}$), де B – максимальна ширина слябу.

Співвідношення висоти ножа s до його товщини b зазвичай становить $s/b = 2,5\text{--}3$.

Ножі виготовляють зі сталі марок 6ХНМ, 6ХВ2С та ін. із твердістю після термообробки до НВ 400.

Внаслідок того, що ножі зміщені один відносно одного (рис. 14.2), сили різання P не лежать на одній прямій і діють як пара сил з плечем a , прагнучі перекинути прокат. З боку прокату виникає протидія у вигляді розпірних сил T , що діють на плечі c . Їх величина складає $T = (0,15\text{--}0,25)P$. Для зменшення перекидної дії пари сил P використовують притискач, котрий діє силою Q на плечі L . Сила Q складає $(0,03\text{--}0,05)P$, сила T при цьому знижується до $(0,1\text{--}0,15)P$.

Конструкційно ножиці виконують з верхнім або з нижнім різом (рис. 14.3, див. с. 320). При верхньому різі різання

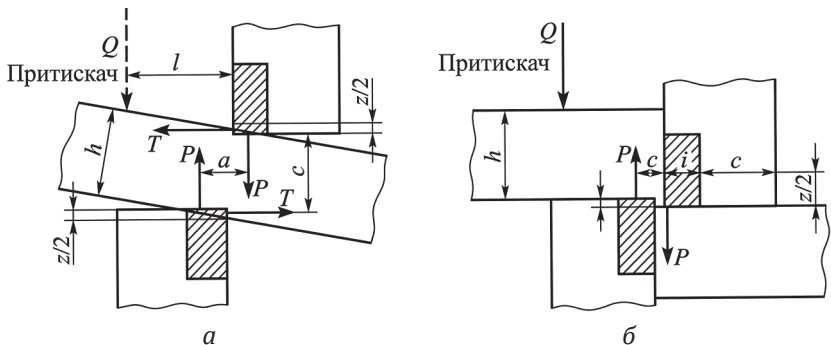
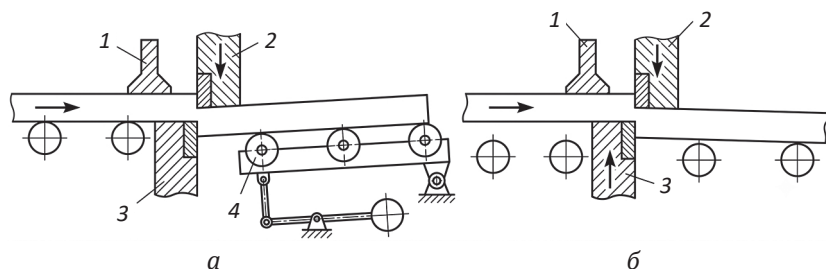


Рисунок 14.2 – Характер дії сил на прокат на початку (а) та в кінці (б) різання

здійснюється рухом верхнього ножа відносно нерухомого нижнього, при нижньому навпаки.



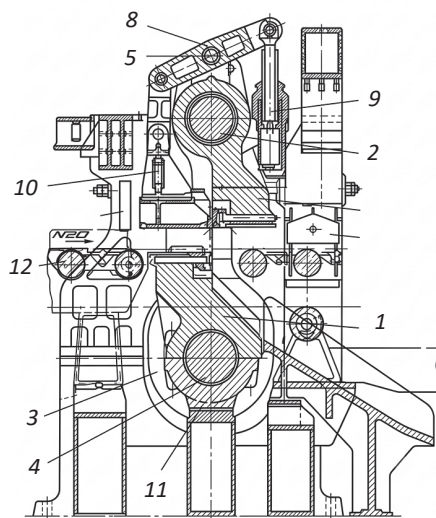
1 – притискач; 2 – верхній супорт; 3 – нижній супорт;
4 – підйомно-хитний рольганг

Рисунок 14.3 – Схеми ножиць з верхнім (а) та нижнім (б) різом

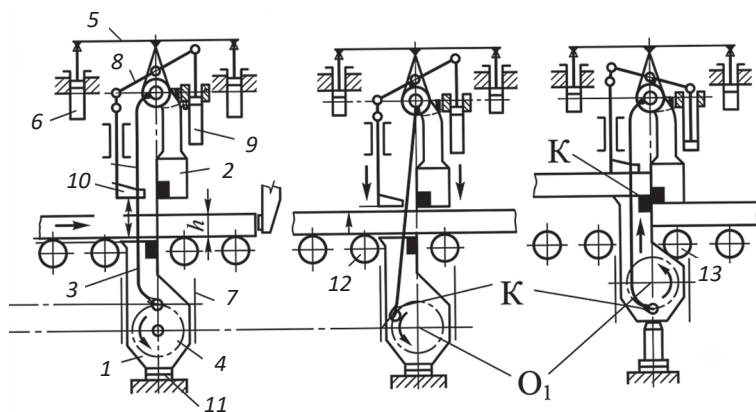
Ножиці з верхнім різом мають характерні недоліки. По-перше, верхній ніж разом з відрізаною частиною прокату повинен опустатись нижче рівня рольгангу для гарантованого розділення металу. Тому частину рольгангу біля ножиць виконують хитною (рис. 14.3), що ускладнює конструкцію. По-друге, при різанні завжди виникає задирок, який у цьому випадку спрямований вниз і заважає подальшому руху розкату по рольгангу. У ножиць з нижнім різом таких недоліків немає, тому зазвичай саме їм надають перевагу.

Розглянемо конструкцію ножиць НКМЗ, виконаних за схемою фірми «United», які широко використовуються на блюмінгах і слябінгах (рис. 14.4, див. с. 321).

Ножиці складаються із нижнього 1 та верхнього 2 супортів, в яких встановлено ножі. Супорти розміщені в напрямних 7 станини. В нижньому супорті знаходиться приводний ексцентриковий вал 4, до ексцентриків якого з обох боків супорту шарнірно прикріплені тяги (шатуни) 3. В верхній частині тяги з'єднані шарнірно з віссю у верхньому супорті. До верхнього супорту прикріплене важіль-коромисло 5, з'єднаний, в свою чергу, з плунжерами гідроциліндрів 6. (позиції 3, 5, 6 в розріз на рис. 14.4, а не потрапили). Також на верхньому супорті розміщено притискач 10 з приводом від гідроциліндру 9 через важіль 8. У нижньому положенні супорт 1 опирається на демпфер 11.



a



б

в

з

- 1 – нижній супорт; 2 – верхній супорт; 3 – тяга;
 4 – есцентриковий вал; 5 – коромисло; 6 – гідроциліндр;
 7 – напрямні; 8 – важіль; 9 – гідроциліндр;
 10 – притискач; 11 – демпфер

Рисунок 14.4 – Поздовжній розріз (а) [10] та схема роботи ножиць типу United: вихідне положення (б), кінець опускання супорту 2 (початок різ) (в), кінець підйому супорту 1 (кінець різ) (з)



У вихідному положенні (рис. 14.4, б) гідравлічні циліндри 6 врівноважування верхнього 2 і нижнього 1 супортів з ножами (повзунів) і циліндр притискача 9 перебувають під постійним тиском рідини (10 МПа). Нижня площа лабети притискача 10 перебуває на одному рівні з нижньою площиною верхнього ножа, що досягається попереднім настроюванням. Ексцентриситет приводного ексцентрикового вала 4 (O_1K) спрямований догори, що відповідає верхній мертвій точці кривошипа.

При включенні ножиць вал 4 починає обертатись відносно основної осі O_1 , при цьому точка K (вісь ексцентриків валу 4, до яких прикріплені тяги 3) зміщується вниз по коловій траєкторії і через тяги 3 опускає супорт 2 з позиціями 5, 6, 8–10. Супорт 1 поки лишається на місці. Коли плунжери циліндрів 6 досягнуть нижнього положення, подальший рух униз супорту 2 з вказаними позиціями стає неможливим (рис. 14.4, в). Та оскільки вал 4 продовжує обертатись, центр обертання переходить з основної осі O_1 до осі ексцентрика K , яка більше не рухається вниз по вертикалі. В даному випадку обертовий рух точки O_1 відносно точки K можна розкласти на вертикальний рух вгору точки O_1 та горизонтальний рух зліва направо точки K . За рахунок цього обертання нижній супорт 1 з віссю O_1 , «підтягується» до верхнього супорту на тягах 3, як атлет на турніку, тобто переміщується вгору. При цьому він підіймає метал над рольгангом 12, притискає його спочатку до лабети 10 притискача, а потім і до верхнього ножа. Подальшим рухом супорту 1 метал розрізається, оскільки супорт 2 при цьому нерухомий, має місце нижній різ. Коли точка K проходить через вертикальну вісь супорту 1, точка O_1 досягає вищої точки (рис. 14.4, в), різання при цьому закінчується і система одержує зворотній рух. Супорт 1 опускається вниз, при цьому метал, що лежить на ньому, плавно лягає на рольганг 12. Коли супорт 1 опускається в нижнє положення на демпфер 11, його подальший рух неможливий. Центр обертання вала 4 вертається на вісь O_1 , точка K переміщується вгору і ліворуч, штовхає шатуни 3 і повертає супорт 2 з позиціями 5, 6, 8–10 у верхнє вихідне положення. Цикл роботи ножиць закінчено.



14.2.2 Летучі сортові ножиці

На сортових станах для розрізання прокату використовуються ножиці та пили. Стаціонарні ножиці та пили використовуються в лініях обробки сорту. В технологічних лініях станів метал треба розрізати під час його руху. Тому були розроблені конструкції ножиць, які ріжуть метал при його русі, тобто на ходу, або на льоту. Такі ножиці одержали назву летучих ножиць.

Відомі наступні типи летучих ножиць:

1. Барабанні.
2. Важільно-кривошипні.
3. Планетарні.
4. Важільно-хитні (маятникові).
5. На візку.

У сортових станах використовуються перші чотири типи.

Слід вказати, що летучі ножиць використовуються саме в лініях сортових станів як подільні, аварійні і досить рідко як фінішні, останні лише для простих профілів. Це пояснюється тим, що на початку різання ножі вминаються в метал і можуть спотворити переріз складного профілю. Для розрізання таких профілів використовують пили.

Найпростішими летучими ножицями є барабанні ножиці. Принцип їх дії зрозумілий з рис. 14.5 (див. с. 324). При обертанні барабанів 2 ножі 3 зустрічаються з металом, що рухається, і супроводжуючі його, занурюються і здійснюють різ.

Барабани обертаються рівномірно з постійною кутовою швидкістю й обертовими масами, повністю врівноважені, тому ці ножиці дозволяють різати метал зі швидкістю 15 м/с і більше. Однак ці ножиці мають недолік. Траєкторією руху ріжучих крайок ножів є кола, тому при зустрічі із прокатом, що рухається горизонтально, різання буде відбуватися при змінному куті й площа різання на прокаті не буде вертикальною (рис. 14.5, б). Це значно знижує якість різу.

Сортові барабанні ножиці (рис. 14.6, див. с. 324) призначені для різання дрібного сорту.

Ножиці встановлені на рухомій рамі 1, що знаходиться в напрямних нерухомої рами 2. Вони приводяться

від електродвигуна 3 через комбінований редуктор – шестеренну кліть 4. На вихідних валах встановлені барабани 5 у вигляді обертових супортів, в яких закріплені ножі 6. Для суміщення ножів з віссю прокатки рама 2 з ножицями рухається по рамі 1 гвинтовим механізмом 7.

Важливим пристроєм для всіх типів летучих ножиць є пристрій для вибирання зазорів у зубчастому зачепленні приводу ножиць. На більшості ножиць ножі приводяться через зубчасті передачі. При цьому вони не одночасно входять в контакт з металом: першим ведучий, потім ведений. При появі контакту з металом ведучий ніж та ведуче зубчасте колесо ним гальмується, в той час як ведений ніж і ведене зубчасте колесо

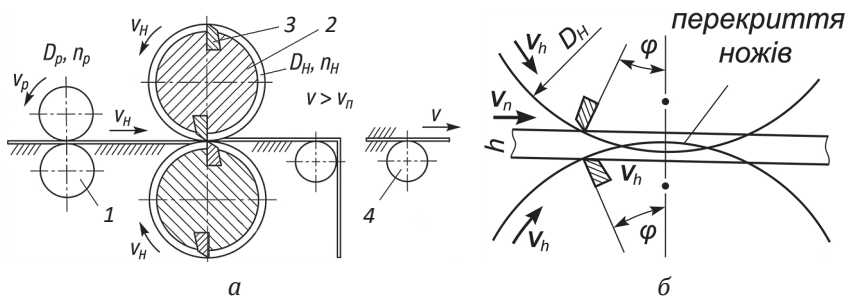
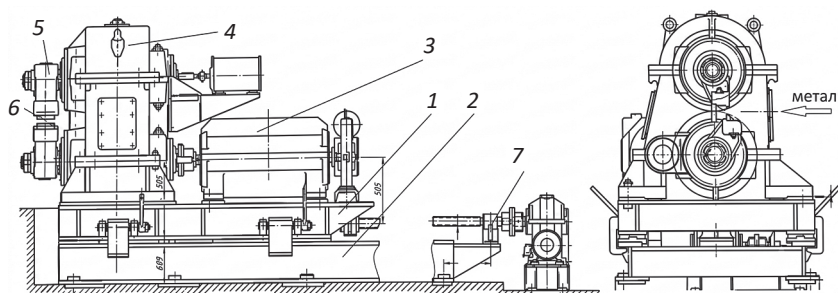


Рисунок 14.5 – Схема барабаних ножиць (а)
та схема занурення ножів у метал (б)



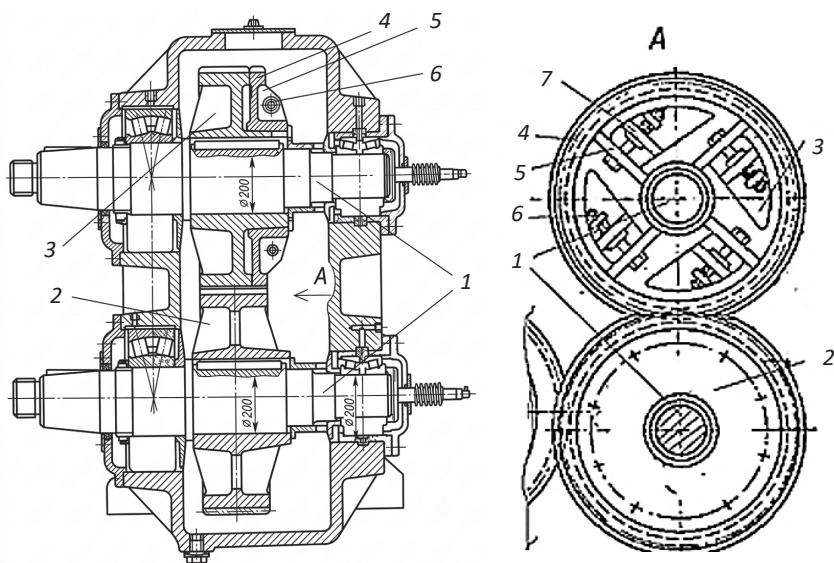
1 – рама рухома; 2 – рама нерухома; 3 – електродвигун;
4 – редуктор; 5 – барабан; 6 – ніж;
7 – привід пересування ножиць

Рисунок 14.6 – Летучі барабанні дрібносортні ножиці

продовжують за інерцією рух в межах зазору з зі зворотного боку зубу. При цьому зубці веденого зубчастого колеса наздоганяють і б'ють по тильній стороні зубців ведучого колеса, що є безумовно шкідливим фактором. Для усунення цього недоліку необхідно заповнити зазор з, не погіршуючи при цьому роботи зубчастого зачеплення.

На рис. 14.7 наведено розріз по шестеренній кліті приводу ножиць.

Вибирання зазорів вирішується на більшості ножиць наступним способом. На веденому (верхньому) валу 1 (рис. 14.7) співвісно з основною веденою шестірнею 3 встановлюють вузьку шестірню 4 з такими ж параметрами, при цьому вона має можливість провертатись відносно веденої шестірні. Це провертання здійснюють за допомогою вушок 5, 7 на торцях веденої і додаткової шестерні, причому вушко 7 веденої шестірні проходить



- 1 – вали; 2 – зубчасте колесо ведуче; 3 – зубчасте колесо ведене; 4 – вузька шестірня; 5, 7 – вушка;
6 – болт підпружинений

Рисунок 14.7 – Розріз по шестеренній кліті з пристроєм вибирання зазорів у зубчастому зачепленні

з зазором через отвір в додатковій шестірні на її торцевий бік, де обидва вушка стягують підпружиненими болтами 6.

За рахунок цього вушка зближуються, і вузька шестірня провертається відносно веденої, і її зубці зміщуються у зазорі z (рис. 14.8) до контакту з зубцями ведучої шестірні 2 з тильного боку зубу (пунктирна лінія на рис. 14.8).

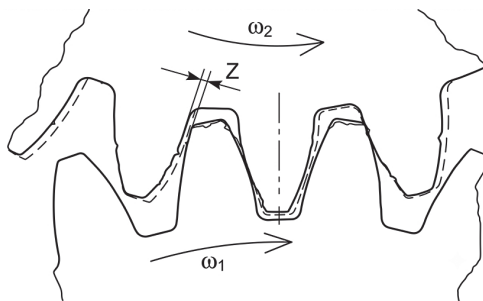


Рисунок 14.8 – Принцип вибирання зазорів у зубчастому зачепленні приводу ножів летучих ножиць

При зустрічі ножів з металом інерційному руху веденої шестерні буде заважати підпружинена додаткова шестірня, бо пружини вушок гальмують інерцію веденої шестірні і удару не відбувається.

Як було зазначено вище, основним недоліком барабаних ножиць є непрямолінійне занурювання ножів у метал. Тому було розроблено низку інших, більш складних конструкцій летучих ножиць з прямолінійним або близьким до нього рухом ножів при різанні. Найбільш поширеними стали маятникові, кривошипно-важільні та планетарні ножиці.

Маятникові летучі ножиці прості і надійні у роботі, але для сучасних сортових станів є застарілими, бо працюють на швидкості до 2,5 м/с і не відповідають вимогам продуктивності. Це пояснюється наявністю великих інертних мас і, як наслідок, значними динамічними навантаженнями. Але в останній час вони знайшли нове використання в МБЛЗ, де швидкість руху металу низька, для розрізання неперервної заготовки на мірні довжини.

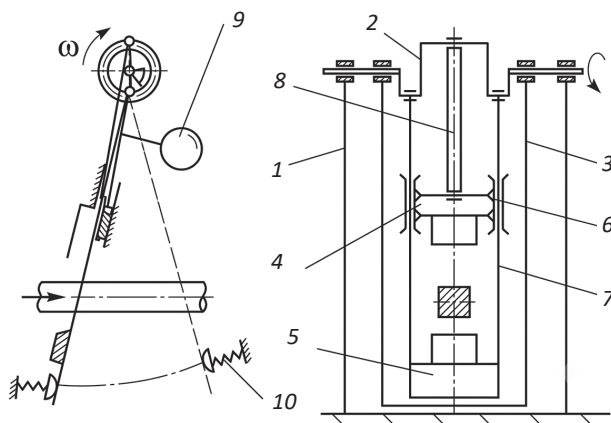
Принцип дії ножиць нагадує дитячі гойдалки, в яких замість сидіння встановлено механізм різання. Під час гойдання ножі

рухаються з однією з прокатом швидкістю (супроводжують метал) і здійснюють розрізання. Траєкторія ножів відносно металу дещо відрізняється від прямолінійної, але значно менше, ніж для барабаних ножиць, і ножі при різанні зближуються в одній площині.

Принципова схема маятникових ножиць наведена на рис. 14.9.

У верхній частині корпусу 1 знаходиться приводний ексцентриковий (колінчастий) вал 2. На основній частині валу 2 на підшипниках встановлена рама 3 (маятник). У напрямних 6 рами знаходяться супорти з верхнім 4 та нижнім 5 ножами. Ексцентрики є кривошипами механізму різання. Верхній супорт 4 шатуном 8 та нижній супорт 5 шатуном 7 зв'язані із кривошипами валу 2.

Перед різанням хитна рама з супортами займає похиле положення протилежно руху металу під дією контрвантажу 9. При обертанні ексцентрикового валу 2 верхній супорт 4 рухається вниз (на величину), а нижній супорт 5 рухається догори. Хід кожного з ножів дорівнює подвійному ексцентриситету відповідного кривошипа. При зустрічі ножів з металом, метал починає тягти



- 1 – станина; 2 – приводний колінчастий вал; 3 – хитна рама (маятник); 4 – верхній супорт з ножом; 5 – нижній супорт з ножом; 6 – напрямні маятника; 7, 8 – шатуни; 9 – контрвантаж; 10 – демпфер

Рисунок 14.9 – Схема маятникових ножиць



ножі за собою, і вони під дією руху прокату вимушують хитну раму 3 обертатись навколо центральної осі валу 2 і рухатись разом з металом, при цьому ножі зближуються і ріжуть метал.

Після розрізання при подальшому обертанні валу 2 ножі розходяться й повертається у вихідне положення при його повному оберті. Коли ножі виходять з контакту з металом, рама 3 (маятник) під дією контрвантажу 9 повертається у вихідне положення. Рама 3 у крайніх положеннях контактує з амортизаторами 10, які гасять динамічні навантаження. Ножиці працюють у режимі запусків і не мають механізму пропуску різі.

На деяких маятникових ножицях рух маятника разом з прокатом забезпечується примусово, для цього існує механізм повороту хитної рами.

Іншим типом летучих ножиць є важільно-кривошипні ножиці, ножі яких рухаються по складних еліпсоїдних траєкторіях, але на ділянці різання ці траєкторії практично збігаються з горизонтальним рухом прокату [8]. Важільно-кривошипні ножиці використовують як для розрізання сортового, так і плоского (листового) прокату. На рис. 14.10, а, б (див. с. 329) наведено кінематичні схеми механізму важільно-кривошипних летучих ножиць. Вони складаються з кривошипів (ексцентрикових барабанів), з якими шарнірно з'єднані двоплечі важелі – шатуни. Вертикальні плечі шатунів є супортами ножів, а горизонтальні шарнірно з'єднані з коромислом. Кривошипи виконують обертовий, коромисла – хитний, а шатуни складний рух у площині. Співвідношення розмірів кривошипа, шатуна та коромисла визначає траєкторію руху різальних крайок ножів, яка є еліпсоїдною, але на ділянці різання АВ вона є майже горизонтальною і ножі при розрізанні прокату зближуються практично вертикально.

Сортові важільно-кривошипні ножиці (рис. 14.11, див. с. 329) за конструкцією подібні до сортових барабанних і відрізняються власне механізмом різання. Вони встановлені на рамі 1, кривошипи приводяться від електродвигуна 2 через комбінований редуктор – шестеренну кліть 3, в якій також є механізм вибирання зазорів в зачепленні.

Сам кривошипно-важільний механізм також розміщений консольно і складається з приводних дисків – кривошипів 4 (власне

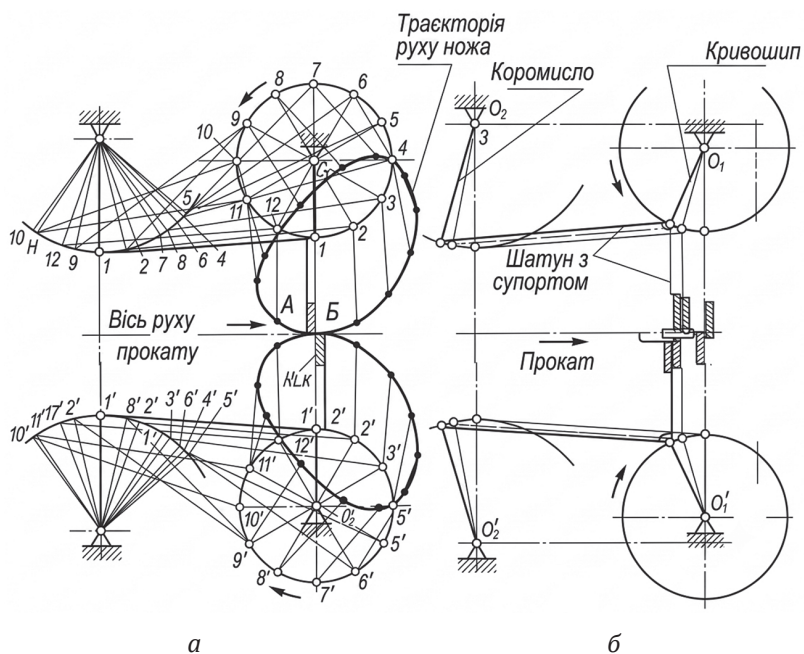
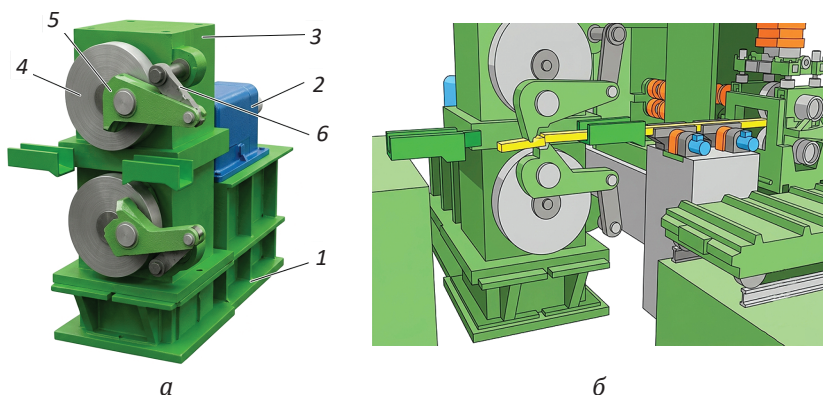


Рисунок 14.10 – Траєкторія руху ножів (а) та принципова кінематична схема (б) важільно-кривошипних ножиць



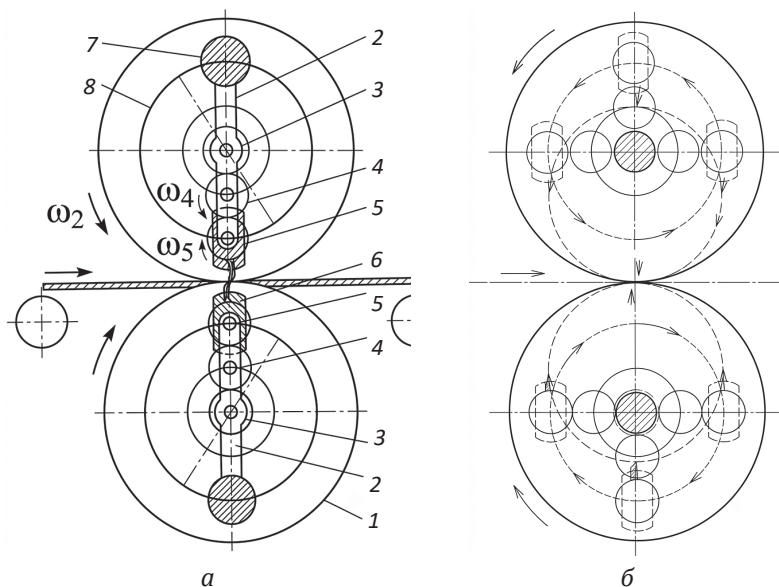
1 – рама; 2 – двигун; 3 – редуктор; 4 – кривошип;
5 – супорт-шатун; 6 – коромисло

Рисунок 14.11 – Сортові важільно-кривошипні ножиці в статиці (а) та в момент різі (б)

кривошип – відстань від осі диску до точки кріплення шатуна), двоплечих важелів – шатунів 5 та коромисел 6. На вільних кінцях важелів 5 встановлені ножі.

Наступні ножиці – планетарні. Вони найбільш врівноважені після барабаних і застосовуються для різання заготовок зі швидкістю 3–7 м/с із силам різання до 1,5 МН. Застосовуються такі ножиці і для різання сортових профілів фасонними ножами при силі до 0,5 МН. Механізм планетарних ножиць складається з сонячних 3, паразитних 4 та планетарних 5 шестерень, що знаходяться в зачепленні між собою (рис. 14.12).

Осі шестерень встановлені на підшипниках у водилах 2. На одній осі з планетарною шестернею жорстко встановлено супорт 5 з ножем. Водила приводяться у обертання за допомогою шестерень 1, 8. На кінцях водил встановлені контрвантажі 7



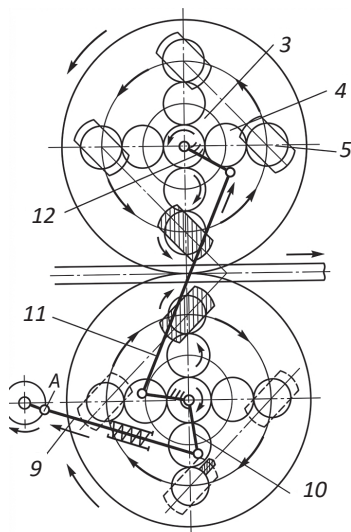
1, 8 – приводні шестерні; 2 – водило; 3 – сонячні шестерні;
4 – паразитні шестерні; 5 – планетарні шестерні;
6 – супорти з ножами

Рисунок 14.12 – Схема планетарних ножиць (а) та положення ножів при обертанні водила (б)

для балансування механізму. Вісь обертання водила 2 співпадає з віссю сонячної шестерні 3.

При роботі сонячні шестірни 3 нерухомі, а водила 2 обертаються. Встановлені на них паразитні шестерні 4 при цьому перекочуються по нерухомих шестірнях 3 у напрямку обертання водил 2 зі швидкістю $\omega_4 = \omega_2$ і обертають планетарні шестерні 5, що знаходяться з ними у зачепленні, у протилежному напрямку з тією ж швидкістю, тобто $\omega_5 = -\omega_4$. А це означає, що наскільки шестірня 5 повернеться з водилом в одному напрямку, на стільки ж шестірня 4 розверне її в зворотному, і сумарний поворот шестерні 5 завжди дорівнює 0. А це, в свою чергу, означає, що встановлені співвісно з шестірнями 5 ножі 6 не поміняють свого положення при будь-якому повороті водил (рис. 14.12, б), у тому числі, і під час різання, і будуть зближуватись строго вертикально.

Оскільки всі маси в конструкції ножиць обертові, вони є самими збалансованими серед ножиць з вертикальним рухом ножів, тобто найбільш швидкісними після барабаних.



9 – кривошипно-шатунний механізм; 10 – двоплечий важіль; 11 – тяга; 12 – важіль

Рисунок 14.13 – Схема механізму пропуску різ планетарних ножиць (позиції 3–5 розглядати сумісно з рис. 14.12)



Для пропуску різу в разі неперервного режиму роботи необхідно, щоб ножі не зустрілись при зближенні з прокатом. Для цього їх переводять у положення, відмінне від перпендикулярного прокату. Це досягається поворотом сонячних шестерень 3 на деякий кут. На цей же кут відносно нерухомих при налаштуванні водил 2 повернуться і шестерні 4, 5 з супортами 6, і ножі відхиляться від положення, в якому ріжуть метал. Схема механізму пропуску різу наведена на рис. 14.13 (див. с. 331) (позиції розглядати сумісно з рис. 14.12).

Кривошипний механізм 9 повертає двоплечий важіль 10 і жорстко з'єднану з ним нижню сонячну шестірню 3. До іншого плеча важеля приєднана тяга 11, що за принципом зворотного паралелограму повертає важіль 12 з верхньою сонячною шестернею на той же кут в протилежному напрямку, а далі повертаються всі шестерні, як було вказано раніш (на рис. 14.13 поворот складає $\sim 45^\circ$).

За необхідності різання шестерні повертаються в початкове положення. Слід зазначити, що повертати шестерні 3 можна і іншими способами, наприклад додатковими шестернями з окремим приводом.

Основним недоліком планетарних ножиць є їх досить складна конструкція.

|| 14.3 Ножиці листових станів

14.3.1 Стаціонарні ножиці

Безпосередньо в лініях листових станів стаціонарні листові ножиці використовують в кінці ліній ТЛС та станів Стекеля для поперечного різання листів перед холодильниками. Найчастіше це гільйотинні ножиці.

На рис. 14.14 (див. с. 333) наведена схема осередку різання гільйотинними ножицями. Як видно з рисунку, розрізається не весь метал, а лише зона ABED, а в зоні DEC вже відбувається відрив металу. Праворуч від розглянутої зони метал відрізаний, ліворуч ще не розрізався.

За рахунок значного зменшення площі різку зменшується і сила розрізання металу. Причому чим більший кут нахилу ножа α , тим менша площа різку і сила розрізання. Аналіз цієї схеми (рис. 14.14) дозволяє зробити деякі висновки щодо особливостей процесу.

По-перше, визначимо область використання ножиць. Наведена схема буде ефективно функціонувати лише за умови, коли ширина прокату або пакету, що розрізається $b \geq h \tan \alpha$. В протилежному випадку ніж буде занурюватись під кутом у метал по всій його ширині, і площа різання буде навіть більшою, ніж у ножиць з паралельними ножами (переріз з висотою h_H на рисунку).

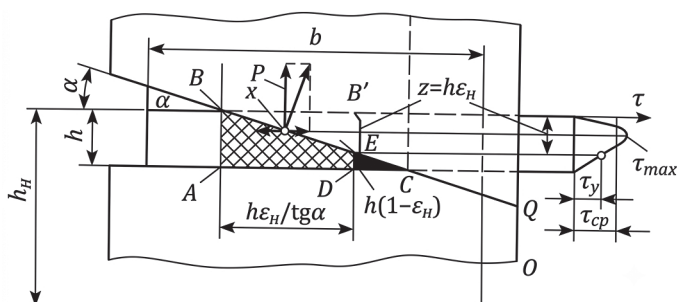


Рисунок 14.14 – Схема осередку різання на гільйотинних ножицях

По-друге, відрізаний метал (нижче DCQ) перешкоджає руху ножа, тому ніж відгинає його в напрямку руху, тобто сила витрачається не лише на різання, а ще й на відхилення відрізаної частини металу. Причому чим більший кут нахилу ножа, тим більше треба відгинати метал.

По-третє, внаслідок нахилу ножа виникає горизонтальна складова від сили різання $P \tan \alpha$, тим більша, чим більший кут нахилу. Вона прагне виштовхнути метал вбік з осередку різання. Тому величину кута α зазвичай обмежують кутом самогальмування, щоб не використовувати додаткові засоби для утримання металу в ножах.

Для поперечного гарячого і холодного різання широких смуг й листів застосовують ножиці закритого типу (рис. 14.15, див. с. 334). В них подібно до робочих клітей дві станини з'єднані зверху і знизу траверсами; у просвіті між станинами рухається

супорт з ножом. У лінії ролганга прокатного стану звичайно встановлюють ножиці з нижнім різом, на цих ножицях здійснюється тільки поперечне розрізання смуги. У ножицях з нижнім різом рухомий ніж встановлений прямо, а нерухомий верхній похило, або навпаки, нижній похило, а верхній – прямо.

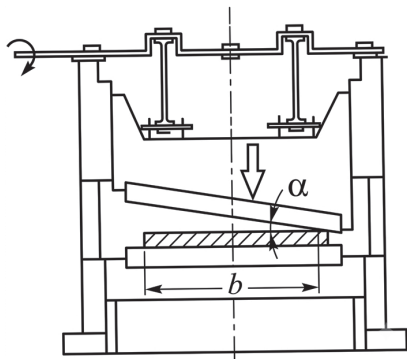


Рисунок 14.15 – Схеми гильотинних ножиць з верхнім різом закритого типу

При різанні верхнім похилим ножом прокат вигинається й різ виходить косий; при різанні нижнім похилим ножом різ виходить прямим. Тому на нових ножицях з нижнім різом нижній ніж встановлюють похило.

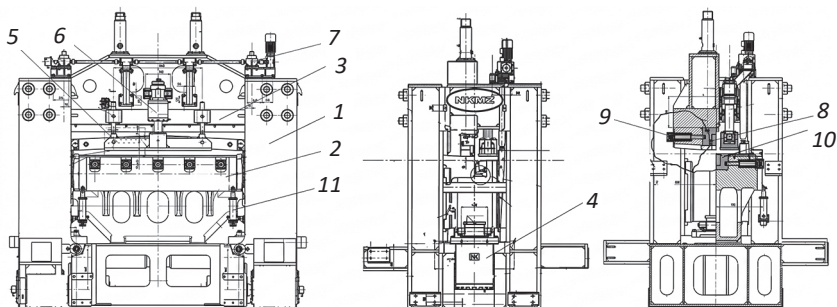
На рис. 14.16, 14.17 (див. с. 335) зображено стаціонарні гильотинні гідравлічні ножиці з нижнім різом конструкції НКМЗ. Вони призначені для гарячого розрізання металу в кінці технологічної лінії ТЛС.

Ножиці мають станину 1, у верхній траверсі 3 якої встановлено супорт з верхнім нерухомим ножом 8 (рис. 14.16). В напрямних станини розміщено нижній рухомий супорт 2 з нижнім ножом 10. Під супортом 2 знаходяться силові гідроциліндри 4. Ножі в супортах фіксуються пружинно-гідравлічними затискачами 9, що дозволяють швидко виконувати їхню заміну. У верхній частині ножиць знаходиться притискач 5, що приводиться гідроциліндром 6.

Ножиці мають механізм регулювання бокового зазору у виді двох клинових пар, нерухомі клини яких з'єднані з верхнім

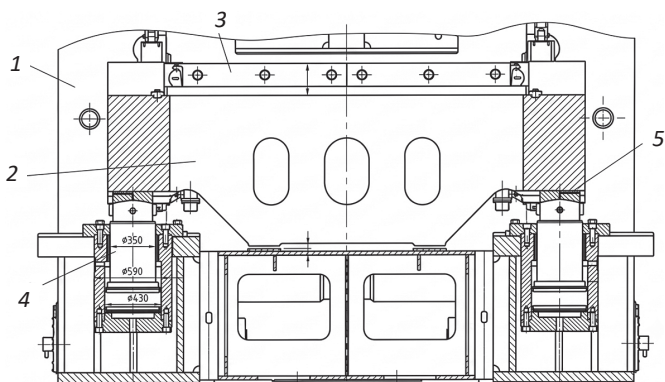
супортом, а вертикально рухомі клини рухаються в напрямних станини черв'ячно-гвинтовим механізмом 7 (рис. 14.16). З протилежного боку на верхній супорт діють пружини для постійного контакту між клинами. За рахунок горизонтального переміщення верхнього супорта змінюється боковий зазор між ножами.

Механізм різання (рис. 14.17) приводиться від двох силових гідроциліндрів 4, корпуси яких закріплені у станині 1, а на штоки



- 1 – станина; 2 – нижній супорт; 3 – траверса з верхнім супортом; 4 – силовий гідроциліндр; 5 – притискач;
6 – гідроциліндр притискача; 7 – механізм регулювання бокового зазору; 8 – верхній ніж; 9 – затискач;
10 – нижній ніж; 11 – демпфер

Рисунок 14.16 – Ножиці гільйотинні гідравлічні конструкції НКМЗ



- 1 – станина; 2 – нижній супорт; 3 – ніж; 4 – силовий гідроциліндр; 5 – підп'ятник

Рисунок 14.17 – Механізм різання ножиць конструкції НКМЗ

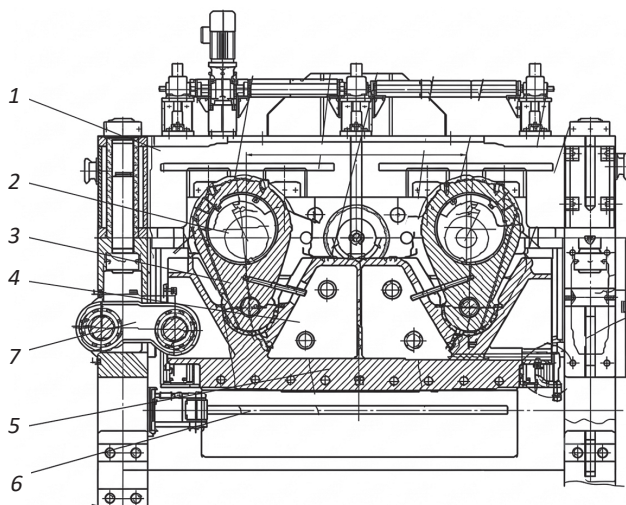


На деяких сучасних ТЛС та станах Стекла в кінці замість гільотинних встановлюють ножиці з котким різом. Для реалізації схеми різку відповідно рис. 14.18, *а* такі ножиці мають двохкривошипний електромеханічний механізм різання, уяву про який дає рис. 14.19 (див. с. 337).

336

ніж 5. Нижній ніж 6 прямий і нерухомий. Для забезпечення потрібної кінематики верхнього ножа використовуються додаткові елементи, в даній конструкції це коромисло (води́ло) 7.

Недоліком таких ножиць є значно складніша у порівнянні з гільйотинними конструкція, тому їх використовують переважно в лініях обробки товстого листа, де необхідно забезпечувати високу якість різь. В лініях безпосередньо ТЛС їх використовують дещо рідше.



1 – станина; 2 – кривошип; 3 – шатун; 4 – супорт;
5 – верхній ніж (криволінійний); 6 – нижній ніж (прямий);
7 – коромисло (води́ло)

Рисунок 14.19 – Розріз по верхньому супорту двокривошипних поперечних ножиць з котким різом [15]

14.3.2 *Летучі ножиці ШСГП*

У листопрокатному виробництві летучі ножиці використовуються в лініях широкоштабових станів гарячої прокатки (ШСГП). Їх встановлюють перед чистовою групою клітей для відрізання «язиків» на кінцях штаби, які виникають при прокатці в чорнових клітях. Оскільки якість різь тут не має принципового

значення, використовуються барабанні летучі ножиці, які простіші, більш швидкісні та краще збалансовані за інші типи летучих ножиць. Схема різання на них така ж, як і для сортових ножиць (рис. 14.5).

На високопродуктивних ШСГП для зменшення простоїв використовують змінні барабанні ножиці (рис. 14.20). Їх встановлюють у спеціальну раму і фіксують гідравлічними затискачами. Заміну ножів та налаштування ножиць виконують на знятих ножицях на спеціальних дільницях цеху (рис. 14.21).

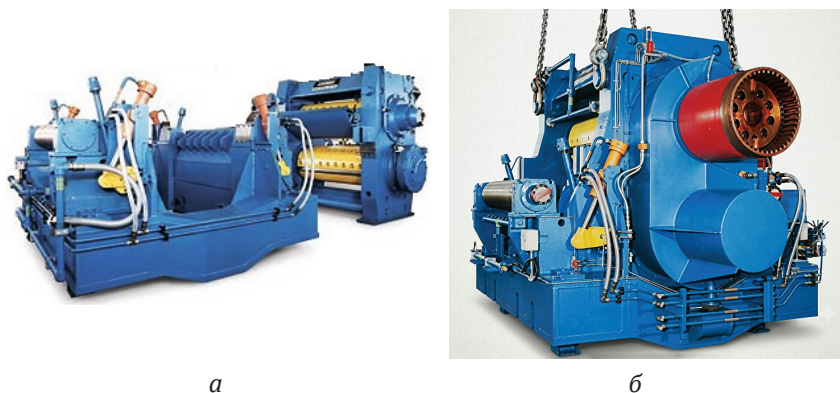
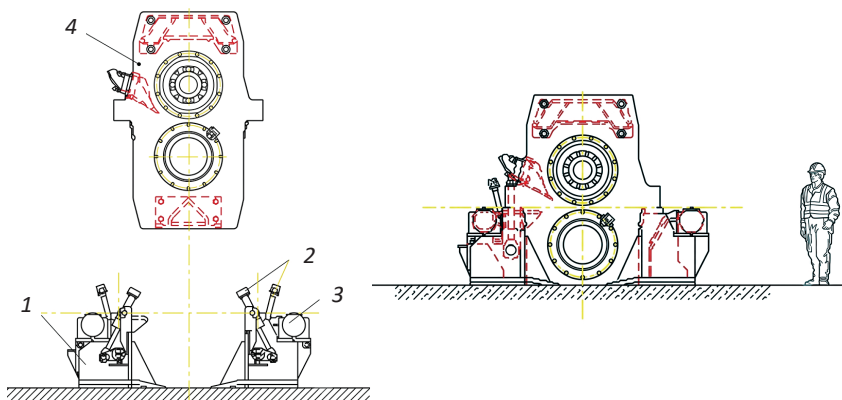


Рисунок 14.20 – Загальні види рами та ножиць (а), ножиць у рамі (б) (ножиці показані на складальному стенді) [14]



1 – рама; 2 – фіксатори; 3 – ролики; 4 – барабанні ножиці

Рисунок 14.21 – Схема заміни ножиць [14]

Конструкція барабанних ножиць представлена рис. 14.22. Барабани встановлені в корпусі ножиць на двоохрядних роликових підшипниках. У барабанах закріплені дві пари ножів. Зазвичай пару ножів для відрізання переднього язика виконують шевронними, заднього – гільйотинними.

Ведучий барабан верхній. Він з'єднується з приводом за допомогою розчипної зубчастої муфти. На нижній барабан крутний момент передається зубчастою передачею з передатним числом $i=1$, аналогом шестеренної кліті в головній лінії стану. Зубчасті косозубі колеса встановлені на шпонках на хвостовиках барабанів.

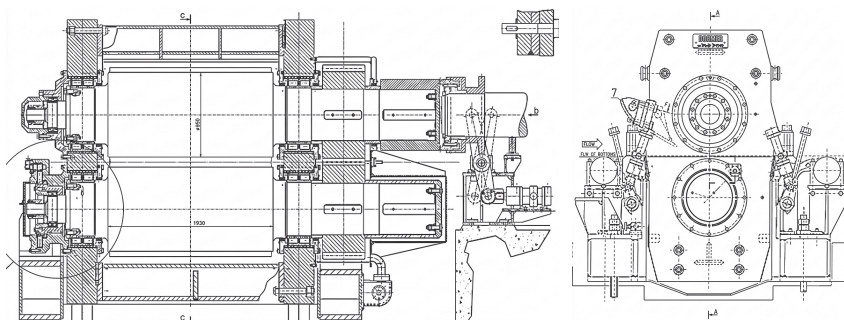


Рисунок 14.22 – Барабанні летучі ножиці ШСГП конструкції Danieli [14]

За рахунок косозубого зачеплення також відбувається регулювання бокового зазору між ножами. Для цього нижній вал має гвинтовий механізм осьового переміщення (на рис. 14.21 ліворуч, обведений колом). У косозубому зачепленні осьовий рух барабана перетворюється на обертовий, і нижній барабан провертається відносно верхнього на невелику величину, бокова відстань між ножами зменшується.

Такі ножиці працюють в режимі запусків. Сигнал на включення ножиць надходить від фотодатчиків, встановлених перед ножицями, які реагують на надходження прокату.



Контрольні питання

1. Назвіть призначення ножиць в лініях прокатних станів.
2. Поясніть поняття «ножиці з паралельними ножами».
3. Які основні параметри ножиць з паралельними ножами?
4. Які ножиці використовуються в лініях обтискних станів?
5. Поясніть поняття «летучі ножиці».
6. Які ножиці переважно використовуються в лініях сортових станів? Назвіть їх типи.
7. Поясніть принцип дії і конструкцію сортових барабанних летучих ножиць.
8. У чому полягає основний недолік барабанних ножиць?
9. Навіщо треба вибирати зазор у зубчастому зачепленні приводу летучих ножиць?
10. Поясніть принцип роботи і конструкцію маятникових ножиць.
11. Поясніть принцип роботи і конструкцію сортових важільно-кривошипних ножиць.
12. Поясніть принцип роботи і конструкцію планетарних ножиць.
13. Що таке гільйотинні ножиці? Назвіть їхні переваги та недоліки.
14. Які ножиці і навіщо використовують у лінії ТЛС?
15. Поясніть принцип дії і конструкцію ножиць із котким різом.
16. У чому перевага ножиць з котким різом перед гільйотинними?
17. Які ножиці і навіщо використовують у лінії ШСГП перед чистовими клітками?
18. Чим відрізняються листові барабанні ножиці від сортових?

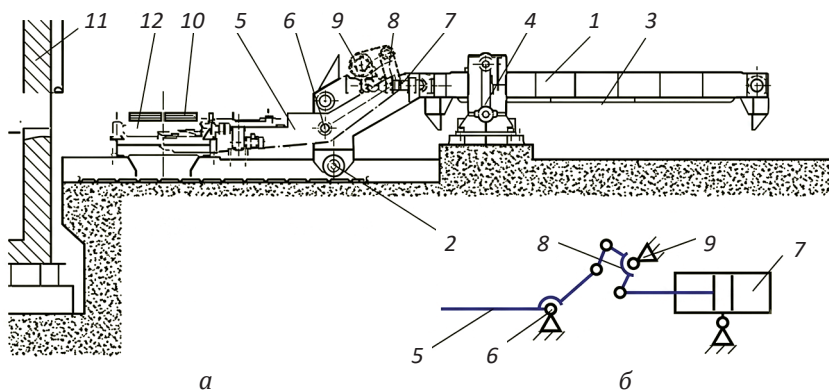
СПЕЦІАЛЬНІ МАШИНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ЛИСТОПРОКАТНИХ ТА ТРУБОПРОКАТНИХ СТАНІВ

|| 15.1 Машина для виймання заготовок із печей

Для виймання нагрітих слябів із методичних печей та укладання їх на рольганг лінії прокатного стану використовують спеціальні машини. Їх принцип дії полягає в наступному. Спеціальний пристрій машини із декількох паралельних балок, що нагадує вила, підводиться до печі, у якій відкрите вікно з боку рольгангу. «Вила» заводяться між балками печі, на яких лежить нагрітий сляб, і механізмом підіймаються разом зі слябом над балками. Далі сляб вивозиться із печі до рольгангу. Балки опускаються між роликами рольгангу нижче його рівня, і сляб плавно укладається на ролики. Відповідно машина має два основні механізми: механізм переміщення і механізм підйому – опускання балок. На рис. 15.1 показана машина для виймання заготовок фірми Danieli [15].

Основу машини складає рама 1, яка опирається через ролики 2 на балки фундаменту. В нижній частині рами закріплені зубчасті рейки 3, які знаходяться у контакті з приводними шестернями зубчастої передачі 4. При обертанні шестерень зубчасті рейки 3 з рамою 1 переміщуються у напрямку печі 8. Вузол паралельних балок 5 («вила») з'єднані з рамою на шарнірах 6. На рамі 1 встановлений гідроциліндр 7, який системою важелів 4 зв'язаний із балками 5.

Для виймання слябу рама 1 рухається до печі механізмом 3, 4, балки 5 опущені і входять у зазори між балками печі 11. Гідроциліндр 7 через важелі 8 повертає балки 5 навколо шарніру 6, вони підіймаються над балками печі і підіймають сляб. Рама 1 рухається від печі зі слябом 10 на балках 5. На рівні



1 – рама; 2 – ролик; 3 – зубчаста рейка; 4 – приводна шестірня; 5 – балки; 6 – шарнір; 7 – гідроциліндр; 8 – важелі; 9 – шарнір; 10 – сляб; 11 – піч; 12 – рольганг

Рисунок 15.1 – Загальний вигляд машини для виймання слябів із печі (а) [15] та кінематична схема механізму підйому – опускання балок (б)

рольгангу 12 балки опускаються механізмом 7-9 і сляб 10 укладається на рольганг.

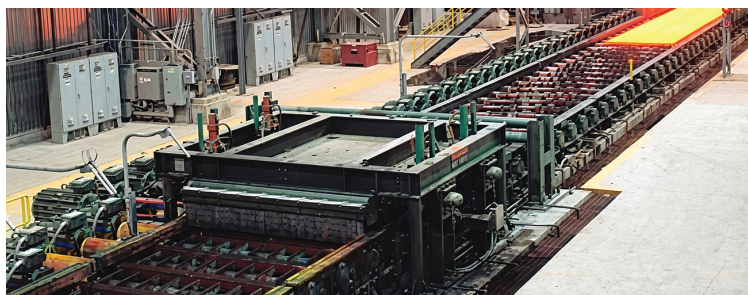
|| 15.2 Гідрозбив окалини

При нагріванні заготовок у печах їх поверхня окислюється. Окисли утворюють поверхневий твердий, крихкий непластичний шар – окалину. При прокатці окалина псує поверхню як прокату, так і валків. Особливо це стосується листової прокатки, де до якості поверхні висуваються більш жорсткі вимоги. Тому в лінії листових, а останнім часом і сортових станів встановлюють пристрої для видалення окалини.

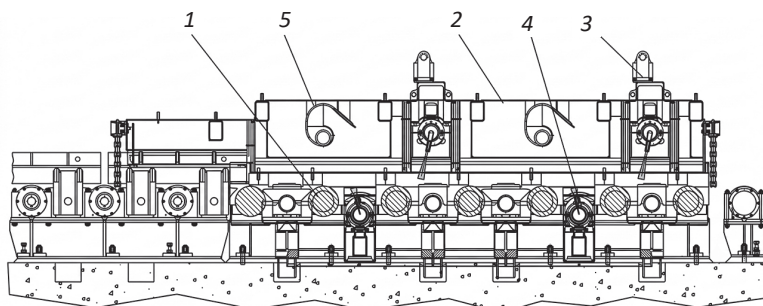
Одним із способів видалення окалини внаслідок її крихкості є механічне руйнування. Для цього раніше використовували спеціальні двохвалкові робочі кліті – окалиноломачі, у яких при невеликих обтисненнях під дією сили прокатки та витяжки основного металу окалина руйнувалась і відокремлювалась

з поверхні прокату. Однак досвід гарячої прокатки, у тому числі і у окалиноломачах, дозволив виявити інші фізичні механізми видалення окалини, пов'язані з подачею води на поверхню прокату. Це вибухоподібне випаровування води в поверхневому шарі, енергія якого руйнує окалину, а також відрив окалини від основного металу внаслідок охолодження і зменшення розмірів і змивання часток розбитої окалини водою [49]. Тому на сучасних прокатних станах замість окалиноломачів використовують більш простий і дешевий пристрій – гідрозбив окалини. У ньому механічний вплив валків на окалину замінений ударною дією струменів води, яка під тиском 10–25 МПа через спеціальні сопла подається на поверхню металу. При цьому реалізуються і три інших фізичних принципи видалення окалини.

Сам пристрій гідрозбиву окалини (рис. 15.2) складається із секції рольгангу, встановленої в коробчастому корпусі.



а



б

Рисунок 15.2 – Пристрій гідрозбиву окалини: загальний вигляд (а) та схема (б) [14; 15]

У верхній частині корпусу та між роликами рольгангу встановлені колектори із соплами для подачі води під тиском. Між верхніми колекторами встановлені вентиляційні пристрої.

Важливими параметрами для визначення продуктивності гідрозбиву та ударної дії води є форма сопел, відстань від металу та кути під якими вони розміщені відносно металу (рис. 15.3). Це кут крутіння β та кут розбризкування α . Вони переважно складають $\alpha=26\ldots30^\circ$, $\beta\approx15^\circ$. Сопла зазвичай виконують прямокутними або еліптичними.

Відстань від сопел до поверхні металу становить 180–220 мм. Параметри відстані сопел від поверхні металу і кута розбризкування α є вихідними для розрахунку ширини струменя і кількості сопел для прокату відомої ширини.

Другою важливою складовою гідрозбиву є система створення й акумулювання води під тиском (напірної води). У технологічних лініях станів використовують системи створення напору води із поршневими або відцентровими насосами з гідравлічним акумулятором та поршневими і відцентровими насосами без гідравлічного акумулятора.

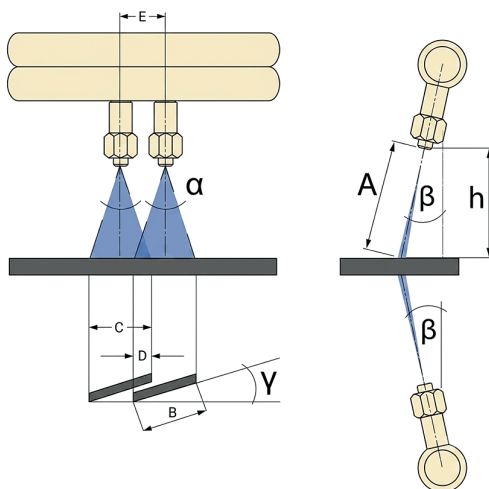
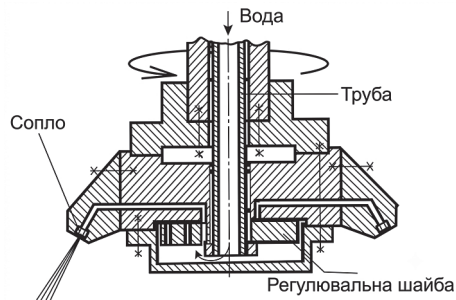


Рисунок 15.3 – Схема розташування струменя води при розбризкуванні із сопла: α – кут розбризкування; β – кут крутіння; γ – кут нахилу; h – відстань між соплами й поверхнею прокату [14]

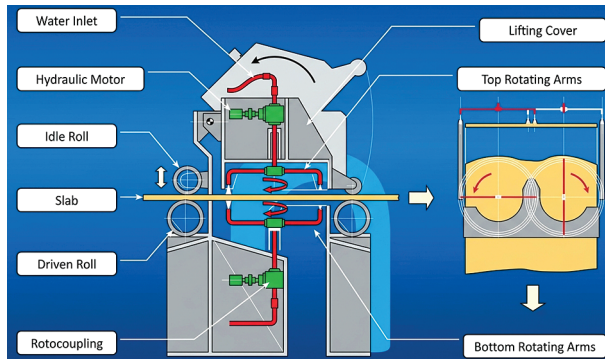
Для ТЛС і ШСГП найбільш ефективними є системи з гідравлічним акумулятором і відцентровими насосами [4].

Подальшими тенденціями розвитку систем гідрозбиву є зниження тепловтрат, енергоспоживання та зменшення температурних втрат, отже, і вартості встановленого устаткування, підвищення якості очищення металу. Одним з нових рішень є пристрої з роторними головками.

У гідрозбиві з роторними головками використовуються, як правило, круглі сопла суцільного струменя. Вони створюють струмінь води з дуже малою витратою, що впливає на дуже малу площу, і тому створюють дуже високий тиск удару. Тиск у цих системах становить від 30 до 60 МПа при витратах води до 500 л/хв, а тиск удару в 10 разів більший, ніж удар із плоского



а



б

Рисунок 15.4 – Варіант виконання роторної головки (а)
та схема роторного гідрозбиву фірми Danieli (б) [14]



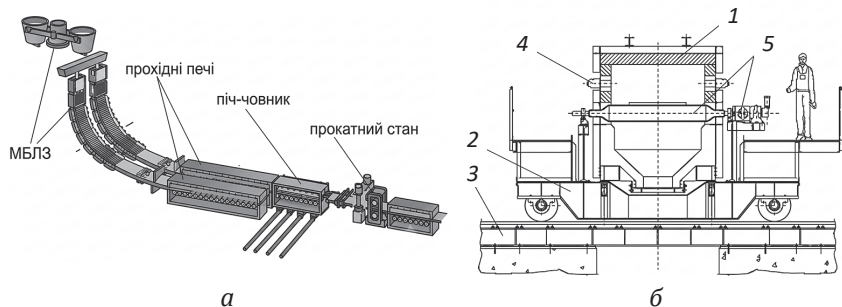
сопла, тому такий струмінь називають «металевим прутом». Сопла встановлюються на обертових головках. Вони обертаються електродвигуном або внаслідок реактивної сили водяного струменя зі швидкістю до 1500 об/хв. Головки рухають струмінь по дузі; 5–6 таких головок достатньо, щоб покрити повну ширину заготовки. В результаті такий тип гідрозбиву використовує дуже малу витрату при високому тиску удару. Крім того, така конструкція значно компактніша за звичайний гідрозбив (рис. 15.4, б).

15.3 Передатний пристрій ливарно-прокатного модуля

З метою забезпечення необхідної продуктивності широкоштабових ливарно-прокатних модулів (ЛПМ) в них використовують двохривчаків слябові машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ). В цьому випадку виникає необхідність зводити два потоки слябів з МБЛЗ в одну лінію прокатного стану. У результаті експлуатації кількох різновидів ЛПМ з різними компонуваннями обладнання [7] найбільш ефективним способом для суміщення МБЛЗ з прокатним станом було визнано передатний пристрій, відомий як піч-човник (shuttle furnace) [14] або паром для слябів (slab transfer ferry) [7], який використовується в ЛПМ CSP (Compact Strip Production) та їм подібних.

Піч-човник (будемо використовувати цей термін) встановлена за прохідними роликівими печами, які входять до кожного з двох потоків МБЛЗ (рис. 15.5, а (див. с. 347)) і які є необхідним обладнанням ЛПМ. При цьому один з потоків суміщений з прокатним станом, а другий паралельний йому. Сама піч-човник (рис. 15.5, б (див. с. 347)) є секцією прохідної роликової печі 1, яка встановлена на самохідному візку 2. Візок рухається по напрямних рейках 3, перпендикулярних лінії агрегату, і при суміщенні з прохідною піччю стає її продовженням.

Довжина печі-човника розрахована на розміщення одного сляба. Пальники 4 встановлені в стінках печі і з'єднуються



- 1 – корпус печі; 2 – самохідний візок; 3 – напрямні рейки;
4 – пальник; 5 – підний ролик з приводом

Рисунок 15.5 – Під-човник: схема розміщення в лінії ЛПМ (а) та поперечний переріз (б) [14]

з газопроводом гнучкими рукавами. Підні ролики 5 (рольганг) мають індивідуальні приводи. Варіанти приводу візка 2 можуть бути різними, але найбільш розповсюдженим є привід від мотор-редукторів, встановлених на приводних колесах.

На схемі (рис. 15.5, а) сляб безпосередньо з прохідної печі через під-човник надходить до прокатного стану. Після цього під-човник переміщується до паралельної печі, приймає з неї сляб, повертається у лінію стану і передає його до лінії прокатки, після цикл повторюється.

|| 15.4 Термозахисні екрани

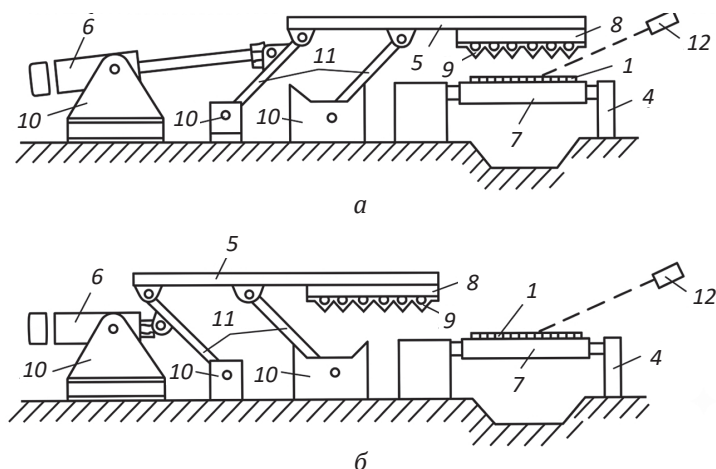
Температурний режим прокатки на широкоштабових станах є одним з основних чинників, від якого залежать енергосилові параметри процесу та якість гарячекатаних штаб. Тому підтримання потрібної температури та мінімізація втрат тепла є актуальною задачею. Більшість заходів із збереження температури пов'язані із проміжним рольгангом між чорновими та чистовими клітьми, де внаслідок великої поверхні теплообміну та відкритого контакту з повітрям штаба охолоджується найбільш інтенсивно. Серед конструкційних рішень найбільш

ефективними є захисні екрани та проміжні перемотувальні пристрої (ППП).

Захисні екрани є своєрідною «ковдрою», яка блокує теплообмін між навколишнім середовищем та гарячим прокатом. Вони являють собою теплоізолювальні панелі, встановлені над проміжним рольгангом. Завдяки відносній простоті їх встановлюють як на нові, так і при модернізації існуючих ШСГП навіть першого покоління [1].

Залежно від способу обмеження теплообміну екрани поділяють на термовідбивні, термоакумуючі і термоактивні.

Термовідбивні екрани насамперед знижують температурні втрати від випромінювання і частково обмежують конвекційний теплообмін. Конструкція термовідбивного екрану Р. Грея [4] показана на рис. 15.6. Його робоча частина складається із закріплених на тягах 5 пластин 8, на яких закріплені відбивні панелі-рефлектори 9, які розміщені над проміжним рольгангом на висоті біля 0,8 м та виконані гофрованими з полірованого алюмінію. Для обслуговування або у разі



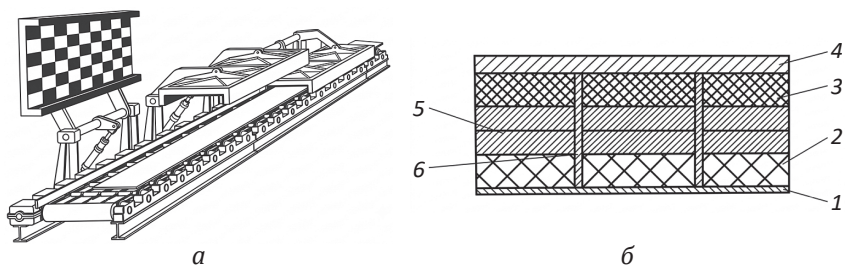
- 1 – прокат; 4 – опори рольгангу; 5 – тяги; 6 – гідроциліндр;
7 – рольганг; 8 – пластина; 9 – рефлектор; 10 – станина;
11 – важелі; 12 – пірометр

Рисунок 15.6 – Схема теплового екрану Р. Грея:
робоче положення (а); неробоче (б) [1]

прокатки товстих штаб екрани відводяться важільно-гідравлічним механізмом 10–11.

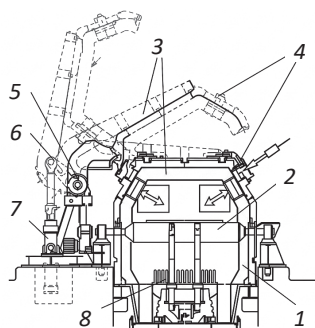
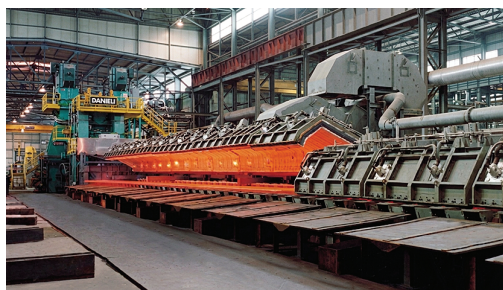
Термоаккумулятивний екран (рис. 15.7) виконаний у вигляді кришки-ємності 4, у якій знаходиться матеріал 2, який акумулює тепло, та теплоізоляційні матеріали 3, 5. З боку рольгангу кришка закрита тонкою мембраною 1. На початку прокатки екран, акумулює тепло від штаби. Надалі нагрітий екран підтримує температурний баланс і практично припиняє конвективний теплообмін прокату.

Термічно активний екран виконаний як прохідна роликів пів з підйомним склепінням (рис. 15.8). У корпусі 1 встановлені



1 – мембрана; 2 – теплоізолятор МКРР-110;
3 – теплоізолятор (базальтова вата); 4 – кришка зовнішня;
5 – теплоізоляційна вставка; 6 – перегородка

Рисунок 15.7 – Термоаккумулятивний екран: загальний вигляд (а) [4] та схема термоаккумулятивної панелі (б)



1 – корпус; 2 – ролики; 3 – склепіння; 4 – пальники; 5 – вал;
6 – важіль; 7 – гідроциліндр; 8 – панелі-теплоізолятори

Рисунок 15.8 – Термічно активний екран [14]



приводні ролики 2 як частина проміжного рольгангу. У підйомному склепінні (кришці) 3 розміщені газові пальники 4. Склепіння 3 жорстко встановлене на валу 5, який приводиться гідроциліндром 7 через важіль 6. Склепіння підіймають, коли температури нагріву вистачає до кінця прокатки без використання екранів. Для обмеження витоку тепла через нижню частину призначені теплоізоляційні панелі 8 під рольгангом.

Перевагою термічно активного екрану є можливість створення будь-якого потрібного температурного режиму прокатки. Недоліком є те, що температуру примусово підтримують за рахунок додаткових витрат палива. Тому необхідно обґрунтовувати доцільність таких екранів в кожному конкретному випадку.

|| 15.5 Проміжні перемотувальні пристрої типу CoilBox

Незважаючи на свою ефективність стосовно збереження тепла прокату, захисні екрани знижують, але не усувають явище перепаду температур між початком та кінцем штаби – температурний клин.

Ця задача більш ефективно вирішується у проміжних перемотувальних пристроях (ППП). Принцип роботи PPP полягає у змотуванні прокату у рулон між чорною та чистою групами клітей ШСГП і наступному розмотуванні для задавання у чистові кліті. В цьому разі початок і кінець штаби міняються місцями, що дозволяє вирівняти температуру по довжині і усунути температурний клин. Крім того, у штабі, змотаній у рулон, значно обмежується контакт з повітрям. Відповідно, зменшується теплообмін і знижується утворення вторинної окалини. Ще однією перевагою є те, що компактні розміри PPP і змотаного рулону дозволяють зменшити довжину проміжного рольгангу і стану в цілому.

Щодо недоліків, то майже вдвічі зростає час знаходження прокату на проміжному рольгангу (змотування + розмотування), що в сукупності із низькою швидкістю змотування у PPP знижує продуктивність стану. Також має місце обмеження по товщині,



яку можна змотувати, яка нпвїть на сучасних пристроях не перевищує 45 мм [14].

Найбільш відомим і поширеним ППП є пристрій «CoilBox», розроблений фірмою SteelCo (Канада) [1]. Сучасна версія «CoilBox» фірми Danieli наведена на рис. 15.9 (див. с. 352).

Працює пристрій наступним чином. Штаба з проміжного рольгангу по напрямних 2 подається у ролики 3, де її початок отримує згин, кривизна якого відповідає внутрішньому діаметру рулону (рис. 15.9, а). Зігнута штаба надходить до роликів 5, що утворюють роликову проводку, у якій під дією її руху формується рулон. По мірі зростання діаметру рулону роликова обойма 5 опускається гідроциліндрами 9.

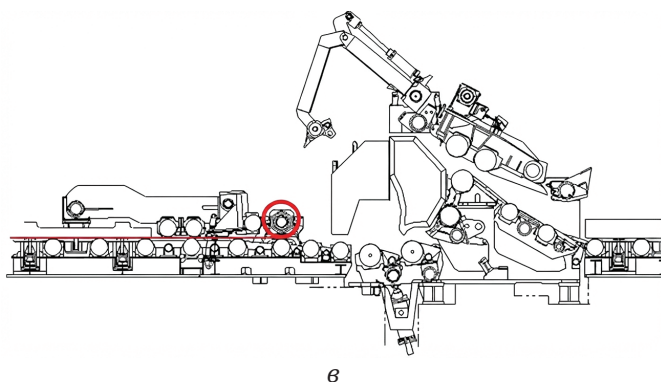
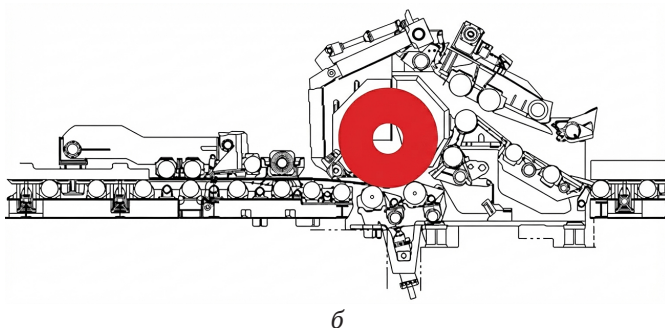
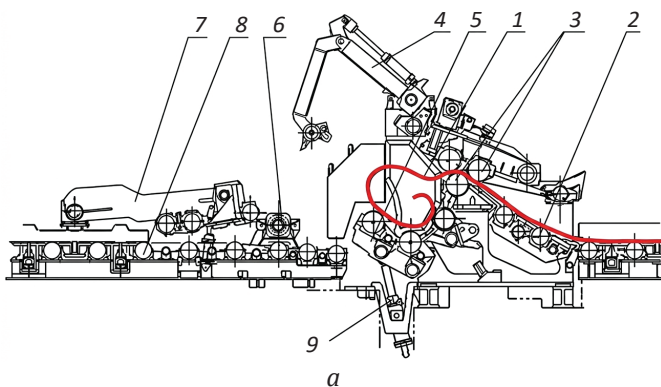
Коли змотування закінчене, на рулон опускається відгинач 4 (рис. 15.9, б), який відокремлює зовнішній виток (кінець штаби, що стає її початком) від рулону і підіймається. Роликами 5, а потім тягнучими роликами 6, 7 рулон розмотується на рольганг 8.

Коли залишок розмотаного рулону має вже невелику масу (рис. 15.9, в), ролики 7 висмикують його з коїлбоксу, у який входить наступна штаба. Це дозволяє дещо скоротити час роботи з однією штабою і збільшити продуктивність.

З метою збільшення продуктивності розроблено конструкції ППП, які дозволяють одночасно змотувати наступний і розмотувати попередній рулони. Це дозволяє скоротити час роботи ППП до часу проходження штаби по проміжному рольгангу.

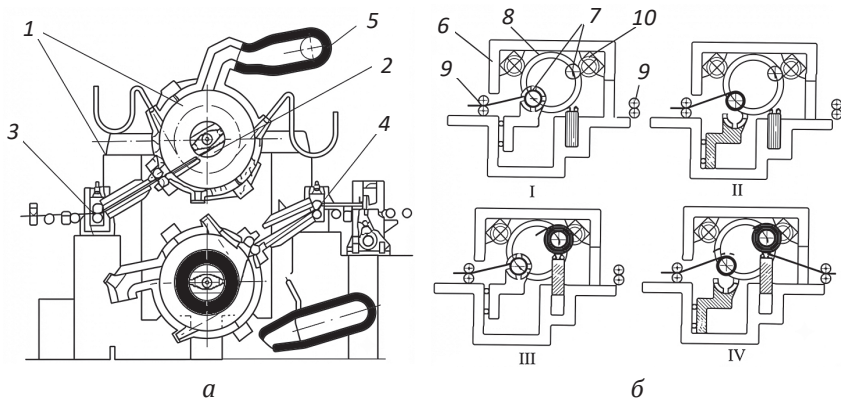
У ЛПМ фірми Arvedi (Італія) встановлено пристрій Cremona box, у якому об'єднано дві пічні моталки (рис. 15.10, а (див. с. 353)), корпуси 1 яких можуть провертатись.

На вході й виході пристрою встановлені проводки 3, 4, які можуть переміщатись від однієї камери до іншої. Нагрівання камер виконують установки гарячого дуття 5. На рис. 15.10, а показана стадія початку намотки штаби на верхній барабан (проводка 3 у верхньому положенні) і початок розмотування з нижнього барабана (проводка 4 у нижньому положенні). Після закінчення розмотування з нижньої камери вона повертається в положення змотування, і до неї підводиться проводка 3. Верхня камера з рулоном повертається у положення розмотування,



1 – прокат; 2 – напрямні ролики; 3 – згинальні ролики;
 4 – відгинач; 5 – роликова обійма; 6, 7 – тягнучі ролики;
 8 – рольганг; 9 – гідроциліндр

Рисунок 15.9 – Стадії роботи CoilBox [14]: початок формування рулону (а); початок розмотування (б); закінчення розмотування (в)



1 – печі; 2 – барабан; 3 – вхідна проводка; 4 – вихідна проводка; 5 – подача дуття; 6 – корпус; 7 – барабан; 8 – ротор; 9 – ролики подавально-тягнучі; 10 – приводна шестірня

Рисунок 15.10 – Схема ППП Cremona box (а) [50]
та принципова схема ППП Mandrell box (б)

до неї підводиться проводка 4, через яку проходить розмотувана штаба. При цьому у камерах підтримується потрібна температура.

На фірми Danieli розроблена конструкція ППП Mandrell box (рис. 15.10, б), в основу якої покладено принцип дії карусельної моталки (див. п.п. 13.2.3). Пристрій складається з корпусу 6, ротору 8 з барабанами 7. Роторі приводиться через шестерню 10 і зубчастий вінець, Робота в цілому співпадає з роботою карусельних моталок.

Перевага цих конструкцій у порівнянні з CoilBox полягає у збільшенні продуктивності за рахунок поєднання часу змотування і розмотування штаби. Недоліком є те, що вони більш складні і дорогі.



|| 15.6 Правильні машини

Правильні машини призначені для виправлення дефектів прямолінійності сортового та дефектів площинності листового прокату, які виникають внаслідок різниці витяжок сусідніх шарів металу по ширині або товщині. На більшості станів вони встановлені на дільницях обробки прокату. В технологічних лініях безпосередньо прокатних станів на ТЛС використовуються багатороликові правильні машини гарячої правки листів, які і розглянуті нижче.

Правка в багатороликових листоправильних машинах відбувається багаторазовим знакозмінним вигином прокату між розташованими в шаховому порядку робочими роликами. При цьому в зовнішніх волокнах смуг виникають напруження, що досягають порогу текучості. Ефективність виправлення металу на роликових правильних машинах залежить від діаметра й кроку робочих роликів, їхньої кількості, швидкості виправлення та ін. Найбільше ефективно на цих машинах усувається подовжня хвилястість гарячекатаних листів.

Процес правлення полягає в наступному. При згині навколо ролика одні шари металу розтягуються, протилежні – стискаються. При цьому виникають напруження, які для коротких ділянок металу сягають порогу текучості. Короткі шари деформуються пластично, довгі – пружно, тобто відбувається вирівнювання довжини і відповідно, поверхні металу.

Основні параметри багатороликових правильних машини: діаметр роликів D ; довжина бочки роликів L ; крок роликів t ; кількість роликів n ; товщина прокату h .

Діаметр роликів D вибирають мінімально можливим за умов його міцності та деформації.

Крок роликів зазвичай дорівнює $t=1,1D$.

Довжина бочки роликів $L=B_{\max}+(100-200)$ мм, де $B_{\max}$ – максимальна ширина прокату для даної машини.

Кількість роликів n у листоправильних машинах непарна. Вона залежить від товщини металу, що його правлять. Чим більша товщина h , тим менше роликів. Зазвичай для товщин більше 4 мм приймають 7–11 роликів, а для товщин менше



4 мм – 13–17 роликів. У правильних машинах для виправлення тонких холоднокатаних смуг з великою межею текучості може бути 19–29 роликів.

Швидкість виправлення також залежить від товщини прокату та температурного стану. Для тонкого прокату (0,5–4 мм) швидкість дорівнює 0,5–6 м/с; для товстих листів (4–30 мм) у холодному стані – 0,5–0,1 м/с, у гарячому – 1,0–0,3 м/с.

Основними видами поздовжнього налаштування роликів правильних машин є паралельне (рис. 15.11, а), похиле (рис. 15.11, б), та індивідуальне (рис. 15.11, в) налаштування. Інші види налаштувань є комбінаціями вказаних і використовуються більш обмежено.

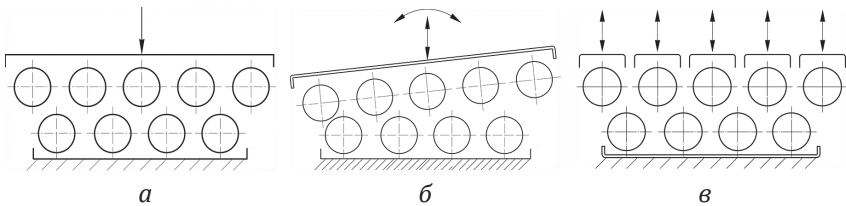


Рисунок 15.11 – Основні типи поздовжніх налаштувань правильних машин: паралельне (а); похиле (б); індивідуальне (в)

Машини із груповим паралельним налаштуванням уздовж осі (рис. 15.11, а) застосовують для гарячої правки листів при відсутності підвищених вимог до площинності.

Групове похиле налаштування нахилом (рис. 15.11, б) використовують, переважно, при правці тонких листів і смуг у холодному стані.

Правка листів на машинах з індивідуальним настроюванням роликів (рис. 15.11, в) є найбільш ефективною. Індивідуальне настроювання дозволяє створити найкращі умови для задавання листів в ЛПМ, одержати необхідні ступені кривизни у всіх перерізах по довжині листа й домогтися максимального зниження залишкових напружень і кривизни при похилій установці останніх роликів.

На рис. 15.12 (див. с. 356) наведені поперечні налаштування роликів, призначені для виправлення як рівномірно, так і нерівномірно розміщених по ширині листа дефектів площинності.

Паралельне поперечне настроювання роликів верхнього й нижнього ряду (рис. 15.12, *а*) розраховане на виправлення позовжньої кривизни листа. Для правки інших дефектів, характерних для листів і смуг, зокрема, коробуватості, необхідно, щоб деформації вигину нерівномірно розподілялися по ширині (рис. 15.12, *б-г*). Груповий перекис роликів одного ряду відносно осі правки (рис. 15.12, *б*) або індивідуальний перекис кожного з роликів (рис. 15.12, *в*) створює неоднакові деформації по краях і посередині смуги.

Більш широкі можливості для варіювання розподілом деформацій по ширині смуги дає вигин робочих роликів (рис. 15.12, *г*). У комбінації з поперечним перекосом таке настроювання дозволяє виправляти різні види коро. Конструктивно роликові вузли листоправильних машин виконуються переважно з робочими й опорними роликами (рис. 15.13, див. с. 357). Опорні ролики забезпечують необхідну міцність роликового вузла під дією сили правки.

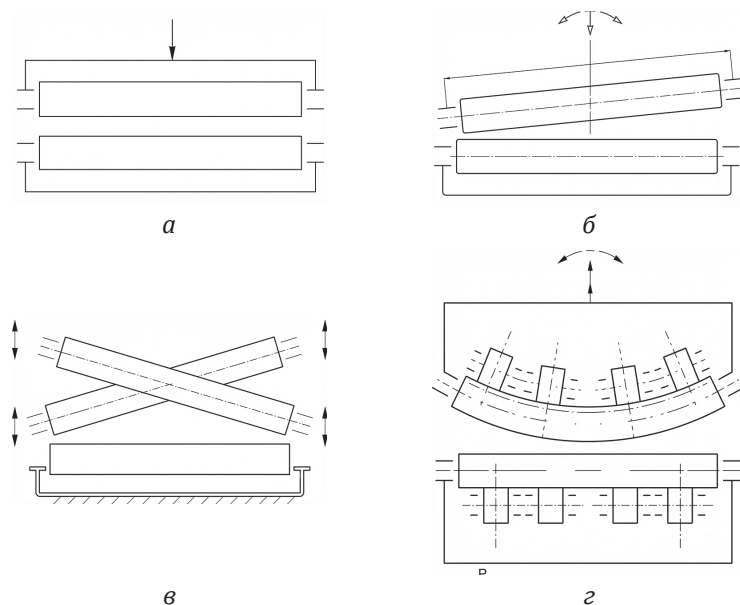


Рисунок 15.12 – Схеми поперечних налаштувань роликів: паралельна (*а*); похила (*б*); з перекосом роликів (*в*); з вигином роликів (*г*)

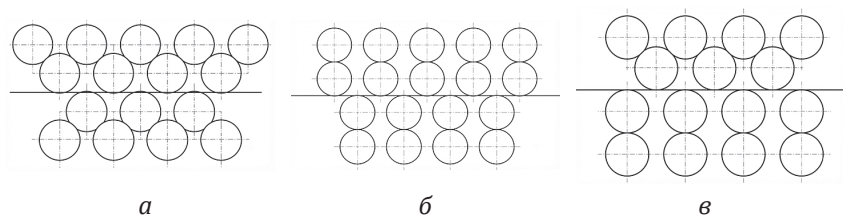


Рисунок 15.13 – Роликові вузли з шаховим (а), попарним (б) та змішаним (в) розташуванням опорних роликів

Опорні й робочі ролики можуть розташовуватися у шаховому порядку (рис. 15.13, а), попарно (рис. 15.13, б), або за змішаною схемою (рис. 15.13, в). По довжині одного робочого ролика можуть розташовуватися від одного до більш ніж десяти опорних роликів. В останньому випадку вони виконані у вигляді дисків, розміщених по довжині робочого ролика в шаховому порядку (рис. 15.14).

Шахове розміщення опорних роликів відносно робочих (рис. 15.13, а) забезпечує сприйняття як вертикальних, так і горизонтальних навантажень, що діють на робочі ролики. Машини із шаховим розташуванням опорних роликів застосовують зазвичай для холодної правки листів і смуг, що не мають окалини.

Попарне (опозитне) розташування опорних і робочих роликів (рис. 15.13, б) застосовують, переважно, у машинах гарячої правки, тому що забезпечується вільне видалення окалини між роликами.

Змішане розташування опорних і робочих роликів (рис. 15.13, в) використовують у машинах для холодної правки гарячекатаних листів, на яких є окалина.



Рисунок 15.14 – Розміщення опорних роликів-дисків [15]



Робочі й опорні ролики для холодної правки виготовляють зі сталі марок 9Х, ШХ15, 12ХН2А (остання для роликів діаметра менше 90–100 мм), що мають підвищену міцність, високу твердість і підвищений опір зношуванню. Бочки роликів піддають поверхневому гартуванню до твердості HRC 55–65. Ролики для гарячої правки виготовляють зі середньовуглецевої сталі й можуть наплавляти твердими сплавами.

Машини для правки листового металопрокату можуть мати конструкцію станинного або колонного типу. В першому випадку робочі й опорні ролики розміщені в касетах, які аналогічно валковим вузлам прокатної кліті, розташовуються у вікнах станин. У другому випадку роль станини виконують чотири колони, на яких розміщені траверси з касетами роликів вузлів.

Паралельне або похиле настроювання роликів здійснюється, як правило, переміщенням верхніх касет за допомогою натискних механізмів. У старих машинах використовуються електромеханічні, а в сучасних – переважно гідравлічні механізми налаштувань роликів. Незважаючи на широке поширення й постійне вдосконалення, електромеханічні натискні пристрої мають наступні недоліки: незадовільна відтворюваність, низька точність, надмірна інерційність, складності сполучення з автоматизованою системою керування технологічним процесом, а також відсутність запобіжних функцій при перевантаженнях [51]. Цих недоліків гідравлічні натискні механізми позбавлені.

Для індивідуального настроювання використовуються додаткові механізми налаштування роликів, розміщені в касетах.

На рис. 15.15, 15.16 (див. с. 359) представлена конструкція 9-роликової листоправильної машини станинного типу з паралельним налаштуванням робочих роликів електромеханічним натискним механізмом з можливістю індивідуального налаштування вхідного та вихідного роликів [51]. Кожний робочий ролик має два опорні, загальне розташування опорних роликів попарне.

Такий тип машин до 80-х років минулого століття був найпоширеніший для попередньої правки відносно товстих листів у гарячому стані.

На рис. 15.17, 15.18 (див. с. 360) показана 9-роликова ЛПМ колонного типу фірми Danieli для правки товстих листів,

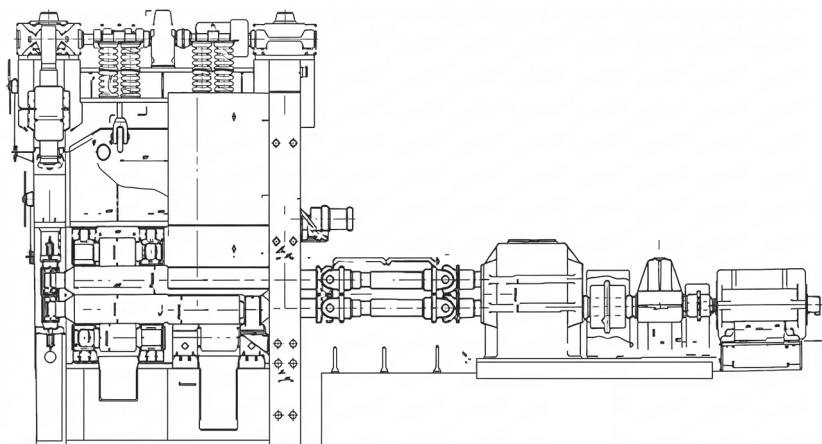


Рисунок 15.15 – Машина листоправильна $9 \times 300 \times 2800$
(вид по головній лінії кліті) [51]

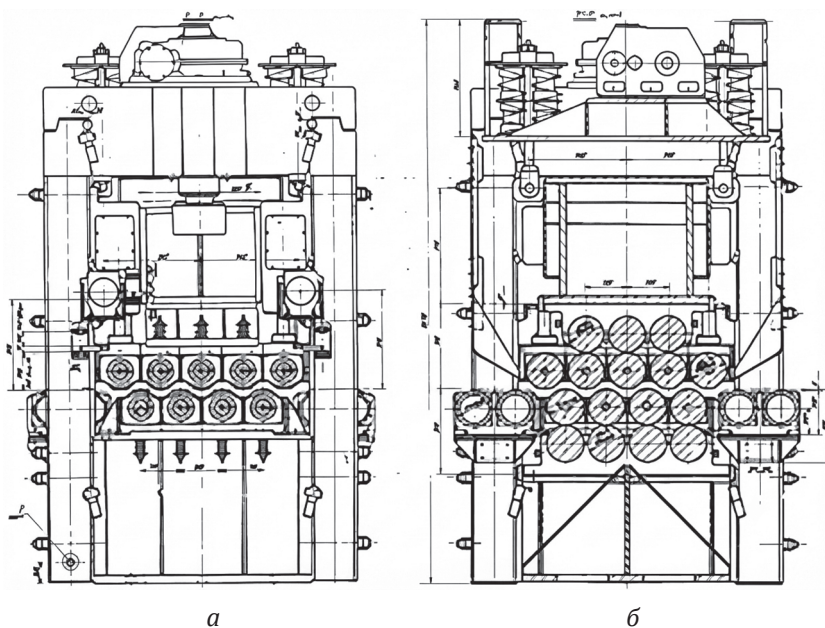
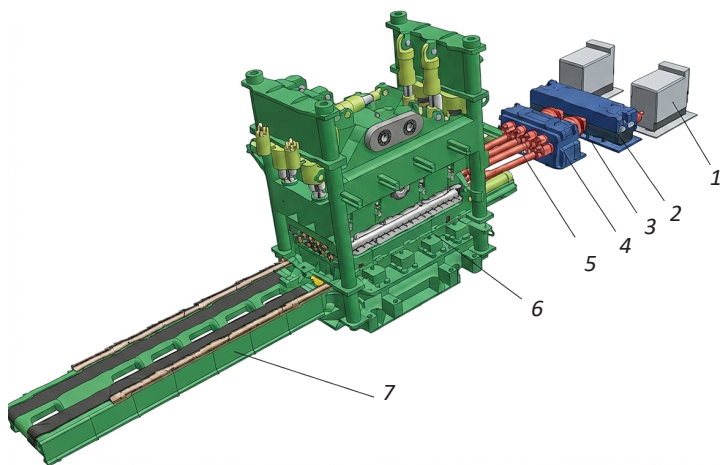


Рисунок 15.16 – Машина листоправильна $9 \times 300 \times 2800$:
вид з боку обслуговування (а) та переріз по роliках (б) [51]

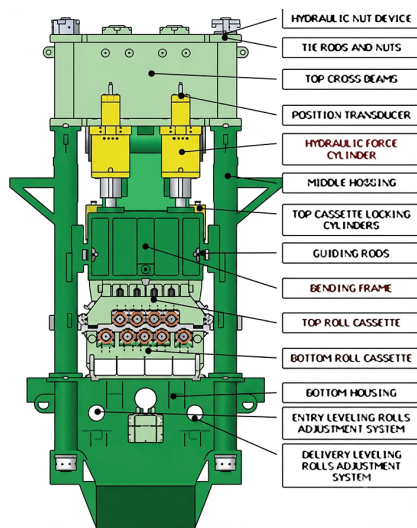


- 1 – двигуни; 2 – редуктор; 3 – муфти; 4 – роздана коробка;
 5 – шпинделі; 6 – правильна машина;
 7 – пристрій для перевалки

Рисунок 15.17 – Головна лінія машини листоправильної гарячої правки фірми Danieli [15]



а



б

Рисунок 15.18 – Машина листоправильна гарячої правки фірми Danieli (робоча кліть): загальний вигляд (а) та схема (б) [15]



що оснащена гідравлічними натискними механізмами та гідравлічними приводами індивідуальних налаштувань кожного з робочих роликів [15]. Асинхронна робота передньої та задньої по ходу правки пари натискних гідроциліндрів дозволяє здійснювати позовжнє похиле налаштування роликів, а правої та лівої по ходу правки пари – поперечне (рис. 15.19).

Одним із сучасних напрямків у розвитку процесів виправлення листового прокату є усунення дефектів площинності, нерівномірно розподілених по ширині листів за рахунок поперечного налаштування роликів (рис. 15.13, б-г).

У наш час на багатьох листоправильних машинах, у тому числі і на ЛПМ фірми Danieli, знайшла використання конструкція фірми SMS DEMAG з «ламкою» верхньою траверсою, схема якої представлена на рис. 15.20 (див. с. 362).

Основною перевагою такої конструкції є можливість позовжнього вигину правильних роликів (рис. 15.13, г) для виправлення як центральної, так і крайової хвилястості.

Верхня траверса складається з двох половин 1 і 2 (рис. 15.20, а), з'єднаних шарніром 3. В траверсі за допомогою гідравлічних циліндрів 5 утримуються касети 4 з робочими та опорними роликами.

За допомогою гідроциліндра 10 та важеля 9 повертається ексцентрик 8, при цьому змінюється відстань між

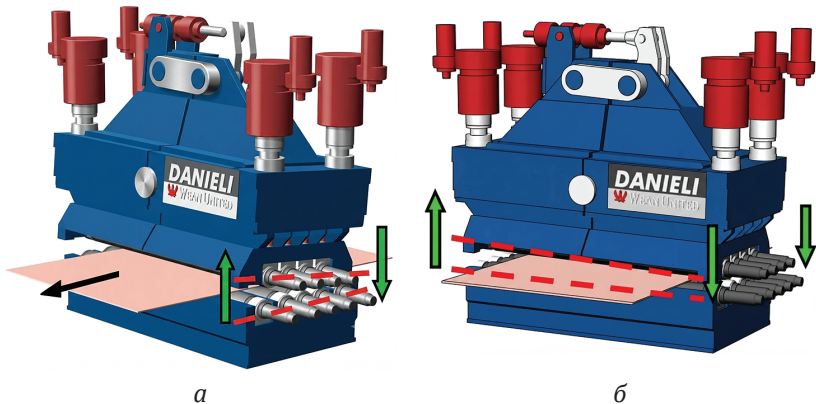
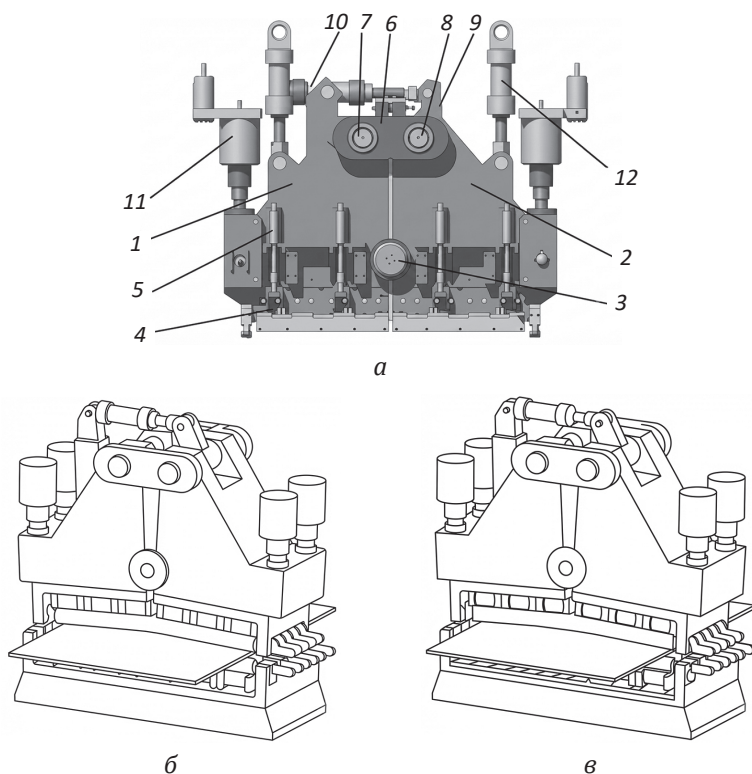


Рисунок 15.19 – Поздовжнє (а) та поперечне (б) регулювання роликів верхньої касети натискними гідроциліндрами [15]

шарнірами 7 і 8, з'єднаними тягою 6, а отже і зазор між верхніми частинами напівтраверс 1, 2, які провертаються навколо шарніра 3 у взаємно протилежному напрямку. При цьому робочі ролики одержують внаслідок прогину одне з настроювань, зображених на рис. 15.19, б, в. На рис. 15.19, а також приведені натискні гідроциліндри 11, штоки яких опираються через під'ятники на поверхню траверси, та гідроциліндри врівноваження 12.



- 1, 2 – напівтраверси; 3 – шарнір; 4 – касета;
 5 – гідроциліндр; 6 – тяга; 7 – шарнір; 8 – ексцентрик;
 9 – важіль; 10 – гідроциліндр; 11 – натискний гідроциліндр;
 12 – гідроциліндр врівноваження

Рисунок 15.20 – Конструкція ламкої траверси листоправильної машини (а) та схеми вигинів по середині (б) та по краях (в) [15]



Основний недолік цієї конструкції – низька навантажувальна здатність, тому що найбільш навантаженим елементом є вісь шарніру 3, навколо якої відбувається поворот частин верхньої траверси.

У ряді випадків застосовують примусовий вигин робочого ролика за допомогою механізмів, дискретно розташованих по довжині його бочки. На рис. 15.21 показана конструкція 11-роlikової правильної машини фірми Fagor Arrasate (Іспанія) з механізмом вигину нижніх робочих роликів у вигляді п'яти рухливих упорів, розміщених під касетами опорних роликів-дисків [51].

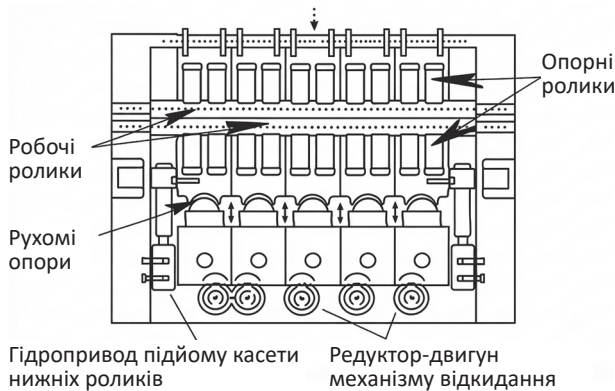


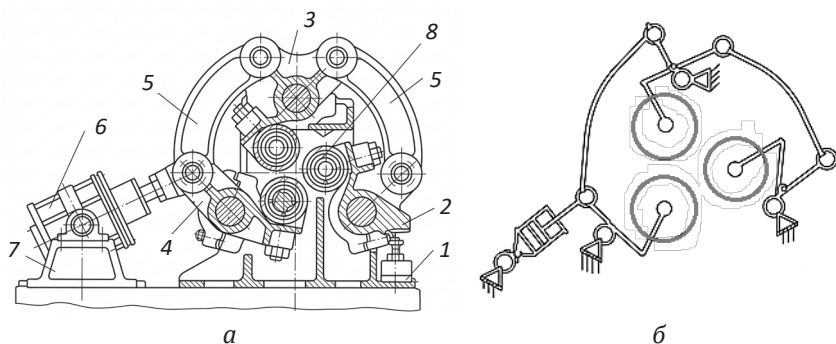
Рисунок 15.21 – Роликовий вузол 11-роlikової листоправильної машини фірми Fagor Arrasate (розріз по роliках) [51]

|| 15.7 Допоміжне обладнання трубопрокатних станів

15.7.1 Центрувальний пристрій прошивного стану

З вихідного боку робочої кліти прошивного стану встановлені центрувальники оправки з гільзою, які утримують їх на осі прокатки. Точне, без коливань, встановлення оправки з дорном забезпечує відсутність різностінності труби, а центрування гільзи запобігає бовтанці її на виході з кліти.

Конструкція триважільного центрувальника оправки та труби представлена на рис. 15.22. Гільза з оправкою центрується трьома бочкоподібними роликами 8, осі яких паралельні осі оправки. Основою центрувальника є жорстка лита станина 1 коробчатого типу. У станині на підшипниках кочення змонтовано опорні осі, на яких насаджено важелі 2–4. Одні кінці цих важелів скріплені з корпусами, що несуть на осях ролики. Інші кінці важелів шарнірно з'єднані між собою двома однаковими тягами 5. Приводом центрувальника служить пневмоциліндр 6, встановлений на стійці 7 і шарнірно з'єднаний з одним з важелів центрувальника.



1 – корпус; 2, 3, 4 – двоплечі важелі з роликами; 5 – важіль-тяги; 6 – гідроциліндр; 7 – опора; 8 – центрувальний ролик

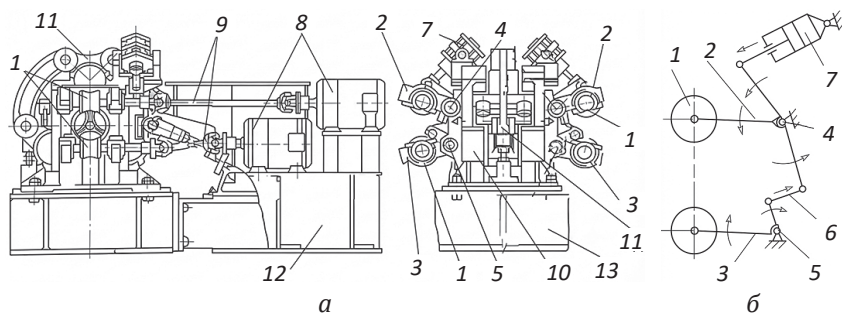
Рисунок 15.22 – Конструкція (а) та кінематична схема (б) трироликового центрувального пристрою

При центруванні гільзи ролики зведені, а при виштовхуванні синхронно відводяться від неї гідроциліндром 6.

15.7.2 Виштовхувальні ролики прошивного стану

На рис. 15.23 (див. с. 365) показаний центрувально-виштовхувальний пристрій, у якому на рамі 13 змонтовано дві пари виштовхувальних приводних роликів 1 і розглянутий вище механізм центрувальних роликів 11.

Виштовхувальні ролики 1 на підшипниках встановлені на важелях 2 (трьохплечому) і 3 (двоплечому), які шарнірно з'єднані між собою тягою 6. Важелі 2, 3 на шарнірах 4, 5 закріплені на стояках 10. Верхнє плече важеля 2 з'єднане зі штоком пневмоциліндру 7, від якого приводиться система важелів 2, 3, 6, яка зводить і розводить ролики 1. Кінематика руху важелів позначена стрілками на рис. 15.23, б. Кожен ролик індивідуально приводиться від двигуна 8 через шпindel 9. Двигуни встановлені на окремій рамі 12.



- 1 – виштовхувальні ролики; 2, 3 – важелі; 4, 5 – шарніри;
6 – тяга; 7 – пневмоциліндр; 8 – електродвигуни;
9 – шпинделі; 10 – стояк; 11 – пристрій центрувальних
роликів; 12, 13 – рами

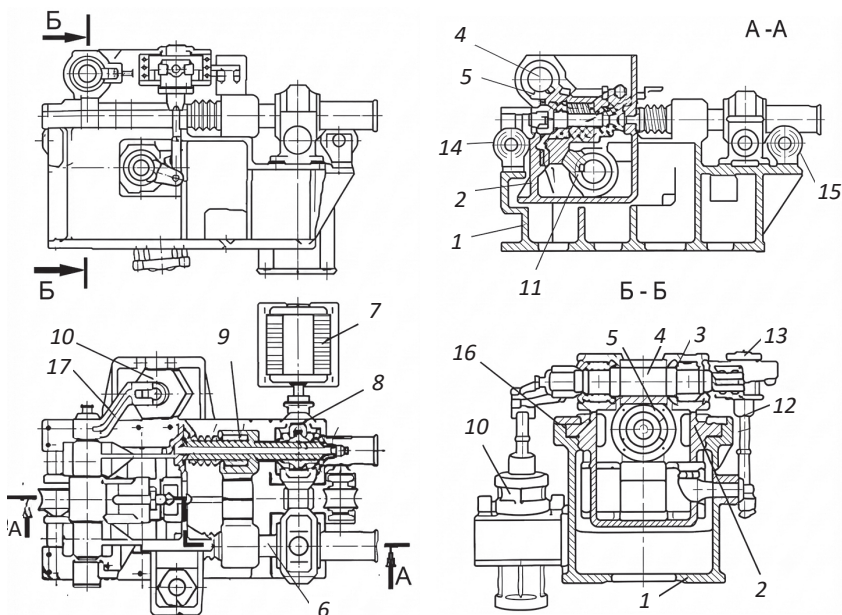
Рисунок 15.23 – Пристрій для видалення гільз зі стану: загальний вигляд (а) та кінематична схема механізму хитання (б)

Для видалення гільзи відбувається одночасне розведення центрувальних і зведення виштовхувальних роликів, при цьому гільза не зміщується з осі прокатки. Силами тертя роликів гільза знімається з оправки дорна і через отвір в упорно-регульовальному пристрої виштовхується вздовж осі з лінії стану на приймальний рольганг. Оправка з дорном утримується в цей час в зоні осередку деформації.

15.7.3 Упорно-регулювальний пристрій прошивного стану

Упорно-регулювальний пристрій показаний на рис. 15.24. В його функції входить: утримання оправки з дорном у осередку деформації і сприймання осевої складової сили прошивання гільзи; вільного обертання оправки з дорном при прошиванні; відведення упорної головки з осі прокатки для відкриття отвору, через який виштовхується гільза зі стану.

У напрямних 16 станини 1 встановлена каретка 2 з упорною головкою 5. Упорна головка 5 закріплена на валу 4, який може обертатись на підшипниках 3 у каретці 2 за допомогою важеля 17 від пневмоциліндру 10. Каретка 2 з'єднана з гвинтами двох черв'ячно-гвинтових механізмів 6, за допомогою яких вона



- 1 – станина; 2 – каретка; 3 – підшипник; 4 – вал;
5 – упорна головка; 6 – черв'ячно-гвинтовий механізм;
7 – електродвигун; 8 – редуктор черв'ячний; 9 – гайка;
10 – пневмоциліндр; 11 – серга; 12 – замикаючий механізм;
13 – пневмоциліндр; 14, 15 – ролики; 16 – напрямна; 17 – важіль

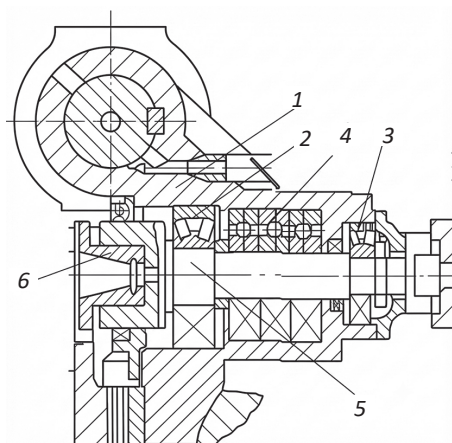
Рисунок 15.24 – Упорно-регулювальний пристрій

переміщується у станині 1 вздовж осі прокатки. Гвинти обох механізмів 6 обертаються від одного електродвигуна 7 через черв'ячні редуктори 8. Гайки 9 гвинтових механізмів зафіксовані у станині 1. Гвинти сприймають осьове навантаження від сили прошивання, що діє на дорн і оправку.

Для фіксації упорної головки 5 у робочому положенні існує замикаючий механізм 12 з сергою 11. Провертання серги 11 у замикаюче положення здійснюється пневмоциліндром 13.

Упорна головка показана рис. 15.25. У отворі корпусу 1 двох сферичних 2, 3 і трьох радіально-упорних шарикопідшипників 4 встановлена вісь 5, яку називають шпинделем. До шпинделя приєднана втулка 6 з конічним гніздом під хвостовик оправки. Шпиндель разом з оправкою обертається у підшипниках 2–4. Осева сила від оправки передається на втулку, далі на шпиндель і через радіально-упорні підшипники 4 на корпус головки 1, з якого замикається через вал 4 (рис. 15.24) на каретку 2.

Перед видаленням гільзи гвинти 6 відводять каретку 2 у крайнє праве положення, оправка виходить із контакту з упорною головкою 5 і утримується перехоплювачем дорна біля робочої кліті. Механізм 12 відводить серги 11 і звільняє упорну



1 – корпус; 2, 3 – сферичні підшипники;
4 – радіально-упорні шарикопідшипники;
5 – вісь; 6 – конічна втулка

Рисунок 15.25 – Упорна головка

головку 5. Пневмоциліндр 10 повертає вал 4 з упорною головкою 5, яка займає положення, показане на рис. 15.26. У каретці 2 після відводу головки 5 по осі прокатки з'являється порожнина. Гільза виштовхувальними роликами знімається з оправки і виштовхується через порожнину по роликах 14, 15 зі стану. Після цього упорно-регулювальний пристрій повертається у початкове положення, кінець оправки фіксується у конічній втулці і починається наступний цикл прошивання.

Опора відкинута для видалення гільзи

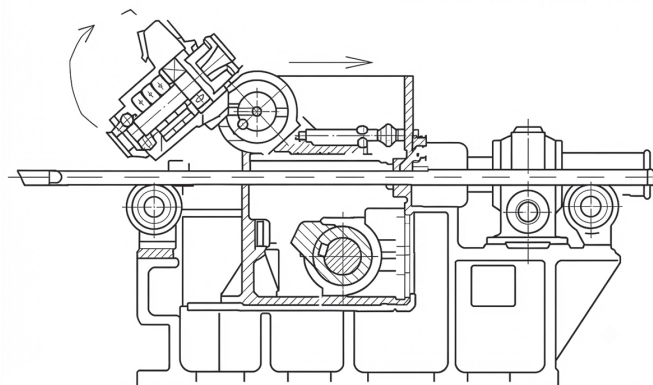


Рисунок 15.26 – Упорно-регулювальний пристрій з опорним вузлом в піднятому положенні

15.7.4 *Механізми розкатного стану для задавання рухомої оправки в гільзу та видалення з прокатаної труби*

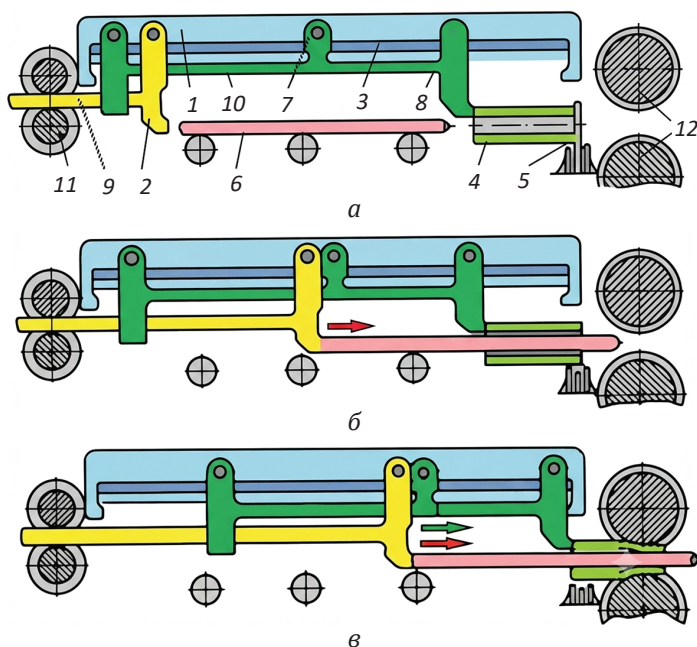
На більшості розкатних станів (окрім автомат-стану) гільзу розкатують на рухомій оправці. Існують два способи задавання оправки в гільзу: на паралельній лінії (позастанове) та на лінії прокатки.

Позастанове задавання оправки у гільзу дозволяє суттєво скоротити час допоміжних операцій, але обладнання вхідної сторони стану ускладнюється. Для задавання оправки у гільзу та задавання оправки з гільзою у валки на лінії прокатки перед станом встановлений спеціальний механізм (рис. 15.27, див. с. 369).



Механізм змонтований на рамі 1, в напрямних 3 якої на роликах встановлені каретки 9, 10 із штовхачами 2, 8 відповідно. У початковому положенні (рис. 15.27, а) гільза 4 перед штовхачем 8 утримується упором 5, оправка 6 знаходиться перед штовхачем 2 каретки 9.

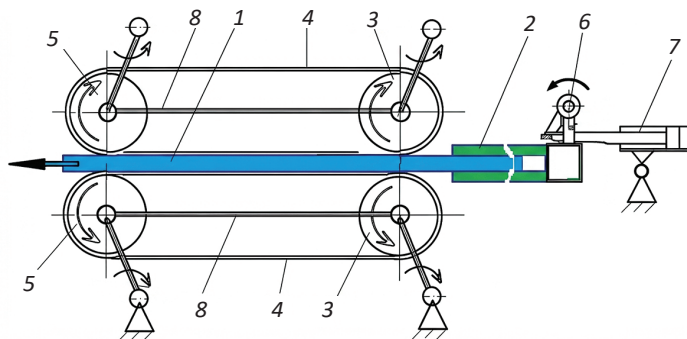
Задавальні ролики 11 переміщують каретку 9, яка штовхачем 5 заводить оправку 6 у гільзу 4, каретка 10 при цьому не рухається. Коли оправка входить у гільзу 4, каретка 9 доходить до упору 7 і своїм рухом приводить у рух каретку 10, одночасно опускається упор 5 (рис. 15.27, б). З цього моменту каретки 9 і 10 рухаються синхронно і штовхачами 2 і 8 відповідно задають одночасно оправку 6 з гільзою 4 у валки 12 робочої кліти розкатного стану (рис. 15.27, в).



- 1 – рама; 2 – штовхач; 3 – напрямні; 4 – гільза;
5 – підйомний упор; 6 – оправка; 7 – упор; 8 – штовхач;
9, 10 – каретки; 11 – задавальні ролики;
12 – валки робочої кліти

Рисунок 15.27 – Пристрій для введення оправки в гільзу й подачі її з оправкою у валки

Після прокатки оправку треба витягти з труби. Для цього на виході з розкатного стану встановлені спеціальні пристрої, прикладом яких є механізм, показаний на рис. 15.28. Механізм складається з двох шарнірних паралелограмів 8 з окремим приводом. На важелях паралелограмів встановлені ведучі (приводні) 5 і ведені 3 зірочки, що приводять замкнені пластинчасті ланцюги 4.



- 1 – оправка; 2 – труба; 3 – зірочки ведені;
4 – пластинчасті ланцюги; 5 – зірочки ведучі;
6 – пневматичний затискач; 7 – пневматичний циліндр;
8 – важільно-паралелеграмний механізм

Рисунок 15.28 – Кінематична схема механізму для виймання оправки з труби (приводи не показані)

Труба з оправкою утримується пневматичним затискачем 6. Важільними механізмами 8 ланцюги 4 зводяться і затискають частину оправки 1, що виступає з труби. Зірочки 5 приводять ланцюги 4, які силами тертя витягають оправку із труби.

Контрольні питання

1. Поясніть конструкцію та роботу пристрою для виймання слябів із печі.
2. Назвіть процеси, що відбуваються при видаленні окалини гідрозбивом.
3. Чому пристрої для збереження температури на ШСГП встановлюють на проміжному рольгангу?



4. Поясніть фізичні принципи роботи термовідбивальних та термоаккумулятивних екранів.
5. Що собою являє термічно активний екран?
6. За рахунок чого зберігається тепло та зменшується температурний клін у проміжних перемотувальних пристроях?
7. Які переваги і недоліки має CoilBox? Як недоліки усунути в інших видах ППП?
8. Як формується рулон у CoilBox?
9. Які правильні машини використовуються у лініях прокатних станів?
10. У чому полягає фізичний принцип правки у багатороликовій машині?
11. Які види поздовжніх та поперечних налаштувань мають багатороликові правильні машини?
12. Яку кількість опорних роликів може мати робочий ролик листопрямильної машини?
13. Які переваги має індивідуальне налаштування роликів правильної машини?
14. Розкрийте призначення та роботу центрувальних та виштовхувальних роликів прошивного стану.
15. Розкрийте конструкцію та роботу відкидної опори в лінії прошивного стану.
16. Поясніть конструкцію і роботу механізмів задавання та виймання оправок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Roberts W. L. Hot Rolling of Steel. Marcel Dekker, 1983. 1024 p.
2. Roberts W. L. Cold Rolling of Steel. Marcel Dekker, 1978. 808 p.
3. Ніколаєв В. О., Мазур В. Л. Технологія виробництва сортового та листового прокату: підручник. Частина II. Запоріжжя : ЗДІА, 2000. 220 с.
4. Ginzburg V. B. Metallurgical Design of Flat Rolled Steels. CRC Press, 2019. 726 p.
5. Іванченко Ф. К., Гребеник В. М., Ширяєв В. І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. Київ : Вища шк., 1995. 455 с.
6. Ginzburg V. B. Steel-Rolling Technology. Theory and Practice CRC Press, 1989. 791 p.
7. Ginzburg V. B., Ballas R. Flat Rolling Fundamentals. CRC Press, 2000. 850 p.
8. Layout of Rolling Mills. Chapter 3. *Mill layouts*. Schweitzer Rolling Technology, Inc. URL: <http://www.schweitzereng.com/Course/Chapter3.pdf> (дата звернення: 19.01.2026).
9. Operation of Rolling Mills. Chapter 14. *Mill Operations*. Schweitzer Rolling Technology, Inc. URL: <http://www.schweitzereng.com/Course/Chapter14.pdf> (дата звернення: 19.01.2026).
10. Конспект лекцій з дисципліни «Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія» / укладач В. М. Самохвал. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 91 с.
11. FAG Rolling Bearings for Rolling Mill Applications. FAG, 2004. 69 p.
12. Cold rolling mill: SKF Group : вебсайт. URL: <https://www.skf.com/group/industries/metals/rolling-mills/cold-rolling-mill> (дата звернення: 19.01.2026).
13. Timken engineering manual: Timken : вебсайт. URL: https://www.timken.com/wp-content/uploads/2016/10/10668_Engineering-Manual-Metals-Catalog-1.pdf (дата звернення: 19.01.2026).
14. Strip Mill Conventional: information. Danieli & C. S. p. A., 2006. 163 p.
15. Plate Mills Know How. Plate & Steckel Mills: information. Danieli & C. S. p. A., 2006. 120 p.



16. Tselikov A. I., Smirnov V. V. Rolling Mills. Oxford: Pergamon Press, 1965. 405 p.
17. Shvarts D. L. Rolling of rail profiles in a universal groove. Part 1. *Steel in Translation*. 2015. Vol. 45. No. 6. P. 430–435.
18. SMS MEER. Rolling mills for sections and blanks. SMS MEER. 2002. 34 p.
19. Ozlib : вебсайт. URL: https://ozlib.com/854787/tehnika/factory_opredelyayushchie_tochnost_prokata_puti_uvelicheniya_tochnosti (дата звернення: 19.01.2026).
20. Long product rolling mill. Danieli Morgardshammar. 2005. 132 p. (Рекламні матеріали).
21. Caseyusa : вебсайт. URL: https://www.caseyusa.com/products/spec_sheet/20033900000-380-340-danieli-intermediate-bar-mill-stands (дата звернення: 01.09.2025).
22. Danieli Service Technician Team Danieli the Reliable and Innovative Partner in the Steel Industry: Danieli Service Mail Bulletin : вебсайт. URL: http://web.danieli.it/dsmailbulletin/DSMB_0311/DSMB_1112_B_L.htm (дата звернення: 19.01.2026).
23. Heffey Shennuo Metallurgical Machinery Co : вебсайт. URL: <https://www.ahhfsnyj.com/category/products/slit-rolling-guide> (дата звернення: 19.01.2026).
24. Walzenstander Staucher Mill housing edger (540 14 311 PM 02-9.1, 9.2). SMS Demag AG, 2003. 63 p.
25. Sendzimir : вебсайт. URL: <https://sendzimir.com/planetary-mill> (дата звернення: 19.01.2026).
26. CCM – Compact Cold Mills. SMS Demag AG. 2007. 12 p.
27. Pickling & Tandem Cold Mill: Primetals Technologies Japan, Ltd. Hiroshima, 2015. 13 p.
28. Cold Rolling Mill. Processing Isnes. Danieli Wean United. 2002. 102 p.
29. Cold Rolling Mill. Tenova Italimpianti, 2019. 41 p. URL: alessandro.casella@tenova.com (дата звернення: 19.01.2026).
30. US Patent 4248073 B21B 13/14; B21B 29/00; B21B 31/16 Cluster type cold rolling mill / Rabert C. Verbickas, John W. Turley; T. Sendzimir, Inc., Waterbury, Conn. Feb. 3, 1981.
31. US Patent 4598566 B21B31/16 Four-high roll stand with offset / Wilfried Bald, Erich Stoy, Hans Rommen, Hans-Friedrich Heisterkamp; SMS Siemag AG, Publication date 1986-07-08.
32. US Patent 4918965 B21B13/18 Multihigh rolling mill / Kazuo Kobayashi, Toshiyuki Kajiware, Teruo Sekiya, Tomoaki Kimura; Hitachi Ltd, Publication date 1990-04-24.

- 
33. US Patent 4798071A B21B19/02 Seamless tube production / Karlhans Staat, Hermann Moltner; Kocks Technik GmbH and Co KG, Publication date 1989-01-17.
 34. Studfile : вебсайт. URL: <https://studfile.net/preview/8939100/> (дата звернення: 19.01.2026).
 35. Metaljournal : вебсайт. URL: <https://www.metaljournal.com.ua/The-concept-of-three-roller-piercer-for-modernization-Pipe-assembly-TPA-5-12-with-pilgrim-mills-Drive-spindles-piercer-part-III-2/> (дата звернення: 19.01.2026).
 36. Studfile : вебсайт. URL: <https://studfile.net/preview/8939117/page:2/> (дата звернення: 19.01.2026).
 37. Bungeroth R. K-Update on Kocks 3-roll rod and bar mills. *Iron and Steel Engineer*. 1972. № 10. P. 81–89. URL: <https://www.lmmgroupcn.com/product/kocks-roll-rings/> (дата звернення: 19.01.2026).
 38. Поворотний В. В. Підвищення ефективності роботи станів холодної прокатки труб шляхом раціонального синтезу деталей робочих клітей : дис. канд. техн. наук : 05.05.08. Дніпро, 2021. 203 с.
 39. Ring Rolling: Ispat Guru : вебсайт. URL: https://www.ispatguru.com/ring-rolling/#google_vignette (дата звернення: 19.01.2026).
 40. Lin L., Wang B., Zhou J., Shen J. Manufacturing large shafts by a novel flexible skew rolling process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021. DOI: 10.1007/s00170-021-08079-y
 41. Steel ball skew rolling mill: Anyang Forging Machinery Industry Co., Ltd : вебсайт. URL: <http://www.steelballmachine.com/solution/xiezhaji.html> (дата звернення: 19.01.2026).
 42. Cardan Shafts for Industrial Applications. chrome-extension: //efaidnbnmnnibpcajpglclefindmkaj/https://www.unilink.fi/wp-content/uploads/2017/06/GWB_Industrial_english.pdf
 43. Voith. High-Perfomance Universal Joint Shafts : вебсайт. URL: <https://pdf.nauticexpo.com/viewerCatalog/voith-turbo/high-performance-universal-joint-shafts-cardan-shafts-products-engineering-service/31789-88159.html#open> (дата звернення: 19.01.2026).
 44. US Patent 5921498A B65H18/021 Carrousel-type coiler with two coiler drums / Karl-Heinz WesselDieter Figge. Publication date 1999-07-13.
 45. US Patent 3985313A B21C47/245 Reel system / Konrad KleinHans WladikaTheodor Sevenich; Hoesch Werke AG. Publication date 1976-10-12.



46. JPH06262255A B21C47/245 Carousel reel / Katsuzo Tashiro, Yasunori Kashiya; Mitsubishi Heavy Industries Ltd. Publication date 1990-05-08.
47. US Patent 3086727 B21C47/30 Coier drum for metal strip / John André Tracy, Taibot Woods, Bournemouth, Publication date 1963-04-23.
48. Боровік П. В. Розвиток теоретичних основ та вдосконалення технології і обладнання процесів операцій розділення в прокатному виробництві : дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.05; 13. Краматорськ, 2021. 428 с.
49. Silk N. J. The practical aspects of hydraulic de-scaling. Steel Times Int. 2001. 25. N7. P. 38–41, 44.
50. Processo Produttivo ISP-ESP. URL: <https://www.arvedi.it/ast/tecnologia/processo/> (дата звернення: 19.01.2026).
51. Грибков Е. П., Гаврильченко Є. Ю., Доброносів Ю. К. Удосконалення процесу правки гарячекатаних листів і листопривальних машин для його реалізації : монографія. Одеса : Олді+, 2023. 184 с.

Навчальне видання

**ДОБРОНОСОВ Юрій Костянтинович
ГРИБКОВ Едуард Петрович**

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЙ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки *В. Савельєва*

Технічний редактор *О. Гринюк*

Верстка *О. Данильченко*



Підписано до друку 27.07.26 р.
Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Цифровий друк. Гарнітура Cambria.
Ум. друк. арк. 21,86. Наклад 300.
Замовлення № 0626-026.

Видавництво та друк: Олді+
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
тел.: +38 (095) 559-45-45, e-mail: office@oldiplus.ua
Свідоцтво ДК № 7642 від 29.07.2022 р.
Замовлення книг:
тел.: +38 (050) 915-34-54, +38 (068) 517-50-33
e-mail: book@oldiplus.ua

