

Донбаська державна машинобудівна академія

Кафедра автоматизованих металургійних машин та обладнання

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизованих
металургійних машин та обладнання
Протокол № 16 від 09 квітня 2019 р.
Завідувач кафедри
_____ Грибков Е. П.

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Механічне обладнання металургійних заводів»

галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

спеціальність 133 – «Галузеве машинобудування»

ОПП «Галузеве машинобудування»

Професійне спрямування: інжиніринг автоматизованих машин і агрегатів

Факультет Машинобудування

Розробник: Добронос Ю. К., доц. кафедри АММ, к.т.н,

Краматорськ – 2019

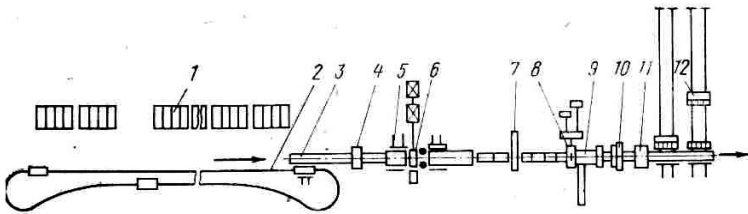
1 ЛЕКЦІЯ 1

МЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ОБТИСКНИХ СТАНІВ

Обтискні стани призначені для виробництва із зливків заготовок для сортового (блومів) та листового (слябів) виробництва. З розвитком безперервного розливання сталі на МБЛЗ значення обтискних станів значно скорочується, і їх використовують для виробництва спеціальних сортаментів, які не виробляють МБЛЗ, або на застарілих підприємствах.

Схеми розташування устаткування слябінгів і блюмінгів в основному ідентичні; тільки в слябінгів замість робочої двохвалкової кліті (як у блюмінга) встановлюють універсальну робочу кліть, а конструкції устаткування відрізняються головним чином своїми розмірами й технічними характеристиками.

Розглянемо склад та взаємодію устаткування обтискного стану на прикладі слябінга. На рис.1.1. представлена схема розташування устаткування слябінга 1250 конструкції НКМЗ, призначеного для прокатки слябів товщиною 150-300 мм, шириною 750-1850 мм і довжиною 2500-10 500 мм (масою до 32 т) зі злитків масою 17,4-37,7 т зі швидкістю до 5 м/с.



1- нагрівальні колодязі, 2- кільцева зливкоподача; 3 - прийомний рольганг, 4 – поворотний стіл-ваги для зливків; 5 - маніпулятор; 6 - універсальна робоча кліть 1250, 7 - машина вогневого зачищення; 8 - ножиці силою різання 28 МН, 9 - конвеєр збирання обрізків; 10 - конвеєр збирання обрізків; 11 - конвеєр збирання обрізків; 12 - конвеєр збирання обрізків.

клеймувальна машина; 11 - ваги для слябів 12 - пристрій для пакетування слябів

Рисунок 1.1 Розміщення обладнання слябінга 1250

Технологічний процес прокатки на слябінгу 1250 і характеристика устаткування стана наступні.

Злитки завантажують колодязними кранами в колодязі 1 для нагрівання до температури 1250—1280 °С і потім за допомогою тих же колодязних кранів виймають із колодязів і завантажують на один зі злитковозів, що по кільцевому шляху 2 транспортує гарячий злиток до прийомного рольганга 3 стана зі швидкістю до 5 м/с. Після зупинки злитковоза біля прийомного рольганга злиток у горизонтальному положенні зіштовхують на рольганг. Передбачена також можливість подачі злитків з ближніх колодязів до стана колодязним краном. У цьому випадку злиток установлюють у колиску стаціонарного перекидача, розташованого перед прийомним рольгангом.

Із прийомного рольганга злиток передають зі швидкістю до 1,2 м/с на поворотний стіл 4, де метал зважують і при необхідності повертають на 180° (для задавання злитка у валки кліті вузьким кінцем) у горизонтальній площині.

По рольгангу злиток надходить до робочої кліті 6 в положенні «на ребро» для одержання при прокатці в горизонтальних валках необхідної ширини сляба й видалення окалини із широких граней злитка. Потім злиток кантують на 90° і ведуть прокатку при заданому режимі температури (в інтервалі 1250—1000 °С), обтисень (до 70—80 мм за пропуск) і середньої швидкості (від 2,0 до 4,2 м/с).

По обидва боки робочої кліті встановлені робочі й розкатні рольганги 5, що забезпечують швидкість прокатки до 5 м/с. Привод всіх роликів робочих рольгангів здійснюється від індивідуального електродвигуна через зубчасту муфту. Привод розкатних рольгангів груповий - через трансмісійну конічну передачу.

На робочих рольгангах встановлені маніпулятори рейкового типу. Маніпулятор оснащений чотирма лініями зі сталевого лиття,

розташованими перед робочою кліткою й за нею. Кантувач установлений тільки за вертикальною кліткою й призначений для кантування злитка на 90° навколо його поздовжньої осі за допомогою чотирьох гаків, вмонтованих у лінійку маніпулятора.

Після прокатки розкат подають до машини для вогневого зачищення гарячого металу в потоці стана 7, у якій можуть бути зачищені або всі чотири поздовжні грані, або дві широкі або дві вузькі (залежно від стану поверхні металу). Температура металу, що зачищається, 950-1150 С, глибина зачищення 0,8- 3 мм і швидкість 0,25-1,0 м/с. Машина пересувна й може бути виведена із лінії стана (за період проходження розкату, що не вимагає зачищення, або для ремонту) у перпендикулярному напрямку; при цьому на місце машини встановлюють неприводний ролик рольгангу.

Зачищений розкат по рольгангу надходить до ножиць гарячого різання 8, на яких обрізають кінці розкатів, а також здійснюють різання розкату на мірні сляби. Ножиці ексцентрикового типу з паралельними ножами й з нижнім різом силою 28 МН. Ножиці обладнані зіштовхувачем обрізків; рольгангом, що відсувається; скребковим похилим конвеєром для збирання обрізків 9; пересувним упором, установленим за ножицями й призначеним для зупинки розкату, що переміщається зі швидкістю 0,5 м/с, при розрізанні його на мірні довжини (2500 - 10 500 мм).

За ножицями сляб таврують у його передню торцеву грань як із зупинкою, так і без зупинки сляба. Пристрій складається із двох клеймувачів 10, розташованих на загальній площадці над рольгангом.

Після таврування готові сляби зважують на важільних вагах 11 вантажопідйомністю 40 т і передають по рольгангу до збиральних пристроїв 12, де сляби з рольганга зіштовхують на стіл, що штабелює, для укладання слябів у пакет, а потім візком вантажопідйомністю 120 т пакет слябів передають у поперечному напрямку на склад слябів для охолодження, огляду й вибіркового зачищення, або до заванта-

жувального пристрою нагрівальних печей безперервного широкоштабового стана гарячої прокатки.

Сляби по рольгангу можуть транспортуватися без проміжного підігріву і безпосередньо до чорнових клітей широкоштабового стана. Така схема відома як транзитна прокатка.

Аналогічна взаємодія устаткування має місце і на блюмінгах.

Характерними особливостями робочих клітей обтискних станів (рис.1.2) є розміщення валків в роз'ємних підшипниках ковзання, швидкохідний натискний механізм та вантажне врівноваження верхнього валка. Конструкції вказаних механізмів і вузлів були розглянуті в попередніх темах курсу.

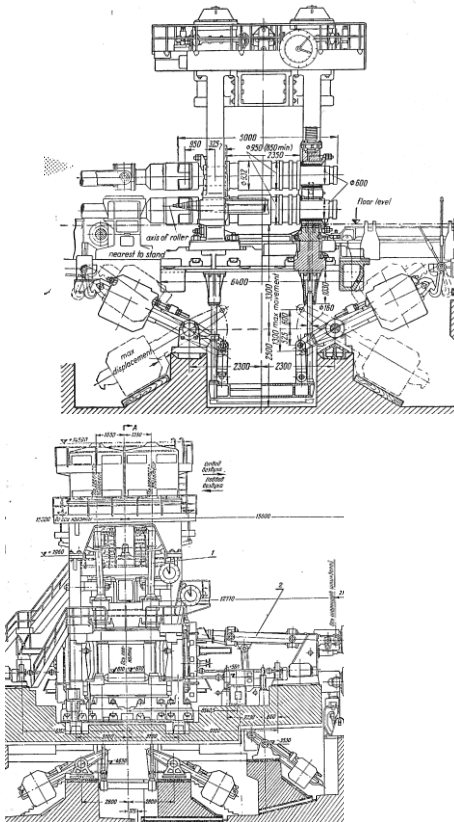


Рисунок 1.2 - Робочі кліті обтискних станів: дуо блюмінга 1300 (а)
та універсальна слябінга 1250 (б)

Робоча кліть слябінга (див. рис 1,2,б) універсальна, тобто має горизонтальні і вертикальні валки. Привод валків вертикальної кліті розміщений у верхній частині станини, тому її висота значно перевищує горизонтальну. Привід валків обтискних станів індивідуальний з огляду на значну потужність двигунів, що потребується.

Також в попередніх темах курсу були розглянуті ножиці з паралельними ножами типу United, рольганги з груповим приводом, рейкові маніпулятори з кантувачем, які використовують на обтискних станах.

Тому далі розглянемо специфічне устаткування обтискного стану, до якого відносяться обладнання нагрівальних колодязів, обладнання дільниці зливкоподачі, підйомно-поворотний стіл та машина вогневого зачищення.

У *відділенні нагрівальних колодязів* злитки, що надходять зі сталеплавильного цеху, підігріваються перед прокаткою. Для цієї мети застосовують нагрівальні пристрої у вигляді колодязів (камер), у які злитки колодязним краном кліщового типу завантажують у вертикальному положенні, завдяки чому досягають рівномірного нагрівання металу й забезпечують можливість вивантаження злитків з колодязів тим же колодязним краном. Звичайно два колодязі розташовані по одній осі поперек будівлі цеху й утворюють одну групу. Застосовують також і одинарні колодязі більших розмірів і групи колодязів по чотирьох камери в кожній

В обтискних цехах застосовують рекуперативні колодязі (садкою 100-200 т) з нижнім або верхнім підігрівом, опалювальні змішаним газом (доменним з коксовим). Нагрівальні колодязі зверху герметично (через піскові затвори) закривають кришками, що являють собою склепіння з вогнетривкої цегли, набраної в металевому каркасі.

Зняття гарячих злитків із залізничних платформ, поданих зі стриперного відділення, посадку їх у нагрівальні колодязі, виїмку з коло-

дязів і посадку в злитковоз виконують спеціальні мостові (кліщові) крани вантажопідйомністю до 50 т (рис.1.3)

Злитковози призначаються для переміщення злитків від нагрівальних колодязів до прокатних клітей в обтискних цехах. Відомі два варіанти зливкоподачі: човниковий й кільцевий. У першому випадку один або два паралельно розміщені злитковози рухаються вперед-назад, переміщаючи всі злитки.

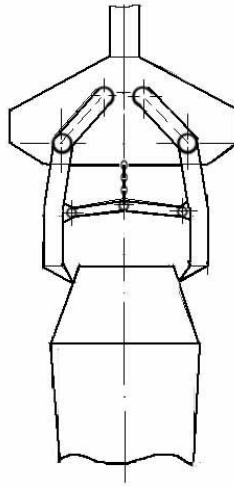


Рисунок 1.3 - Кліщовий кран

У другому - 4 злитковоза рухаються один за одним по кільцевому маршруті (іноді зі зворотним ходом поза будинком цеху), у результаті чого продуктивність зливкоподачі збільшується. Недоліком останньої схеми є більша задіяна площа та складності руху злитковозів на заокругленнях залізничної колії відносно малого радіусу.

Розрізняють декілька видів злитковозів. Найбільш прості використовуються при кільцевій зливкоподачі і являють собою залізничну платформу з електроприводом, установленим під настилом платформи, що рухається по рейкових шляхах (рис.1.4). Платформа злитковоза опирається на два скати, чотири ходових колеса яких стикаються з важкими рейками спеціального профілю.

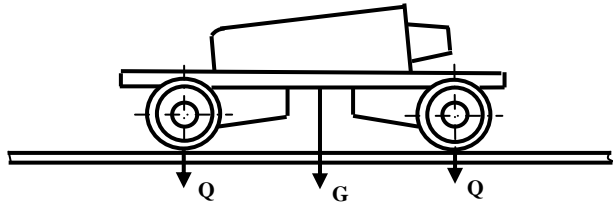


Рисунок 1.4- Злитковоз - платформа

Живлення електродвигунів здійснюється за допомогою тролейв від шин, розміщених на стіні будівлі цеху. Злитки з колодязів подаються кліщовим краном і укладаються в горизонтальному положенні на платформу. Після переміщення злитковоза зі злитком (або злитками при багатозливковій прокатці) до прийомного рольганга стана злитки зіштовхуються спеціальним пристроєм - штовхачем. Швидкість злитковозів - до 5-7 м/с (18-25 км/год). При річній продуктивності обтискних станів 5-6 млн.т і довжині групи нагрівальних колодязів 150-180м така швидкість лімітує продуктивність стана. Її збільшення вимагає збільшення прискорення злитковоза з очевидної причини: тривалість пересування цього пристрою вперед та назад при трапецоїдній швидкісній діаграмі:

$$\tau = 2 \frac{S}{V} + 3 \frac{V}{a},$$

де V, a – швидкість і прискорення злитковоза;

S – відстань від колодязів до прийомного рольганга.

Але максимальне прискорення обмежене умовою зчеплення приводних коліс із рейками:

$$a \leq \frac{Q}{G} \mu g,$$

де Q – навантаження на приводних колесах;

G – вага злитковоза з вантажем;

μ - коефіцієнт тертя коліс по рейках.

Звідси видно, що прискорення **a** буде збільшуватися при збільшенні відносної зчіпної ваги **Q/G**. От чому в злитковозів всі колеса роблять приводними - сила тертя подвоюється.

Перевагами злитковозів такого типу є:

1) простота конструкції (відсутність коліски-перекидача зі складним шатунно-кривошипним механізмом для перекидання злитка) і надійність в експлуатації, необхідні для безперебійної роботи;

2) невелика маса (26,5 т) і невелика витрата енергії на його пересування;

3) можливість включення в автоматичний цикл кільцевої подачі злитків декількома злитковозами, що забезпечує високу продуктивність блюмінга;

4) можливість укладання злитка на платформу в горизонтальному положенні, що відповідає наступному положенню злитка при транспортуванні його рольгангом до стана для прокатки.

При човниковому зливкоподаванні використовують злитковози з коліскою, в яку зливкок завантажують у вертикальному положенні. Для горизонтального розміщення зливку на рольгангу коліска має механізм опрокидання. Це важільний механізм кривошипно-коромислового типу, в якому роль коромисла відіграє сама коліска. Аналогічну схему механізму опрокидання має *стаціонарний перекидач*, в який злитки завантажують з ближніх колодязів. Конструкції цих машин наведені в / / на стор. 116, 117.

Подібні злитковози використовують і в кільцевих злиткоподачах слябінгів. На слябінгах прокатують важкі злитки (16-40 т), тому їхнє укладання з вертикального положення на горизонтальні візки-злитковози досить складне і викликає удар злитка об раму візка. Тому на слябінгу 1250 конструкції НКМЗ для кільцевий злиткоподачі застосований злитковоз комбінованого типу: кільцевим кліщовим краном злиток установлюється в коліску злитковоза у вертикальному (похилому) положенні (рис.1.5). При підході до прийомного рольганга коліска зі злитком за допомогою гідроприводу 2 повертається

на 90° навколо осі вала 3; при цьому злиток укладається на горизонтальну раму 4 злитковоза й потім бічним штовхачем зіштовхується на прийомний рольганг.

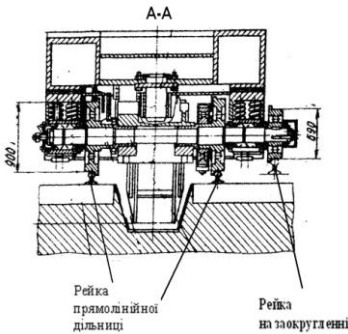
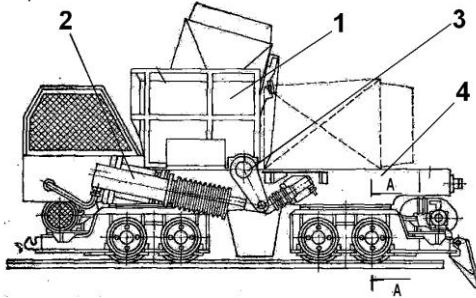


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд злитковоза комбінованого типу.

Характерною особливістю цього злитковоза є додаткове колесо малого діаметру (690 мм) з внутрішнього боку рейкового шляху. Річ у тім, що на заокругленнях рейок внутрішнє колесо проходить менший шлях, ніж зовнішнє. Оскільки кутова швидкість коліс однакова, то при однакових їхніх радіусах це призведе до буксування внутрішнього колеса. Тому на прямих відрізках злитковоз переміщується на основних колесах, а на заокругленнях переходить з внутрішнього

боку на додаткову рейку, по якій їде меншим колесом. Оскільки шлях, що проходить колесо:

$$L = vt = \omega R t$$

де v , ω – колова і кутова швидкості, R – радіус колеса, t – час, то при меншому радіусі шлях малого колеса також буде меншим, і при тій же кутовій швидкості буксування відсутнє. Основне внутрішнє колесо в цей час з рейкою не контактує.

Злитки з відділення нагрівальних колодязів подають злитковозом на прийомний рольганг у деяких випадках широким кінцем уперед (злитки спокійної сталі). Для зменшення обрізи металу на ножицях за блюмінгом (слябінгом) ці злитки прокатують вузьким кінцем уперед, щоб прибуткова частина їх, розташована на широкому кінці, була в кінці прокатої заготовки. Для їхнього розвороту призначений підйомно-поворотний стіл.

Підйомно-поворотний стіл (рис.1,6) виконаний у вигляді рами 3, на якій змонтовано поворотну платформу 4 з секцією рольгангу 5 з чотирьох приводних роликів, привод яких (поз.8-10) також розміщено на платформі. Поворотна платформа опирається на чотири катки 6 й центрована на литій сталевій втулці, установленій на фундаментній плиті. Знизу до рами прикріплений зубчастий вінець 7, що зчіплюється з конічною шестірнею привода повороту стола. Поворот стола здійснюється від електродвигуна 1 через двоступінчастий редуктор 2 і конічну передачу.

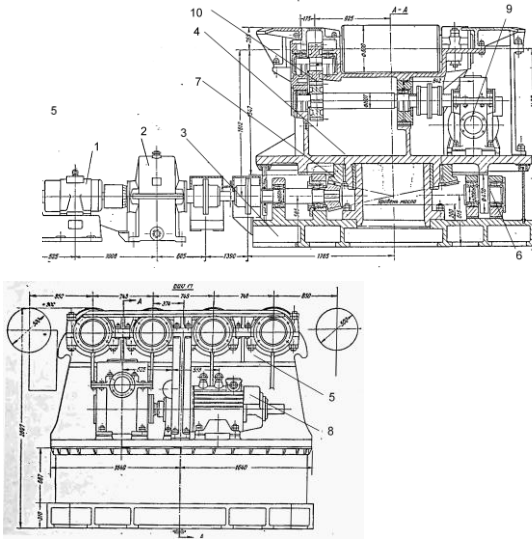


Рисунок 1.6 - Підіймно-поворотний стіл

Після прокатки злитків на блюмінгу (слябінгу) на поверхні прокатаних блюмів (слябів) є різні дефекти (тріщини, залишки окалини й шлаків і т.п.). Перед подальшою прокаткою блюмів (слябів) з їхньої поверхні необхідно видалити ці дефекти, що здійснюється двома способами:

1) зачищенням поверхні холодних блюмів і слябів на складі: ручними газовими різакми й пневматичними зубилами, обдиранням, фрезеруванням і т.п.; ці операції малопродуктивні й вимагають застосування важкої фізичної праці,

2) зачищенням поверхні гарячих блюмів (слябів) відразу ж після закінчення їх прокатки, тобто в потоку руху металу по рольгангу на машині вогневого зачищення між станом і ножицями. Ця операція повністю механізована й частково автоматизована й тому одержала за останні роки широке застосування на блюмінгах (слябінгах).

На рис.1.7 показана *машина вогневого зачищення (МОЗ)* слябів, установлена за робочої кліткою слябінга (перед ножицями) і призначена для зачищення на ходу поверхні слябів одночасно із всіх чотирьох (або тільки із двох) сторін; глибина зачищення (товщина поверхневого шару металу з дефектами) становить 1,5-3 мм і регулюється шляхом зміни швидкості рольганга. **Газорізальні** блоки верхній 1 і нижній 2 установлені на супортах 3 і 4, які переміщуються вертикально та горизонтально гідроциліндрами 5 і 6. Вертикальні стійки машини 7 установлені на рамі 8, скріпленій з рамою 9 секції рольганга 10; якщо не потрібна вогневе зачищення металу (а також у випадку ремонту), МОЗ може бути зміщена з лінії потоку металу шляхом пересування машини по фундаментній плитовині 11 (за допомогою рейкової передачі); при цьому місце, що звільнилося, буде зайнято секцією рольганга 10.

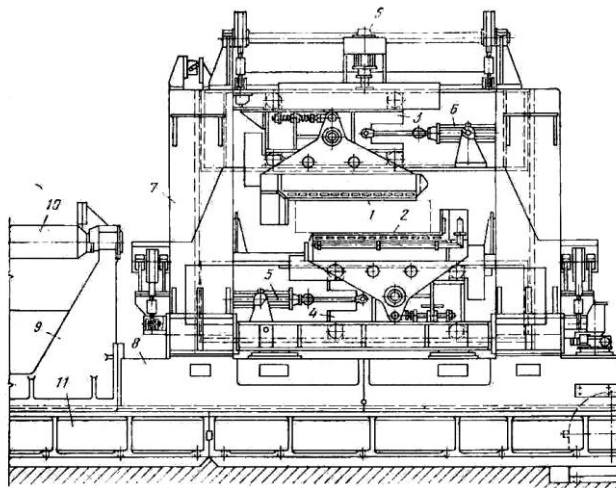


Рисунок 1.7 - Машина вогневого зачищення

При русі блоків до металу автоматично включається подача до сопел кисню й горючого газу (ацетилену, природного або коксового газу), що загоряються від гарячого металу. Поверхня металу оплавля-

ється й у цей момент включається подача ріжучого кисню (чистотою 96—98 %), у якому згоряє метал, завдяки чому температура полум'я підвищується до 2500—3000 °С и розплавляється поверхневий шар металу. Одночасно включається система для гідрозбиву шлаків, що утвориться, водою високого тиску (до 3 МПа).

До недоліків МОЗ слід віднести значні (до 3%) втрати металу, значну загазованість та пожежну небезпеку.

Для формування пакету (штабеля) слябів використовують спеціальний штабелювальний стіл (рис.1.8) Це підйомний стіл 1, який за допомогою рейкових передач 2 піднімається до рівня рольгангу, з якого штовхачем 3 сляб 4 вкладається на стіл. Стіл опускається на величину товщини сляба, і наступний сляб зіштовхується на попередній. Після формування пакету слябів стіл підіймається на рівень штовхача, яким весь пакет зіштовхується на візок 5 для подальшого транспортування.

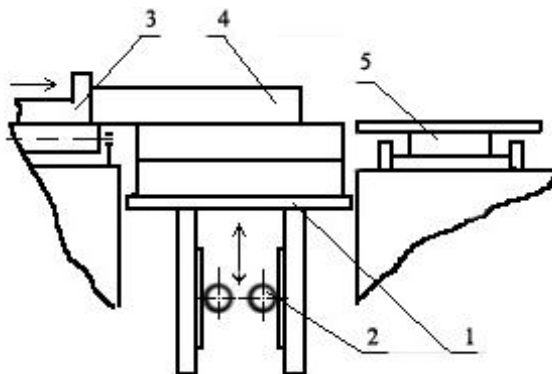


Рисунок 1.8 - Штабелювальний стіл

2 ОБЛАДНАННЯ СОРТОВИХ СТАНІВ

Сортові стани призначені для виробництва прокату різного поперечного перетину. Вітчизняними стандартами регламентовані наступні профілі, що виробляються на сортових станах: круг, квадрат, шестигранник (їх відносять до простих), кутовий профіль, швелер, тавр,

двотавр, z-профіль, рейка, шпунт. До сортових профілів також відносять штрипс – вузьку (до 500мм) та товсту (до 10мм) гарячекатану смугу (іноді термін штрипс використовують для заготовки зварних труб взагалі). Складні профілі виробляють переважно на рейкобалочних, крупносортних та частково середньосортних станах.

2.1 Обладнання рейкобалочних станів (РБС)

Рейкобалочні стани випускають в основному залізничні рейки важкого типу і таврові балки великого перерізу. На станах прокатують також і інші великі сортові профілі: швелери, кутики, шпунти для гідроспоруд, круглу заготовку й т.п. Для виробництва цих профілів у цеху встановлені також відповідні печі й пристрої для термічної обробки й гартування рейок.

На рис.2.1 представлений план розташування устаткування лінійного рейкобалкового стану 950/800, призначеного для прокатки й термічної обробки рейок важкого типу (50, 65 і 75 кг/м) стандартною довжиною 25 м; для прокатки широкополічних двотаврових балок (висотою до 600 мм із шириною полиць до 250 мм), швелерів висотою 300-400 мм, куточків 180x180-230 x230 мм; шпунтових профілів довжиною 6-24 м, а також круглої заготовки діаметром 120-350 мм і довжиною 5-8 м. Як вихідну заготовку для прокатки цих профілів застосовують блюми з розмірами перерізу до 350 x350 мм, довжиною 3-6 м і масою 2-6 т.

Рейкобалочний стан 950/800 — лінійного типу, має чотири кліті, розташовані у дві лінії: 1) перша лінія складається з реверсивної двохвалкової кліті 950x2350 із приводом від електродвигуна постійного струму потужністю 5000кВт; 2) друга лінія складається із двох чорнових трьохвалкових клітей 800 і однієї чистовий двохвалкової кліті 850 (чорнові кліті тріо 800 x1900 мм приводяться від одного електродвигуна постійного струму потужністю 8100 кВт, а чистова кліть дуо 850X 1200 мм - від окремого електродвигуна потужністю 2100 кВт).

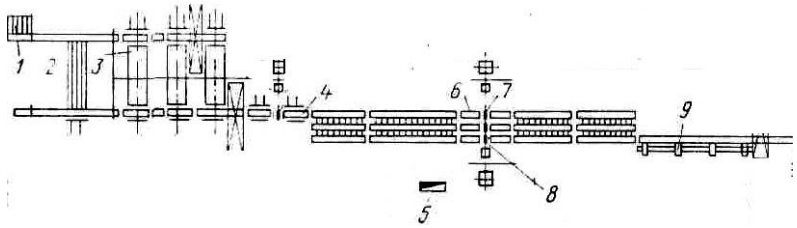


Рисунок 2.1 - План устаткування РБС 950/800 (без ділянок обробки рейок)

З решітки 1 (рис.2,1) блями транспортером 2 подаються для нагрівання. Нагріті в печах 3 блями видають рольгангом до обтискної кліті 950 (4). Заготовку, як правило, за 5 пропусків розгортають у грубо профільовану смугу довжиною 9-12 м, після чого смугу рольгангами подають до першої робочої кліті тріо 800 чорнової лінії 7, де її за 3-4 пропуски розгортають у більш точно профільовану смугу довжиною 12-30 м. По виходу з першої кліті смугу рольгангами й ланцюговими шлеперами подають до другої кліті цієї ж лінії. У другий кліті тріо 800 смугу за 3-4 пропуски розгортають до перетину необхідного профілю довжиною до 100 м, потім рольгангами й ланцюговими шлеперами передають до робочої кліті 8 дуо 850, де за один пропуск її остаточно профілюють. При прокатці широкополічних балок замість кліті дуо на станах такого типу встановлюють універсальну сортову кліть, горизонтальні та вертикальні валки якої утворюють двотавровий калібр.

Після виходу з чистової робочої кліті 8 прокатані профілі подають рольгангами до пилок 9 для розрізання на мірні довжини (до 25 м), після чого розрізані профілі проходять через штемпельну машину, що наносить на них потрібну інформацію. Подальша обробка відбувається на інших ділянках цеху і залежить від типу продукції.

На **рис.2.2** показано головну лінію групи клітей тріо і дуо. Дві кліті тріо 5 мають привод від загального електродвигуна 1, а кліть дуо 8 – окремий двигун 12.

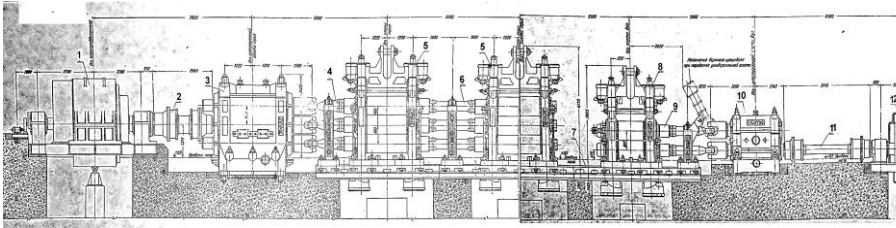


Рисунок 2.2 – Головна лінія лінійної групи клітей РБС

Оскільки всі кліті розмішені в лінію, перевалка відбувається через верх клітей, що обумовлює використання станин відкритого типу. Кліті мають валки на підшипниках кочення, верхній и нижній натискні механізми з ручним приводом та циліндричними передачами, пружинне врівноваження з розміщенням в поперечках станин, клинове з'єднання кришки зі станиною. Ці конструктивні рішення розглянуті в першій частині курсу. Особливою є чистова універсальна сортова кліть, яка використовується на РБС та універсальних балочних станах, аналогічних за складом обладнання. Схема розміщення валків в універсальній сортовій кліті (рис. 2.3) характерна тим, що і горизонтальні, і вертикальні валки знаходяться в одній вертикальній площині, і утворюють двотавровий калібр. Приводними є горизонтальні валки, вертикальні – неприводні. Конструкція валкового вузла вимагає компактності, що відбилося на конструкції як горизонтальних, так і вертикальних валків (див.рис.2.3). Горизонтальні валки встановлені на підшипниках ковзання, що мають менший переріз і розміри подушки у порівнянні з підшипниками кочення. Підшипникові опори вертикальних валків (див. рис.2.3,б) 3 розміщені всередині валка 1 на осі 2, яка кріпиться в скобі 4, тобто валок обертається разом з зовнішніми кільцями підшипників, а внутрішні разом з віссю нерухомі. Скоба 4 розміщена в касеті 7 з гвинтовим натискним механізмом 5,6 з приводом через черв'як 7 та з пружинним врівноваженням 9. Касети фіксуються у вікнах станин 10 між вузлами горизонтальних валків.

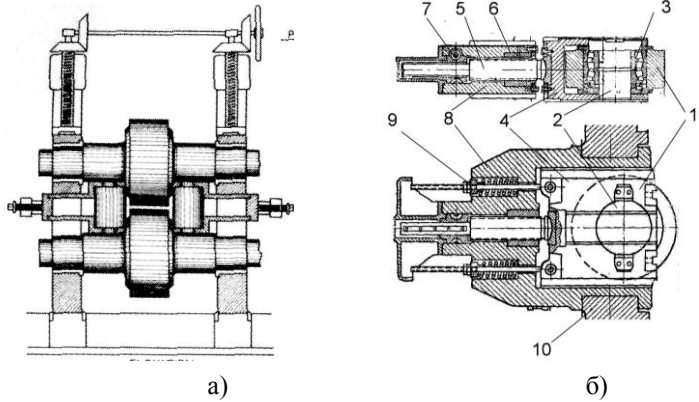


Рисунок 2.3 – Схема розміщення валків (а) та вузол вертикальних валків (б) універсальної сортової кліті

На станах тріо реверсивна прокатка здійснюється у валках з постійним напрямком їхнього обертання. У непарних пропусках метал прокатується між нижнім і середнім валками, а в парних - між середнім і верхнім. Задавання металу у валки й прийом його з валків здійснюється підйомно-хитними столами, установленими попереду й позаду кліті, на яких розташовані ролики робочих рольгангів, а також маніпулятори й кантувачі. На сортових станах тріо підйомно-хитні столи встановлюють: на великих станах (наприклад, РБС і заготовочних) - по обидва боки; на крупносортних станах з валками діаметром менш 600 мм - з однієї передньої сторони стана. В останньому випадку із задньої сторони стана встановлюють важільний або східчастий кантувач.

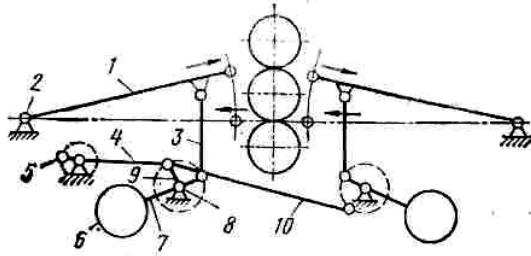


Рисунок 2.4 Підйомно-хитний стіл

Підйомно-хитний стіл 1 (рис.2.4), що приводиться в рух від електродвигуна через редуктор з кривошипом 5, піднімається й повертається відносно осі 2 за допомогою вертикальної тяги 3 і кривошипно-важільна передачі 4. Підйом і опускання стола відбуваються при повороті кривошипного вала редуктора 5 на 180° . Для врівноважування стола застосовують контрвантажі 6; з метою розвантаження кривошипного вала редуктора 5 контрвантажі встановлюють не на валу основного кривошипа, а на окремому важелі 7, що повертається навколо додаткового шарніра 8 двохплечим кривошипом 9. Для забезпечення синхронної роботи столів привод переднього стола пов'язаний із приводом заднього тягою 10; у цьому випадку обидва столи приводяться в рух тим самим електродвигуном через редуктор 5 і важільну передачу 4.

Серед розглянутого в попередніх темах обладнання до складу РБС входять маніпулятори та кантувачі виделкового типу, які встановлені на підйомно-хитних столах, ланцюгові шлепери, полозкові пили, а в лініях обробки - сортовиправні машини з консольним розміщенням роликів.

Серед специфічного обладнання в лінії обробки рейок слід вказати рейкозгинальну машину, схема якої наведена на рис.2.5 Рейкозгинальна машина встановлена на виході в лінії гартування рейок. При виході з гартівної машини головка рейки швидко нагрівається приблизно до 500°C за рахунок тепла внутрішньої частини шийки й пі-

дошви. При подальшому охолодженні на повітрі головка подовжується й рейка згинається підшовою усередину. Однак у момент такого вигину рейка надходить у згинальну машину, у якій згинається у бік, протилежну напрямку його природного скривлення, тобто головкою усередину. Рольганг згинальної машини примикає безпосередньо до гартівної машини і є продовженням її роликової кліті. Згинальна машина являє собою систему висувних валів, вмонтованих в станину.

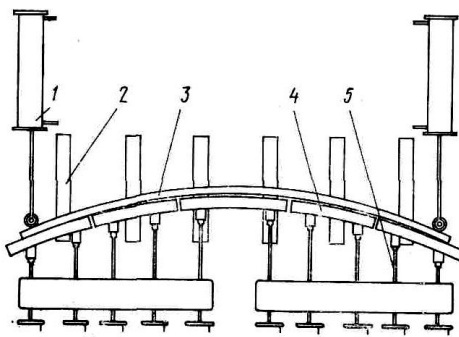


Рисунок 2.5 - Схема рейкозгинальної машини

Спочатку рейка надходить на рольганг 2 згинальної машини, потім тиском двох пневматичних циліндрів 1 на кінці рейки 3 здійснюється вигин навколо нерухомого упору 4 зі стрілою прогину, підбраної емпірично так, щоб кінцеве скривлення рейки після охолодження було мінімальним. Рейки витримують у машині у вигнутому стані протягом 5-10 с, потім їх подають на стелажі для повного охолодження й для наступного виправлення на роликотправильній машині.

2.2 Обладнання крупнорортних і середньорортних станів

Крупнорортні стани призначені для виробництва широкого сортаменту сортових профілів.

За схемою крупнорортні стани найчастіше мають послідовно-лінійну компоновку робочих клітей (аналогічну РБС), або напівбез-

перервні. Одним з найбільш сучасних є напівбезперервний крупносортовний стан 600 Іжорського заводу (рис 2.6) призначений для прокатки широкого сортаменту профілів: двотаврових балок № 10-20, кутової сталі № 8-16, круглої сталі діаметром 50-120 мм, квадратної сталі перетином 50х50-100 х100 мм, смуг товщиною 15-50 мм і шириною 100-200 мм, рейок масою до 24 кг/м, довжиною 6-24 м зі швидкістю до 10 м/с. Проектна продуктивність напівбезперервного крупносортового стану 600 становить 1,6 млн. т на рік.

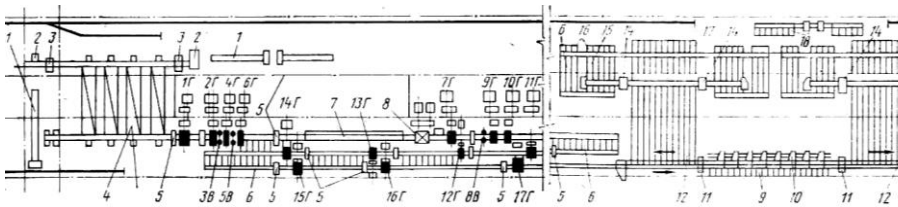


Рисунок 2.6 - Схема обладнання напівбезперервного крупно сортового стану 600

Стан складається з 17 робочих клітей, розташованих у трьох паралельних лініях, з'єднаних між собою п'ятьма шлеперами б, що дозволяє вести маневрену прокатку (при меншому числі пропусків, ніж число робочих клітей), минаючи деякі кліті й підігрівальну піч, скорочуючи тим самим можливі простої стану. Лінія прокатки на стані постійна, а кліті виконані пересувними (для суміщення необхідних калібрів валків з лінією прокатки).

Перші дві кліті (1Г і 2Г) - горизонтальні двохвалкові 850, наступні сім горизонтальних (4Г, 6Г, 7Г, 9Г -12Г) і три вертикальних (3В, 5В і 8В) - двохвалкові 730 і останні п'ять (13Г-17Г) :- горизонтальні двохвалкові 530; причому кліть № 17 може бути й універсальною. Вісім клітей першої лінії стану об'єднані у дві безперервні групи: перша - у складі п'яти (№ 2Г, 3В, 4Г, 5У и 6Г) і друга - у складі трьох (№ 8У, 9Г

и 10Г); інші кліті розташовані послідовно й у шаховому порядку. Для підвищення якості прокату перед клітями 1Г и 7Г установлені пристрої для гідрозбиву окалини водою під тиском 12МПа.

З особливостей конструкцій транспортуючих засобів необхідно відзначити рольганги із груповим приводом через циліндричні зубчасті передачі, що забезпечують підвищення швидкості транспортування металу в 1,5-2 рази (у порівнянні з рольгангами з конічними зубчастими передачами).

Різання розкату по одній штуді великої довжини (до 96 м) при малому циклі різання (12 с) відбувається за допомогою десяти полозкових дискових пилок пересувного типу й допоміжного устаткування, що забезпечують сполучення в часі операції транспортування й різання розкату.

Подальша обробка прокату здійснюється в чотирьох лініях, обладнаних правильними машинами, пилками, шлеперами, кантувачами швелерів, укладальниками й кишнями; у цеху є також дільниці для додаткового виправлення прокату поза потоком.

Сучасні середньосортні стани мають переважно безперервну та напівбезперервну компоновки обладнання або їхнє сполучення. Стани які мають кліті з лінійним розміщенням головної лінії, вважаються застарілими.

Безперервний середньосортний стан 450 у складі 16 робочих клітей (рис.2.7) призначений для випуску круглої сталі діаметром 32-60 мм, квадратної сталі зі стороною 30-53 мм, смугової сталі з розмірами 9-22х125-200 мм, кутової сталі 75х75-125 х125 мм, звичайних двотаврових балок і швелерів висотою 100-180 мм, а також тонкостінних двотаврових балок і швелерів (полегшеного типу з паралельними полками) висотою 160-300 мм із заготівель перетином 150х150, 200х200 і 200х250 мм, довжиною 4-12 м і масою до 4,7 т зі швидкістю прокати 4-12 м/с. Проектна продуктивність безперервного середньосортного стану 450 становить 1,5 млн. т на рік

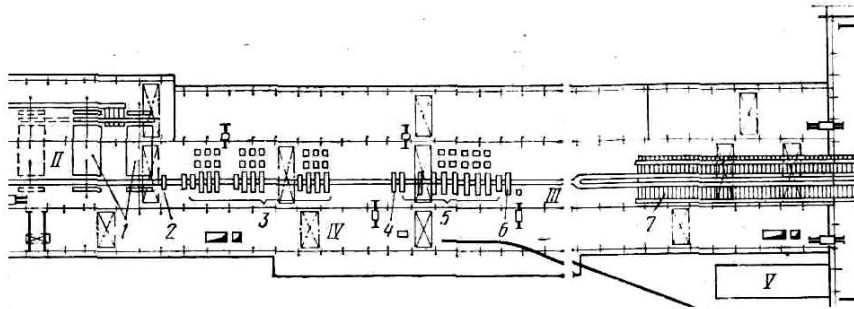


Рисунок 2.7 - Схема обладнання безперервного середньосортного стану 450

Заготівки нагрівають до температури прокатки в двох нагрівальних печах 1 із крокуючим подом. Нагріті заготівки видають на прийомний рольганг стану, по якому метал надходить до ножиць гарячого різання 2 для обрізки кінців і далі до кантувача й пристрою для гідрозбиву окалини. Після цього метал по рольгангу надходить до безперервної чорнової групи робочих клітей 3, що складає з дев'яти двохвалкових клітей 630 X 1000: шести (№ 1, 3, 4, 6, 7 і 9) з горизонтальними валками й трьох (№ 2, 5 і 8) - комбінованого типу, які можуть бути як з горизонтальними, так і з вертикальними валками. Кожна кліть приводиться від електродвигуна потужністю 2000 кВт і частотою обертання 120/230/375 об/хв. Дев'ять клітей згруповані в три підгрупи по трьох кліті в кожній - із двома горизонтальними й однієї комбінованої між ними.

По проміжному рольгангу розкат направляють до безперервної чистової групи робочих клітей 5, що складає із семи клітей: трьох (№ 10, 13 і 15) — комбінованого типу 530x630 і чотирьох (№ 11, 12, 14 і 16) — універсального типу з горизонтальними валками 530x630 мм і вертикальними (холостими) валками 900x600 мм. Всі профілі прокатують без кантування на 90°. Кліті з горизонтальними валками мож-

на переміщати в горизонтальній площині, а з вертикальними - у вертикальній.

Перед чистовою групою клітей установлюють летучі ножиці 4 силою різання 1,3 МН для обрізки кінців, а за цією групою - летучі ножиці 6 силою різання 0,63 МН для різання розкату на мірні довжини.

Після прокатки метал по рольгангу направляють на двосторонній холодильник. За холодильником установлюють сортоправильні машини, пилки для різання балок і швелерів і ножиці для різання кутової сталі й простих профілів, машини для таврування, маркування й збирання готової продукції.

2.3 Робочі кліті безперервних груп сортових станів

На сучасних сортових станах у безперервних групах використовують комбінацію з горизонтальних, вертикальних, а в чистових – і універсальних клітей. оскільки кантування прокату при його одночасному проходженні через кілька клітей хоча і можливе технічно, але не бажане. Компонування головних ліній клітей представлено на рис. 2.8 Суміщення калібрів з віссю прокатки відбувається переміщенням всієї кліті поперек лінії стану (по головній лінії). Для компенсації зміни довжини в головних лініях (найчастіше в шестеренних клітях) використовують шлицеві з'єднання елементів трансмісії.

Горизонтальні кліті – це кліті дуо традиційної конструкції з каліброваними валками на підшипниках кочення, з ручним або механічним гвинтовим натискним механізмом, пружинним врівноваженням, черв'ячно – механічними механізмами поперечного переміщення кліті і механізмом осьового зрушення валків для суміщення ривчаків після перевалок. На сучасних станах натискні механізми, врівноваження та інші регульовальні механізми виконують гідравлічними.

Вертикальні кліті в багатьох випадках уніфіковані з горизонтальними і по суті є такими ж, але покладеними на бік і розміщеними у вікнах зовнішньої рами – станини, на зразок валкових вузлів. Відпо-

відно перевалка відбувається заміною всієї вертикальної кліті У верхній частині зовнішньої станини розміщений привод вертикальних валків, який включає електричний двигун, комбінований редуктор – шестеренну кліть та вертикальні шпинделі на підшипниках кочення.

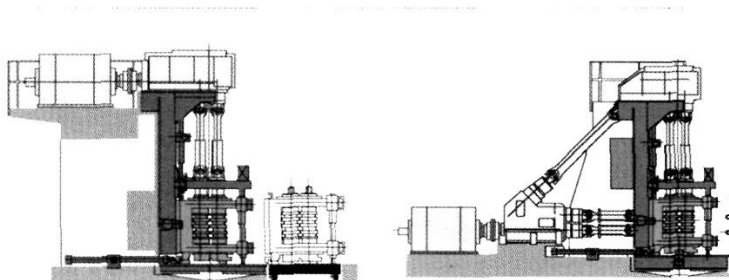
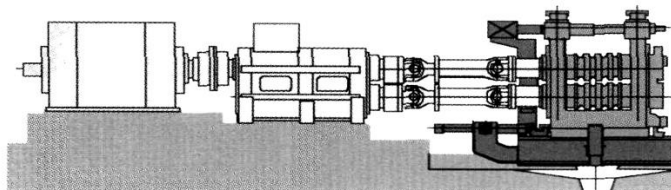


Рисунок 2.8 – Компоновки клітей сортових станів

Для суміщення калібрів з віссю прокатки кліть в напрямних рами переміщують вертикально спеціальним механізмом. Двигун може розміщуватись безпосередньо на рамі або окремо (див. рис.2.8 б). На рис.2.8,в приведено комбіновану робочу кліть, яка має один двигун, що приводить валки в положенні горизонтальної кліті за звичною схемою, а в положенні вертикальної кліті – через кутовий редуктор, скомбінований з горизонтальною шестеренною кліттю, що передає обертальний момент на розподільний редуктор у верхній частині робочої кліті і далі на валки. Тобто одну й ту ж кліть можна використовувати як горизонтальну або вертикальну за необхідністю.

Фірмою SMS розроблено конструкцію клітей для рейкових, крупно- та середньосортних станів CCS (Compact Cartridge Stand)

(рис.2.9), яка дозволяє оперативно переходити від конфігурації дуо до універсальної і навпаки. Вузол станин в них виконаний з двох окремих половин, одна з яких встановлена нерухомо, а друга може переміщуватись у напрямку перевалки разом з комплектом валків. При цьому станина відводиться в крайнє положення, а валки встановлюються на спеціальний візок, який забезпечує швидке відведення старого та підведення нового комплекту. Зворотним ходом комплект валків та половина вузла станин повертається у робоче положення. Всі механізми настроювання валків та переміщення станин гідравлічні.

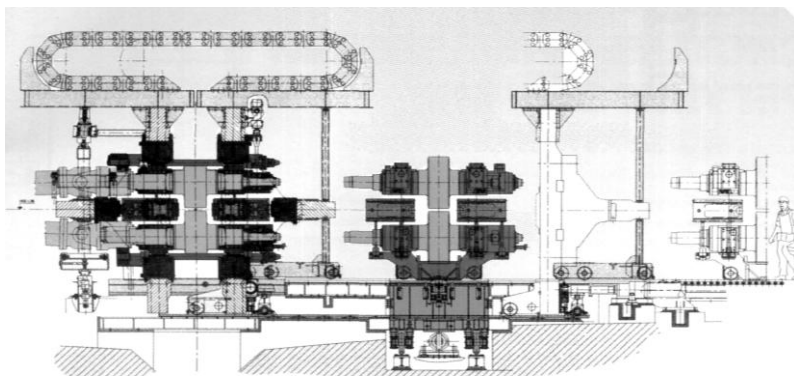


Рисунок 2.9 – Схема робочої кліти CCS в робочому положенні (ліворуч) та під час перевалки (в центрі та праворуч)

2.4 Холодильники сортових станів

Холодильники сортових станів повинні забезпечувати збереження прямолінійності довгомірного прокату без його скручування, переміщення без ковзання щоб уникнути появи подряпин і, крім того, можливість зміни відстані між окремими штангами прокату для регулювання швидкості його охолодження.

Відомі 3 основні типи таких холодильників:

1. Рейкові з поступальним і хитним рухом рейок;
2. Рейкові з хитним рухом рейок;

3. Роликові;

Найпоширенішим є 1-й тип холодильника. Метал в них переміщається в поперечному напрямку відносно технологічної лінії, але не волоком по рейках настилу а в результаті поступального й хитного рухів самих рейок, що мають зубчасті пази, у яких розташовуються штанги прокату.

Звичайно такі холодильники складаються з 2-х систем рейок: рухомих і нерухомих (рис.2.10) або обох рухомих.

Зубчасті рейки звичайно рухаються по окружності. При їхньому підйомі прокат попадає між зубами й, будучи надійно зафіксованим по всій своїй довжині (оскільки рейки з певним кроком розташовані по всій довжині L холодильника), переміщається на один крок у поперечному напрямку при одному повороті ексцентрикових валів, що приводять рухливі рейки. При опусканні рухливих рейок прокат попадає на нерухомі рейки (гладкі або зубчасті) і залишається на них до наступного оберту рухомих рейок.

Оскільки рейкові холодильники повинні, крім переміщення металу, регулювати швидкість його охолодження, змінюючи щільність його укладання й збирати прокат у пачки, те їхня конструкція досить складна, а маса досягає 40-50% маси всього механічного обладнання станів.

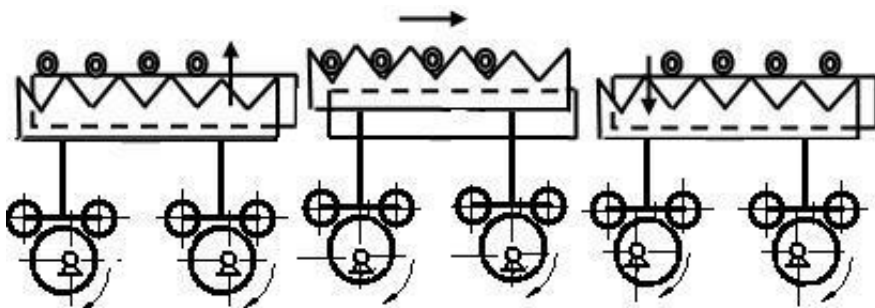


Рисунок 2.10 – Принципова схема рейкового холодильника

Рейкові холодильники 2-го типу (системи Едвардса) мають рейки напівкруглої форми, які виготовляються із труб (рис.2.11).

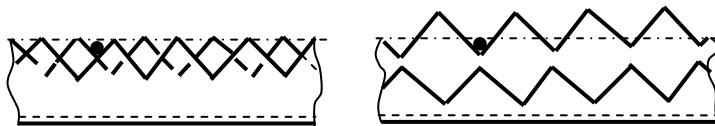


Рисунок 2.11 - Схема переміщення металу в холодильнику Едвардса

Переміщення металу при хитанні рейок відбувається скочуванням їх по зубах спочатку однієї, а потім другий рейок. При цьому відбувається ковзання прокату по зубах, що псує його поверхню. Іншим недоліком холодильників цього типу є неможливість одночасної подачі двох смуг прокату на зубець. Раніше ці холодильники застосовувалися часто, але тепер їх будувати перестали.

Холодильники 3-го типу складаються з ряду роликів 1, розташованих під кутом до відповідного 2 та відповідного 3 рольгангів (рис.). За принципом дії вони аналогічні пакетувальним рольгангам, тобто за рахунок осевої та нормальної складових швидкості прокат рухається перпендикулярно осям роликів. Перевагами таких холодильників є рівномірне охолодження прокату 4 через безперервне відновлення поверхні його контакту з роликами й відсутність ковзання. Привод роликів груповий, здійснюється через конічні 5 або циліндричні з паразитними шестернями передачі. Але поширення ці холодильники не одержали внаслідок неможливості збереження прямолінійності штанг великої довжини.

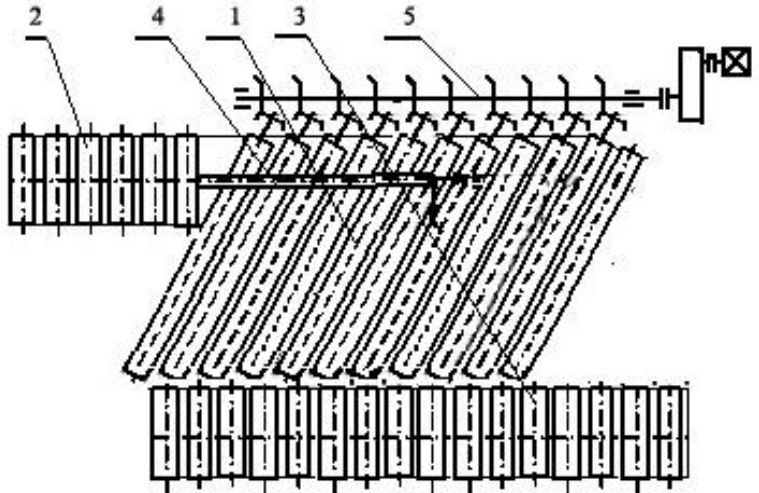


Рисунок 2.12 - Холодильник роликового типу.

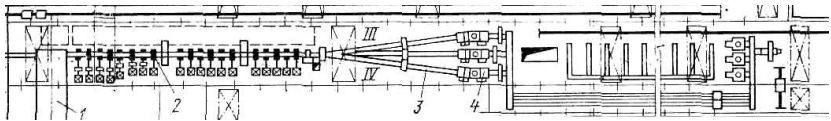
2.5 Обладнання дрібносортних та дротопрокатних станів

Дрібносортні стани призначені для прокатки простих та кутових профілів з розмірами поперечного перетину 8-40 мм. За схемами розміщення обладнання сучасні дрібносортні стани безперервні або комбіновані з безперервною чорною групою та різними конфігураціями чистових клітей (лінійна, крос-коунтрі та ін.). На рис.2.13 приведені схеми устаткування дрібносортного та дротопрокатного безперервних станів 250.

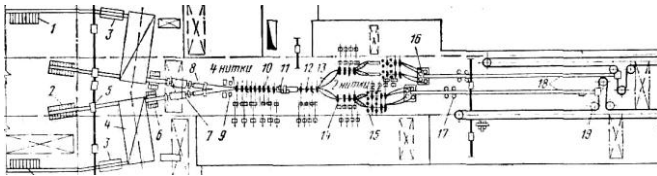
Дрібносортний стан 250 має 20 горизонтальних і вертикальних клітей 2, об'єднаних у три неперервні групи. Між групами встановлені аварійні летючі ножиці, а за чистовою групою – кривошипно-ексцентрикові подільні ножиці. Нагріті в печі 1 заготовки прокатуються послідовно в групах клітей, готовий прокат розрізається на подільних ножицях та трайб-апаратами 3 подається до сортових моталок 4, де змотується в бунти масою до 2 т.

Дротопрокатний стан 250 має в головній частині обладнання для одержання з окремих прутків неперервних заготовок

На сучасних дрібносортних та дротопрокатних станах фактично не використовують робочих клітей традиційної конструкції, які не забезпечують потрібної точності прокату внаслідок деформації калібру по одній з осей. Тому використовують трьохвалкові (рис.) та чотирихвалкові кліті, у яких деформація розподіляється більш рівномірно з меншими похибками форми перетину, а також попередньо напружені кліті великої жорсткості.



а



б

Рисунок 2.13 Схема розміщення устаткування дрібносоротно-го стану 250 SKET (а) та дротопрокатного 250 (б).

Трьохвалкові робочі кліті мають станину-корпус, у проточках якої розміщені валкові вузли. Валки мають складову конструкцію. Робоча поверхня валка встановлена на валу, який встановлений на підшипниках кочення в корпусі кліті. Один з валів (на рис. - верхній) ведучий, на ведені вали момент з нього передається конічними передачами. Кліть не має натискного механізму і на кожний новий розмір її налаштовують на окремому стенді, а перевалюють заміною всієї кліті.

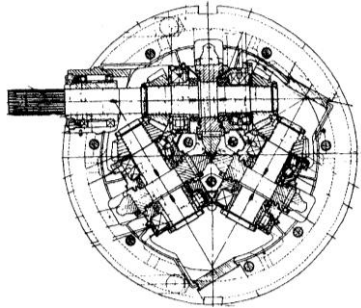
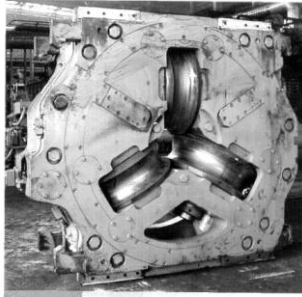


Рисунок 2.14 – Трьохвалкова робоча кліть: загальний вигляд (а) та схема (б)

Однією із головних вимог, що висуваються до конструкції прокатних станів, є підвищена жорсткість робочих клітей, необхідна для того, щоб неминуче коливання навантаження на валки при прокатці викликало мінімальну додаткову деформацію у найменшого числа деталей, яка призводить до змінення величини міжвалкового зазору або калібру.

Одним з рішень цієї проблеми є попередньо напружені робочі кліті. Принцип попереднього напруження полягає в тому, що робоча кліть перед прокаткою навантажується силою, яка приблизно на 20% більша за силу прокатки. Під дією цієї сили, по-перше, вибираються зазори між елементами робочої кліті, які сприймають силу прокатки, а по-друге, самі елементи пружно деформуються на деяку величину. Після цього настраюють між валковий зазор. Коли у валки входить

метал і з'являється сила прокатки, вона не перевищує силу попереднього напруження, а лише розвантажує елементи, які її створюють. Загальне ж навантаження на кліть і її деформація не змінюється. На величину міжвалкового зазору впливатиме лише деформація безпосередньо валків, яка значно менше деформації усїєї кліті. Аналогічний ефект дає і попереднє стиснення робочої кліті зазначеною силою аналогічно силі затягування болтів для нерозкриття стику. Для розуміння ефекту попереднього напруження уявіть робочу кліть у вигляді людини, що тримає в руках (механізм попереднього напруження) вантаж вагою 12 кг (сила попереднього навантаження). Ця сила сприймається ногами людини (елементами робочої кліті). Якщо частину вантажу 10 кг перекласти в рюкзак на спину (сила прокатки при вході металу у валки) то руки розвантажуються до 1 кг на кожну, але загальне навантаження на ноги (на кліть) не зміниться і буде складати ті ж 12 кг і ніяких змін в ногах не викличе.

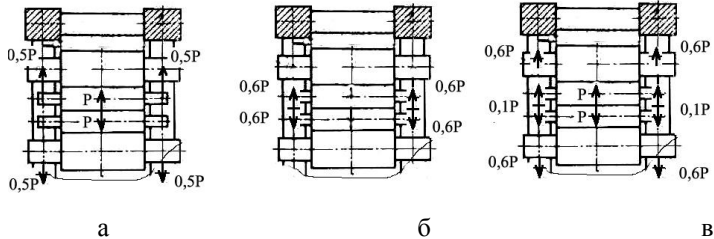


Рисунок 2.15 Схеми дії сил на робочу кліть: звичайне при прокатці (а), попереднє навантаження між подушками (б), перерозподіл сил попереднього навантаження при прокатці (в)

Існують три способи створення сили попереднього напруження кліті: розпірна сила безпосередньо валками, які мають бурти по краях бочки, за рахунок притиснення їх натискними механізмами; розпір між подушками робочих валків; додаткове стиснення спеціальними пристроями. У першому випадку попередньо деформуються і самі валки, що є перевагою. Однак такий спосіб може використовуватись

лише для одного розміру прокату, тобто коли не потребується цілеспрямованої зміни міжвалкового зазору. Тому у більшості станів використовується навантаження між подушками або додаткове стиснення кліті.

На рис. зображена попередньо напружена безстанинна сортова робоча кліть.

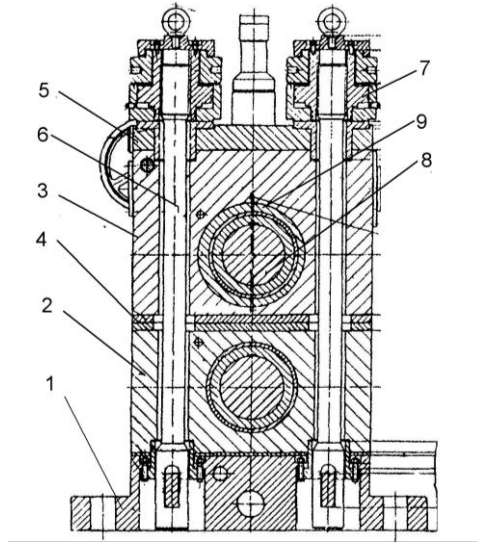


Рисунок 2. 16 - Безстанинна сортова робоча кліть.

Вона складається з плити 1, на якій закріплені чотири колони 6. На колони послідовно встановлено нижні подушки 2, проставки 4, що визначають величину між валкового зазору, верхні подушки 3 та кришку 5. На верхівки колон 6 встановлено гідрогайки 7. При подаванні тиску в гідрогайки 6 елементи 2-5 стискаються, причому навантаження, що створюється гідрогайками, перевищує силу прокати, і при прокатці вертикальної деформації «розкриття» кліті не відбувається. Валки 8 встановлені в подушках 2,3 на підшипниках ковзання, причому верхній валок встановлений у ексцентрикових

втулках 9. Їх повертають за допомогою черв'ячного механізму (не потрапив у розріз) для регулювання між валкового зазору.

Інша конструкція попередньо напруженої кліті, що діє за таким принципом, наведена на рис. 2.17

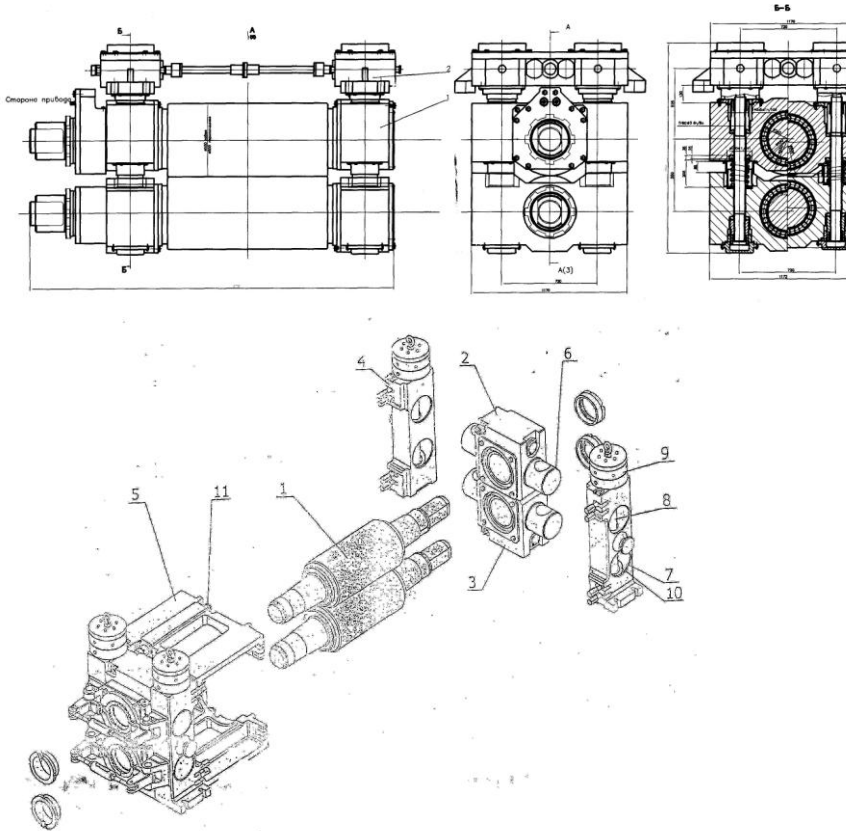
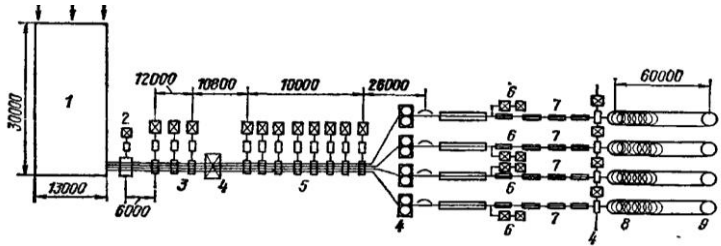


Рисунок 2.17 Попередньо напружена сортова кліть

На сучасних дротопркатних станах використовують чистові блоки клітей підвищеної жорсткості з двохопорним або консольним розміщенням валків. Прикладом такого стану є дротопркатний стан, склад обладнання якого приведений на рис 2.18, .



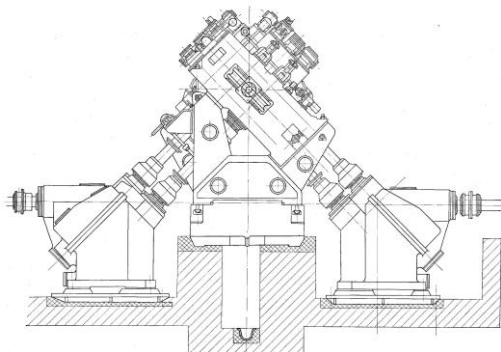
- 1- піч, 2 – ножиці, 3 - чорнові кліті, 4 – ножиці, 5 – перед чистові кліті,
 6 – блоки чистових клітей, 7 – охолоджувальні пристрої,
 8 - укладальники витків, 9 – кишені з приймальними конусами

Рисунок 2.18 – Дротропокатний стан 250 з чистовими блоками клітей

Особливістю таких блоків є те, що робочі кліті встановлюються на плитовинах 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. 2.19, а,б) Такі блоки клітей мають груповий привід від одного двигуна (рис.2.19 в). Через розподільний редуктор обертальний момент передається на два трансмісійні вали з конічними передачами, розміщеними в двох редукторах на кожному з валів. Від верхнього вала приводяться чотири робочі кліті з непарними номерами, розміщені під кутом 45° . Від нижнього - чотири робочі кліті з парними номерами, розміщені під кутом (-45°) . Далі в кожній з клітей момент розподіляється між двома валками через циліндричні зубчасті передачі з передатним числом $i=1$ (аналог шестеренної кліті).

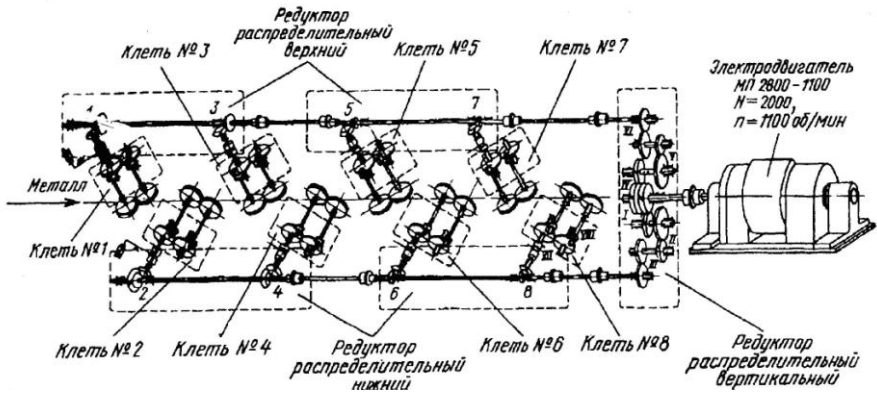
На рис. 2.20 приведена конструкція робочої кліті дротропокатного стану з консольним розміщенням валків. Кліть складається з корпусу (станини) 1, в якій розміщено трансмісійні вали 21 гру-

пового приводу валків. Від нього приводяться вал-шестерні 7, які встановлені в ексцентрикових втулках 2 на підшипниках ковзання 3.



а

б



В

Рисунок 2.18 Робочі кліти блочного типу дротопркатного стану: загальний вигляд (а), розміщення двох послідовних клітей (б), схема групового приводу клітей (в).

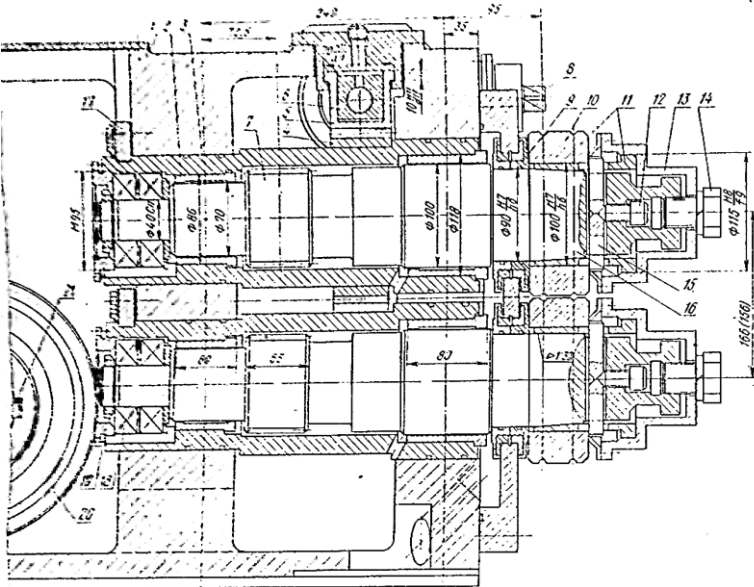


Рисунок 2.19 – Конструкція блочної кліті дрогопрокатного стану.

На консольну кінчну частину вал-шестерен 1 встановлені власне валки 10 з двома калібрами, які фіксуються за допомогою елементів 11-15. Регулювання зазору між валками здійснюється поворотом ексцентрикових втулок 2 рейковою зубчастою передачею 4-6. Для сприйняття осьових навантажень на хвостовиках валів 7 встановлено пару радіально-упорних підшипників 16

3 СТАНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ГАРЯЧЕКАТАНИХ ЛИСТІВ І ШТАБ.

Плоский гарячекатаний прокат виробляють у вигляді товстих листів, плит та гарячекатаних штаб у рулонах. Товсті листи та плити виробляють на товстолистових станах (ТЛС), а гарячекатані штаби – на широкоштабових станах гарячої прокатки (ШСГП), до яких відносять безперервні, напівбезперервні, стани Стекеля та ливарно-прокатні модулі. На сучасних напівбезперервних станах та станах Стекеля можливе виробництво товстих листів.

3.1 Механічне обладнання товстолистових станів (ТЛС)

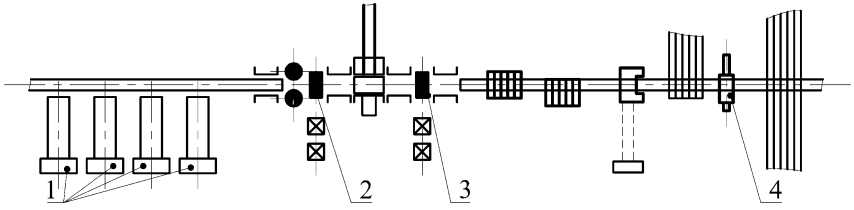
До товстолистових станів відносять одно-, двох- і трьохклітьові (у цьому випадку одна кліть із вертикальними валками) прокатні стани, призначені для прокатки листів товщиною 4-50 мм і плит товщиною більше 50мм. Кліті з горизонтальними й вертикальними валками реверсивні, прокатка відбувається по черзі в кожній із клітей, причому в кожній кліті виконується по кілька проходів.

До сучасних ТЛС належать стани 3600 ВАТ «Азовсталь», 5000 ВАТ «Северсталь», 3000 ВАТ «Маріупольський комбінат ім.Ілліча», 3000 ВАТ «Алчевський металургійний комбінат» (після реконструкції стана 2800), стани 5500 Японії, стан 4000/3600 Швеції й ряд інших закордонних станів. Їх почали вводити в експлуатацію в середині 70-х років минулого століття.

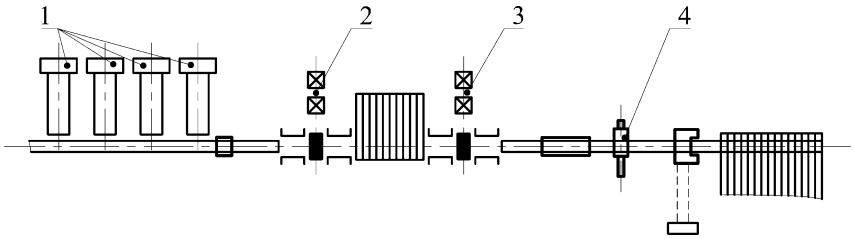
Товстолистові стани четвертого покоління в більшості випадків мають обидві кліті кварто, високий модуль жорсткості кліті, потужні індивідуальні приводи, сучасне устаткування для обробки прокату й засоби термообробки в потоці й поза потоком стана, системи автоматичного регулювання розмірів прокату й керування технологічними процесами й організацією виробництва.

При цьому в загальному випадку состав устаткування містить у собі нагрівальні печі 1, чорнову робочу кліть 2, чистову робочу кліть 3 і листоправильну машину гарячого виправлення 4. Заготовку – сляб нагрівають у печах 1 до температури прокатки. Окаліну видаляють гідрозбивом, після чого відбувається реверсивна прокатка в чорновій 2 та чистовій 3 робочих клітях. На сучасних ТЛС у лінії робочих клітей встановлюють листоправильну машину (ЛПМ) гарячого правлення 4, на якій відбувається попереднє правлення листів. Перед ЛПМ на деяких станах встановлюють пристрої контрольованого охолодження листів. Після правлення листи направляють в лінії обробки для різання, термообробки та заключного правлення, причому в залежності від товщини (більше чи менше 25мм) існують окремі лінії обробки, що складаються із правильних машин, кантувачів, дискових і гільйотинних ножиць або ножиць з котким різом і збиральних засобів, з'єднаних між собою рольгангами й поперечними транспортерами - шлеперами.

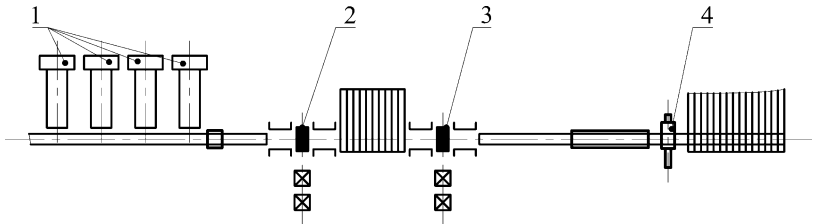
У разі прокатки плит заготовку – зливоч нагрівають у нагрівальних колодязях (на рис. не показані) і після видалення окаліни прокатують до готового розміру в чорновій робочій кліті, після чого передають на дільницю обробки плит.



а)



б)



в)

Рисунок 3.1 - Склад устаткування лінії робочих клітей сучасних товстолистових станів України: 3600 «Азовсталь» (а), 3000 ММК ім. Ілліча (б), 3000 АМК.

Нагрівання слябів виконують в печах з крокуючим подом. Передачу слябів з печей на рольганг виконують спеціальними пристроями безударного виймання слябів.

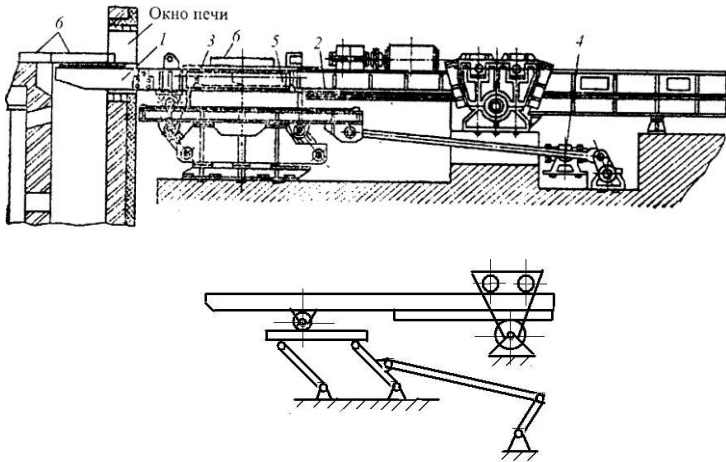


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд (а) та кінематична схема (б) пристрою для безударного виймання слябів.

Пристрій представляє собою штанги 1, які за допомогою опорного ролика 2 опираються на напрямні шарнірного паралелограма 3. В задній частині штанг розміщені рейкові зубчасті передачі 4. Шарнірний паралелограм 3 має кривошипно-важільний механізм підйому 5. При вийманні слябу 6 з печі 7 рейковою передачею 4 штанги 1 підводяться до печі, водночас паралелограм 3 децю опускається і штанги входять в отвори печі під слябом 6. Потім паралелограм 4 підіймається, штанги 1 підіймають сляб 6 над подом печі і зворотним ходом рейкової передачі вивозять його і встановлюють над рольгангом 8. Штанги за допомогою паралелограму 3 опускаються в проміжки між роликками рольгангу, і сляб 6 плавно вкладається на останній, після чого штанги відводяться в неробоче положення.

Наступне обладнання технологічної лінії ТЛС призначене для видалення пічної окалини. На сучасних станах практично не використовують окалиновідламувачі у вигляді окремих клітей. Видалення

окаліни виконують гідрозбивом. Принцип гідравлічного способу очищення металу від окаліни полягає в тім, що на поверхню металу, покриту окаліною, подається вода під тиском. При цьому відбуваються безпосередньо чотири процеси: охолодження (різний стиск металу й шару окаліни: під охолоджувальною дією води викликає розрив шару окаліни); руйнування шару окаліни водою, що подається під тиском з високою швидкістю; вибухоподібний випар крапель води, що видаляються, під шаром або безпосередньо на шарі окаліни; змив розбитої й відділеної окаліни струменем води.

Пристрої для гідрозбиву окаліни складаються із двох основних частин: пристрою створення й акумулювання води під тиском (напірної води) і пристроїв для підводу і розприскування води із соплами, колекторами й дозаторами.

Пристрої для створення напору води можуть бути розділені на чотири групи:

- з гідравлічним акумулятором і поршневыми насосами;
- з гідравлічним акумулятором і відцентровими насосами;
- з поршневыми насосами без гідравлічного акумулятора;
- з відцентровими насосами без гідравлічного акумулятора.

Дослідження різних систем і пристроїв гідрозбиву окаліни дозволили зробити висновок, що для товстолистових станів найбільше раціонально використовувати пристрої з гідравлічним акумулятором і відцентровими насосами.

Пристрій для розприскування води має коробчастий корпус, який встановлений над ділянкою рольгангу (рис. 3.2). У корпусі встановлені верхні сопла, а між роликками рольгангу – нижні. Між верхніми соплами встановлено вентиляційні пристрої для видалення пари. Найбільш поширені сопла з прямокутною та еліпсоїдною вихідною щільною.

Вода подається на метал під кутом β (рис.3.3), який складає приблизно 15° . Важливою характеристикою сопел є кут розбризкування α . При використанні для видалення окаліни прямокутних сопел його

приймають рівним 26-30°.

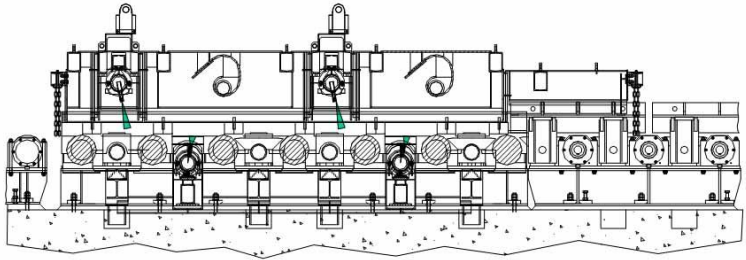


Рисунок 3,2 Гідрозбив окалини

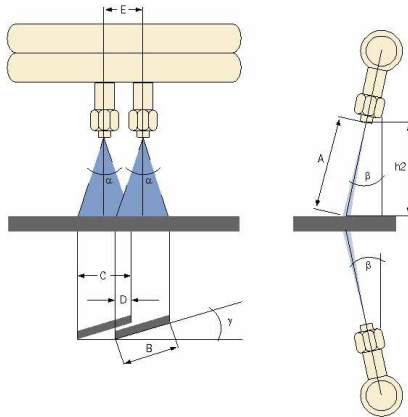


Рисунок 3.3 Схема розташування струменя води при розбризкуванні із сопла: α - кут розбризкування; β - кут крутіння; γ - кут нахилу; A - відстань між соплами й поверхнею прокату.

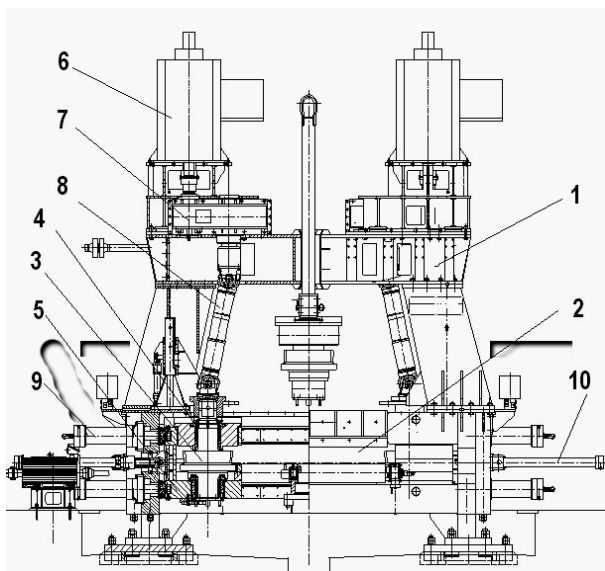
Відстань сопел від поверхні листа визначається емпірично й перебуває в межах 180-220 мм. Знаючи кут розбризкування α й відстань сопла від поверхні листа, можна визначити ширину струменя й необхідне число сопел. У тому випадку, коли питома продуктивність наявних сопел недостатній і не можна розташувати всі сопла (включаючи

додаткові) в один ряд через невеликі місця, застосовують два або кілька колекторів, розташованих один за одним. За рубежем на ТЛС працюють гідрозбиви з тиском води до 25 МПа. Витрата води наближається до 600 м³/ч.

Способи гідрозбиву окалини постійно вдосконалюються в напрямку оптимізації подачі води, зниження її витрати й забезпечення необхідного тиску струменя.

Після гідрозбиву прокат поступає в зону робочих клітей.

Ряд сучасних станів обладнаний вертикальними (еджерними) клітями. На старих станах вони виконували функцію вертикального окалиновідламувача. На сучасних ТЛС основне призначення еджерів – прокатка кромки з метою зняття уширення та бочкоподібності бокових граней прокату, що мають місце в чорновій кліті, а також перемінне бічне обтиснення при використанні MAS-технологій. Вертикальні кліті можуть виконуватись з верхнім та нижнім приводом. Конструкція з верхнім приводом представлена на рис. .



1 станина, 2 рама, 3 валок, 4 підшипник, 5 касета, 6 двигун,
7 редуктор, 8 шпindel, 9 натискний гідроциліндр,
10 гідроциліндр врівноваження

Рисунок Конструкція вертикальної кліті з верхнім приводом
двохопорних валків

Двигуни 6 приводу валків розміщені у верхній частині станини 1. Під ними знаходяться редуктори 7, через які обертальний момент передається шпindelями 8 на хвостовики вертикальних валків 3. Валки на підшипниках 4 встановлені в касетах 5. Касети встановлені в напрямних рами 2, що знаходиться в нижній частині станини 1 на рівні прокатки. Для обтиснення металу касети з валками переміщуються натискними гідроциліндрами 9, що спираються на касети через сферичні підп'ятники. Для притиснення касет до натискних механізмів використані гідроциліндри 10, аналогічні за функцією гідроциліндрам врівноваження горизонтальних клітей. Шток гідроциліндра 10 шарнірно з'єднаний з траверсою касети 5, а його дія проти спрямована дії натискних гідроциліндрів 9.

На рис. приведена конструкція еджерної кліті з нижнім приводом. Вертикальні валки 1 консольно розміщені в подушках 2, які переміщуються в напрямних станини 3 за допомогою гідравлічних натискних механізмів 4,5 з гідравлічним врівноваженням 6. Привод кожного з валків здійснюється від електродвигуна 7 через редуктор 8 та шпindel 9. Ведена частина шпинделя (його вал) розміщена в порожнистому валу 10 за допомогою шлицевого з'єднання, що забезпечує передачу моменту валкам при їхньому переміщенні (порожнистий вал при зведенні – розведенні валків переміщується разом з подушкою). З порожнистого вала на валок момент передається кінцевою передачею 11. Сам валок виконаний у вигляді складальної конструкції і складається власне з валка 1, який надівається консольно на приводний вал 12. При перевалках замінюється безпосередньо валок.

Кліть з нижнім приводом простіша конструктивно, менш металоємна, забезпечує просту перевалку валків. До недоліків слід віднести нерівномірне навантаження на конструкцію при консольному розміщенні валків, наявність конічних передач, складність обслуговування приводу та розміщення приводу в зоні забруднення окалиною, водою та ін.

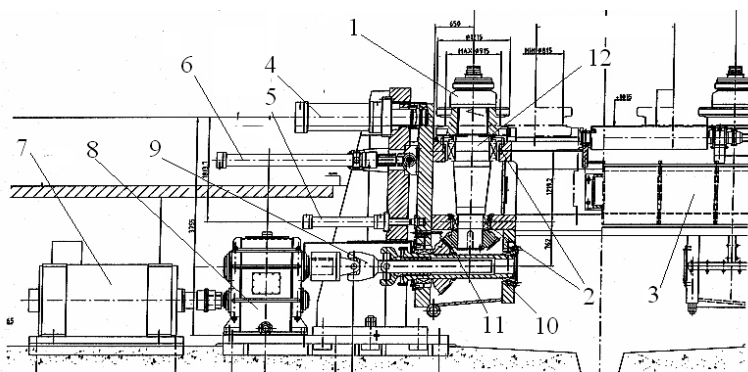


Рисунок - Еджерна кліть з нижнім приводом

Робочі валки вертикальних клітей мають електромеханічні або гідравлічні натискні механізми. На рис. приведено схему електромеханічного натискного механізму, який широко використовується на вертикальних та універсальних клітях слябінгів, ТЛС та ШСПП. Привод натискних гвинтів – від електродвигуна 1 через приводну шестерню 2 та зубчасті колеса 3, від яких через шлицеві зачеплення приводяться гвинти 4. Гайки 5 зафіксовані в станині і перетворюють обертання гвинтів в їхній поступовий рух. Для настроювання паралельності валків верхній гвинт може виводитись із зачеплення за допомогою розчипної шестерні 6. Гвинти тиснуть на подушки 7 вертикальних валків 8. Для постійного контакту гвинтів з подушками існує гідравлічний механізм 9, розміщений в

порожнистій маточині паразитної шестерні 10 – аналог механізму врівноваження – з'єднаний з траверсою 11.

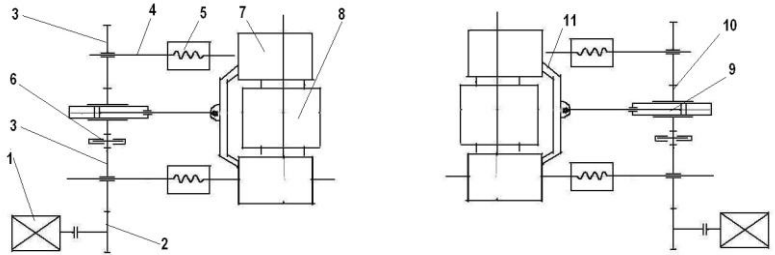


Рисунок - Електромеханічний натискний механізм вертикальних валків

Сучасні стани мають гідравлічні або комбіновані натискні механізми (НМ). Фірмою SMS розроблені комбіновані натискні механізми з розміщенням в станині 1 гідроциліндрів 2, у яких поршень 3 має внутрішню різьбу і відіграє роль гайки для кінематичної пари з гвинтом 4, що має власний привод. (рис.) . При роботі у режимі ГНМ цей привод відключено, і гвинт та гайка-поршень як одне ціле виконують функцію поршня. При роботі в режимі електромеханічного НМ тиск в циліндр 2 не подається, поршень-гайка 3 нерухомий, а гвинт 4 переміщується власним приводом.

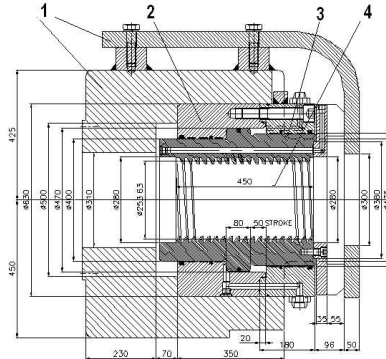


Рисунок - Схема комбінованого натискного механізму.

Горизонтальні робочі кліті сучасних ТЛС – це кліті кварто, які відрізняються великими габаритами, оскільки сила прокатки на більшості станів перевищує 50МН, а на деяких ТЛС досягає 100МН. Особливістю таких клітей є гідравлічне врівноваження робочого валка, аналогічне врівноваженню опорного, тобто з розміщенням гідроциліндрів в верхній траверсі.

Ще однією особливістю є наявність станинних роликів, які є продовженням робочого рольгангу, розміщеним в кліті. Вони виконують роль провідних столів. Станинні ролики функціонують в умовах ударних навантажень, тому їх розміщують на спеціальних амортизаторах.

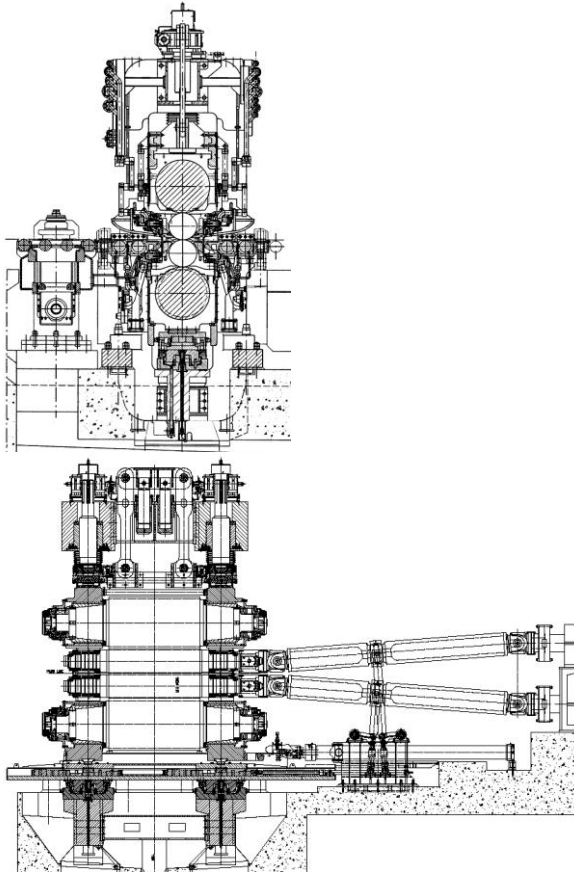


Рисунок Горизонтальна робоча кліть ТЛС

На сучасних ТЛС встановлено листопривильні машини (ЛПМ) для виправлення металу в гарячому і холодному стані. Перші встановлені безпосередньо в технологічній лінії прокатного стану і призначені для попереднього виправлення металу, другі встановлені в лініях подальшої обробки листів і здійснюють заключне виправлення металу. За конструкцією вони мають одна-

кові технічні рішення. Це - правильні машини колонного або станинного типу, які мають 9-11 робочих роликів, кожен з робочих роликів має більше 10 опорних роликів-дисків (рис.). Механізми настроювання роликів (верхньої траверси) гідравлічні. Робочі ролики мають комбіноване паралельне або індивідуальне настроювання в подовжньому напрямку, а деякі – і поперечне для кожного ролика.

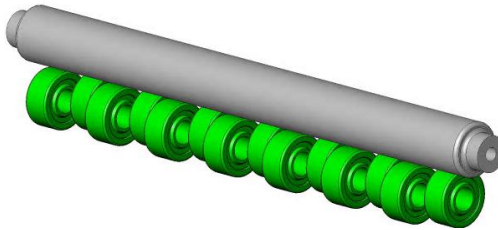


Рисунок – Вузол робочого ролика з опорними дисковими роликами

На рис. показана одна з найбільш сучасних ЛПМ гарячого правлення, встановлена в лінії ТЛС 5000 . У ЛПМ є 9 приводних робочих роликів 8 діаметром 430 мм (п'ять зверху й чотири внизу). Для забезпечення необхідної жорсткості робочі ролики опираються на систему розташованих у шаховому порядку опорних роликів 7 діаметром 440 мм. Кожний робочий ролик опирається на 20 опорних роликів. Всі опорні ролики встановлені на сферичні роликопідшипники. Опорні ролики під кожним з робочих встановлені на клиновому механізмі, що приводиться від гідроциліндра й дозволяє індивідуально настроювати положення кожного з роликів по висоті. Настроювання робочого зазору між правильними роликами здійснюється гідравлічним натискним механізмом, який переміщує верхню траверсу. Рухлива траверса з верхньою касетою 4 притискається до під'ятників натискних гідроциліндрів за допомогою гідроциліндрів зрівноважування 3.

Крім того, для виправлення металу товщиною понад 25 мм при низьких температурах, а також з матеріалів з високою границею текучості, конструкція дозволяє здійснювати виправлення в 5-ти роликівому режимі із збільшеним кроком. При цьому ролики №3, 7 нижньої касети й 4, 6 верхньої касети віддаляються від рівня правлення за допомогою клинових механізмів індивідуального настроювання, що приводяться від гідравлічних циліндрів. Крім того, за допомогою чотирьох установлених на станині гідроциліндрів нижня касета зміщується в напрямку входу металу в кліть на величину половини кроку між правильними роликами. У такий спосіб у контакт з металом залишаються 5 правильних роликів №1, 2, 5, 7 і 9.

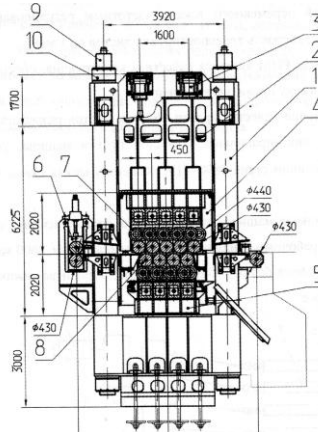


Рисунок – Листопрямильна машина ТЛС 5000

На рис. приведена конструкція ЛПМ фірми Danieli, в цілому аналогічна за конструкцією попередній, але в якій реалізовано поперечне настроювання роликів. Верхня траверса складається з двох половин 1 і 2 (рис.), з'єднаних шарніром 4. За допомогою гідроциліндра 3 половини траверси провертаються навколо шарніра 4 у взаємно протилежному напрямку, при цьому робочі ролики одержують внаслідок прогину одне з настроювань, зображених на рис. На рис. також приведені гідроциліндри врівноваження 5 та під'ятники 6, на які опираються штоки натискних гідроциліндрів..

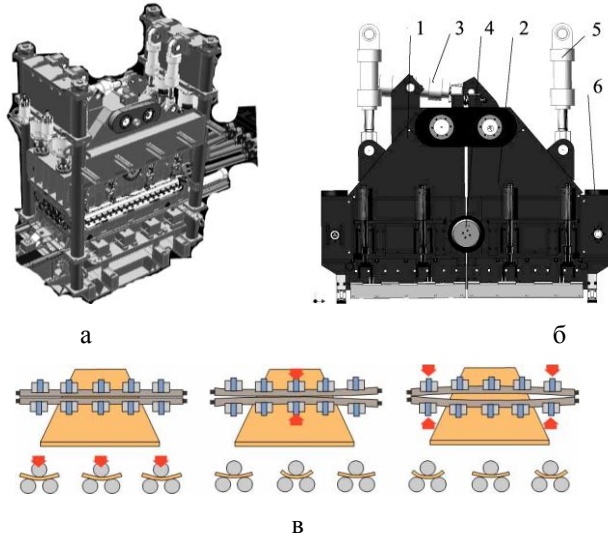


Рисунок Загальний вигляд (а), верхня траверса (б) та схеми наструювань (в) ЛПМ фірми Danieli

В лініях обробки товстих листів головне місце належить ножицям поперечного та подовжнього різання. Перші призначені для обрізання кінців листів, а другі – для обрізання крайок. Ножиці поперечного різання – це стаціонарні гільйотинні ножиці. Для обрізання крайок товщиною менш 25 мм призначені двохпарні дискові ножиці, більше 25мм – гільйотинні з відкритою станиною. Ці конструкції розглянуті в попередніх розділах курсу.

На сучасних станах замість гільйотинних ножиць використовують ножиці з так званим круговим різанням (з котким різом), при якому досягається краща, у порівнянні з гільйотинним, якість різання. Для подовжнього розрізання використовують здвоені крайкообрізні ножиці (ЗКОНи).

Принцип кругового різання полягає в тім, що верхній ніж являє собою дугу окружності, що котиться без ковзання по горизонтальному нижньому ножі. У такий спосіб кожна крапка на дузі

ножа при коченні описує циклоїдальну криву й кут різання зберігається постійним по величині. З метою підвищення якості різання радіус дуги ножа приймається досить більшим (20—50 м), завдяки чому кут різання (нахилу робочої хорди дуги) буде мінімальним ($\alpha \approx 1,5—2,0^\circ$).

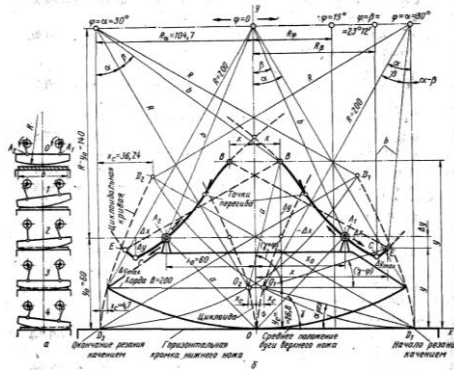
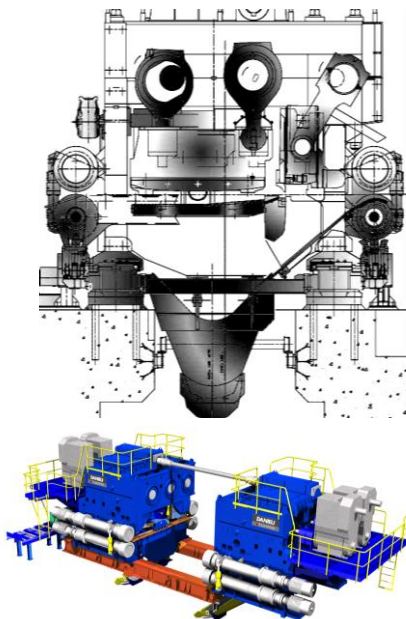


Рисунок - Схема ножиць з верхнім круговим (дуговим) ножем для різання товстих широких листів *a* — послідовність положень дугового ножа при різанні (ПРО-О—4); *б* — траєкторія руху приводних шарнірів *A* і *A*₃ верхнього супорта при коченні дуги ножа без ковзання по прямій

Конструктивно вказана траєкторія руху ножів забезпечується здвоєним кривошипно- важільним механізмом (рис. а), причому кривошипи встановлені в протифазі один до одного, тому коли одна частина ножа опускається, інша підіймається, і ніж перекочується по металу

На рис. показано конструкцію ЗКОНів фірми Danieli. Це власне пара ножиць з круговим різанням, ножі яких розміщені паралельно крайкам листа. Одні ножиці з пари можуть переміщуватися поперек лінії прокатки для настроювання по ширині листа. Власне ножиці

складаються з механізму різання, роликів, що подають метал, подрібнювача відрізаної крайки.



а

б

Рисунок - Схема механізму різання (а) та загальний вигляд (б) здвоєних кромкообрізних ножиць (ЗКОНів) з круговим різанням.

Механічне обладнання широкоштабових станів гарячої прокатки (ШСГП)

Широкоштабові стани гарячої прокатки призначені для виробництва смуг в рулонах товщиною 1...20 мм, шириною до 2500 мм. В

залежності від продуктивності та складу обладнання розрізняють безперервні (БШС), напівбезперервні (НБШС) та реверсивні широкоштабові стани з моталками в печах (стани Стекеля). Переважно більшість сучасних ШСГП виконують у вигляді ливарно- прокатних модулів (ЛПМ) у яких лінія стана є безпосереднім продовженням МБЛЗ. На рис. показані основні компоновки обладнання ШСГП різних типів та генерацій.

чорною кліттю (в), ливарно- прокатні модулі (г,д).

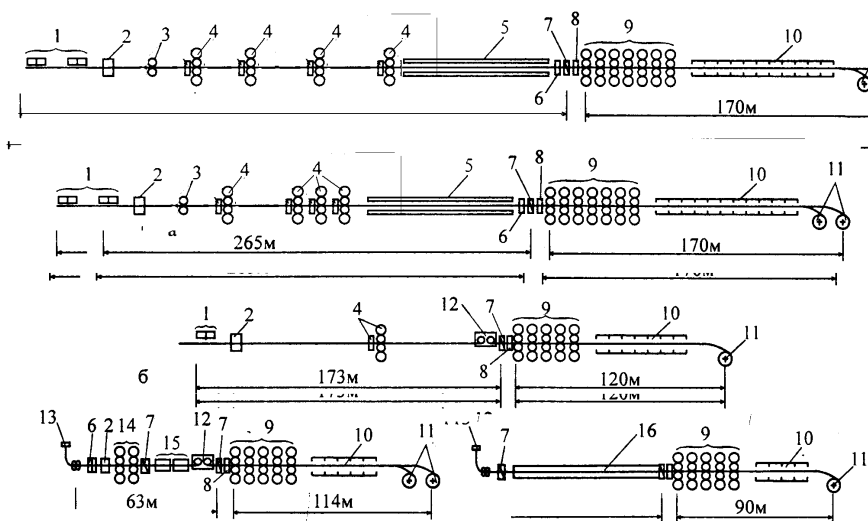
Процес прокатки на ШСГП традиційної конструкції (рис. а,б) включає нагрівання заготовок – слябів – у методичних печах 1 або безпосередню подачу їх від окремих МБЛЗ, укладання на рольганг, видалення первинної окалини гідрозбивом 2, прокатку в групі чорнових універсальних клітей 4, транспортування проміжним рольгангом з екранами 5, обрізання кінців штаби летючими ножицями 7, видалення вторинної окалини гідрозбивом або чистовим окалиновідламувачем 8, прокатку в чистовій безперервній групі клітей 9 до кінцевої товщини, охолоджується душовими пристроями 10 на рольгангу, що відводить, до температури змотування та змотується в рулони моталками 11.

Сучасні ШСГП відрізняються тим, що виконані за схемою з однією - двома реверсивними чорновими клітьми (рис. в), так звані $\frac{3}{4}$ безперервні стани, на проміжному рольгангу встановлені проміжні перемотувальні пристрої – «CoilBox» - для збереження температури та усунення ефекту температурного клину. Чистова група клітей за складом обладнання не відрізняється від попередньої. Аналогічний склад обладнання мають напівбезперервні стани, в яких поряд з прокаткою штаб передбачена прокатка товстих листів товщиною 4-20 мм. Листи катають тільки в реверсивній чорновій кліті до готового розміру та відводять в лінію обробки з проміжного рольгангу.

В ливарно- прокатних модулях (рис. г,д) заготовка товщиною 70 ... 100 мм безперервно поступає від однієї – двох тонкослябових МБЛЗ, які встановлені в лінії стану. Для вирівнювання температури по довжині використовують прохідні печі 15, 16. Кількість чорнових універсальних

клітей зведена до 2-х, або вони зовсім відсутні. Обов'язковим є розміщення ППП на проміжному рольгангу.

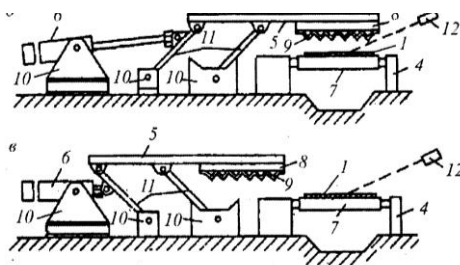
Розвиток сучасних широкоштабових станів іде по трьох взаємозалежних основних напрямках. Це - зниження температурних втрат при прокатці, підвищення якості гарячекатаних штаб, у першу чергу, їхньої точності й площинності, і розширення сортаменту. насамперед, за рахунок прокатки гарячекатаних штаб товщиною менш 1 мм.



1-печі із крокуючими балками; 2 - гідрозбиви грубної окалини; 3 - чорнова реверсивна кліть дуо й потужна кліть із вертикальними валками; 4 - універсальна чорнова реверсивна кліть кварто; 5 - теплоізолюючий екран над проміжним рольгангом; 6 - підігрівник крайок; 7 - ножиці; 8 - гідрозбив вторинної окалини; 9 - чистова група клітей; 10 - душова установка над рольгангом, що відводить; 11 -моталки; 12 - проміжний перемотувальний пристрій (ППП); 13 - МБЛЗ; 14 - чорнові кліть кварто; 15 - індукційна піч для вирівнювання температури розкату; 16 - прохідна піч - буфер.

Рисунок - Схеми устаткування широкоштабових станів: БШС з окремими чорновими клітками (а) та з безперервною чорною групою клітей (б), з реверсивною

Найбільші температурні втрати мають місце на проміжному рольгангу, де розкат має відносно невелику товщину та велику площину поверхні. Природним рішенням з точки зору збереження температури при модернізації існуючих та розробці нових станів стало розміщення над проміжним рольгангом захисних екранів з теплоізолюючими панелями, що обмежують теплообмін між нагрітим металом і навколишнім середовищем. Зараз такими екранами оснащена більшість ШСГП, у тому числі другого й третього покоління. Конструкція і принцип дії зрозумілі з рис.



1 прокат, 5 тяги, 6 гідроциліндр, 7 рольганг, 8 пластина, 9 рефлексор, 10 станина, 11 важелі, 12 пірометр

Рисунок – Схема теплового екрану Р.Грея: а) робоче положення, б) неробоче

Інший тип захисного екрану (кришок) показаний на рис.

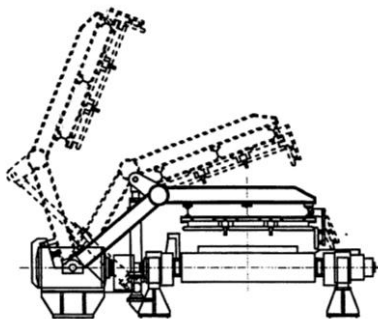
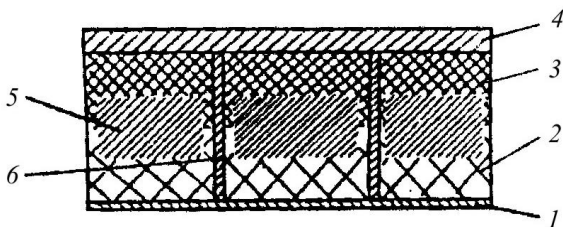


Рисунок – Схема підйому – опускання кришок теплозахисного пристрою конструкції НКМЗ.

За принципом дії захисні екрани бувають термовідбивальні, термоаккумулятивні та термоактивні. Термовідбивальний екран виконаний з полірованих гофрованих панелей-рефлекторів 9 (див.рис.) з алюмінію або композиту сталь-алюміній. Він відбиває випромінювання штаби та обмежує конвективний теплообмін з навколишнім середовищем. Термоаккумулятивний екран (рис.) розміщений над штабою і спочатку акумулює температуру від неї до встановлення теплового балансу зі штабою. Після цього теплообмін практично не відбувається. Однак захисні екрани лише частково знижують температурні втрати й не забезпечують повністю рішення проблеми температурного клина, особливо при зупинках металу на рольгангу.



1 - мембрана; 2 - теплоізолятор МКРР-110; 3 - теплоізолятор (базальтова вата); 4 - кришка зовнішня; 5 - теплоізоляційна вставка; 6 - перегородка.

Рисунок Схема термоаккумулятивної панелі

Окремо слід відмітити термічно активні екрани. По суті, це прохідна роликів пів, у якій роль роликів виконує рольганг 1 (рис.). Сам екран виконаний у вигляді склепіння 2, у вікна якого виведені газові пальники 3. Під рольгангом розміщено панелі-теплоізолятори 4. Екран встановлений на валу 5 і може підійматись над рольгангом за допомогою важеля 6 гідроциліндром 7. Безумовно, така конструкція дозволяє підтримувати потрібну температуру прокату, але це пов'язане з додатковими витратами палива, тому використання таких екранів повинно економічно обґрунтувати.

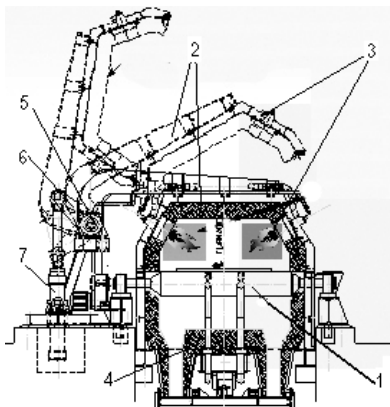


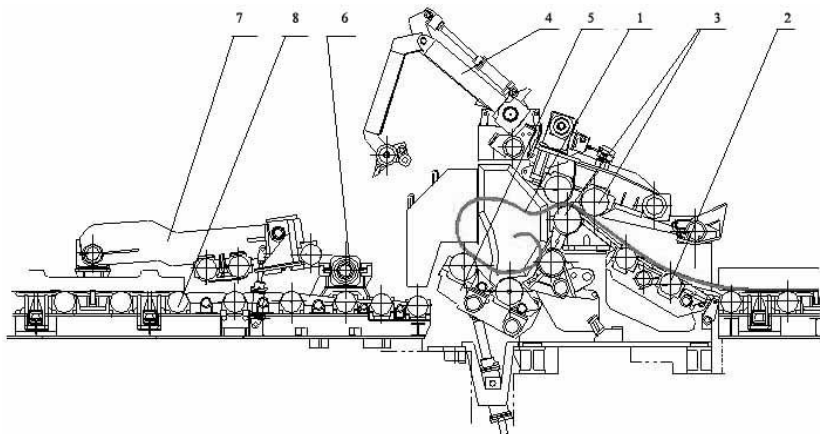
Рисунок . Термічно активний екран

Більше перспективним рішенням стало розміщення між чорною й чистою групами клітей проміжного перемотувального пристрою (ППП), відомого також як «CoilBox», що було розроблено канадською фірмою «Стілко» (SteelCo). У цьому пристрої прокат після виходу із чорної групи змотується в рулон і потім задається для прокатки в чистову групу, але внаслідок розмотування спершу задається вже задній кінець розкату.

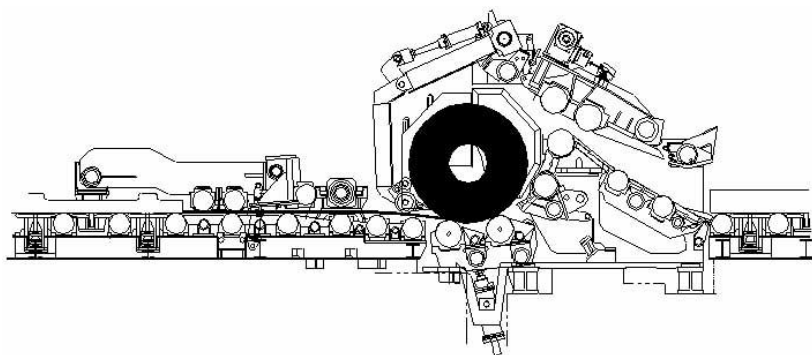
Це дозволяє зберегти тепло нагрітого металу між чорною й чистою групами клітей, послідовно вирівнювати температуру прокату по довжині, усуваючи температурний клин і знижуючи різновисхідність, знижувати утворення вторинної окалини, зменшити довжину прокатного стана на 30-40%, тим самим знизивши капітальні витрати. При зупинках стана рулон може перебувати в ППП до 8 хв без істотних температурних втрат. Недолік ППП - обмеження товщини прокату й швидкості заправлення в пристрій, які становлять відповідно 42 мм і 3 м/с. По-друге, у порівнянні зі звичайним транспортуванням по рольгангу час на змотування-розмотування у «CoilBox» майже вдвічі більший, тобто падає продуктивність обладнання. Але ці недоліки не є істотними стосовно надаваним цим пристроєм перевагам. Тому більшість сучасних прокатних станів оснащено проміжними перемотувальними пристроями. Нижче будуть розглянуті конструкції ППП «Cremona box» та «Mandrell box», які використовують в ливарно-прокатних модулях, в яких змотування наступного та розмотування попереднього рулонів відбувається одночасно.

В основі дії ППП лежить принцип загортальної машини, яка використовувалась на станах гарячої прокати до появи роликово-барабанних моталок. Кінець смуги в трьох роликах одержує вигин потрібної кривизни і далі йде по роликовій проводці, згортаючись у рулон за рахунок власного руху. На рис. показані різні стадії роботи ППП «CoilBox»: початкова стадія формування рулону, коли прокат 1 одержує згин в згинальних роликах 3 і починає формуватись в напрямних роликах 5, що підняті у верхнє положення (див. рис. а), початок розмотування сформованого рулону (див. рис. б), коли на нього опускають відгинач 4 і за допомогою тягнучих роликів 6, 7 зовнішній кінець смуги (колишній задній) подається на рольганг 8, ролики 5 знаходяться в нижньому положенні, і заключна стадія (див. рис. в), коли під дією роликів 7 залишок розмотаного рулону, що має вже невелику масу, витягається з роликів 5 на рольганг 8 і кінець стадії розмотування відбувається лише тягнучими роликами 7. Відгинач 4

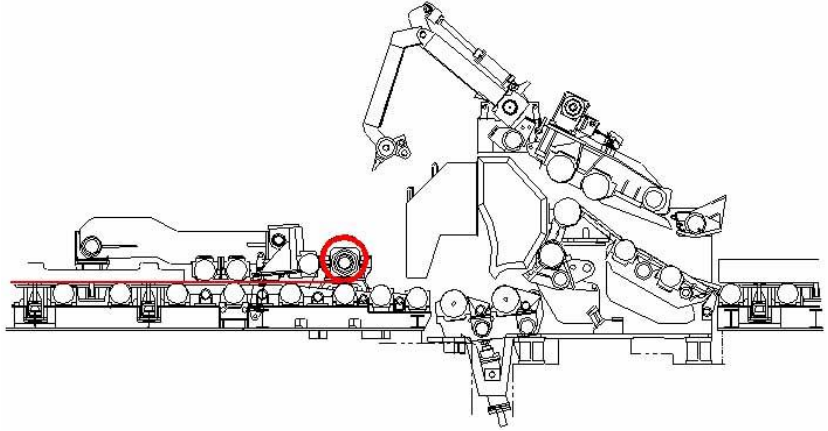
при цьому відведений догори, і в пристрій надходить наступна штаба
і



а



б



В

Рисунок Стадії роботи ППП«CoilBox», : початок формування рулону (а), початок розмотування (б), закінчення розмотування (в).

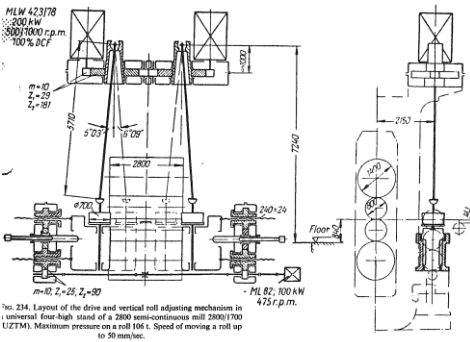
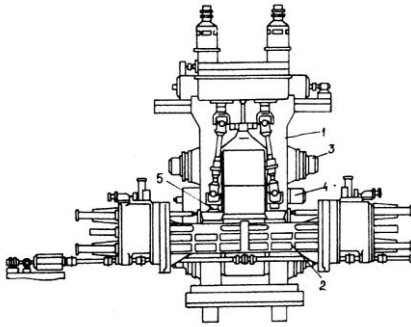
починається її змотування ще під час розмотування на рольгангу попереднього рулону.

Переходячи до конструкцій робочих клітей ШСГП слід вказати на наявність в чорновій групі вертикальних та універсальних клітей, а в чистовій – клітей кварто. Кліті дуо, що використовувались як горизонтальні окалиновідламувачі, на сучасних станах замінені гідрозбивом. Вертикальні кліті, як і на ТЛС, використовують для обтиснення крайок на початку прокатки, але сучасною тенденцією є додаткове обтиснення для розширення сортаменту по ширині при використанні неперервнолитих слябів. Як правило, це потужні кліті з верхнім приводом (див рис.).

Аналогічний привод мають і вертикальні валки універсальних клітей (рис.)

У верхній частині станини 1 (див. рис.) розміщено площадку, на якій змонтовано привод вертикальних валків. Він складається з двох вертикальних фланцевих електродвигунів, які через комбінований циліндричний редуктор передають оберти на шпинделі на підшипни-

ках кочення, які і приводять вертикальні валки. Валковий вузол та натискний механізм аналогічні в цілому відповідним конструкціям еджерної кліті з верхнім приводом (див. рис.)



1 станина горизонтальної кліті; 2 станина вертикальних валків; 3 опорний валок; 4 робочий валок; 5 вертикальний валок

Рисунок – Вигляд універсальної чорнової кліті з лінії прокатки, та схема приводу вертикальних валків з механічним натискним механізмом

Чистова кліть кварто фірми Danieli (Італія) наведена на рис. Кліть має станину 1 закритого типу, у вікнах якої розміщено опорні 2 і робочі 3 валки. Опорні валки традиційно встановлюють на ПРТ, робочі – на підшипниках кочення. В більшості випадків кліті мають комбі-

нований натискний механізм, На рис. він складається з верхнього електромеханічного механізму 4 та ГНУ 5, розміщеного під нижніми валками, що не є типовим. На більшості станів гідрощайби розміщено між натискними гвинтами і подушками верхнього опорного валка. Кліть оснащена комплексом механізмів для профілювання міжвалкового зазору. Протизгин у вигляді Mac West блоку 6 розміщений між подушками верхніх і нижніх валків. Механізм осьового зрушення 7 розміщений з боку приводу. Ця кліть оснащена також гідравлічно-важільним механізмом перехрещення верхніх і нижніх валків 8, який на більшості клітей відсутній. В середині кліті є пристрої теплового профілювання шляхом нерівномірного охолодження валків. Всі перелічені пристрої і механізми докладно розглянуто в попередньому курсі.

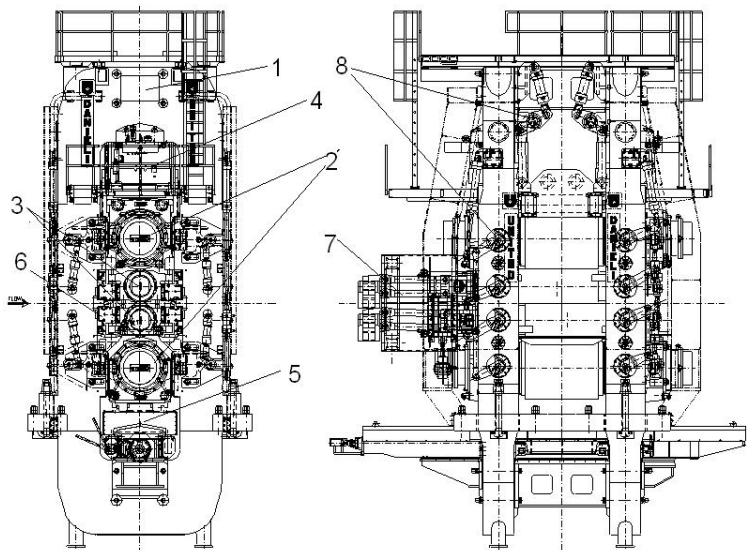
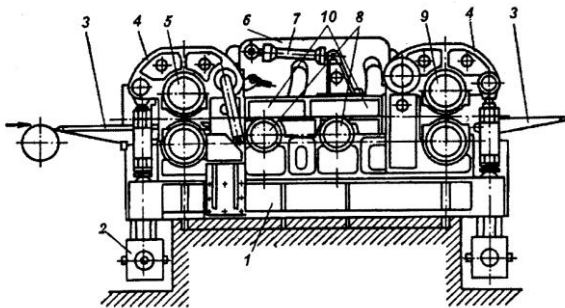


Рисунок Чистова кліть кварто фірми Danieli.

На ШСГП 1-го покоління в якості чистового окулиновідламувача застосовували двохвалкову кліть традиційної конструкції. Оскільки обтиснення в чистовому окулиновідламувачі становило 0, 2-0,4 мм, то сама кліть і її привод були малопотужними, а між натискними гвинтами й подушками верхніх валків установлювали пружинні стакани. При цьому тиск на розкат створювалося силою стислих пружин і масою верхнього валка з подушками. На ШСГП 2-го покоління встановлені потужніші чистові окулиновідламувачі, у яких ролики притискають до підкату із силою 20-98 кН. Так, у ЗАТ НКМЗ при проектуванні стана 2000 ВАТ «Северсталь» спроектований, виготовлений і уведений у дію роликовий окулиновідламувач, показаний на рис.

В окулиновідламувачі такої конструкції є дві пари притискних роликів 5 діаметром 500 мм, які за допомогою пружин і важільної системи 4 притискаються до розкату й руйнують окулину на підкаті. Далі встановлені транспортні ролики 8, між якими встановлені два ряди колекторів 10 із соплами гідрозбиву окулини. На виході окулиновідламувача встановлені віджимні ролики 9, які віджимають воду з підкату.



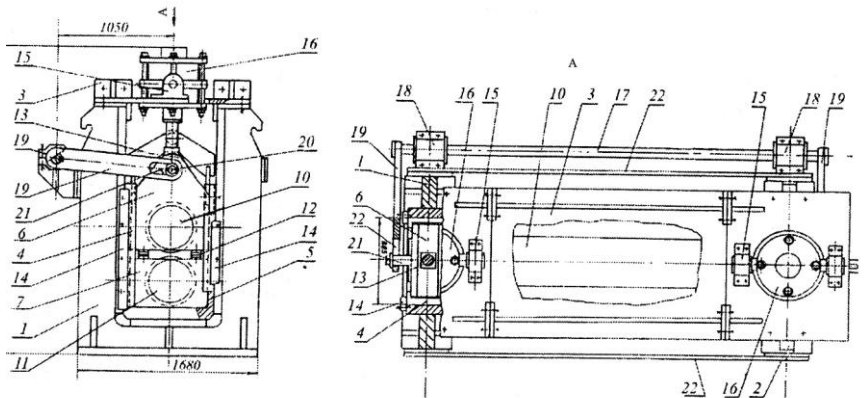
1 - зварена рама; 2 - пружинний амортизатор; 3 - проводки; 4 - важелі; 5 - верхні притискні ролики; 6 - відкидний кожух; 7 - гідроциліндр відкидного кожуха; 8 - транспортні ролики; 9 - віджимні ролики; 10 - колектори гідрозбиву окалини

Рисунок - Чистовий роликовий окалиновідламувач стана 2000

Маса окалиновідламувача не перевищує 50-80 т. Експлуатація описаного окалиновідламувача виявила його деякі недоліки як у частині ефективності видалення окалини, так і в його обслуговуванні й ремонті. Нова конструкція чистового окалиновідламувача (рис.) розроблена ЗАТ НКМЗ і Московським державним відкритим університетом.

Окалиновідламувач має стійки із прорізами, з'єднані зверху траверсою, що складається із трьох секцій, з'єднаних між собою болтами. У прорізах стійок встановлено касети, а в них - подушки (8 і 9 розташовані в стійці й на кресленні не видні), у яких на підшипниках змонтовані верхній і нижній ролики. Між подушками встановлені прокладки, за допомогою яких регулюють необхідний настановний зазор між роликами залежно від товщини підкату. Привод роликів здійснюється від двигуна через редуктор і універсальні шпинделі. За допомогою монтажних скоб здійснюють комплектну заміну касет з обома роликами в зборі з подушками. В осьовому напрямку касети утримуються в прорізах за допомогою планок, закріплених на стиках болтами. На крайніх секціях траверси 3 в опорах 15 встановлені двохходові циліндри 16 переміщення нагору й долілиць верхнього ролика. Штоки циліндрів шарнірно з'єднані з подушками верхнього ролика, які зв'язані між собою синхронізатором. Синхронізатор являє собою штангу, встановлену в підшипникових опорах 18. На кінцях штанги жорстко закріплені важелі 19, шарнірно пов'язані з подушками верхнього ролика. Для

стійкості всієї конструкції окалиновідламувача стійки з'єднані між собою стяжками 22.



1, 2- стійки; 3 - траверси; 4, 5 - касети; 6, 7 і 8, 9 - подушки (на кресленні не видні); 10, 11 - нижній і верхній ролики; 12 - прокладки; 13- монтажні скоби; 14 - планки; 15 - опори; 16 - пневмоциліндри; 17 - синхронізатор; 18 - підшипникові опори; 19 - важелі; 20 - палець; 21 - паз на важелі; 22 - стяжки

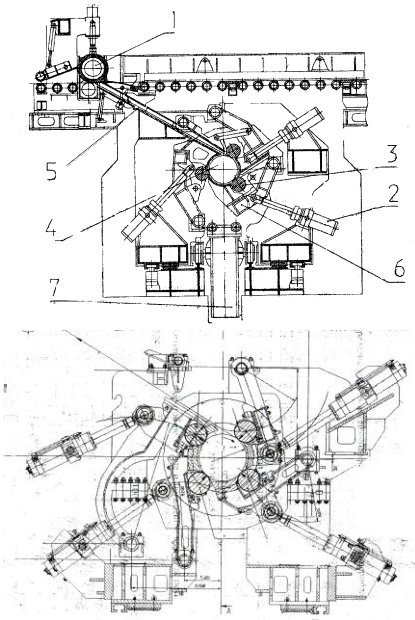
Рисунок - Нова конструкція чистового окалиновідламувача стана 2000 ВАТ «Северсталь»

Безперервна чистова група складається з клітей кварто традиційної конструкції, оснащених механізмами регулювання міжвалкового зазору. На ряді сучасних станів останні кліті виконані 6-валковими з механізмами осьового зрушення напівпорних (середніх) валків HCM (High Control Middle) та робочих й напівпорних валків HCWM (High Control Work Middle). Більш докладно такі кліті будуть розглянуті в розділі станів холодної прокатки.

Між клітьями та групою моталок встановлені пристрої для охолодження прокату з ламінарним типом подавання води на метал.

Моталки роликово-барабанного типу, які використовуються на широкоштабових станах, розглянуті раніше у відповідному розділі.

Зараз всі сучасні стани оснащені моталками нового покоління. Це трироликові або чотирьохроликові моталки з гідравлічним приводом стеження формувальних роликів (рис.). Моталки оснащені відкидною опорою, напрямними роликами 1, жорстким трипозиційним барабаном 4, формувальними роликами 3 і системою важелів 6 з гідравлічним приводом 2. Близька по конструкції моталка для змотування смуг трубних сталей із класом точності до X70, товщиною до 25,4 мм і шириною до 2100 мм розроблена фірмою «SMS-Demag». Моталка названа «UNI plus» (рис.). Три таких моталки встановлені в Німеччині на заводі Baeckerwerth концерну «Thyssen Krupp Steel». Перевагою таких моталок є зниження динамічних навантажень на барабан у порівнянні з моталками, що мають пневматичний привод важелів формуючих роликів.



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 . - Схема трьохроlikової (а) та чотирьохроlikової (б) моталок конструкції НКМЗ:

Стани гарячої прокатки з моталками в печях

Стани гарячої прокатки з моталками в печях або стани Стекеля (одержали назву за ім'ям його творця Стекеля) є найбільш гнучкими та найбільш універсальними агрегатами з точки зору розширення сортаменту. Якщо раніше ці стани використовувались як окремий випадок ШСГП, то зараз вони є альтернативою ТЛС

Стани Стекеля з'явилися практично одночасно зі ШСГП і призначалися для виробництва листової гарячекатаної продукції в обсязі 100-300 тис.т/рік, головним чином електротехнічних і легованих ма-

рок сталі й сплавів. Перший стан такого типу почав працювати в 1923 році на заводі фірми «Youngstown Sheet Tube» (США). У довоєнний період було побудовано два таких стани. До кінця 70-х років минулого століття у світі функціонувало більше 20 станів Стекеля. Три з них були уведений в дію в СРСР (на НЛМК, «Амурсталі» і у Верхній Салді).

Основними недоліками станів Стекеля були: висока поздовжня й поперечна різнотовщинність штаб, гірша якість їхньої поверхні, нестабільність властивостей металу по довжині штаби, збільшений вигар металу внаслідок багаторазових нагрівань. Тому в 70-х роках минулого століття стани Стекеля будувати перестали. Відновився інтерес до станів Стекеля наприкінці 80-х років минулого століття.

На початок 90-х років у світі діяло 35 станів Стекеля (двох- або одноклітьових), а в період з 1991 по 2000 р. уведено в експлуатацію не менш 20 станів такого типу. Повідомляється, що число станів із пічними моталками збільшується не тільки за рахунок будівництва нових станів, але й за рахунок реконструкції діючих товстолистових станів.

Забезпечили можливість застосування станів Стекеля використання на них сучасного устаткування й систем автоматки: гідронатискні пристрої, системи регулювання товщини, поперечного профілю й форми смуг, регулювання теплового режиму роботи печей, у яких розташовані моталки нової конструкції, потужніший привод валків.

В наш час стан Стекеля стали розглядати не тільки як спеціалізований стан для виробництва спеціальних, високолегованих і електротехнічних марок сталі з невеликим обсягом виробництва, а і як стан із широким сортаментом листової продукції як по розмірах, так і по марочному складу сталі, компактний, дешевий і досить високопродуктивний. На нових станах Стекеля умови утворення й видалення окалини максимально наближені до умов, що мають місце на ШСГП. Це до-

звляє одержувати штаби й стрічки з досить високою якістю поверхні. Продуктивність станів Стекеля відрізняється широким діапазоном від 0,1 до 1,25 млн.т на рік

Стан Стекеля раціонально вирішив завдання виробництва тонких і товстих листів на одному стані, що намагалися вирішити створенням комбінованих ЦСГП.

В наш час стани Стекеля в залежності від продуктивності та сортаменту продукції використовують з різними схемами обладнання як у вигляді традиційних станів, так і в ливарно-прокатних модулях (ЛПМ). Найбільш поширені схеми – з одноклітьовим станом Стекеля (рис.) та з чорною універсальною кліттю і чистовим станом Стекеля (рис.).

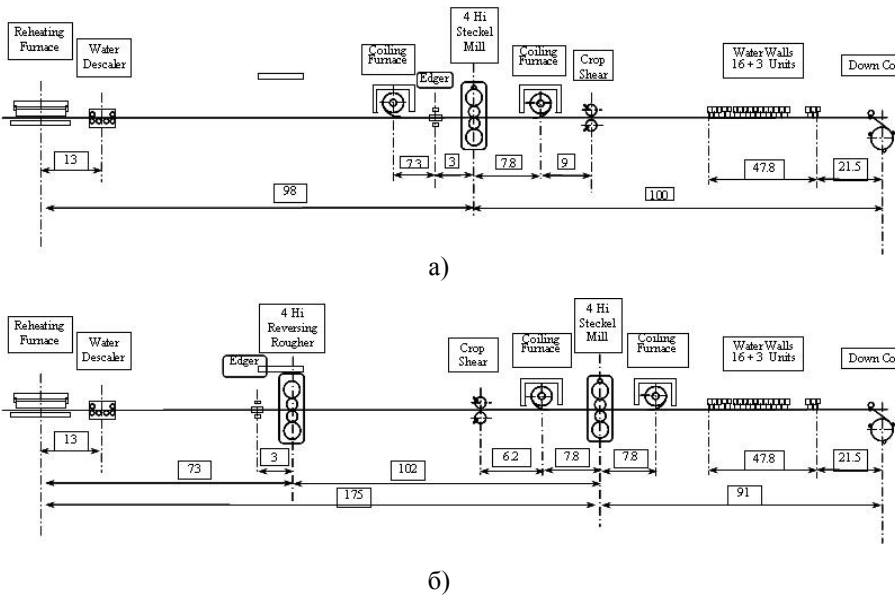
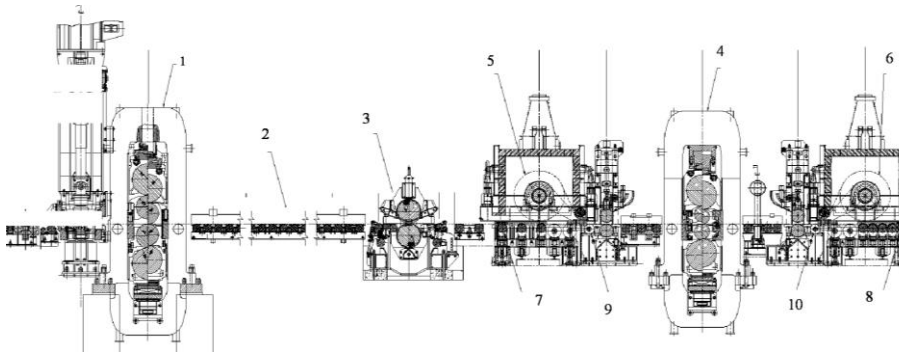


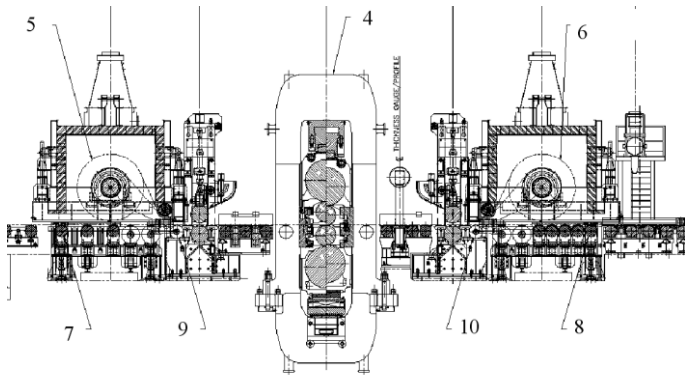
Рисунок – типове обладнання сучасних станів Стекеля: одноклітьового (а) та двох клітьового (б)

Вхідна і вихідна частини за складом обладнання аналогічні ШСПП. Склад обладнання власне лінії прокатки за другим варіантом наведений на рис. . Він вкладається з чорнової універсальної кліті 1, проміжного рольгангу з захисними екранами 2, барабаних летучих ножиць 3, чистої кліті кварто 4, лівої 5 та правої 6 моталок у печах, рольгангів 7,8 та задавальних роликів 9,10.

Технологічний процес на стані складається з наступних операцій.



а)



б)

Рисунок Лінія клітей двохклітьового стану Стеккеля а) та чистова кліть б) з моталками в печах

Нагріті до температури прокатки заготовки після видалення окалини поступають в чорнову реверсивну універсальну кліть 1, де деформуються на потрібну величину у горизонтальних та вертикальних валках. Далі по проміжному рольгангу 2 штаба надходить до барабаних летучих ножиць 3, де одрізаються «язики». Цей етап відповідає прокатці на звичайному ШСГП. Потім, минаючи ліву моталку 5 з піднятою проводкою, штаба надходить в чистову кліть кварто 4 і після обтиснення за допомогою роликів 10 задається в праву моталку 6, проводка якої опущена. При прокатці відбувається намотування штаби на барабан моталки. Після першого пропуску кліть реверсується, задній кінець штаби роликами 9 подається через опущену проводку у пічну моталку 5, і відбувається реверсивна прокатка з моталки на моталку. Потребуєме натягіння створюють ролики 9, 10. Сучасні пічні моталки забезпечують повне змотування штаби на барабан, що дозволило вирівняти температуру кінців і основного металу і знизити поздовжню різнотовщинність. Перед останнім пропуском (непарним) проводку правої моталки підіймають і штаба, минаючи моталку, спрямовується у вихідну частину стану для охолодження та змотування на роликово-барабанну моталку. За допомогою пічних моталок температура прокатки в стані Стекеля підтримується на рівні 980- 1090⁰С.

Оскільки основними функціями пічної моталки є забезпечення та підтримування температури прокатки та компактне розміщення штаби біля кліті, до якості змотування особливі потреби не висувуються. Конструкція пічної моталки приведена на рис .

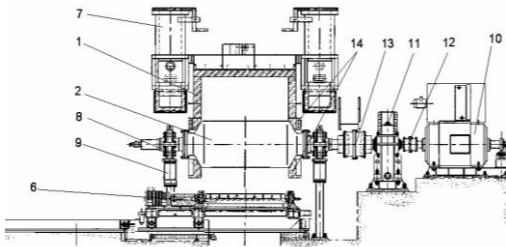
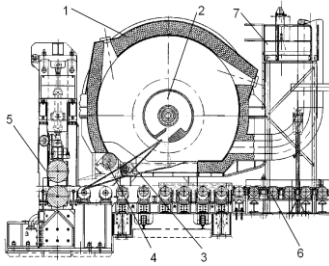


Рисунок . Пічна моталка: поздовжній розріз (а), лінія приводу (б)

Моталка складається з печі 1, розміщеної понад рольгангом 6 для можливості проходження металу повз піч. В середині печі знаходиться барабан моталки 2, причому лише бочка барабана. Подушки барабана 8, встановлені на опорах 9, а також привод моталки знаходяться поза межами печі, що значно полегшує її обслуговування. барабан приводиться від двигуна 10 через редуктор 11 та муфти 12, 13. Герметизується барабан в печі ущільненнями 14. В нижній частині печі є клапан-дверцята 3, закріплені шарнірно. Вони є також напрямними для задавання в щілину барабана смуги, яка подається роликми 5. притискний ролик 4 забезпечує утримання кінця смуги в печі і вихід з печі при реверсі, тим самим практично зникають недокати смуги.

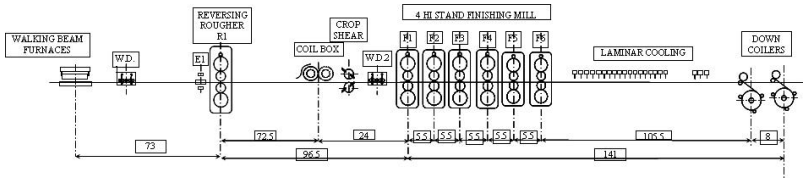
Обладнання ливарно-прокатних модулів

Ливарно-прокатні модулі (ЛПМ) одержують все більше поширення. В наш час більшість нових ШСГП створюється за схемою ЛПМ. В ливарно-прокатних модулях МНЛЗ та прокатний стан об'єднані в одну технологічну лінію. На рис. показані порівняльні схеми традиційних ШСГП та ЛПМ. Як видно з цих схем, продуктивність ЛПМ дещо нижча за традиційні ШСГП, що пояснюється низькою швидкістю роботи МНЛЗ, з якою слід узгоджувати швидкість прокатного стану. Але нижча собівартість продукції переважає вказаний недолік. Пошук раціональних схем обладнання ЛПМ продовжується і в наш час, але найбільш поширеними є ЛПМ за другою та третьою схемами (див. рис. б,в), які одержали у західній літературі позначення CSP (Compact Strip Production)

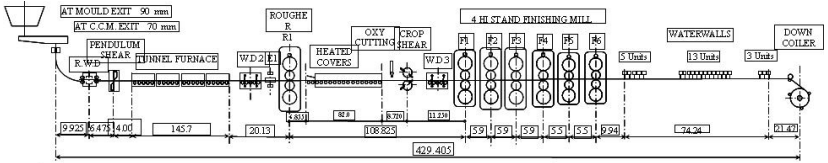
До складу обладнання ЛПМ входять три основні дільниці. Перша – це власне МНЛЗ – призначена для виробництва неперервнолитої заготовки заданих розмірів, хімічного складу та структури. Друга дільниця – проміжна - містить обладнання для розділення заготовки на сляби, підігрів та видалення окалини. Третя дільниця – це широкоштабовий прокатний стан.

Неперервнолитої заготовки в ЛПМ CSP одержують на однорівчачкових та двохрівчачкових слябових МНЛЗ радіального типу. Товщина заготовки на схемі (б) становить 70-90 мм, на схемі (в) – 45-50 мм, тобто це тонкослябова МНЛЗ. На другій дільниці розміщено гідрозбив окалини, пристрій для розділення металу (найчастіше – маятникові ножиці) та прохідну роликову піч для досягнення температури прокатки 1050-1100⁰ та її вирівнювання по довжині слябу. Ця піч є характерним обладнанням саме ЛПМ і є буферною зоною, що узгоджує роботу між МНЛЗ та прокатним станом. За піччю встановлено другий гідрозбив окалини (WD), після якого заготовка поступає на ШСГП. Склад обладнання та технологічний процес на стані такий же, як і на традиційному ШСГП: прокатка, охолодження та змотування штаби в рулони. Відмінність у схемах (б) і (в) полягає в тім, що стан на схемі (Б) має чорнову універсальну кліть, за якою встановлено проміжний рольганг з активним екраном та барабанні ножиці.

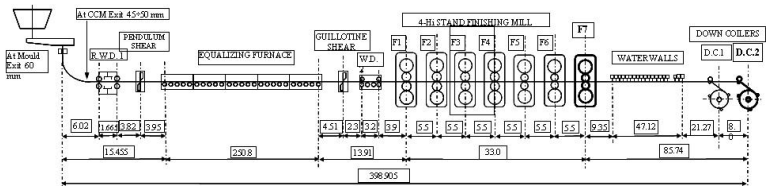
Традиційний ШСГП (3 -4,5 млн.т/рік)



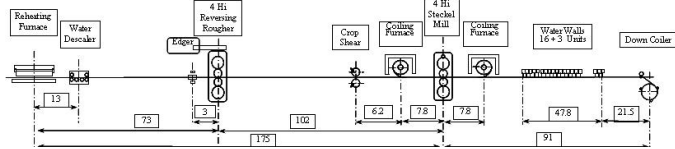
Ливарно-прокатний модуль (2,4-3 млн.т/год)



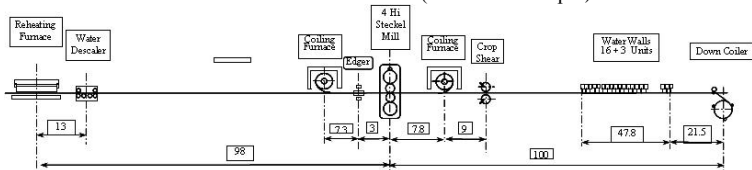
Тонкослябовий ливарно-прокатний модуль (2,2-2,8 млн.т/рік)



Стан Сталкеля 2-клітвий (1-1,1 млн.т/рік)



Стан Сталкеля 1-клітвий (600-700 тыс.т/рік)



ЛПМ зі станом Сталкеля(500-600 тыс.т/рік)

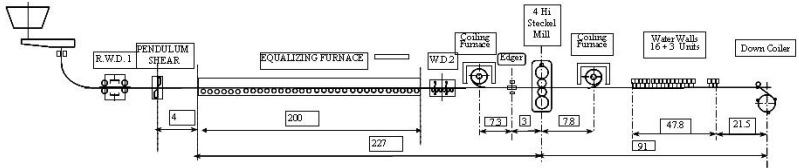


Рисунок Порівняльний склад обладнання сучасних ШСГП

Технологічний процес на такому стані співпадає з традиційним ШСГП (див.рис.). На схемі (в) чорнова група відсутня, бо товщина заготовки з тонкослябової МНЛЗ відповідає такій, що прокатується лише в чистовій групі.

Обладнання слябових МНЛЗ розглянуто в першій частині курсу, а ШСГП – в цьому розділі. Тому зупинимось на специфічному обладнанні саме ЛПМ. До нього відноситься насамперед обладнання проміжної частини між МНЛЗ та прокатним станом. Для підігріву металу використовують прохідні роликові або індукційні печі. Об'єм роликової печі дозволяє одночасно обробляти три сляби і лишається місце для четвертого, яке використовується як буфер-накопичувач, що забезпечує неперервну роботу МНЛЗ при зупинках в лінії стану. Індукційна піч значно коротша, дозволяє швидко підігріти заготовку та скоротити довжину ЛПМ, але функції накопичувача не виконує. Тому частіше використовують печі першого типу. Конструктивно роликова піч подібна до активного екрану (див.рис.), та на відміну від нього має стаціонарне, а не підйомне склепіння.

В окремих ЛПМ з цією ж метою використовують ППП спеціальної конструкції. На рис. показана лінія ЛПМ італійської фірми Arvedi з ППП Cremona box, а сама ППП показана на рис. ,а.

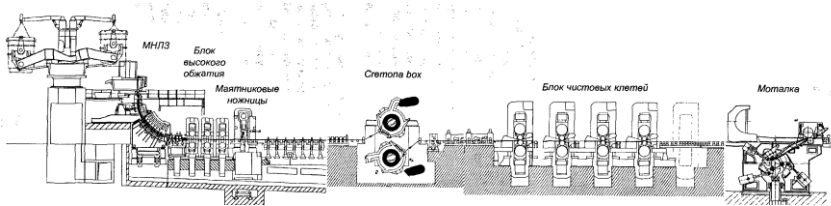
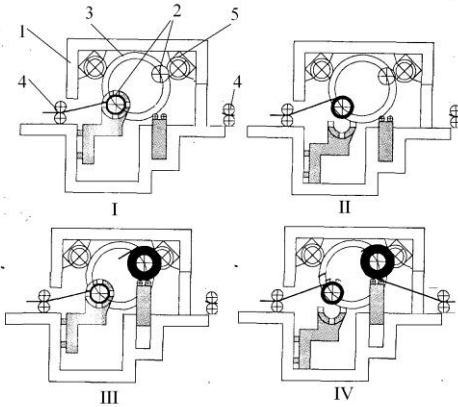
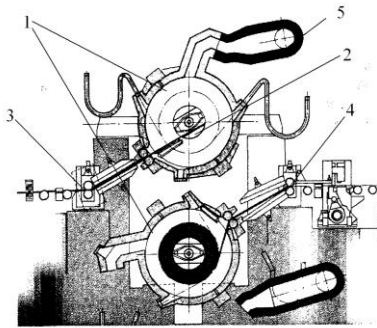


Рисунок - ЛПМ фірми Arvedi (Італія)

ППП Cremona box складається з двох пічних моталок (див.рис. ,а), ко рпуси 1 яких можуть обертається навколо осей барабанів 2. На вході і виході встановлені перекидні проводки 3,4. Температурний режим печей підтримується пристроями 5 для подавання дуття. Через проводку 3 штаба-заготовка подається в барабан однієї з печей (на рис. а – верхньої), де вона змотується в рулон. Водночас з барабана другої печі відбувається розмотування попередньої штаби через проводку 4. Після закінчення циклу верхня піч повертається в положення розмотування, і до неї перекидається проводка 4. Нижня піч, навпаки, повертається в положення прийому штаби з проводки 3. Після цього починається змотування наступної штаби на барабан нижньої печі і одночасне розмотування з барабана верхньої. При цьому в печах відбувається підігрівання заготовок до температури прокати.



а

б

Рисунок - Схема ППП Stroma box (а) та принципова схема ППП Mandrell box (б)

В ЛПМ фірми Daniela використовуються ППП Mandrell box (див.рис. б), принцип дії якого заснований на конструкції карусельної моталки. В корпусі 1 встановлено ротор 3 (карусель), в якому розміщені приводні барабани 2. На роторі є зубчастий вінець, через який він приводиться шестернями 5. Штаба подається в нижній барабан (положення I), після чого починається намотування рулону(положення II) Після закінчення намотування ротор 3 повертається на 180° , барабани міняються місцями(положення III). На вільний ба-

рабан починається намотування наступної штаби, а з другого барабана ролон розмотується в лінію стана(положення IV).

Очевидною перевагою розглянутих ППП у порівнянні з CoilBox є можливість одночасно намотувати наступний і розмотувати попередній ролони, що майже вдвічі збільшує продуктивність роботи ЛПМ. Однак ці пристрої значно складніші за конструкцією і експлуатацією.

Використання ППП на проміжній дільниці обмежується товщиною штаб, що змотуються (на даний час – 45 мм). Тому при їх використанні за МНЛЗ встановлюють прокатні кліті для попереднього обтиснення заготовок до такої товщини (див. рис.), що також ускладнює та здорожує конструкцію ЛПМ.

Ще однією проблемою є необхідність при використанні двохривчачової МНЛЗ звести два потоки заготовок з неї в один потік, що поступає на стан. Для цього використовують спеціальні пристрої, які одержали загальну назву shattle (човник), бо курсують між двома потоками заготовок з МНЛЗ.

В перших ЛПМ використовували у якості «човників» встановлені на візках ППП CoilBox, на які змотували заготовки з МНЛЗ. Потім вони почергово зміщувались в лінію прокатного стану, до якої і розмотувалась заготовка. Однак внаслідок складної конструкції та необхідності прокатних клітей для попереднього обтиснення ця схема не одержала поширення.

Більш раціональною є схема з використанням печі-«човника». Вона виконана як секція роликової прохідної печі, встановлена на візку (рис.). Піч-«човник» почергово курсує між двома роликовими пічами, приймає з них сляби та передає в лінію прокатного стану

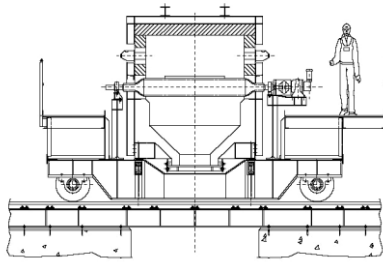
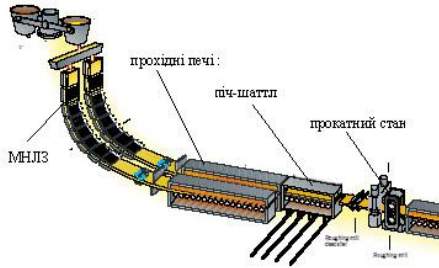


Рисунок – Під-«човник»: схема розміщення в лінії ЛПМ (а) та поперечний переріз (б)

Використання неперервнolитих слябів як на звичайних ста-
нах, так і на ЛПМ обумовило необхідність ще одного виду обладнан-
ня – машин для редукування слябів по ширині. Хоча існують МНЛЗ з
перемінною шириною кристалізатора, на більшості з них сортамент
слябів по ширині обмежений декількома типорозмірами. Тому для
розширення сортаменту по ширині заготовок здійснюють їх бічне
обтиснення. Вище вже вказувалось, що для цього використовують
потужні вертикальні кліті. Але обтиснення на них обмежується при-
пустимим кутом захоплення металу. Тому в лініях ШСГП з цією ме-
тою використовують редуційні преси.

За принципом дії редуційний прес подібний до ножиць з
круговим різом, в яких дуговий ніж замінено на профільований бо-
йок.

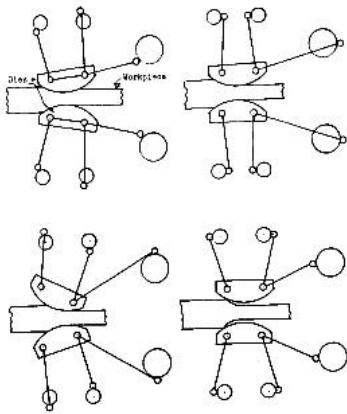
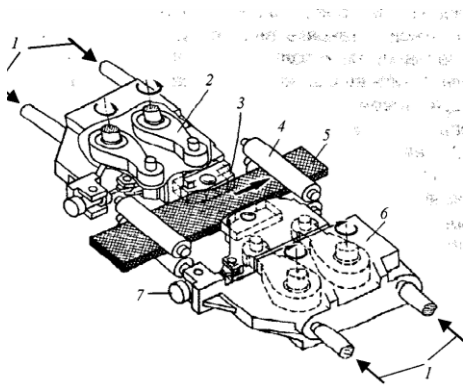


Рисунок - Конструкція (а) та схема роботи (б) редукційного пресу