

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет

В. М. Самохвал

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

КОНСТРУКЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ У ПРОЦЕСАХ ОМТ.

Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів

для здобувачів вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня
спеціальності 136 - Металургія
за освітньо-професійною програмою «Металургія»

Затверджено
Редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
_____, протокол № ____

Кам'янське
2019

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу
Дніпровського державного технічного університету
заборонено.**

Конспект лекцій з дисципліни" Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія» / Укладач В. М. Самохвал -Кам'янське, ДДТУ, 2017. - 91 с.

Укладач: канд. техн. наук, доцент Самохвал В. М.

Відповідний за випуск: завідуючий кафедрою ОМТ,
д. т. н., проф. Максименко О. П.

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент каф. МЧМ Г. Ю. Крячко

Конспект лекцій містить теоретичний матеріал з четвертого розділу дисципліни «Конструкції технологічних агрегатів у процесах ОМТ, до якого включено обладнання прокатних та волочильних цехів.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
ТЕМА 31. ПІДШИПНИКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	6
31.1 Трибологічні аспекти роботи підшипників	6
31.2 Підшипники ковзання	7
31.3 Закриті підшипники ковзання, підшипники рідинного тертя	10
31.4 Підшипники кочення	13
31.5 Подушки прокатних станів	16
ТЕМА 32. СТАНИНИ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ	18
ТЕМА 33. МЕХАНІЗМИ ВСТАНОВЛЕННЯ ВАЛКІВ	21
33.1 Основні механізми для встановлення валків	22
33.2 Гвинтові натискні механізми	23
33.3 Гідравлічні натискні механізми	26
33.4 Механізми врівноважування валків	28
33.5 Механізми осьового регулювання та переміщення валків	32
33.6 Механізми протизгинання валків листових станів	35
ТЕМА 34. МЕХАНІЗМИ ПРИВОДУ ВАЛКІВ	35
34.1 Шпинделі прокатних станів	35
34.2 Шестеренні кліті, редуктори та муфти	39
ТЕМА 35. КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СТАНІВ ДОВГОМІРНОГО ПРОКАТУ	45
ТЕМА 36. ПРИВАЛКОВА АРМАТУРА ПРОКАТНИХ СТАНІВ	50
36.1 Ввідна та вивідна арматура	
36.2 Арматура для кантування	54
36.3 Арматура для розділення	55
ТЕМА 37. МЕХАНІЗМИ ЗАМІНИ ВАЛКІВ	56
ТЕМА 38. МЕХАНІЗМИ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБРОБЛЮВАНОГО МЕТАЛУ	59
38.1 Рольганги	59
38.2 Шлепери, холодильники та конвеєри	61
38.3 Маніпулятори та кантувачі	64
ТЕМА 39. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РІЗАННЯ МЕТАЛУ	66
39.1 Ножиці з паралельними ножами	66

39.2 Ножиці з похилим ножем	68
39.3 Летючі ножиці	69
ТЕМА 40. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПРАВЛЕННЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	69
ТЕМА 41. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМОТУВАННЯ ТА РОЗМОТУВАННЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ	75
ТЕМА 42. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ПАКУВАННЯ, ШТАБЕЛЮВАННЯ ТА УВ'ЯЗУВАННЯ ПРОКАТУ	78
ТЕМА 43. ОБЛАДНАННЯ ВОЛОЧИЛЬНИХ ЦЕХІВ	83
43.1 Особливості конструкції станів магазинного типу	83
43.2 Особливості конструкції станів магазинного типу	84
43.3 Особливості конструкції станів з ковзанням	85
43.4 Волоचильні стани для виготовлення фасонних профілів	87
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	90

ВСТУП

Даний розділ дисципліни «Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ» включає матеріал п'ятого модулю, який викладається у сьомому семестрі. Розділ викладається після вивчення здобувачами освіти фахової дисципліни «Конструкції технологічних агрегатів (за фахом)», в якій розглянуто основне обладнання третього металургійного переділу. Тому в даному розділі базовий матеріал доповнюється і подається більш детально для забезпечення компетентностей за спеціалізацією.

Основною метою викладання цього розділу є детальне вивчення здобувачами освіти конструкцій механічного обладнання, яке використовується на існуючих металургійних та метизних підприємствах, освоєння методик розрахунку основних деталей і механізмів на міцність і надійність, придбання початкових навичок проектування, тобто визначення характеристик обладнання за заданими технологічними параметрами процесів, та виконання креслень деталей обладнання.

В даному конспекті наведені відомості про конструкції основного обладнання цехів з обробки металів тиском, зокрема прокатних, профілезгинальних та волочильних цехів.

ТЕМА 31. ПІДШИПНИКОВІ ВУЗЛИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Валки прокатних станів встановлюють у підшипниках, які сприймають сили прокатування, передають їх на інші деталі робочої кліти та забезпечують обертання валків та необхідну точність прокатування.

На відміну від підшипників загального призначення, підшипники прокатних станів працюють у значно важчих умовах. Для підшипників прокатних станів важкі умови роботи визначаються такими факторами: обмежені габарити робочих клітей; значні навантаження від сили прокатування; важкі температурні умови; наявність забруднень у вигляді окалини або продуктів зношування; значний діапазон зміни швидкостей; необхідність в частому демонтажу та монтажу, пов'язаних з перевалками.

На сучасних прокатних станах застосовують підшипники ковзання з неметалевими вкладишами, підшипники рідинного тертя, підшипники кочення.

31.1 Трибологічні аспекти роботи підшипників

Трибологія – наука, яка вивчає процеси контактної взаємодії поверхонь при їх взаємному переміщенні.

Ще Леонардо да Вінчі за результатами своїх дослідів визначив основні закономірності тертя. Він стверджував, що сила тертя

- не залежить від площі контактування;
- залежить від матеріалів;
- залежить від навантаження (прямо пропорційно);
- не залежить від швидкості ковзання;
- залежить від "гладкості" поверхні.

"тертя гладких і плоских тіл опирається своєму переміщенню з силою, що дорівнює чверті їх ваги"

- ≈1508 Леонардо да Вінчі
- 1687 – Ньютон; 1699 – Амонтон; 1785 - Кулон
- 1883 Бішам Тауер; Микола Петров 1886 - Рейнольдс;
- 1902 Річард Штрібек;
- 1949 Грубін А. Н.

За сучасними уявленнями, режим змащування визначають через товщину плівки мастила та наявну шорсткість поверхонь. Відношення товщини плівки мастила до сумарної шорсткості поверхонь являє собою досить інформативний параметр

$$\lambda = \frac{\xi}{\sqrt{(R_{a1}^2 + R_{a2}^2)}},$$

де ξ — товщина плівки мастила; R_{a1}, R_{a2} — показники шорсткості поверхні, відповідно тіла 1 та 2.

Залежність коефіцієнту тертя від цього параметру повністю повторює криву Штрібека. Для вивчення режимів змащування корисним буде поєднання кривої Штрібека з залежністю відносного часу відсутності контакту між тілами, отриманою шляхом вимірювання електричного опору контакту. Поєднання цих двох кривих, показане на рисунку 31.1, дозволяє виділити три якісно відмінні режими змащування.

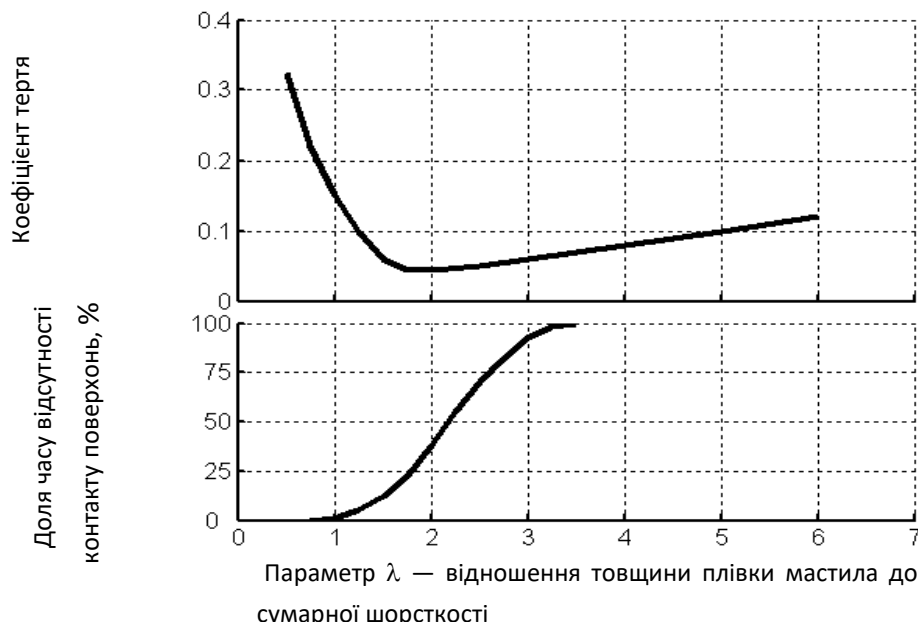


Рисунок 31.1. Крива Штрібека-Герсі

При $\lambda < 1$ має місце **граничний режим змащування**. Відмінності цього режиму змащування:

- порівняно високі значення коефіцієнту тертя;
- значення коефіцієнту тертя стрімко зменшуються з збільшенням параметру λ або параметру Зоммерфельда;
- спостерігається майже повне контактування металевих поверхонь;
- порівняно високі показники зношення.

Назву "граничний" цей режим отримав через наявність в робочій зоні плівок мастил гранично малої товщини, властивості яких суттєво відрізняються від об'ємних властивостей тих самих мастильних речовин. Незважаючи на незначні розміри таких плівок, порядку кількох прошарків молекул, межові плівки відіграють важливу роль у зменшенні тертя, тому що при повній відсутності мастил (сухе тертя) коефіцієнт тертя не залежить від швидкості ковзання.

При $\lambda > 3$ реалізується **гідродинамічний режим змащування**, який має такі особливості:

- порівняно невисокі значення коефіцієнту тертя;
- значення коефіцієнта тертя зростає з збільшенням параметру λ або параметру Зоммерфельда;

- відсутність контактування металевих поверхонь — вони розділені суцільною плівкою мастильних речовин;
- надходження мастильної речовини в робочу зону забезпечується за рахунок гідродинамічних факторів;
- мінімальне зношення робочих поверхонь.

Цей режим прагнуть забезпечити у більшості машини і механізмів, тобто він має найбільше розповсюдження.

За умови $1 < \lambda < 3$ має місце **змішаний режим змащування**, який характеризується такими особливостями:

- мінімальні значення коефіцієнту тертя;
- помірні показники зношення поверхонь.

Із самої назви зрозуміло, що при такому режимі змащування присутнє формування і ефективна робота, як межових плівок мастил, так і гідродинамічних плівок, що розділяють поверхні. Поєднання двох механізмів формування плівок мастил забезпечує найбільшу ефективність змащувальної дії — мінімальні значення коефіцієнту тертя.

Отже, з точки зору мінімізації витрат на тертя цей режим має перевагу, коли величина зношення несуттєва.

Існують і інші класифікації режимів змащування, але всі вони мають за основу вищенаведену, враховуючи її фізичне обґрунтування.

31.2 Підшипники ковзання

Класичний підшипник ковзання передбачає використання змінного вкладишу, який розташовано між цапфою (валом, шийкою) і корпусом (подушкою). Вкладиші виготовляють з металів або з неметалевих матеріалів. Для металевих вкладишів використовують матеріали, які не споріднені з залізом, переважно це кольорові метали такі як бронза. Бронза має меншу міцність і твердість ніж сталь або чавун, але здатна витримувати достатньо високі навантаження (тиск на робочій поверхні). Основні робочі параметри бронзових вкладишів наведено в таблиці 31.1.

Бронзові вкладиші використовують на станах старого типу і лише у випадках, коли використання інших типів підшипників є неможливим.

Підшипникові вузли з вкладишами конструктивно можуть бути виконані відкритими або закритими. У свою чергу закриті підшипникові вузли можуть бути з роз'ємними або нероз'ємними вкладишами.

Найбільш поширеним є використання вкладишів з неметалевих матеріалів, таких як текстоліт, лігнофоль, лінгостон. Наприклад, текстоліт являє собою масу, що складається з великою кількості шарів тканини, які просочені полімеризованою епоксидною смолою. Тканина виконує роль армуючого матеріалу, а полімеризована смола – основного робочого матеріалу. Підшипники ковзання відкритого типу виготовляють штампованими (як одна

31.3 Закриті підшипники ковзання, підшипники рідинного тертя

Закритими підшипниками ковзання називають коли вкладиші мають кут охоплення вала 360° . Відомі конструкції закритих підшипників ковзання з роз'ємними або нероз'ємними вкладишами. Закриті підшипники можуть змащуватися періодично або мати систему циркуляційного змащування. Але все одно вони залишаються звичайними підшипниками ковзання через невизначеність режиму змащування. Якщо ж конструкція підшипника забезпечує наявність рідинного режиму змащування, то його називають «підшипник рідинного тертя».

Принциповою відмінністю підшипників рідинного тертя є наявність саме рідинного режиму змащування.

Характерною відмінністю рідинного режиму змащування є повне розділення поверхонь, що утворюють пару тертя, плівкою мастильної речовини. Тобто, між поверхнею валу та вкладишу за рахунок гідродинамічного ефекту формується плівка мастила, в якій утворюється тиск, що врівноважує зовнішнє навантаження та не допускає контактування металевих поверхонь валу та вкладишу. Тертя між ними замінюється «внутрішнім» тертям між прошарками рідини в об'ємі плівки мастила. Завдяки цьому досягаються мінімальні значення коефіцієнту тертя – у межах 0,001 – 0,005, практично відсутнє зношення поверхонь. Але підшипники з рідинним режимом змащування конструктивно складніші, їх виготовлення та експлуатація потребують досить високої «культури виробництва» та технологічної дисципліни. Такі підшипники потребують постійного прокачування мастила для підтримання заданого температурного режиму роботи та очищення мастила.

Конструкція ПРТ передбачає наявність певного зазору між валом і вкладишем. У стані спокою осі валу та вкладишу розташовані у вертикальній площині, а вал умовно контактує з поверхнею вкладишу у нижній точці. По обидва боки від точки контактування зазор має змінний профіль – поступово збільшується. При обертанні валу мастило буде нагнітатися у зазор, що звужується. За рахунок такого нагнітання мастила, яке і називають гідродинамічним ефектом, у мастилі буде створюватись тиск. Епюра розподілу тиску по ділянці де виникає гідродинамічний тиск наведена на рисунку 31.3. Зона дії гідродинамічного тиску, в залежності від робочих параметрів, таких як в'язкість мастила, швидкість, навантаження, величина зазору та інші, може змінюватись у межах $35 - 120^\circ$. Максимальні значення тиску на епюрі становлять $10 - 20$ МПа, в той час як тиск прокачування мастила становить лише $0,1 - 0,2$ МПа.

Якщо тиск в плівці мастила врівноважує зовнішнє навантаження, вал умовно «спливає», тобто відділяється від поверхні вкладишу, створюючи зазор з мінімальною товщиною $h_{\min}$. Чим більше така мінімальна товщина плівки мастила тим менше відстань між центрами валу та вкладишу ε , яку називають ексцентриситет. Ці величини пов'язані співвідношенням

$$h_{\min} = \delta - \varepsilon,$$

де δ - радіальний зазор підшипника, тобто різниця радіусів вкладишу та валу.

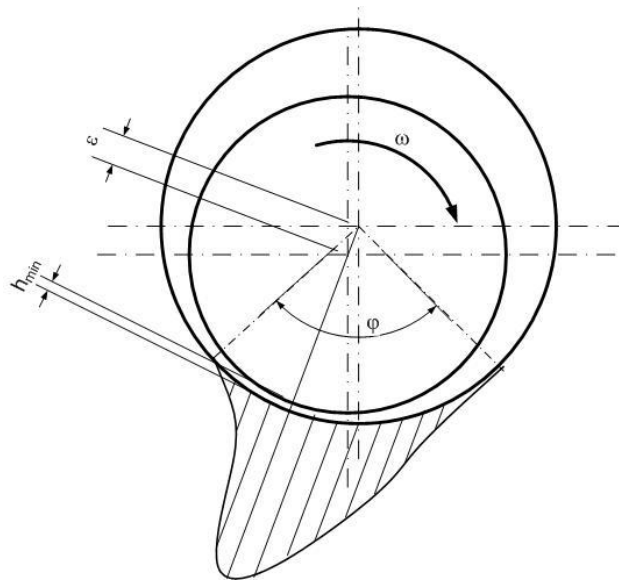


Рисунок 31.3 – Схема підшипника рідинного тертя

Загальну гідродинамічну підйомну силу, яку створює мастило в зоні гідродинамічного тиску, визначають з залежності

$$F_{hd} = p_{cp} \cdot l \cdot d = 0,4 \cdot \eta \cdot u \cdot l^2 \cdot d \cdot \frac{\frac{\delta}{h_{\min}} - 1}{\delta^2}$$

де η - динамічна в'язкість мастила, Па·с;

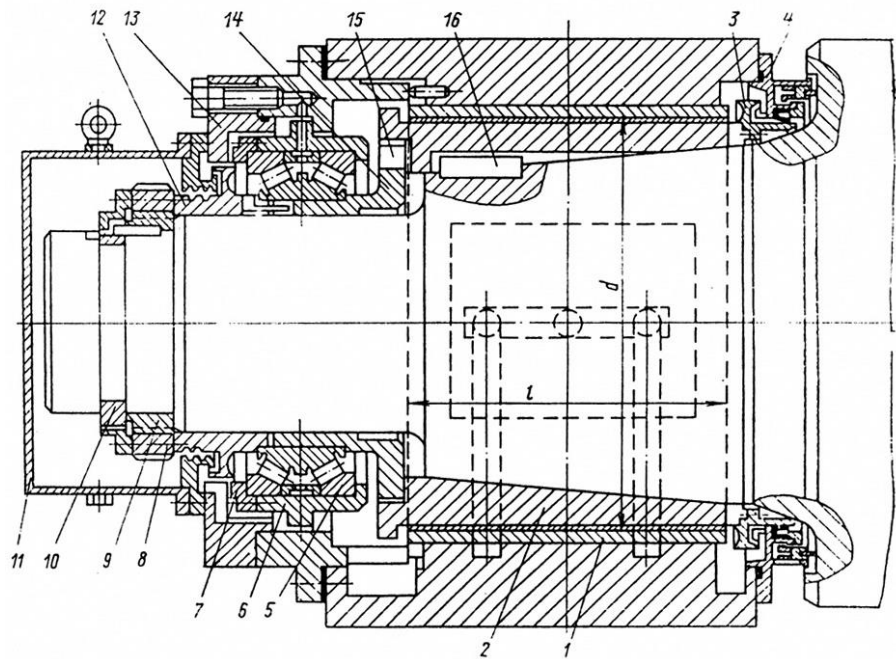
$l \cdot d$ - відповідно довжина та діаметр вала підшипника, м;

u - швидкість ковзання, м/с.

У разі використання кутової швидкості ω для вала, вираз набуває вигляду

$$F_{hd} = 0,02 \cdot \eta \cdot \omega \cdot l^2 \cdot d^2 \cdot \frac{\frac{\delta}{h_{\min}} - 1}{\delta^2}$$

Максимальна вантажопідйомність підшипника, тобто максимальна гідродинамічна підйомна сила, згідно теорії має місце при $\delta/h_{\min} = 2$. Але, з врахуванням вібрацій та прогинання вала приймають $\delta/h_{\min} > 2$. При проектуванні підшипників приймають $\delta/h_{\min} = 3 \div 15$. За цих умов відносний ексцентриситет $\varepsilon_r = \varepsilon/\delta$ буде становити 0,67 – 0,93.



1 – вкладиш; 2 – втулка; 3 – кільце-насадка для розміщення ущільнення; 4 – кришка задня з ущільненнями (радіальним манжетним та текстолітовим торцевим; 5- упорний вузол з роликовими конічними підшипниками; 6 – стакан; 7 – кришка фіксуюча; 8 – фіксуюча гайка; 9 – кільце; 10 – роз'ємні півкільця; 11 – кришка-кожух; 12 – передня насадка; 13 – вузол передньої кришки; 14 – втулка; 15 – шпонка; 16 – шпонка.

Рисунок 31.4 – Схема підшипника рідинного тертя

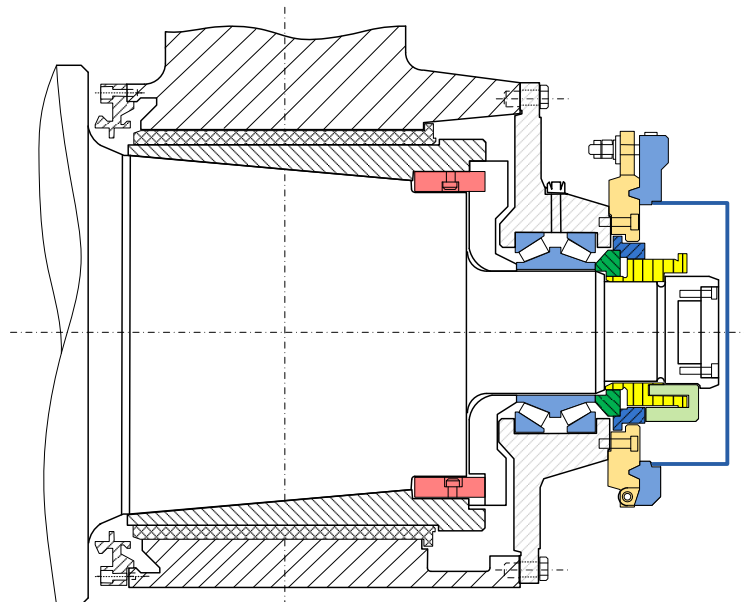


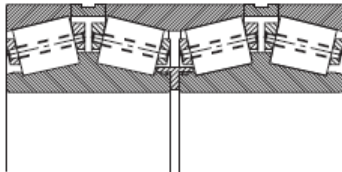
Рисунок 31.5 – Схема сучасного підшипника ковзання

31.4 Підшипники кочення

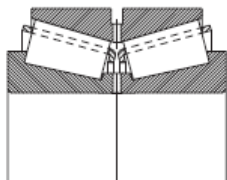
На прокатних станах застосовують переважно роликові багаторядні підшипники. На більшості діючих станів такі підшипники містять конічні ролики. Це дозволяє забезпечити сприйняття значних осьових сил, але збільшує габаритні розміри підшипникових вузлів.

На сучасних станах застосовують переважно багаторядні роликові підшипники з циліндричними роликами, але така конструкція вимагає застосування окремих упорних підшипників для сприйняття осьових навантажень.

Таким чином, для валків прокатних станів застосовують такі типи підшипників кочення:



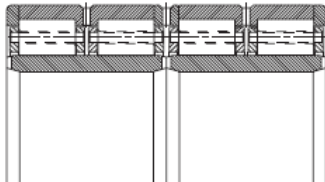
- чотирирядні конічні роликопідшипники (посадка з зазором);



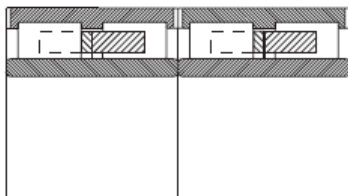
- дворядні конічні роликопідшипники (посадка з зазором);



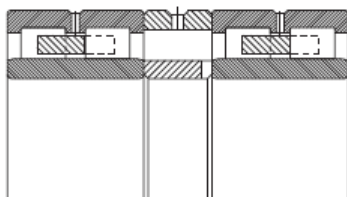
- дворядні сферичні роликопідшипники (посадка з зазором або з натягом);



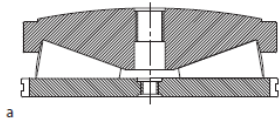
- чотирирядні циліндричні роликопідшипники з порожнистими (з отвором) роликами і сепаратором з осями



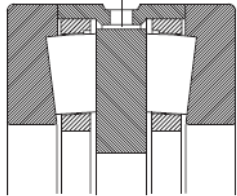
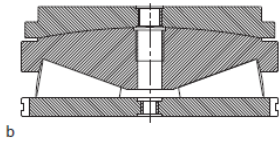
- чотирирядні циліндричні роликопідшипники з масивним сепаратором для високих швидкостей прокатування



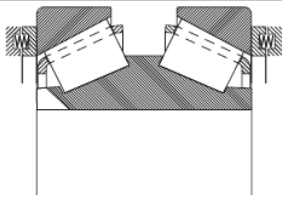
- дворядні циліндричні роликопідшипники (з проміжним кільцем)



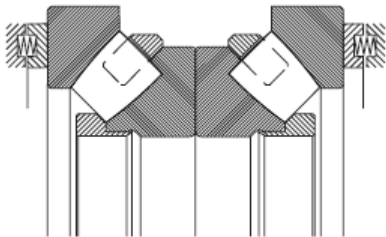
- упорні конічні роликopідшипники для натискних гвинтів



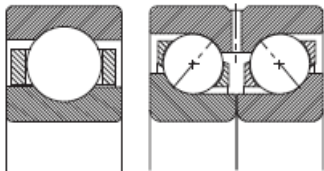
- упорні конічні роликopідшипники з дистанційним кільцем, призначені для сприйняття навантажень у двох напрямках



- дворядні конічні роликopідшипник з великим кутом контактування і підпружиненими кільцями

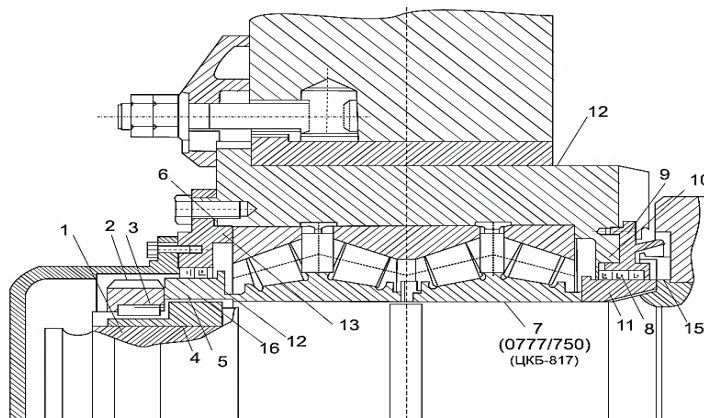


- упорні підшипники з сферичними роликами (у здвоєному вигляді забезпечують сприйняття осьових навантажень у двох напрямках)



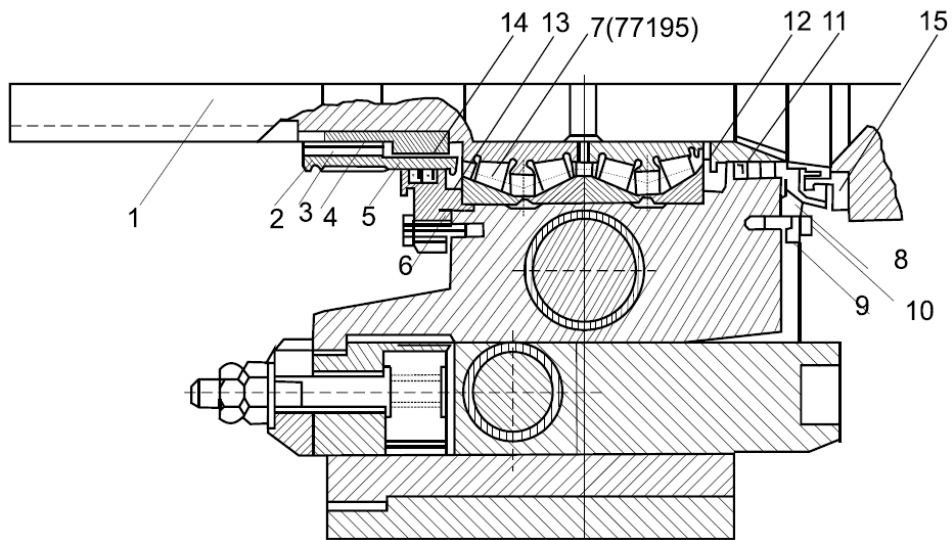
- радіальні та радіально-упорні шарикopідшипники

Розглянемо конструкції підшипникових вузлів типових прокатних станів



- 1 – валок; 2 – гайка; 3 – різьбові півкільця; 4 – шпонка; 5 – проміжне кільце; 6 – прокладка; 7 – підшипник 0777/750; 8, 14 – манжетні ущільнення; 9 – кришка; 10 – азбестовий шнур; 11 – бандаж; 12 – подушка; 13 – фланцева кришка; 15 – кільце; 16 – ковпак.

Рисунок 31.6 - Вузол опорного валка товстолистового стану 2800



1 – валок; 2 – гайка; 3 – різьбові півкільця; 4 – шпонка; 5 – проміжне кільце; 6 – прокладка; 7 – підшипник 77195; 8, 14 – манжетні ущільнення; 9 – кришка; 10 – азбестовий шнур; 11 – бандаж; 12 – подушка; 13 – фланцева кришка; 15 – кільце.

Рисунок 31.7 - Валкова опора робочих валків товстолистого стану 2800

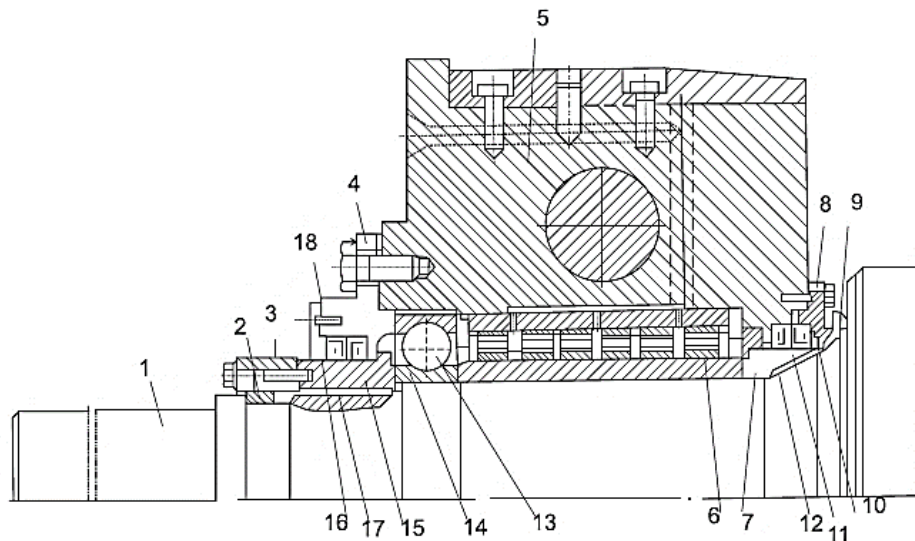


Рисунок 31.8 - Валкова опора робочого валка стану 1200 холодного прокатування

В опорах робочих валків застосовано роликові радіальні шестирядні та кулькові радіально-упорні підшипники. У посадкових місцях подушок виконано бурти. Роликопідшипники встановлено на шийках валків з натягом. Така посадка для внутрішнього кільця роликопідшипників передбачає виготовлення підшипників цього типу з взаємозамінними деталями. Зовнішнє кільце підшипників встановлюють в подушці по посадці з зазором. Кулькові радіально-упорні підшипники призначені для сприйняття лише осевих навантажень, тому їх встановлюють в подушках з гарантованим зазором. Ущільнення підшипників комбінованого типу – лабіринтні та манжетні. Передбачено застосування рідкого мастила, але через недостатню герметичність подушок рідке мастило замінили на пластичне.

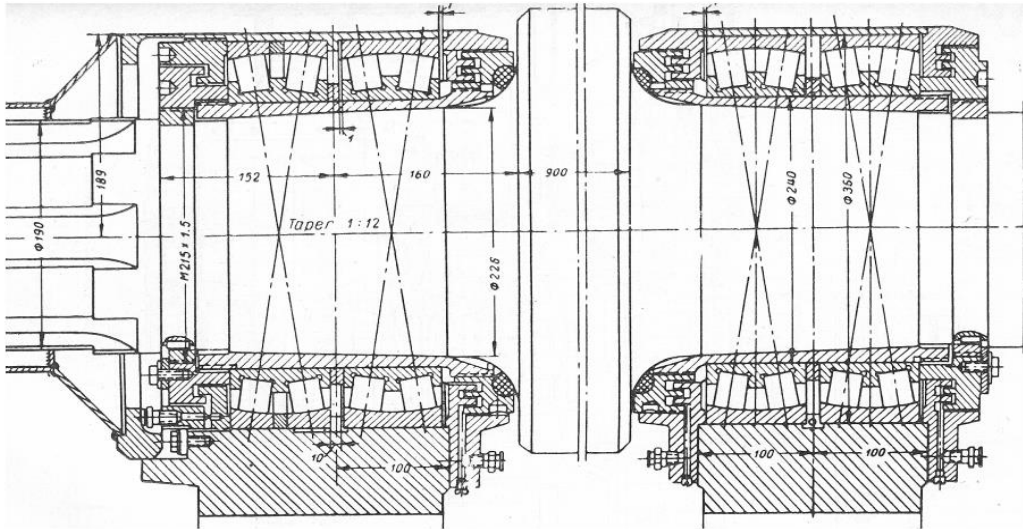


Рисунок 31.9 – Підшипникові вузли сортового стану

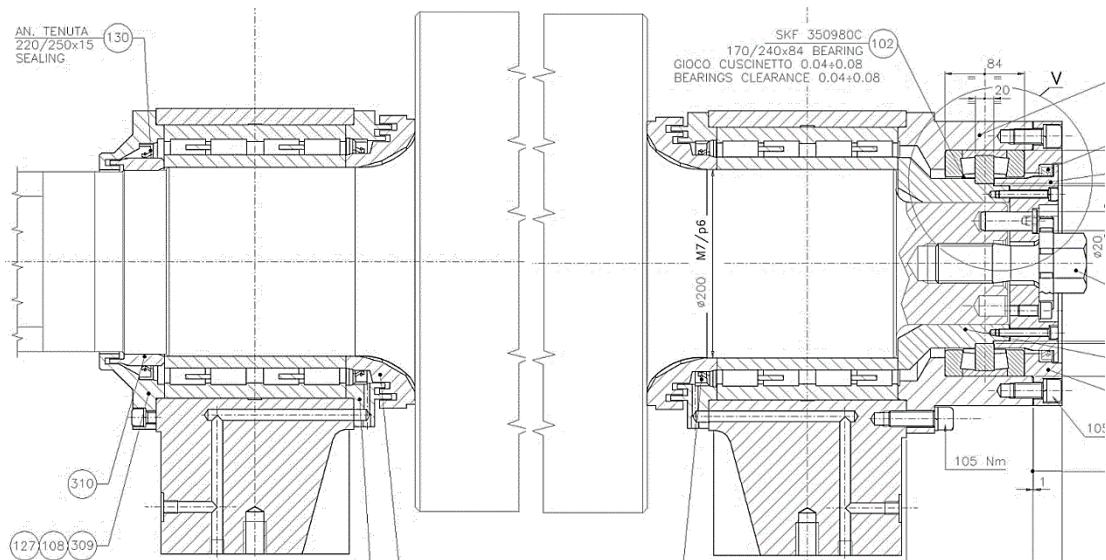


Рисунок 31.10 – Підшипникові вузли кліті стану 400 конструкції Даніелі

31.5 Подушки прокатних станів

Подушки прокатних станів – це умовна назва корпусів підшипникових вузлів, які забезпечують фіксацію валків у потрібному положенні.

За даними фірми FAG Kugelfischer для подушок, які виготовлено з сталевого литва з границею міцності на розтягування не менше 450 Н/мм², забезпечується достатня жорсткість за таких співвідношень розмірів (позначення наведені на рисунку __) [N]

$$h_A = (1,5 \div 2,0) \frac{D-d}{2};$$

$$h_B = (0,7 \div 1,2) \frac{D-d}{2};$$

$$h_C = (0,15 \div 0,25) \frac{D-d}{2},$$

де h_A - товщина верхньої стінки подушки, мм;

h_B - товщина бічних стінок, мм;

h_C - товщина нижньої стінки подушки, мм;

D, d - зовнішній та внутрішній (посадочний) діаметр підшипника, мм.

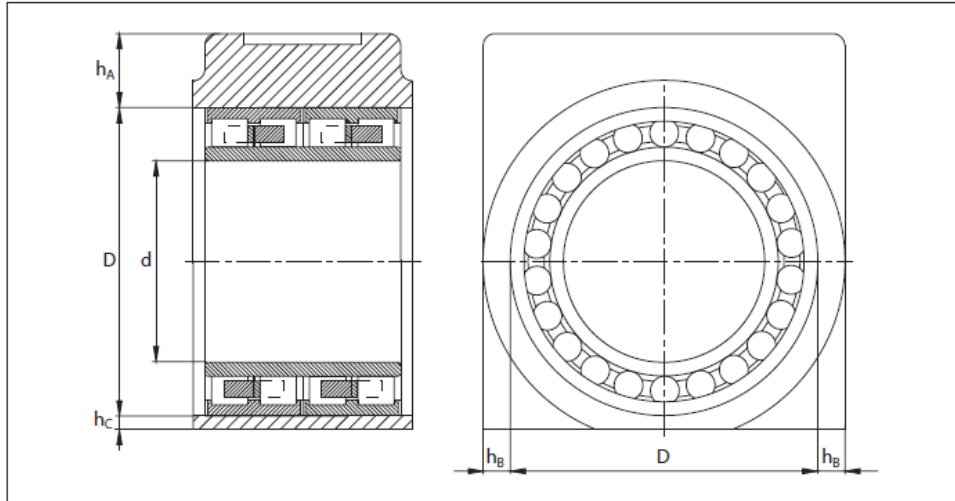


Рисунок - Позначення елементів подушок прокатних станів [4]

Якщо розміри подушок відповідають наведеним співвідношенням, то за помірних навантажень пружні деформації подушок не впливають на розподіл навантажень у підшипнику. Точніше нерівномірність деформацій знаходиться у допустимих межах. За екстремально високих навантажень та при виконанні проектних розрахунків рекомендується виконати перевірочний розрахунок деформацій подушки та їх вплив на підшипник. Розрахунок виконується за енергетичним методом теорії пружності, в якому подушка розглядається як замкнена сильно зігнута балка з змінним діаметром перерізу.

Для забезпечення рівномірного обертання валків та підтримання потрібної точності розмірів прокату необхідно, щоб зазор між подушками та внутрішніми поверхнями вікон станин був мінімальним. Одночасно цей зазор повинен бути достатнім для забезпечення вільного переміщення подушок та попередження заклинювання (запресовування) їх у вікні станини з врахуванням температурних деформацій. Згідно практичних даних різниця робочих температур подушок та станин становить приблизно 30° С для станів з помірними швидкостями прокатування, а для станів з високими швидкостями прокатування досягає 50° С.

Величину зазору між поверхнями станини і подушками рекомендується призначати як суму поля допуску Н9 та різниці теплових розширень подушки і станини.

Опорні поверхні подушки, які контактують з натискним гвинтом та станинами, повинні мати певну сферичність для забезпечення самовстановлювання подушок, що забезпечує співвісність шийки валка та отвору подушки. Таким чином, забезпечується рівномірне розподілення навантаження по всій ширині підшипника у випадках їх неточного монтажу або

прогинання валків. Опорні поверхні подушок повинні бути загартовані для попередження деформацій при високих навантаженнях.

При використанні багаторядних підшипників конструкція подушок повинна передбачати розташування осей натискних гвинтів по середині радіальних підшипників. Це забезпечує рівномірне розподілення навантаження між рядами роликів.

Додаткова література для розділу:

1. Основні етапи розвитку трибології: [Гуковский М.А. Механика Леонардо да Винчи, 1947 - www.leo-life.ru/index.php];
2. [М.А. Гуковский. Механика Леонардо да Винчи, Изд-во АН СССР, 1947. - 815 с. <http://www.emomi.com/history/gukovsky/>]
3. Методические материалы. / Самарский подшипниковый завод. – Самара. – 2008. – 32 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.spzgroup.ru/services/metodic.pdf>
4. FAG. Подшипники FAG в прокатном оборудовании / Schaeffler Gruppe Industrie. WL 17 200/5 RUS. – сентябрь 2007. – 69 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bars-hydraulic.ru/files/inafag/ru/wl17200_5.pdf

ТЕМА 32. СТАНИНИ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ

Станини – основна корпусна деталь робочої кліти, яка сприймає сили прокатування (замикає силовий контур) і забезпечує потрібну точність прокатування.

В залежності від конструктивного виконання станини розділяють на два типи: закритого та відкритого.

Станини закритого типу являють собою литу жорстку раму. Основними елементами такої станини є нижня поперечина, стояки та верхня поперечина. Внутрішній простір між цими елементами називають вікном станини, в якому розміщують підшипникові вузли валків. В верхній поперечині, а для деяких сортових станів в обох поперечинах, розміщують натискні механізми. В нижній частині станини виконують приливи – «лапи» - для закріплення до плитовин.

Станини закритого типу використовувались на перших прокатних станах розрізного типу. Традиційно такі станини використовують на всіх станах з виготовлення плоских виробів, а також для блюмінгів, слябінгів, заготовочних та деяких сортових станів.

Станини відкритого типу вперше були використані для станів з виготовлення профілів (кліть Генрі Корта) В подальші роки такі станини широко використовувались на сортових лінійних станах тому, що інша конструкція станин не дозволяла здійснювати перевалку. Станини відкритого типу складаються з двох основних частин: нижньої поперечини з стояками та кришки – верхньої поперечини з розміщеним в ній натискним механізмом. Перевага такої конструкції в тому, що під час перевалки кришка знімається і валки легко видаляються з кліти. При цьому діаметр валків не залежить від розмірів вікна станини. Недоліком такої конструкції

є зменшення жорсткості станини та обмеження сили прокатування через вузол з'єднання стояків з кришкою.

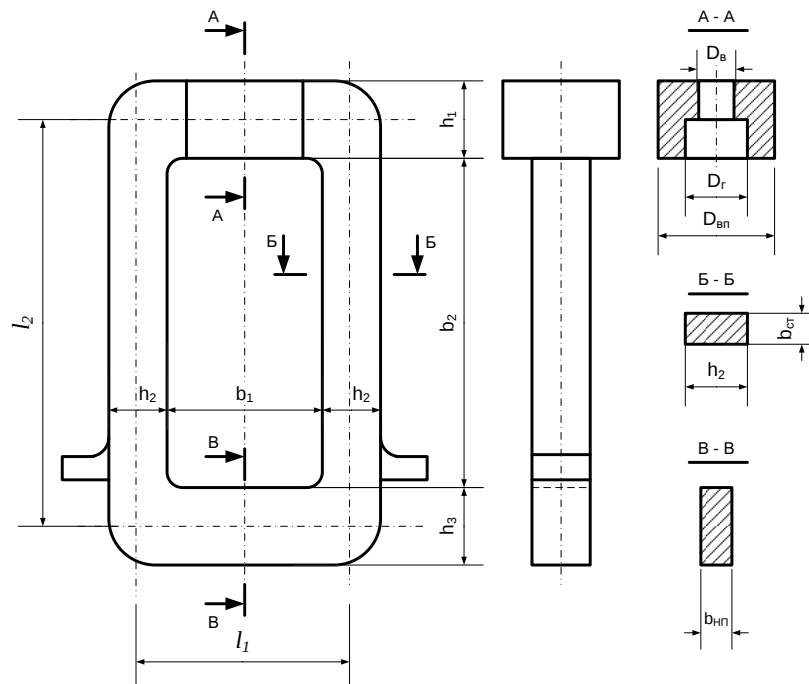


Рисунок 32.1 - Схема станини закритого типу (з позначенням елементів)

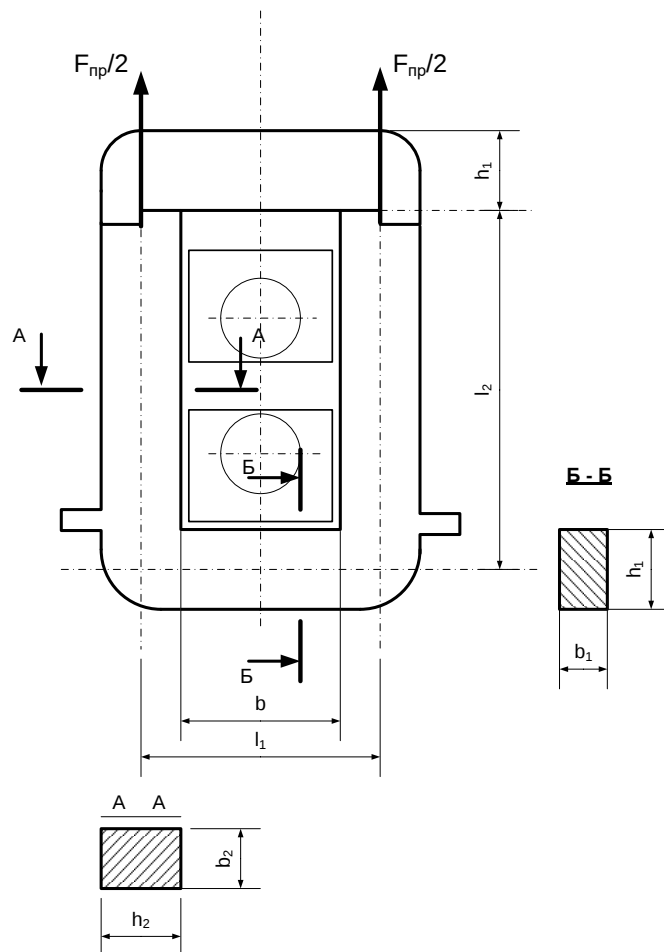


Рисунок 32.2 – Схема станини відкритого типу

Розглянемо відомі варіанти закріплення кришки станини до стояків станини відкритого типу.

Порівняно проста конструкція наведена на рисунку 32.3 а. Посередині стояків станини виконано пази, в які вставляються тяги 3. В стояках вони закріплюються через палець, який проходить через отвори в стояках. Після закріплення тяг в стояках їх розташовують вертикально і на них опускають кришку з натискним механізмом. Для забезпечення жорсткості з'єднання у верхній частині тяг виконано прямокутні отвори, в які забивають клини 4.

Широкого застосування набула конструкція різьбового з'єднання (рисунок 32.3 б). Основним елементом такого з'єднання є шпильки 5, які загвинчено в стояки. Після встановлення кришки, її закріплюють гайками.

На рисунку 32.3в показано варіант з'єднання з використанням клинового закріплення тяг.

Конструкція, наведена на рисунку 32.3 г, відрізняється закріпленням кришки за допомогою шпонкового з'єднання 8. У порівнянні з попередніми варіантами тут досягається найбільша жорсткість вузла кріплення, пружні деформації якого становлять лише 2—3% загальної деформації кліті. Недоліком цієї конструкції є збільшення висоти і маси станини.

Конструкція вузла, що наведена на рисунку 32.3 д, забезпечує з'єднання кришки із стояками за допомогою циліндричного пальця 10. Зазори у з'єднаннях усувають за допомогою клинів 9. При цьому деформація вузла порівняно невелика [3].

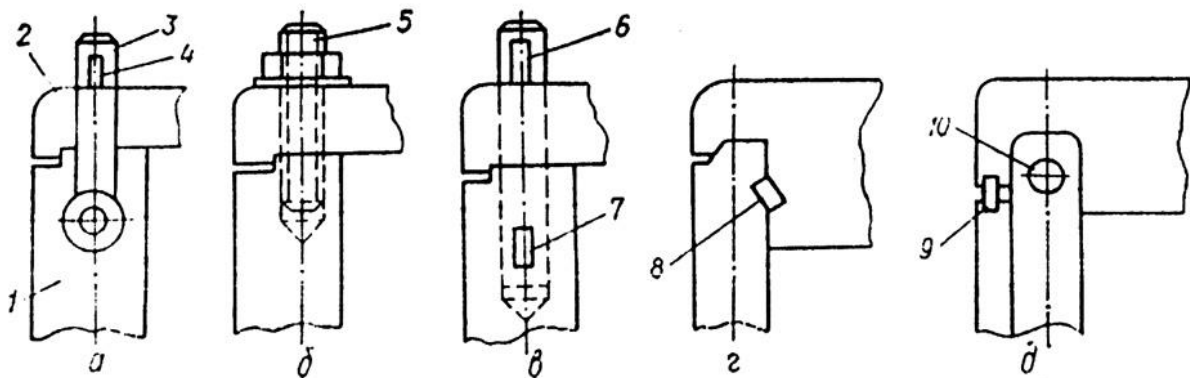


Рисунок 32.3 — Варіанти закріплення кришки станин відкритого типу

Дві станини з'єднують в робочу кліть через стяжні гвинти або через окремі траверси (переважно для листових станів). На рисунку 32.4 показана схема робочої кліті класичного прокатного стану з закритими станинами. Діаметр стяжних гвинтів зазвичай уніфікують з фундаментними болтами.

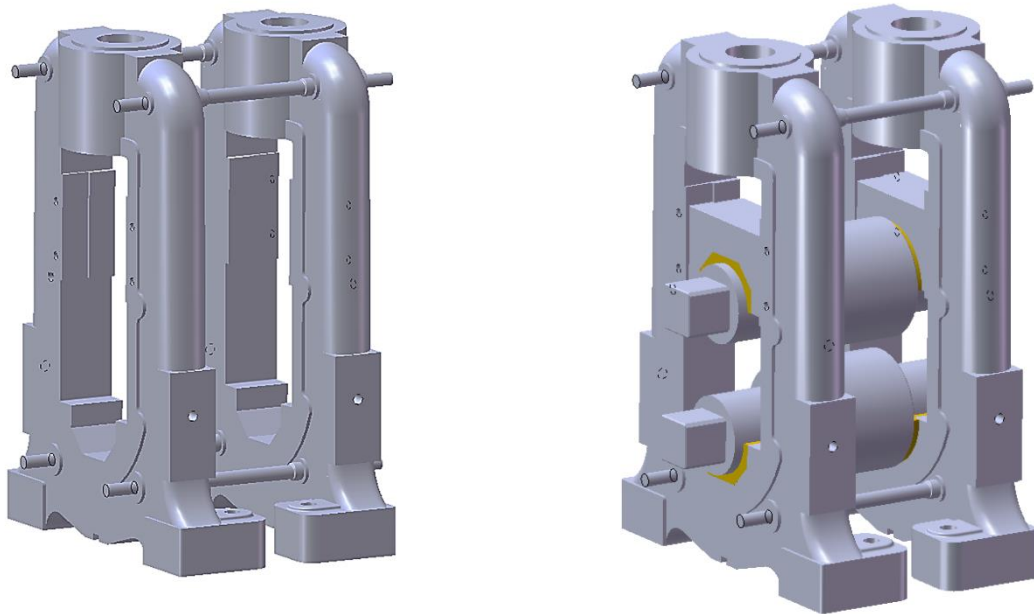


Рисунок 32.4 – Схема робочої кліті

ТЕМА 33. МЕХАНІЗМИ ВСТАНОВЛЕННЯ ВАЛКІВ

33.1 Основні механізми для встановлення валків

Для здійснення процесу прокатування валки, як основний робочий інструмент, потрібно встановити у певному положенні один відносно іншого і утримувати їх від зміщення. Для виконання цих дій в кожній робочій кліті розміщують механізми для встановлення валків в вертикальній площині та у осьовому напрямку. Відповідно до виконуваних функцій такі механізми отримали назви: натискний механізми; механізм врівноважування; механізм осьового регулювання.

Натискний механізм будь-якого прокатного стану повинен забезпечувати як встановлення валків у потрібному положенні (зміну зазору), так і передачу сили прокатування від подушок валків на станину (утримування валка). Крім цього, натискні механізми реверсивних станів повинні забезпечувати швидку зміну зазору між валками. Тому від надійності конструкції цього механізму залежить робота всього стану. На переважній більшості станів використовують натискні механізми гвинтового типу, тобто у вигляді пари гвинт-гайка. Застосовуються також гідравлічні, гідромеханічні, комбіновані, а на станах холодного прокатування труб станах - клинові.

Для **врівноважування** маси верхнього валка з підшипниковими вузлами застосовують механізми таких типів:

- важільно-вантажного;
- пружинного;
- гідравлічного.

Для **осьового регулювання** положення валків застосовують механізми таких типів:

- з накладними планками;
- з гвинтовими тягами;
- важільні;
- з ексцентриковими втулками.

33.2 Гвинтові натискні механізми

Більшість прокатних станів оснащено гвинтовими натискними механізмами. Основними конструктивними елементами таких механізмів є бронзова гайка, яка розміщується в поперечині станини, та сталевий гвинт, що вкручується в гайку за допомогою окремого механізму.

Така гвинтова пара повинна мати достатню міцність та жорсткість, для забезпечення необхідної надійності та точності регулювання зазору між валками. Зокрема, на станах з виготовлення плоского прокату конструктивно передбачена можливість зміни зазору в процесі прокатування (при наявності металу у валках). Такі натискні механізми повинні мати достатню жорсткість та потужність приводу, а крім цього забезпечувати потрібну точність встановлення валків.

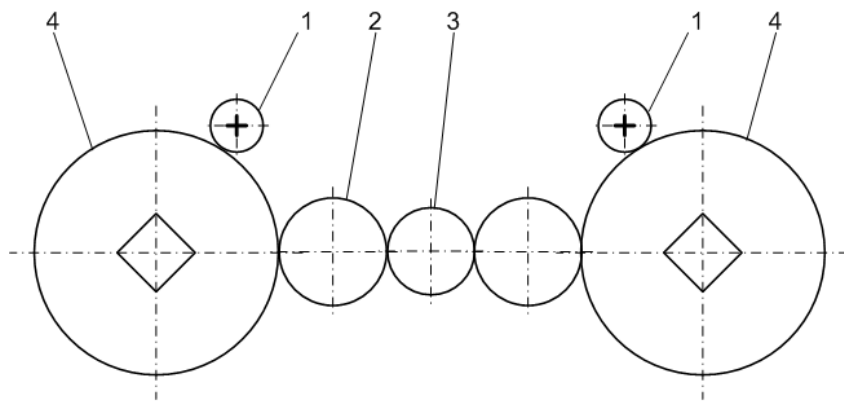
Для обтискних станів особливістю натискних механізмів є потреба забезпечення високої швидкості переміщення верхнього валка тому, що зазор змінюється після кожного проходу. Крім цього для таких станів характерним є значне переміщення валків в процесі зміни зазору.

Для сортових станів зміна зазору в процесі прокатування недопустима, тому механізм може бути на таким потужним. Але для сортових станів виникає потреба забезпечити постійність рівня прокатування. Через це такі робочі кліті оснащують не тільки верхнім, але і нижнім натискними механізмами. Швидкість переміщення валків при регулюванні зазору на сортових станах не відіграє суттєвого значення тому, що таке переміщення незначне і здійснюється періодично (кілька раз за зміну).

На існуючих станах швидкість переміщення валків під час регулювання зазору становить:

- | | |
|---|-----------------------------|
| - блюмінги | 100 – 300 мм/с; |
| - слябінги | 100 – 150 мм/с; |
| - товстолистові стани | 40 – 80 мм/с; 10 – 25 мм/с; |
| - тонколистові (гарячого прокатування) | 0,1 – 1,0 мм/с; |
| - тонколистові (холодного прокатування) | 0,05 – 0,15 мм/с |
| - багатовалкові листові стани | 0,005 – 0,01 мм/с; |
| - сортові стани | 2 – 5 мм/с. |

В залежності від технологічно обумовленої швидкості переміщення валків обирають відповідну компоновку натискного механізму. Наприклад, для блюмінгів максимальна швидкість переміщення забезпечується використанням механізмів з мінімально можливими передаточними числами (рисунок 33.1).



- 1 – привідні шестерні на валах вертикальних двигунів;
 2 – проміжні шестерні;
 3 – шестерня механізму роз'єднання;
 4 – шестеренчасті колеса на квадратних хвостовиках гвинтів.

Потужність двигунів	2x640 кВт;
Частота обертання двигунів	700 об/хв.;
Швидкість переміщення гвинтів	185 ... 220 мм/с;
Робочий хід гвинтів	1105 мм;
Тип різьби	УП 480x64;
Сила на один гвинт	12 МН.

Рисунок 33.1 – Кінематична схема натискного механізму блюмінгу 1300

Як видно з технічних характеристик механізму передаточне число від двигуна до гвинта становить 3,4375.

Для станів з виготовлення плоского прокату використовують тихохідні натискні механізми. Наприклад, на стані холодного прокатування 2500 застосовують механізм з загальним передаточним числом 1122. Кінематична схема такого механізму, у складі двох черв'ячних редукторів на кожен гвинт, наведена на рисунку 33.2.

В залежності від потрібної швидкості переміщення гвинта (точніше валків) та величини такого переміщення, використовують упорне або трапецієвидне різьблення.

Для існуючих прокатних станів у більшості випадків виконують перевірочний розрахунок гвинта та гайки, які мають певні розміри (рисунок 5.3). Такий розрахунок зводиться до визначення напружень в елементах натискного механізму від дії робочих навантажень, та порівнянні розрахункових значень з допустимими.

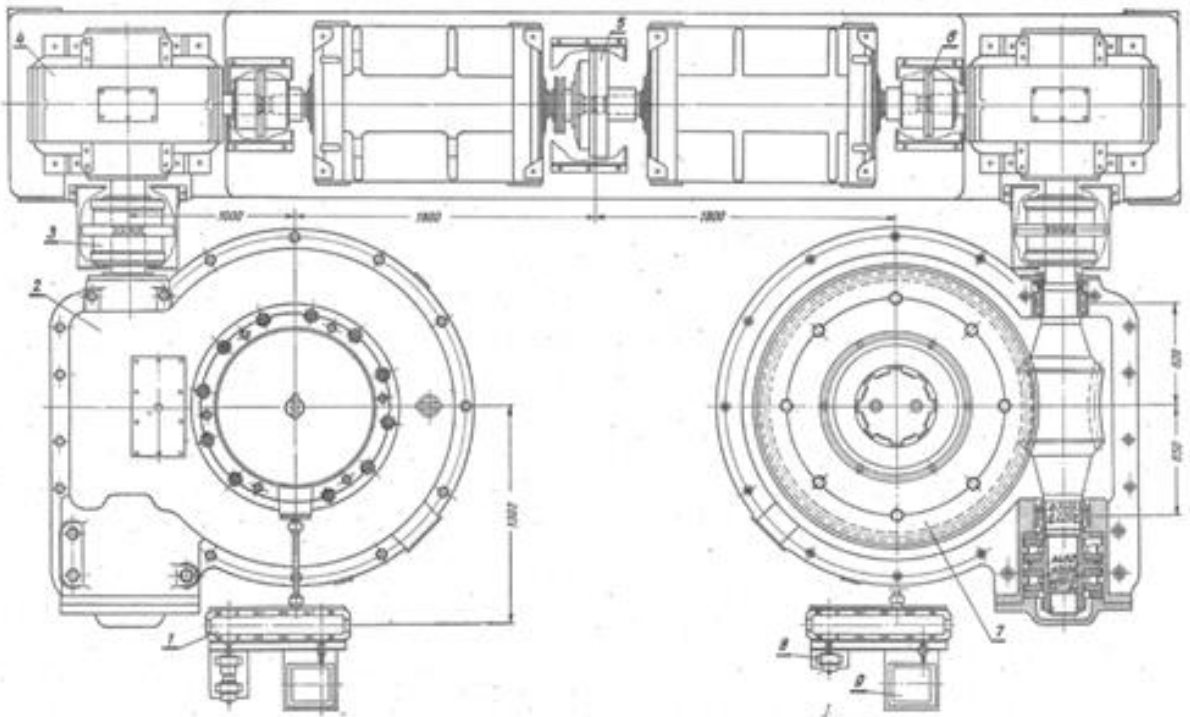
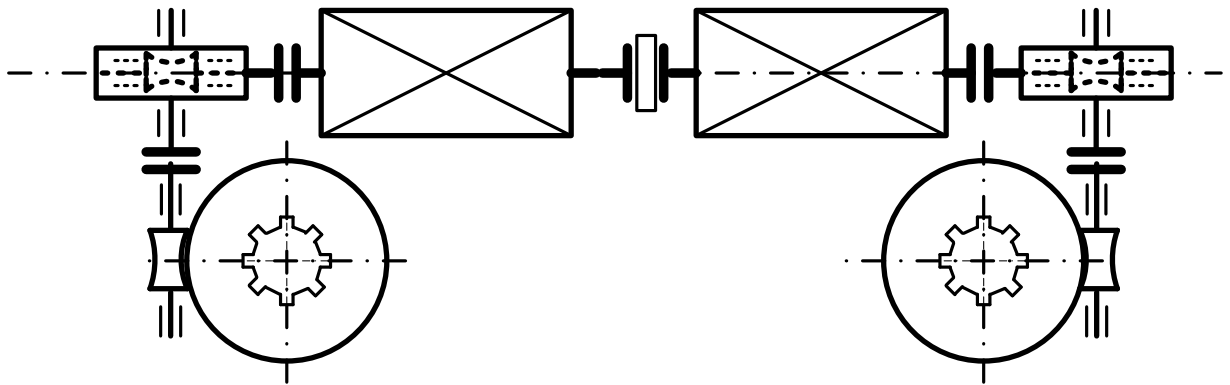
Напруження в натискному гвинті визначають як відношення сили, що діє на гвинт, до площі його перетину, використовуючи формулу

$$\sigma_{\text{гв}} = \frac{4 \cdot F_1}{\pi \cdot d_1^2} \quad (5.1)$$

де F_1 - сила, що діє на гвинт, Н;

d_1 - мінімальний діаметр гвинта, мм.

Гвинти натискних механізмів виготовляють з конструкційних марок сталі, таких як 40Х, 40ХН. Запас міцності для натискних гвинтів приймають не менше 5. Тому допустимі напруження для гвинтів становлять $[\sigma]_{\text{гв}} = 120 \div 150 \text{ Н / мм}^2$. Для станів з підвищеними вимогами до жорсткості кліті, наприклад для забезпечення підвищеної точності прокату, приймають $[\sigma]_{\text{гв}} = 60 \div 80 \text{ Н / мм}^2$.



Потужність двигунів 2×115 кВт (500 об/хв.);
 Швидкість переміщення гвинтів 0,11 – 0,22 мм/с;
 Робочий хід 250 мм;
 Тип різьблення УП 560х12 мм;
 Параметри першої черв'ячної пари $z_1=1/44$, $i=44$;
 Параметри другої черв'ячної пари $z_2=2/51$, $i=25,5$.

Рисунок 33.2 – Кінематична схема та загальний вид (зверху) натискного механізму стану холодного прокатування 600/1500х2500

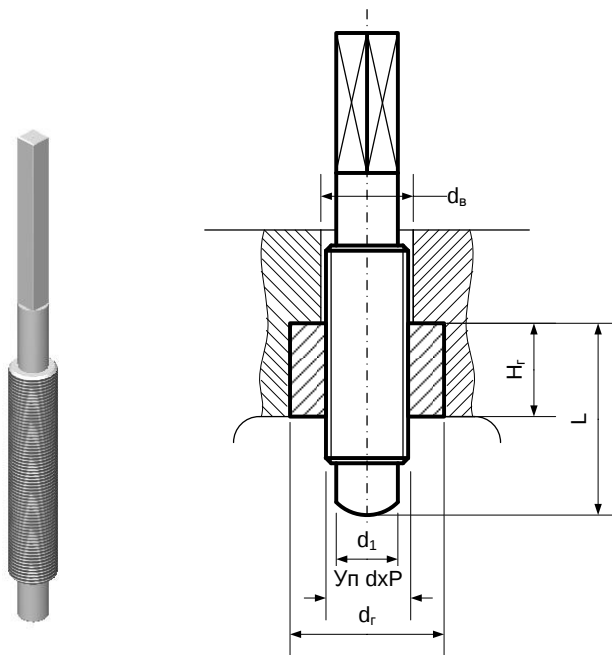


Рисунок 33.3 – Натискний гвинт та характерні розміри гвинтового натискного механізму

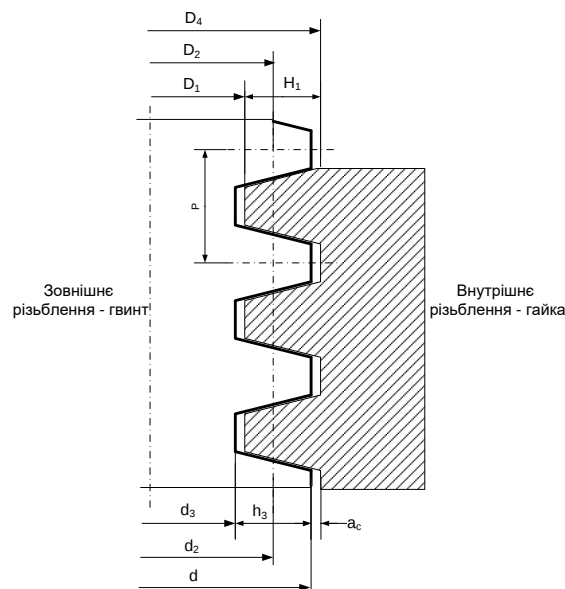


Рисунок 33.4 – Номінальні розміри трапецієвидної різьби

Для гайки натискного механізму найбільш навантаженими елементами є різьблення та опорна поверхня (в поперечині станини). Напруження в різьбі гайки розраховують як відношення сили, що передається від гвинта, до площі витків різьби

$$\sigma_p = \frac{F_1}{S_p \cdot n}$$

де S_p - площа контактування гайки та гвинта по одному витку різьби, мм^2 ;

n - число витків різьби.

Площа контактування для одного витка різьблення становить

$$S_p = \frac{\pi}{4} (D_4^2 - D_1^2),$$

де D_4, D_1 - відповідно, внутрішній та зовнішній діаметр різьби гайки, мм.

Число витків визначають як частку від ділення висоти гайки H_z на крок різьблення P

$$n = \frac{H_z}{P}$$

Допустимі напруження для бронзових гайок становлять $[\sigma]_{зм.бp} = 15 \div 20 \text{ Н / мм}^2$.

Напруження зминання матеріалу гайки на ділянці контактування з опорною поверхнею станини визначають за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{F_1}{S_{on}} \quad (5.3)$$

Площа опорної поверхні визначається як

$$S_{on} = \frac{\pi}{4} (d_z^2 - d_g^2),$$

де d_z, d_g - відповідно, діаметри отворів в поперечині станини для розміщення гайки та проходження натискного гвинта, мм.

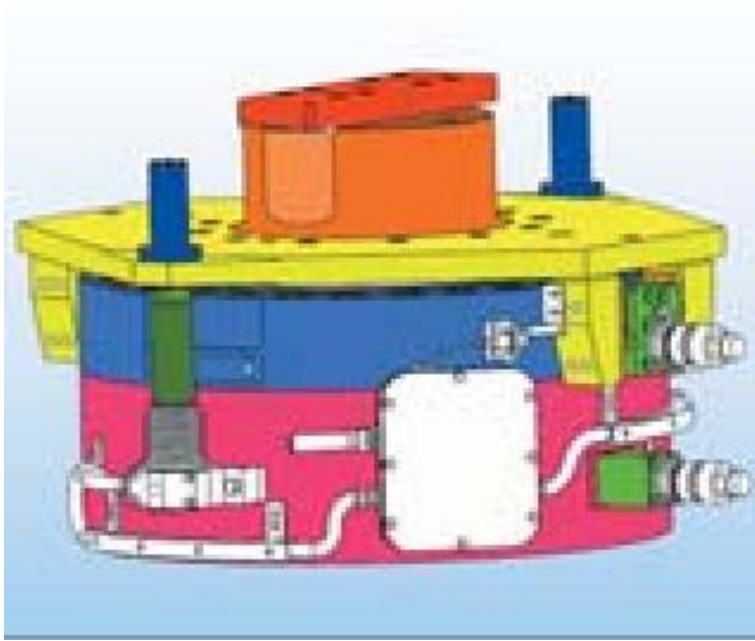
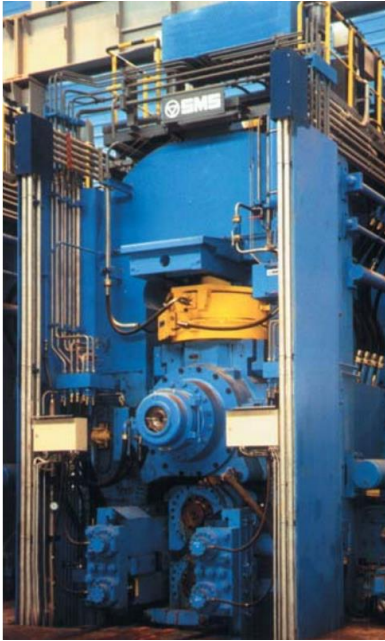
Допустимі напруження зминання для бронзи становлять $[\sigma]_{зм.бp} = 45 \div 60 \text{ Н / мм}^2$.

33.3 Гідравлічні натискні механізми

Гідравлічні натискні механізми застосовують переважно на станах з виготовлення плоского прокату. Наприклад, на широкоштабовому стані 1800 (Саудівська Аравія) призначеному для виготовлення штаб товщиною від 1,5 до 16 мм з шириною до 1650 мм гідравлічні натискні механізми забезпечують силу прокатування до 40 МН. При цьому, в чистовій п'ятикільтовій групі розміри робочих валків становлять 740/675x2100 мм, опорних – 1450/1300x1800 мм (рисунок 5.5). Крім натискного механізму гідравліка використовується в системі осьового зміщення валків (до ± 150 мм) та в системі протизгинання робочих валків (максимальна сила до 1,5 МН на кожну шийку).

Існує також досвід застосування таких механізмів і для станів для довгомірного прокату, наприклад для нових типів клітей тандемно-реверсивних станів (рисунок 5.6).

Основні переваги гідравлічних натискних механізмів: швидкодія та можливість регулювання зазору в процесі прокатування. Більше інформації наведено в таблиці 5.1.



[Compact hot strip rolling mill Saudi Iron & Steel. Maximum flexibility and wide range of products. – SMS-Demag. – w4/302 E. – 2002. – 10 p.]

Рисунок 33.5 – Приклад застосування гідравлічних натискних механізмів на штабовому стані



Rollin Stands / KOCH H&K Alpine Metal Tech . – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.alpinemetaltech.com/.../rolling-stand.html...

Рисунок 33.6 - Лінійний стан для прокатування важких профілів корпорації

Таблиця 33.1 – Порівняння характеристик гвинтових та гідравлічних натискних механізмів станів з виготовлення плоского прокату

Показник	Натискний механізм		Переваги гідравлічного механізму
	гвинтовий	гідравлічний	
Швидкість переміщення валків, мм/с: - при зміні зазору - під дією навантаження	0,5 – 0,8 -	3,5 2,5	Швидше у 3 – 4 рази
Тривалість, с: - досягнення повної швидкості переміщення при регулюванні - регулювання під навантаженням для товщини, мм: - 0,2 - 0,5 - 2,0 - зміна зазору між проходами на (мм): - 1,0 - 5,0 - 10,0	0,6 0,6 1,25 3,25 2,07 7,0 13,5	0,006 0,04 0,22 0,82 0,42 2,02 4,02	Швидше у 100 разів Швидше у 4 – 15 разів Швидше у 3 – 5 разів
Частота коригування, Гц	0,5	10	Швидше у 20 разів
Точність позиціонування, мм	±0,025	±0,030	Точність на 20% менша
Максимальна точність регулювання, мм	±0,010	±0,001	Точніше у 10 разів
Швидкість зняття навантаження при перевищенні допустимого, мм/с	0,8	12,5 (максимальна швидкість поршня)	Дозволяє попередити поломки валків

33.4 Механізми врівноважування валків

Механізми врівноважування призначені для усунення зазорів між деталями верхніх підшипникових вузлів та натискного механізму, шляхом врівноважування маси цих деталей та верхніх валків.

Для більшості звичайних прокатних станів механізм врівноважування створює постійно діючу силу, спрямовану вгору - проти сили тяжіння. Величина такої сили перевищує масу, яку потрібно врівноважити, тобто масу верхнього валка з підшипниковими вузлами, на 20 – 40%. За рахунок дії такої надлишкової сили врівноважування усуваються зазори в підшипникових вузлах верхнього валка, подушки верхніх валків притискаються до під'ятників (запобіжних стаканів) натискних гвинтів, вибираються зазори в різьбі натискного механізму. З цього переліку найважливішим результатом роботи врівноважуючого механізму є притискання подушок до натискних гвинтів. Саме задяки цьому забезпечується встановлення потрібного зазору між валками незалежно від напрямку переміщення гвинта. За відсутності врівноважуючого механізму (або порушення його нормальної роботи) верхній валок падав би на нижній, а при подачі розкату різко піднімався, тобто відбувались би удари подушок по натискним гвинтам.

Найбільш поширеними конструкціями врівноважуючих механізмів класичних прокатних станів є:

- вантажні;
- пружинні;

-гідравлічні.

Вантажні врівноважуючі механізми застосовують на станах з значним переміщенням верхнього валка. Наприклад блюмінги (переміщення близько 1000 мм), слябінки (переміщення до 2000 мм), реверсивні заготовочні кліті. Конструкція механізму включає тяги, траверсу, важелі та противаги. Тяги проходять через отвори в станині і з'єднують нижні частини подушок верхніх валків з траверсою. Траверса з'єднана з системою важелів з противагами, як це показано на рисунку 5.7.

Застосування таких механізмів обумовлено перш за все історично – під час спеціалізації прокатних станів інші конструкції не могли забезпечити потрібні характеристики. Крім цього, такі механізми застосовували через просту конструкцію та надійність роботи у всьому діапазоні зміни зазорів між валками. Але вантажні натискні механізми мають і низку недоліків:

- значна маса противаг у поєднанні з високою швидкістю переміщення валків призводить до виникнення динамічних навантажень в системі врівноважуючого та натискного механізмів;
- для розміщення противаг потрібно значно заглиблювати фундаменти станів;
- неможливість забезпечення роздільної роботи натискного та врівноважуючого механізмів.

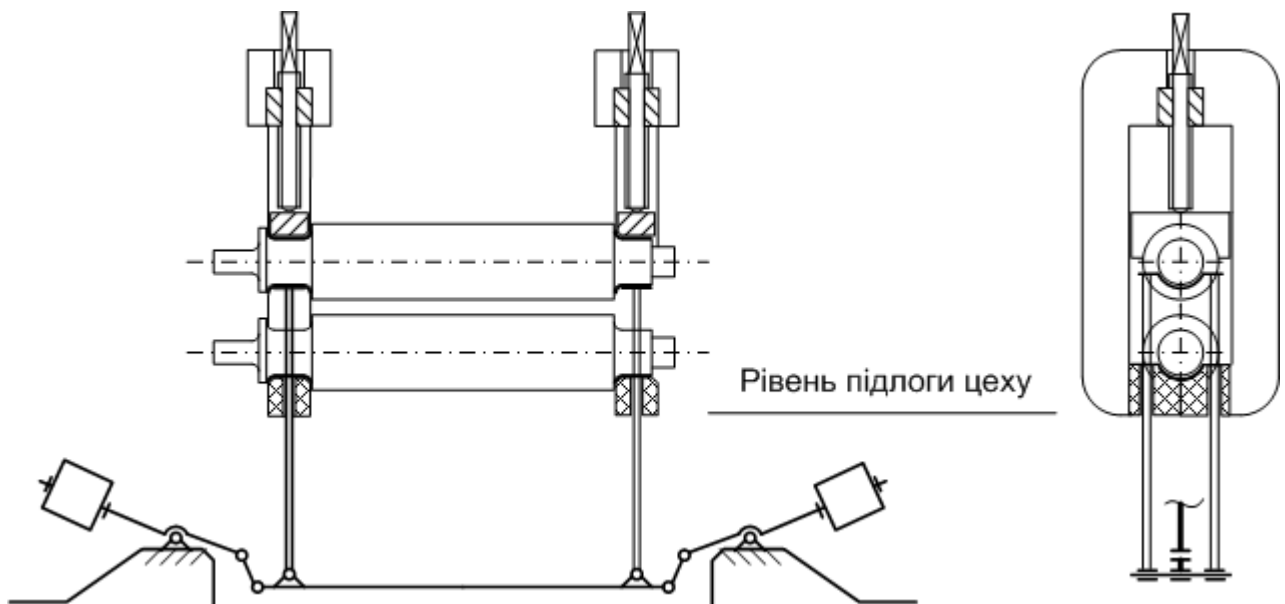


Рисунок 33.7 – Схема вантажного врівноважуючого механізму

Пружинні врівноважуючі механізми застосовують на станах, які мають порівняно невеликі діаметри валків та робочу відстань переміщення верхнього валка, тобто це сортові та листові стани. Конструкції таких механізмів досить різноманітні, в залежності від особливостей стану. Найпростіші складаються з тяг, які проходять через отвори в верхній подушці та верхній поперечині станини, пружин, розміщених на верхній поперечині станини,

регулюючих гайок та підвісу (лабораторний стан 300). Більш сучасні конструкції передбачають розміщення пружин на траверсі, яка з'єднує ліву та праву станини. Тяги, що проходять через пружини, шарнірно з'єднані з рухомою траверсою, яка взаємодіє з приливами верхніх подушок (рисунок 5.8). Відомі також механізми врівноважування з застосуванням важелів, які розміщують на зовнішніх поверхнях станин.

Пружинні механізми більш компактні, прості і надійні в роботі. До недоліків таких механізмів відносять потребу регулювання при кожному встановленні валків. Наприклад, якщо налагодити такий механізм для нових валків (максимальних діаметр) з мінімально можливим «переврівноважуванням», то по мірі зношування валків, а також при їх переточках, натискні гвинти все більше будуть стискати пружини і сила врівноважування буде зростати.

Гідравлічні врівноважуючі механізми застосовують, як для станів з значним переміщення валків, так і для станів з невеликим переміщенням. Тобто такі механізми позбавлені основних недоліків попередньо розглянутих. Вони забезпечують створення заданої сили врівноважування для всього діапазону зміни зазорів та діаметрів валків, плавність ходу, легке керування, відрізняються компактністю та простотою в роботі. Недоліком таких механізмів є потреба в насосно-акумуючій станції, що суттєво збільшує вартість обладнання стану.

Конструкції таких механізмів можуть бути досить різноманітними, але для всіх основним елементом є гідроциліндр.

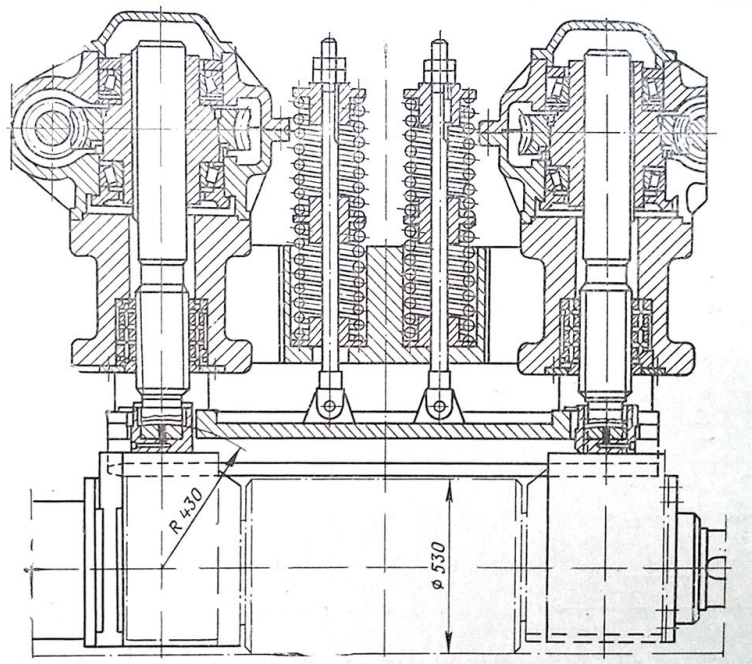


Рисунок 33.8 – Пружинне врівноважування верхнього валка кліті 530 неперервнозаготовочного стану [Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии : [Учебник для студентов вузов]. – [Издание третье, дополн. и перераб.] / А. А. Королев . – М. : Металлургия, 1976. – 544 с.]

Для прикладу розглянемо врівноважування верхніх опорних валків стану 600/1500x2500, головні складові якого показані на рисунку 33.9.

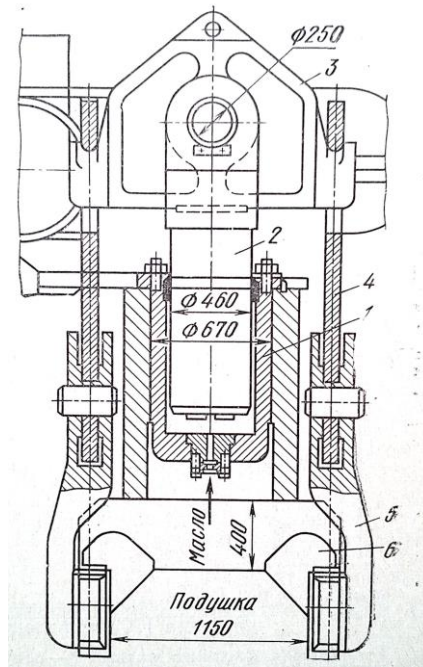


Рисунок 33.9 – Гідравлічне врівноважування верхніх валків кліті 600/1500x2500

[Королев А. А. Механическое оборудование прокатных цехов черной и цветной металлургии : [Учебник для студентов вузов]. – [Издание третье, дополн. и перераб.] / А. А. Королев . – М. : Металлургия, 1976. – 544 с.]

Гідроциліндр з зовнішнім діаметром 670 мм розміщено на траверсі, що з'єднує станини кліті кварто. Шток 2 гідроциліндру шарнірно з'єднано з верхньою траверсою 3 механізму. За приливи траверси 3 зачеплено чотири тяги 4, нижні кінці яких шарнірно з'єднано з поперечними балками 5. Ці балки в нижній частині мають виступи, які взаємодіють з приливами подушок верхніх валків.

Для врівноважування маси верхніх валків стану 1700 використовують гідроциліндри, розміщені в нижніх подушках відповідно опорних та робочих валків (рисунок 33.10).

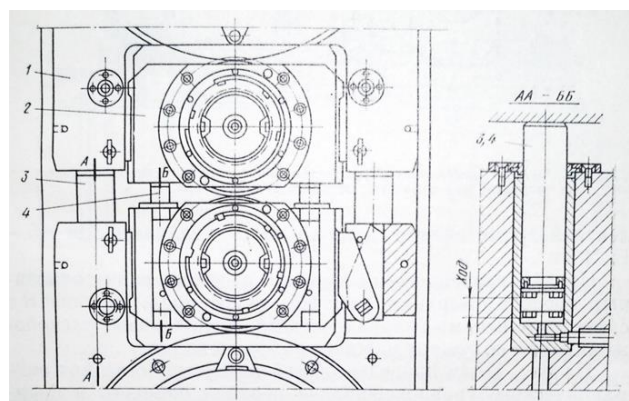


Рисунок 33.10 – Гідравлічне врівноважування верхніх валків клітей стану 1700

[Королев А. А. Механическое оборудование заводов цветной металлургии : [Учебник для студентов вузов]. В 3 частях. — Часть 3. Механическое оборудование цехов по обработке цветных металлов / [А. А. Королев, А. Г. Навроцкий, В. А. Вердеревский и др.]. – М. : Металлургия. – 1989. – 624 с.]

33.5 Механізми осьового регулювання та переміщення валків

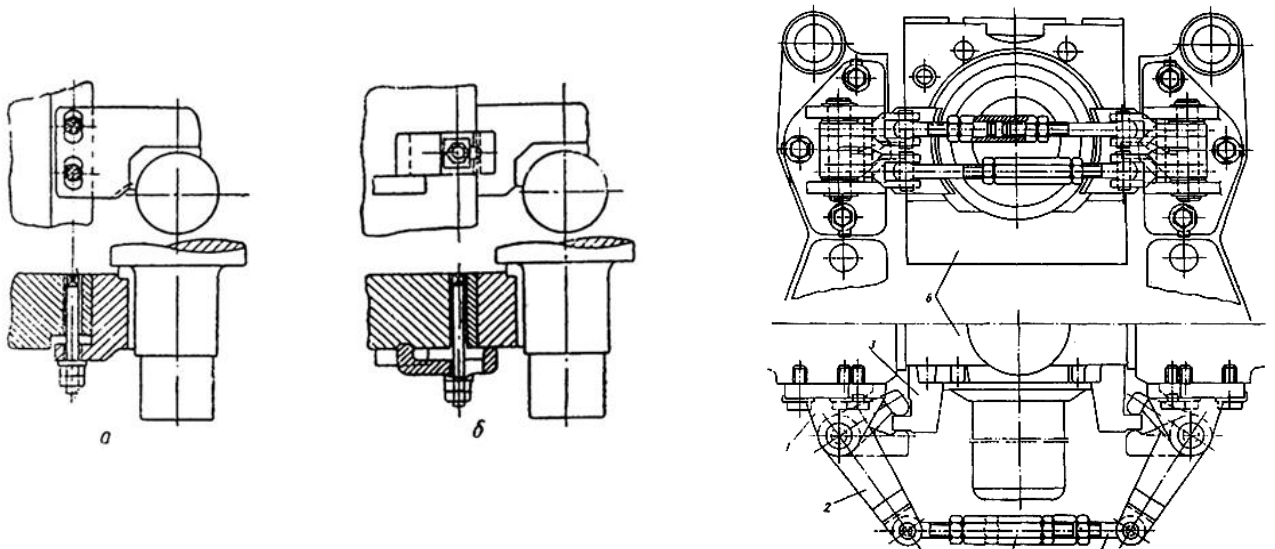
Для встановлення і утримування валків у напрямку їх подовжньої осі використовують **механізми осьового регулювання**. Основне призначення таких механізмів – забезпечення встановлення валків у потрібному положенні. Тому на деяких листових станах старої конструкції валки лише фіксують через їх підшипникову вузли. Функція регулювання забезпечується можливістю переміщення одного або обох валків у напрямку їх осей в горизонтальній площині. Наприклад, на деяких станах один з валків встановлюють у фіксованому положенні, а регулювання взаємного розташування забезпечують переміщенням іншого валка.

Конструкції механізмів осьового регулювання можуть бути досить різноманітними, але основні з них можна об'єднати в чотири групи:

- а) гвинтові тяги;
- б) планки;
- в) важільні системи;
- г) упорні підшипникові вузли.

Як видно з рисунку 33.11, конструкції перших трьох типів механізмів передбачають силову взаємодію подушок (підшипникових вузлів) з станиною. Механізми типів а) та б) мають односторонню дію, тобто для зміщення валків на певну відстань потрібно з одного боку робочої кліті «відпустити» різьбове з'єднання, а з іншого – «затягнути».

Важільні системи двосторонньої дії (рисунок 33.11, в) дозволяють здійснювати регулювання з одного боку кліті, тобто з боку перевалки (або «оператора»). Тяги таких механізмів мають різнонаправлену різьбу, що дозволяє обертаючи гайку, що з'єднує ці тяги, зводити або розводити важелі. Кожна така важільна система забезпечує переміщення подушок в одному напрямку, тому для регулювання осьового положення валків з боку перевалки застосовують дві такі системи.



- а — гвинтові тяги, що взаємодіють з фланцями на подушках;
- б — накладні планки;
- в — важільної системи двосторонньої дії

Рисунок 33.11 — Механізми осьового встановлення валків

Для полегшення обслуговування робочих клітей на окремих станах застосовують механізми зі зміщеною важільною системою, як це показано на рисунку 33.12.

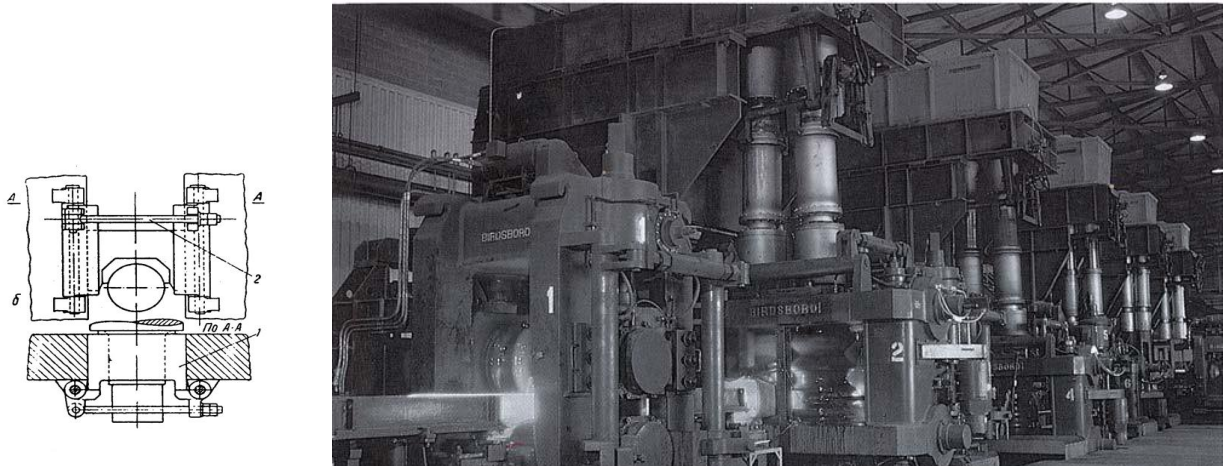


Рисунок 33.12 – Механізм осьового регулювання зі зміщеною важільною системою та вид сортового стану, кліті якого оснащено такими механізмами [Amerigear Mill Spindles Heavy Duty, High Performance Design / Altra Industrial Motion Company. – 2012. – 20 p. - <http://www.altraliterature.com/pdfs/P-1822-AC.pdf>]

Механізми осьового регулювання з використанням упорних підшипників використовують на станах, підшипникові вузли яких мають відповідну конструкцію. Наприклад, на сучасних безстанинних клітях передбачено осьове регулювання верхнього валка на величину ± 3 мм (рисунок 33.13). При цьому нижній валок також оснащено упорними підшипниками, але регулювання не передбачено – нижні подушки з боку оператора жорстко закріплені в касеті.

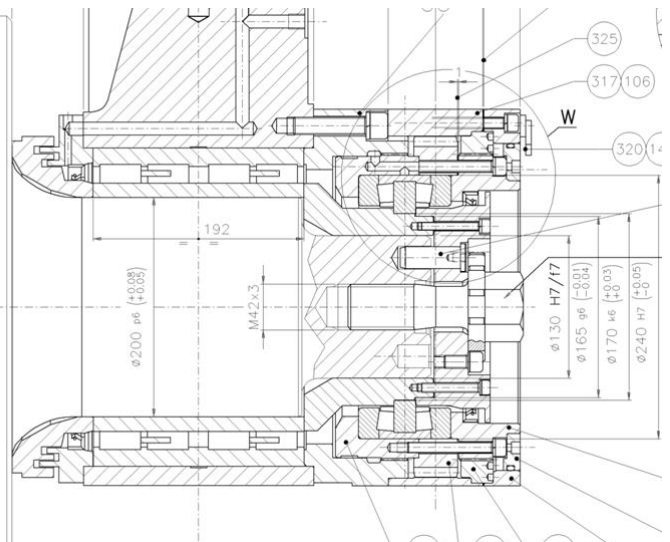


Рисунок 33.13 – Механізм осьового регулювання верхнього валка безстанинної кліті сортового стану [Manufacturer of High Quality Rollin Mill / AVTAR Foundry & Workshop. – India. - <http://www.rollingmillmachinery.biz/rolling-mill.html>]

На станах з виготовлення плоского прокату, для яких осьові сили значно менші, застосовують пристосування для фіксації, регулювання або зміщення валків в осьовому напрямку. Фіксація передбачає лише закріплення підшипникових вузлів у певному положенні. Регулювання дозволяє змінювати взаємне положення валків на відстань, що визначається

конструктивними особливостями механізму. Зміщення передбачає використання окремих механізмів, які спроектовані для взаємного переміщення робочих валків з спеціальних профілем відносно опорних на технологічно обумовлену відстань.

На більшості сучасних клітей кварто застосовують механізми осьового зміщення з гідравличним приводом. Наприклад, на рисунку 33.14 показана схема механізму зміщення з використанням L-блоків, які встановлюються між подушками робочих та опорних валків з боку оператора. Можливе також застосування більш простих конструкцій, коли гідроциліндри механізму зміщення закріплюють на приливах станини в межах габаритів подушок робочих валків (рисунк 33.15).

За останнє десятиліття для нових станів з виготовлення плоского прокату набув поширення спосіб регулювання площинності за рахунок перехреснування осей валків. Згідно способу в кліті кварто забезпечується можливість взаємного попарного повороту опорних та робочих валків на певний кут відносно вертикальної площини. Такі механізми також використовують гідроциліндри, як це показано на рисунку 33.15.

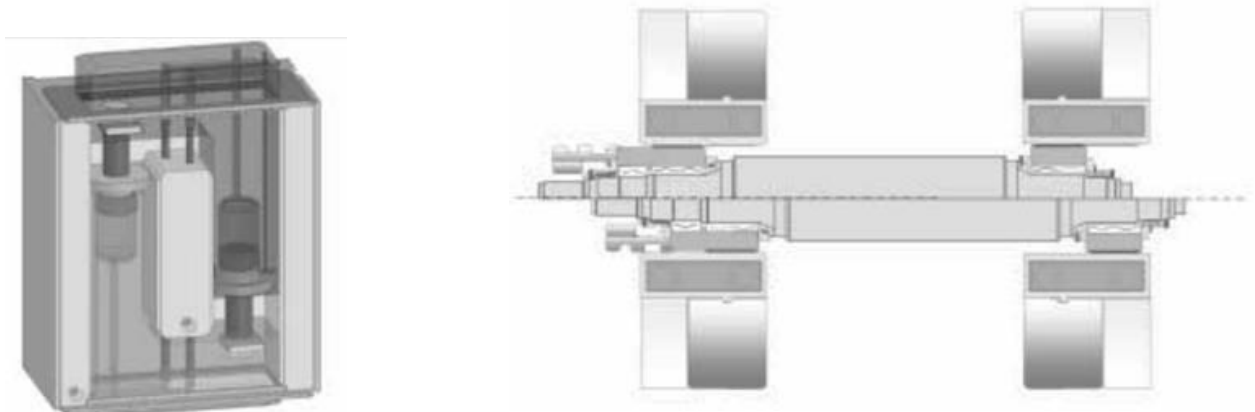


Рисунок 33.14 – Механізм осьового зміщення робочих валків станів кварто з використанням L-блоків [Auzinger D. Application of Advanced Technology Packages For Improved Strip Profile and Flatness in Hot-Strip-Mills / D. Auzinger, G. Djumlija, T. Nijhuis, A. Seilinger, M. Widder, G. Posch, L. Peer // La Metallurgia Italiana. – 2002. - # 3. – P.61- 65. - http://www.aimnet.it/allpdf/pdf_pubbli/3/vai.pdf]

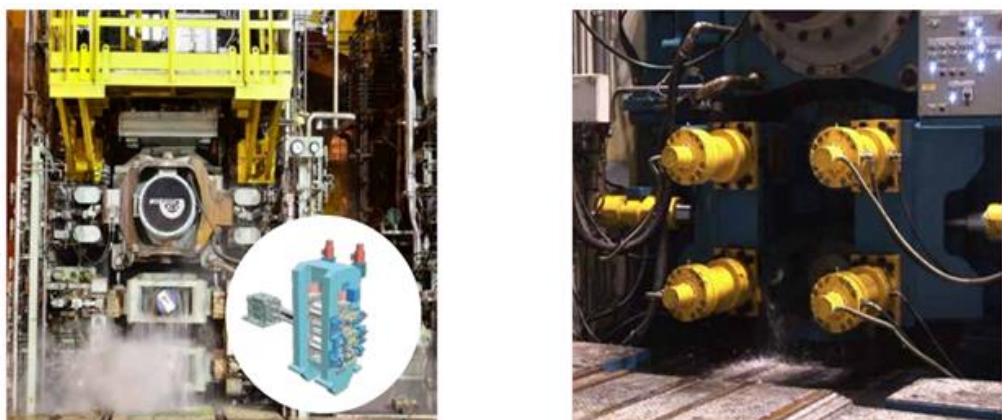


Рисунок 33.15 – Механізм перехреснування пар осей валків (Pair Cross) та осьового зміщення робочих валків (work roll shifting) станів кварто [The new global competence in hot rolling / Brochure No.: T04-0-N027-L4-P-V2-EN Printed in Austria © 2016 Primetals Technologies Ltd. - <https://www.primetals.com/en/technologies/hot-rolling-flat/hot-strip-mill/Lists/FurtherInformation/The%20new%20global%20competence%20in%20hot%20rolling.pdf>]

Всі вище наведені механізми встановлення валків, крім осьового зміщення та перехресцювання, є обов'язковими складовими будь якого прокатного стану.

33.6 Механізми протизгинання валків листових станів

Для сучасних станів з виготовлення плоского прокату, крім механізмів осьового зміщення та перехресцювання валків, можуть застосовуватись окремі спеціальні механізми протизгинання валків. Всі ці механізми в поєднанні з технологічними засобами, такими як профілювання валків, регулювання теплового профілю, натягіння та інші, утворюють єдину систему регулювання площинності прокату. Отже, механізми протизгинання валків призначені для забезпечення заданих показників площинності плоского прокату.

Такі механізми для існуючих станів мають досить різноманітні конструктивні вирішення, що відображає розвиток конструкцій прокатних станів та способів регулювання. Зокрема, відомі варіанти таких механізмів, які передбачають застосування гідроциліндрів для протизгинання опорних валків. Для цього збільшують довжину шийок цих валків, розміщуючи окремі підшипникові вузли, які взаємодіють з гідроциліндрами протизгинання.

За останні роки набув поширення спосіб притизгинання робочих валків. Для реалізації такого способу збільшують довжину бочки та шийок робочих валків. На шийках робочих валків розміщують додаткові підшипникові вузли, які працюють від гідроциліндрів, аналогічних врівноважуючим, але з відповідними силовими характеристиками.

ТЕМА 34. МЕХАНІЗМИ ПРИВОДУ ВАЛКІВ

Механізми приводу валків забезпечують передачу обертального руху від привідної машини – електродвигуна, до привідних валків робочої кліті. Складовими головної лінії прокатного стану, що забезпечують привід валків, є моторна муфта, редуктор, редукторна муфта, шестеренна кліть, шпинделі. Обов'язковими елементами є двигуни та шпинделі.

34.1 Шпинделі прокатних станів

Шпинделі прокатного стану призначені для передачі обертального руху, тобто крутного моменту для здійснення процесу прокатування, від шестеренної кліті до привідних валків.

Шпинделі складається з валу та шарнірів, розміщених на кінцях цього валу. Валки шестеренних клітей мають постійну міжосьову відстань, а привідні валки робочої кліті можуть змінювати відстань між осями, зберігаючи їх паралельність. Тому шпинделі працюють з певними перекосами, а шарніри зберігають паралельність осей шестеренних валів та валків. Шпинделі повинні забезпечувати передачу крутного моменту у всьому діапазоні можливих значень діаметрів валків та зазору між ними. Вони працюють у досить важких умовах обмежених габаритів, значних крутних моментів, значних динамічних навантажень та кутів перекошування.

На прокатних станах, по мірі їх розвитку, застосовували такі шарніри шпинделів:

- Втулкові (квадратні, трефові);
- Універсальні на підшипниках ковзання;

- Універсальні на підшипниках кочення;
- Шарові або з сферичними роликами;
- Зубчасті.

Приклади конструкцій втулкових шарнірів для квадратних та трефових хвостовиків наведено на рисунку 6.1

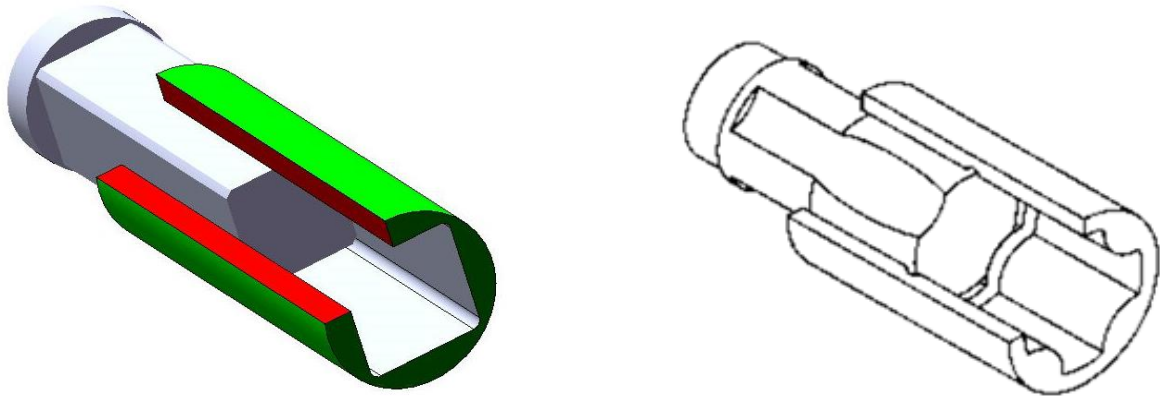


Рисунок 34.1 – Втулкові шарніри для квадратних та трефових хвостовиків [Design and Selection of Universal Joints for Rolling Mills / Ameridrives Power Transmission - Altra Industrial Motion Company. – 2014. – 12 p. - www.altraliterature.com/pdfs/p-7618-apt.pdf]

Конструкція **універсального шарніру** на підшипниках ковзання показана на рисунку 34.2, а шарніру з сферичними роликами – на рисунку 34.3.

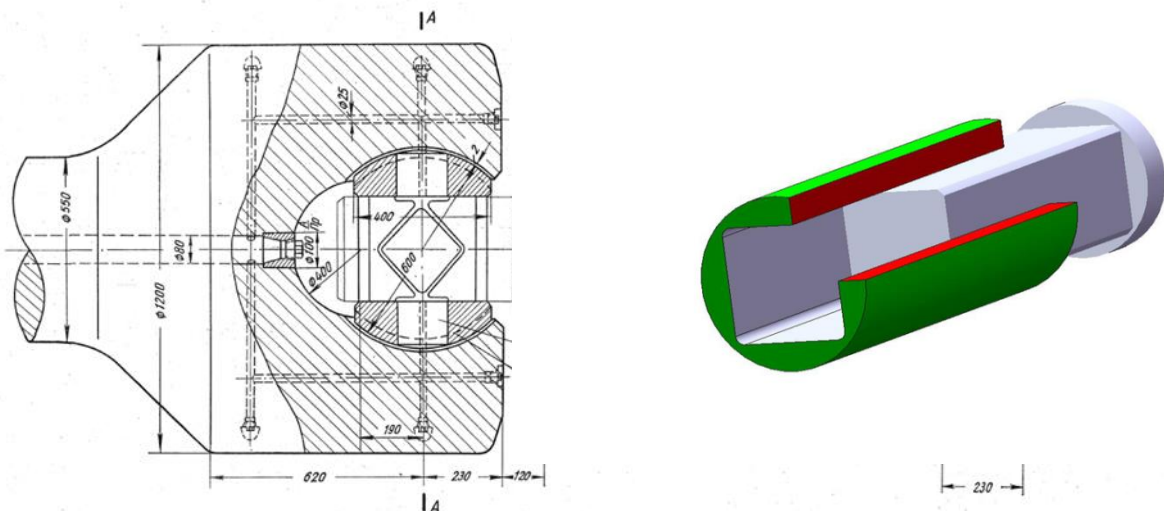


Рисунок 34.2 – Конструкція універсального шарніру на вкладишах ковзання [Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. - М. : Металлургия, 1981. – 204 с.]

Конструкція універсальних шпинделів основана на шарнірі Гука. Основними конструктивними елементами шарніру Гука є лопать, вилка, півсферичні вкладиші, камінь (палець). Такий шарнір забезпечує дві степені свободи: за рахунок обертання навколо

каменю, та обертання вилки по сферичній поверхні вкладишів. Розміщення таких шарнірів по обох кряях шпинделя забезпечує рівномірну передачу крутних моментів при кутах перекошування до 10° .

Для деяких обтискних та заготовочних станів стандартом ГОСТ 5399-69 передбачено виготовлення валка з приводною лопаттю, але більшість валків виготовляють з звичайними хвостовиками з плоскою провідною ділянкою.

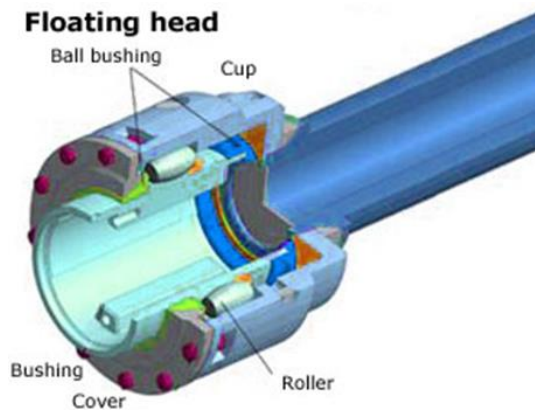


Рисунок 34.3 – Конструкція шарніру з сферичними роликами

[Driving Spindles for Rolling Mills / ENCE GmbH. - www.ence.ch/eng/spindle_rolling_mills.php

На сучасних прокатних станах застосовують переважно шпинделі двох основних типів: універсальні та зубчасті.

Універсальні шарніри на підшипниках кочення являють собою різновид шарніру Кардано. Тому їх часто називають карданными шарнірами, а відповідно, шпинделі – карданні. Основними елементами таких шарнірів є дві вилки та хрестовина з підшипниками.

Будова одного з підшипників, що закріплюються на шипах хрестовини, показана на рисунку 34.4.

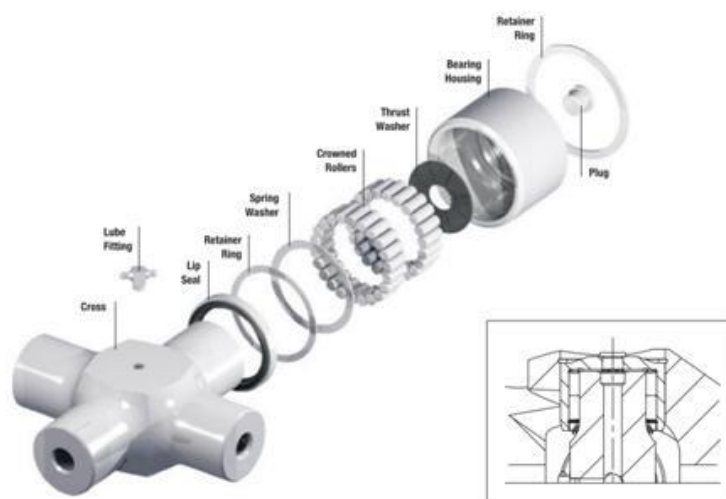


Рисунок 34.4 – Підшипниковий вузол універсального (карданного) шарніру

[Americardan Universal Joints 5000 Series High Torque Density / Altra Industrial Motion Company. – 2009. –

8 P. - <http://www.gmbassociates.co.uk/downloads/Americardan%20Universal%20Joints%205000%20Series%20Catalogue.pdf>

В залежності від способу є'днання цих деталей застосовують декілька різновидів шарнірів, наведених на рисунку 6.5

Основна перевага карданих шарнірів – можливість роботи з значними, до 15° кутами перекошування. До недоліків умовно можна віднести складність конструкції, потреба забезпечення високої точності розмірів всіх складових та забезпечення «компенсації» зміни довжини для різних кутів перекошування. У більшості варіантів конструкцій вказану «компенсацію» забезпечують за рахунок телескопічності шпинделів – шлицьового з'єднання

Характерною відмінністю карданих шпинделів сучасних прокатних станів є значна відстань взаємного переміщення шарнірів, що обумовлено не скільки потребою «компенсації», скільки конструктивними особливостями робочих клітей та технологією їх застосування. Варіант конструкції таких шпинделів з переміщення до 700 мм наведено на рисунку 34.6.

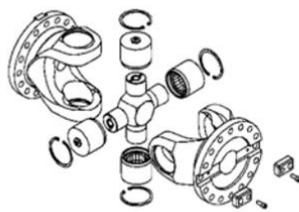


Fig. 5 — Closed-eye (1-piece) yoke.

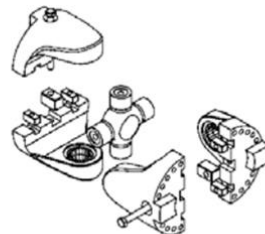


Fig. 6 — Split yoke.

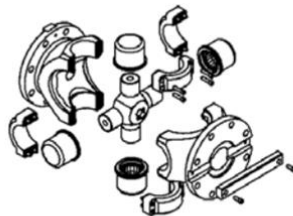


Fig. 7 — Split-bearing eye.

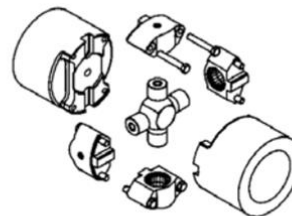


Fig. 8 — Block type.

Рисунок 34.5 — Основні типи конструкцій універсальних шарнірів на підшипниках кочення [Design and Selection of Universal Joints for Rolling Mills / Ameridrives Power Transmission - Altra Industrial Motion Company. – 2014. – 12 p. - www.altraliterature.com/pdfs/p-7618-apt.pdf]

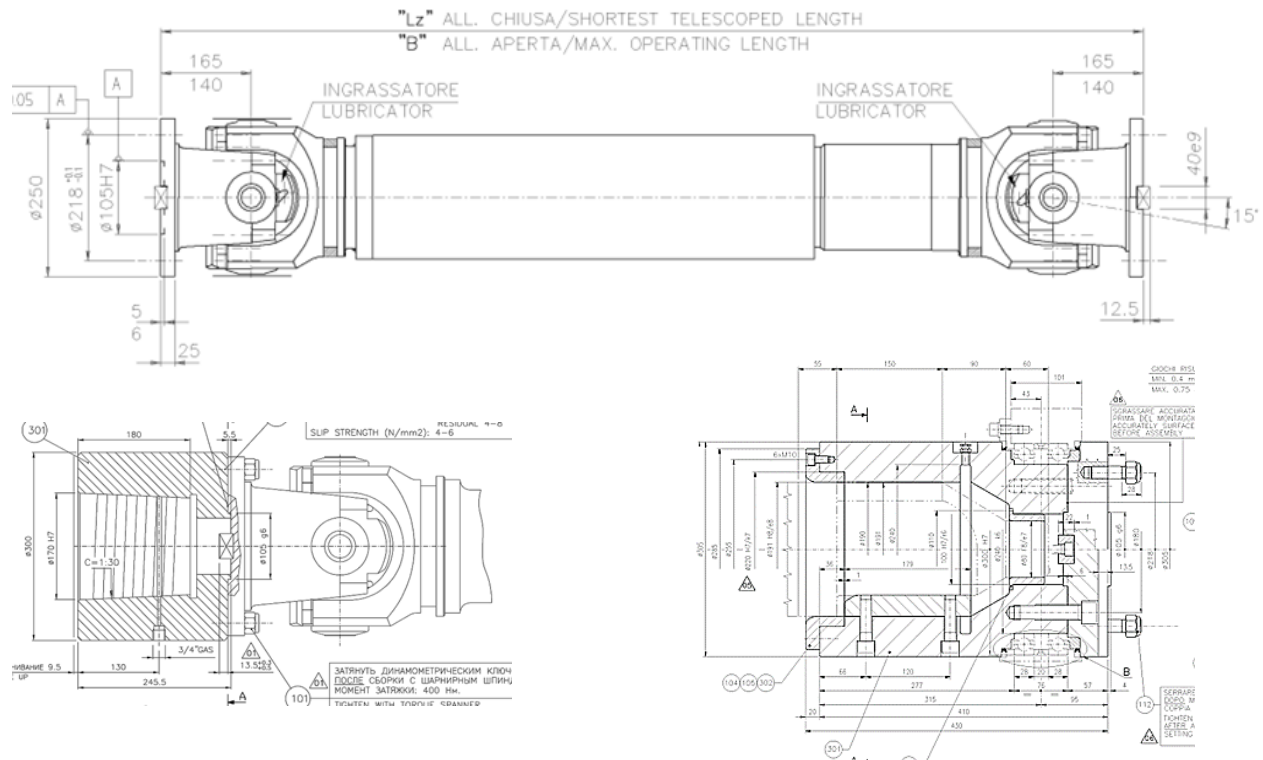


Рисунок 34.6 – Конструкція універсальних шарнірів на підшипниках кочення та муфт з'єднання сучасної безстанинної горизонтальної кліті сортового стану

Зубчасті шарніри є різновидом зубчастих муфт. Їх застосовують переважно на станах з виготовлення плоского прокату, коли діапазон зміни зазору між валками порівняно невеликий. Кут перекошування становить близько 3° . Різновиди зубчастих шарнірів наведено на рисунку 34.7

34.2 Шестеренні кліті, редуктори та муфти

Шестеренні кліті призначені для розподілення крутного моменту між валками прокатного стану. В узагальненому вигляді шестеренна кліть являє собою редуктор з передаточним числом 1. Саме тому при проектуванні шестеренних клітей застосовують такі самі принципи, що й для редукторів. Тобто корпус таких клітей може бути виготовлений як відкрита робоча кліть (з кришкою), з вертикальним роз'ємом або з роз'ємом по підшипниковим вузлам. Конструкції шестеренних клітей відображають загальний розвиток машинобудування і в них застосовують нові технічні по мірі їх винайдення.

Характерною відмінністю шестеренних клітей є застосування шевронного зубчастого зачеплення. Відомі кліті з прямозубим зачепленням, але робота таких клітей не відрізняється плавністю. За цим показником найефективнішим є косозубе зачеплення, але для нього характерні значні осьові сили. Тому для шестеренних клітей застосовують зубчасті колеса з різнонаправленою косиною, що забезпечує взаємне врівноважування осьових сил.

Шестеренні кліті існуючих прокатних станів мають литі або зварні корпуси з роз'ємом по підшипниковим вузлам, в яких використовують переважно підшипники кочення, коркуляційні системи змащування. Наприклад, на рисунку 34.8 показано шестеренну кліть товстолистового

стану 800/1500x2800 з міжосьовою відстанню 1000 мм, а на рисунку 6.9 – клуть сортового стану з міжосьовою відстанню 400 мм.

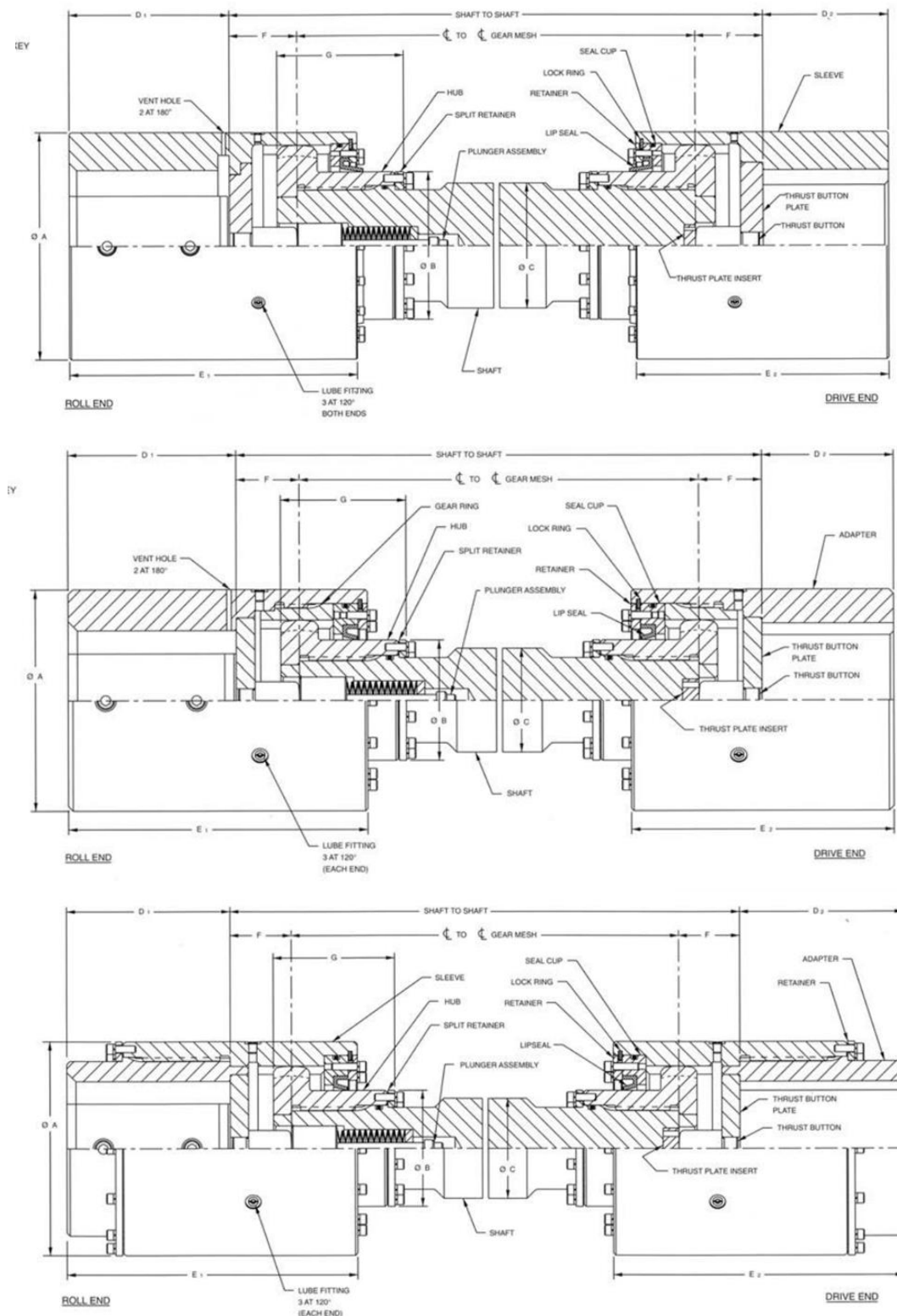


Рисунок 34.7 – Основні типи конструкцій шпинделів з зубчастими шарнірами

[Amerigear Mill Spindles. Heavy Duty, High Performance Design / Ameridrives Coupling an Altra Industrial Motion Company. – 2012. – 20 P. - <http://www.altraliterature.com/pdfs/P-1822-AC.pdf>]

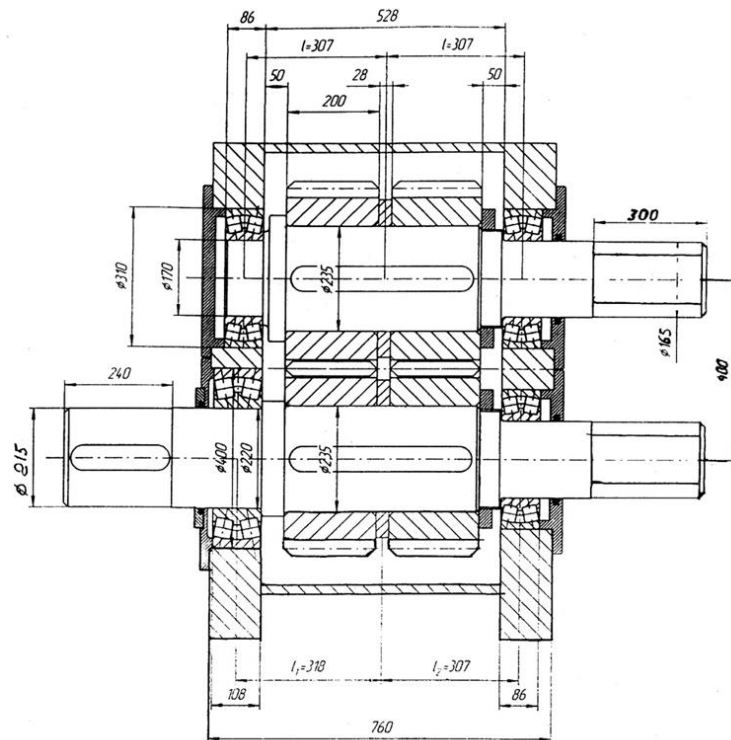
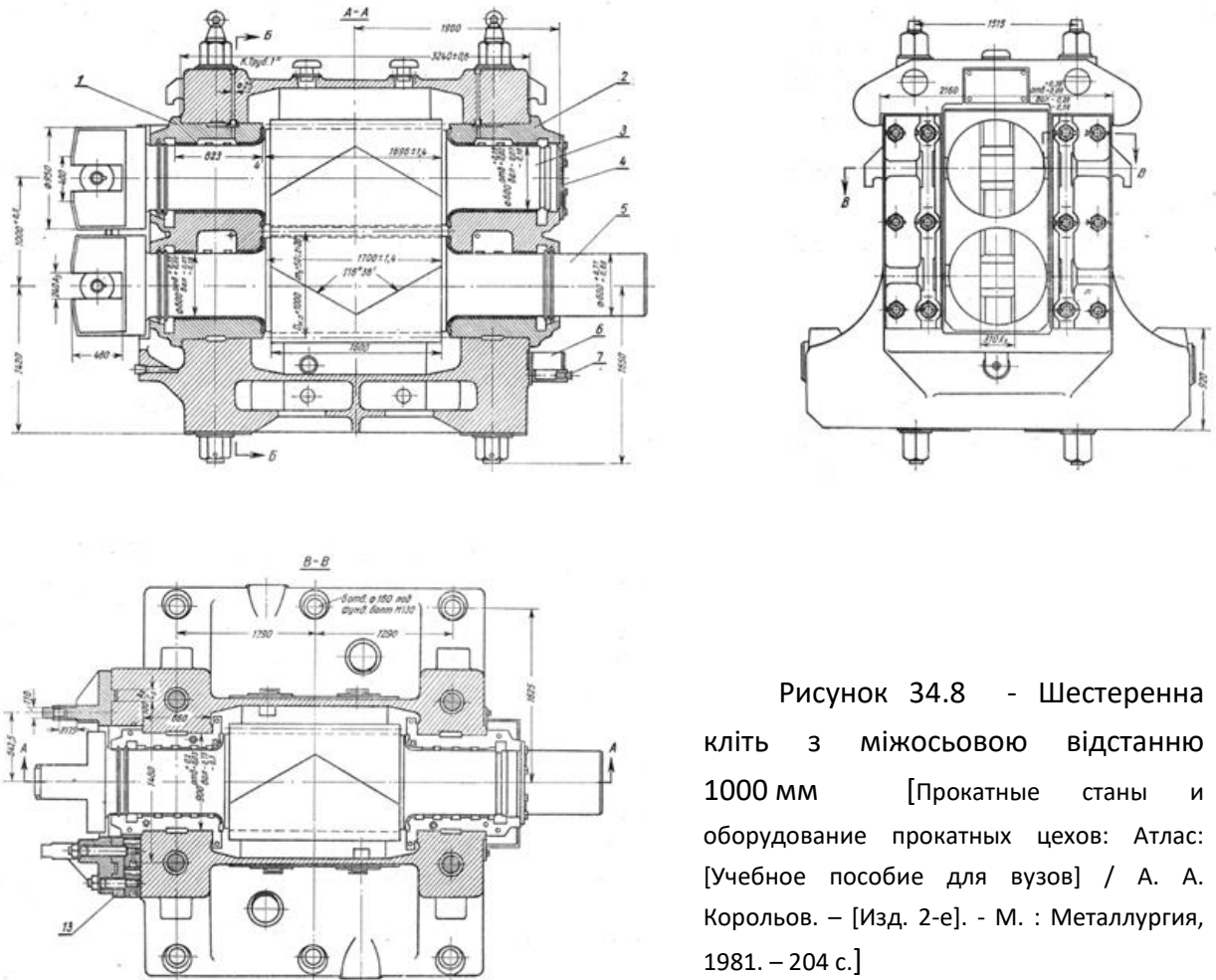


Рисунок 34.9 – Конструкція шестеренної кліті з міжосьовою відстанню 400 мм

Редуктори у складі головної лінії прокатного стану призначені для збільшення крутного моменту, що передається на валки, за рахунок зміни частоти обертання.

Швидкість та момент прокатування визначаються прийнятою технологією. Двигуни, для приводу прокатних валків обирають з умов мінімізації витрат енергії і вартості, а для неперервних станів враховується і їх уніфікація. Для більшості прокатних станів редуктори забезпечують зменшення числа обертів від двигуна до валків. Але окремі прокатні агрегати можуть працювати на швидкостях, які потребують збільшення числа обертів. Наприклад, для типового сучасного прокатного стану з виробництва катанки у складі 18 безстанинних клітей та десятиклітьового блоку передаточні числа від двигуна до валків змінюються в діапазоні від 94,751, для першої кліті, до 0,14, для останнього модулю блока. При цьому частота обертання двигунів знаходиться у межах 0 – 1000 – 2000 об/хв., а швидкість прокатування зростає від 0,14 м/с до 110 м/с.

Серед нових технічних рішень, які застосовують для редукторів сучасних прокатних станів варто виділити застосування комбінованих редукторів, об'ємної компоновки та можливості зміни передаточного числа.

Комбінові редукторно-шестеренних кліті застосовують на сучасних сортових станах. Тобто редуктор і шестерні розподілення крутного моменту між валками розміщують в одному корпусі. На рисунку 34.10 наведено загальний вид комбінованого редуктора для першої кліті сучасного сортового стану, який має передаточне число 94,751.

Об'ємна компоновка забезпечує зменшення габаритів редукторів та відповідне зменшення довжини прокатного стану. Наприклад, на рисунку 34.11 показано комбінований редуктор з передаточним числом 11,365.

Можливість зміни передаточного числа редукторів викликана потребою забезпечити відповідні технологічні параметри, наприклад у випадках прокатування широкого сортаменту профілів. Такий редуктор перетворюється на коробку швидкостей. Конструктивно, така можливість забезпечується розміщенням двох пар шестерен на першій ступені редуктору. Переміщуючи блок зубчастих колів на проміжному валу, вводять в зачеплення одні з стаціонарно закріплених зубчастих коліс на ведучому валу.

Муфти призначені для з'єднання валів. Муфти, які використовують в головних лініях прокатних станів, отримали назви моторна або корінна (з'єднує двигун та редуктор) і редукторна (з'єднує редуктор та шестеренну кліть). Зважаючи на значні крутні моменти на прокатних станах використовують переважно фланцево-втулкові та зубчасті муфти.

Конструкція зубчастої муфти показана на рисунку 34.12. Вона складається з двох зубчастих втулок з зубцями евольвентного профілю, двох зубчастих обойм з зубцями евольвентного профілю внутрішнього зачеплення, та кришок. Обойми через фланці з'єднуються в одне ціле болтами.

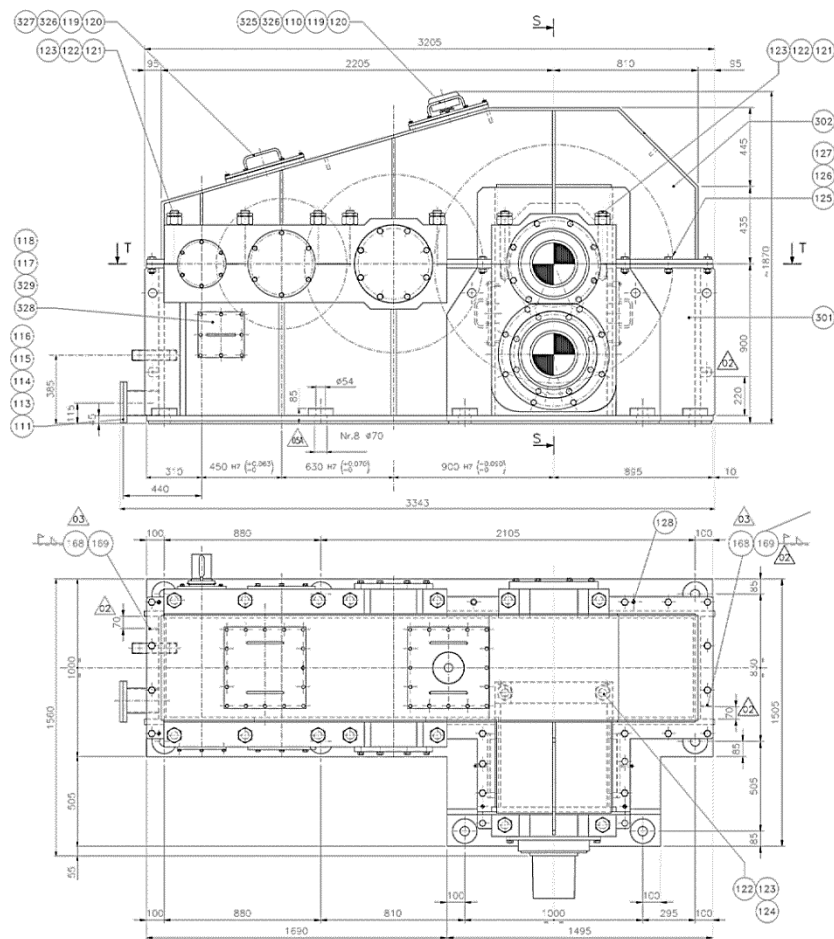
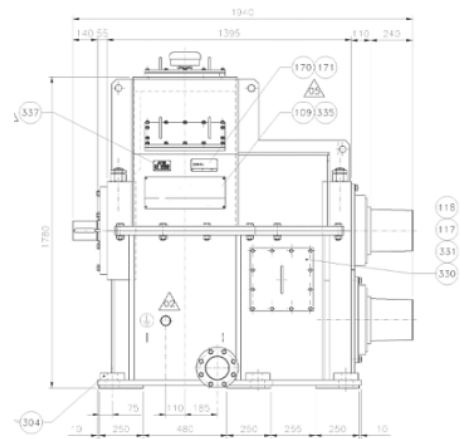


Рисунок 34.10 - Загальний вид
комбінованого редуктора кліті №3
стану 400/200 ДМКД



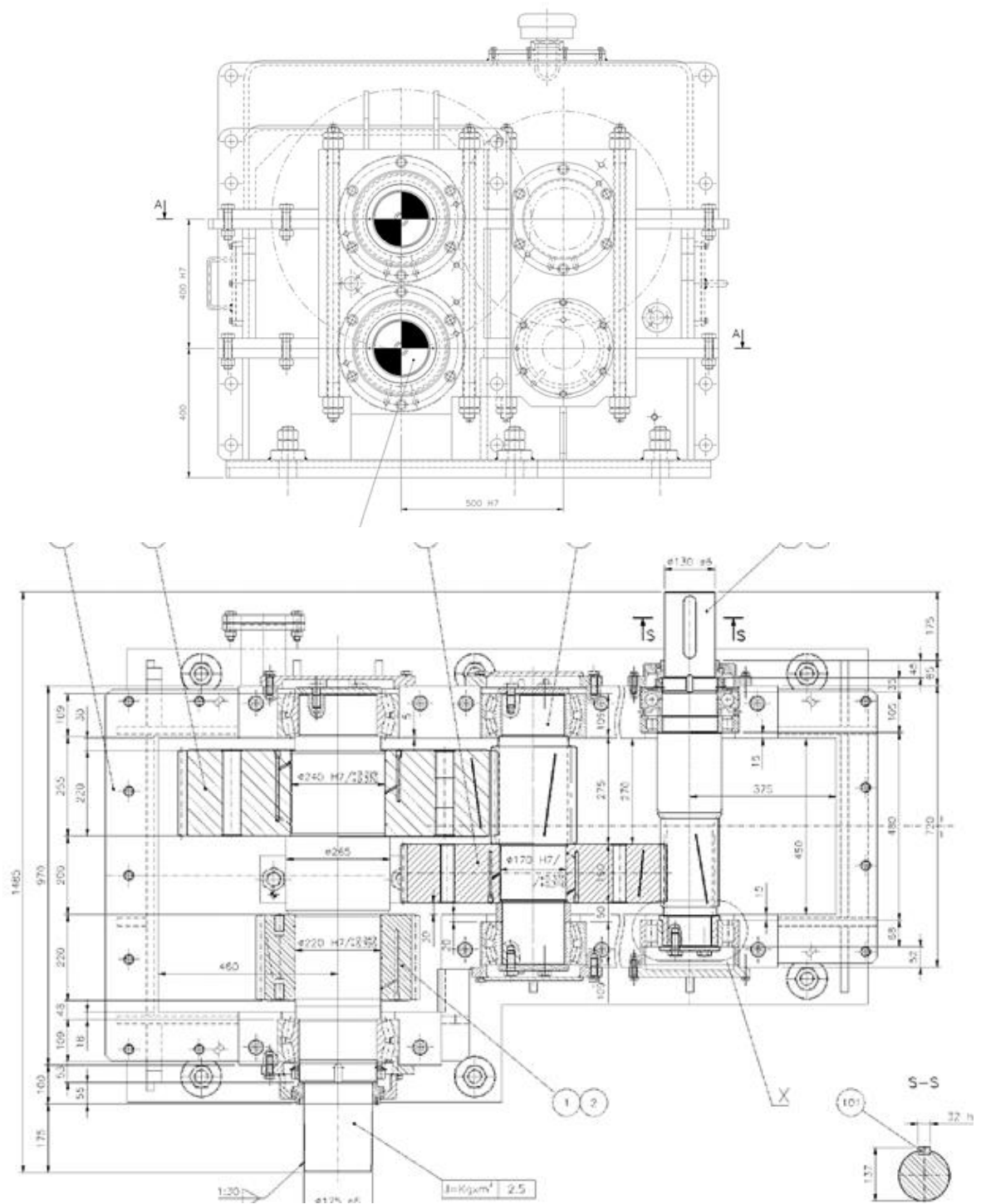


Рисунок 34.11 - Загальний вид комбінованого редуктору та його кінематична схема

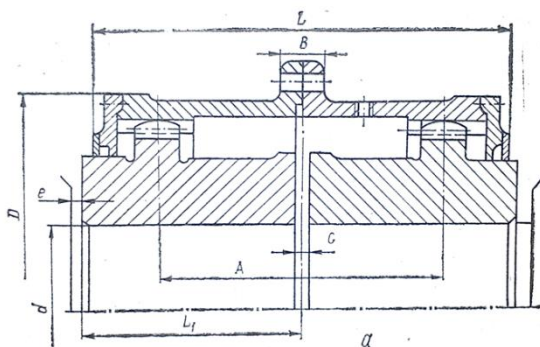


Рисунок 34.12 - Складові зубчастої муфти [Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [навч.

ТЕМА 35. КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧИХ КЛІТЕЙ СТАНІВ ДОВГОМІРНОГО ПРОКАТУ

За останні 20 років спостерігався значний прогрес у розвитку станів для виготовлення довгомірного прокату. Це було пов'язано з значним нарощуванням виробництва сталі у Китаї, Індії та деяких інших країнах. Потреба у збільшенні виробництва прокату стимулювала введення в дію нових станів. Наявність великих замовлень на виготовлення прокатного обладнання, дозволила провідним виробникам радикально удосконалити конструкції всіх агрегатів прокатного переділу. Серед чисельних нових технічних рішень, які знайшли застосування в прокатному обладнанні та технології, слід виділити як найбільш важливі:

- широке застосування безстанинних клітей;
- пристрої для термічної обробки прокату в потоці станів;
- прокатування-розділення (слітінг-процес);
- високошвидкісні блоки з консольними валками для виготовлення катанки;
- летючі ножиці холодного різання прокату;
- штабелюючі та пакетуючі пристрої;
- агрегати змотування прокату діаметром до 50 мм;
- обв'язочні агрегати;
- електронні системи управління та автоматизації;
- нові валкові матеріали.

Такий комплекс технічних рішень дозволяє досить гнучко реалізовувати різноманітні технологічні процеси, використовуючи типові обладнання. Постачальники прокатного обладнання, в залежності від потреб замовників, можуть комбінувати склад обладнання в різноманітних варіантах.

Розглянемо основні нові технічні рішення, що стосуються робочих клітей для прокатування профілів.

Безстанинні прокатні кліті

Всі конструкції сучасних безстанинних клітей ґрунтуються на технічних рішеннях шведського інженера і винахідника Норлінда (фірма Morgardshammar), запатентованих ще в 1945 році. В рамках консорціуму Danieli- Morgardshammar, конструкція кліті Норлінда була суттєво доопрацьована. За класифікацією Danieli такі кліті відносять до п'ятої генерації (покоління) безстанинних. Тільки фірма Danieli виготовила понад 5000 безстанинних клітей. Крім, цього безстанинні кліті виготовляють і інші виробники прокатного обладнання, наприклад Siemens-VAI, SMS-Meer, а також виробники Китаю, Індії, Турції, Іспанії та інших країн.

Розглянемо основні конструктивні особливості безстанинних клітей фірми Danieli, показаної на рисунку 35.1:

- касетна компоновка, тобто розділення складових кліті на з'ємну кассету (картридж) та піддон (контейнер), який встановлюють з можливістю переміщення по направляючим плитовини;
- касета являє собою єдиний вузол, в якому **підшипникові вузли** (подушки) з валками з'єднані **стяжними винтами**, які замикають силовий контур та утримуються в середній своїй частині **стійками**, які, у свою чергу, з'єднуються через привалковий брус та верхню тягу;

- касети є взаємозамінними, тобто можуть використовуватись як з горизонтальним так і з вертикальним розташуванням валків (відрізняються лише контейнери);

- стяжні гвинти мають різнонаправлене різьблення, що дозволяє синхронно переміщувати подушки відносно постійної лінії прокатування;

- конструкція підшипникових вузлів передбачає роздільне сприйняття радіальних та осьових навантажень – чотирирядні роликові радіальні підшипники та упорні підшипники, які встановлено з неприводного боку валків;

- пружинне врівноважування валків;

- розташування механізму регулювання зазору між валками в окремому корпусі;

- привод механізму регулювання зазору від гідромотору;

- використання телескопічних шпинделів з карданными шарнірами, що дозволяє здійснювати осьове переміщення кліті для переходу на інший калібр;

- автоматичне підключення середовищ (вода для охолодження валків, подача і повернення робочої рідини для гідромотору, подача мастил для підшипників валків та інших вузлів, комутація датчиків положення натискного механізму).

Основні переваги безстанинних клітей:

- компактність і відносно невелика маса;

- висока жорсткість;

- широкий діапазон зміни відстані між осями валків, що важливо при прокатуванні різних за розмірами профілів;

- мінімальні простої, пов'язані з переходом на інший калібр або заміною касети.

Разом з перевагами безстанинні кліті, через більш складну конструкцію, вимагають відповідного високого рівня машинобудування (точність виготовлення деталей на порядок вища ніж для клітей традиційних конструкцій) та жорсткого дотримання технологічної дисципліни при використанні (деталі з 5-ти або 10-кратними запасами міцності не передбачено).

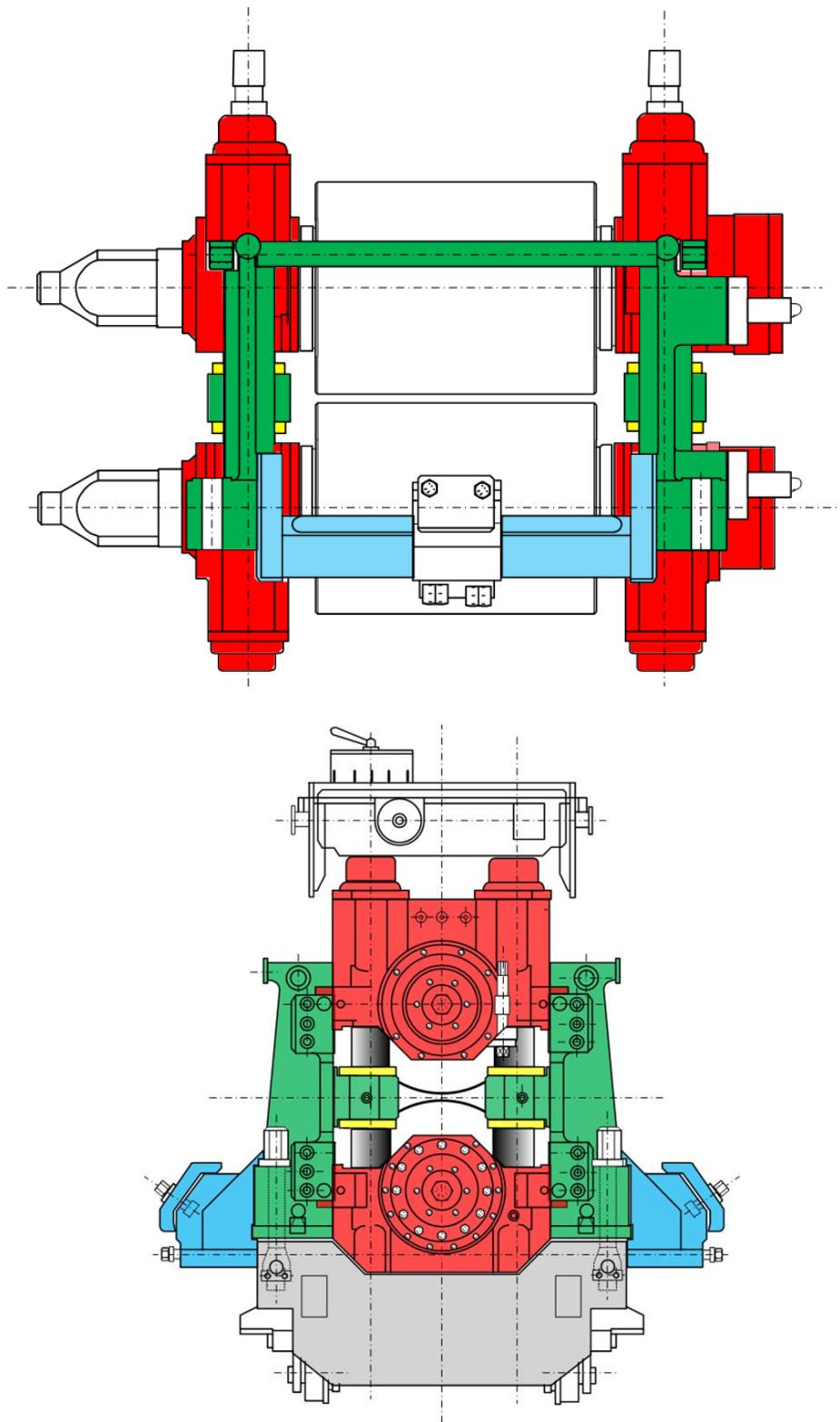
Як вже відзначалось, такі кліті на теперішній час є типовими для сортових станів. Але пошуки нових більш ефективних конструкцій робочих клітей сортових станів продовжуються..

Основним напрямками удосконалення та підвищення ефективності конструкцій клітей є подальше підвищення їх компактності та зменшення простоїв при перевалках.

Підвищення компактності досягається двома основними шляхами:

- застосування консольного розташування валків;

- удосконалення конструкцій за звичайного двоопорного розміщення валків.



- (а) - вид спереду картриджу, що складається з валків з підшипниковими вузлами, стяжних гвинтів, стійок та опорних брусів;
 (б) – вид збоку картриджу, встановленого в рухомому контейнері.

Рисунок 35.1 – Схематична конструкція безстанинної кліті:

Кліті з консольним розташуванням валків

Консольне розташування валків вперше було успішно реалізоване в високошвидкісних блоках прокатування катанки. При цьому швидкість прокатування поступово збільшувалась до

36 м/с, далі 50 – 55 м/с і 90 м/с. Наприклад, фірма СКЕТ у 1972 році поставила на Західно-Сібірський металургійний комбінат чотирикільтовий блок з консольними валками діаметром 280 та 170 мм. Модулі блоку мали зовнішнє зачеплення в лінії приводу, як показано на рисунку 35.2.

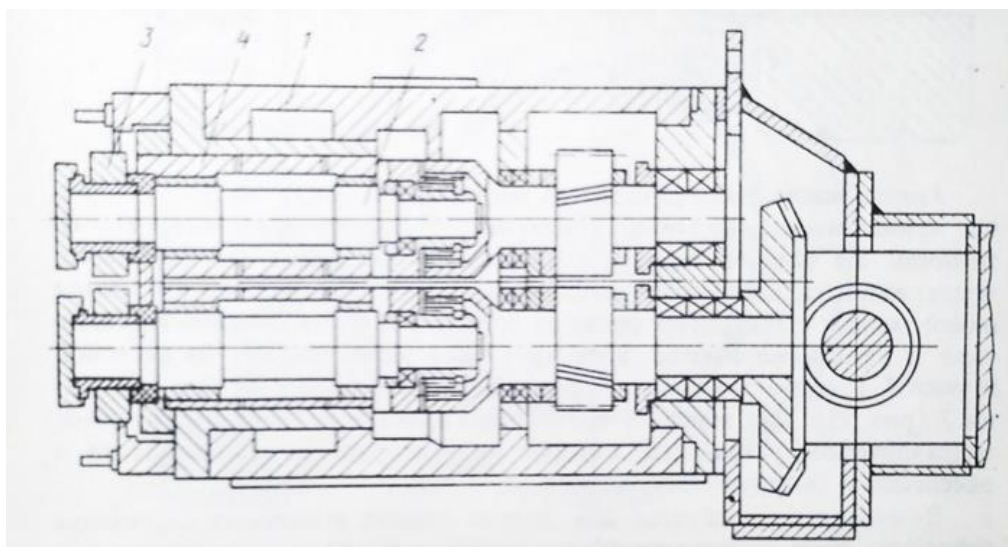


Рисунок 35.2 – Схематична конструкція модуля проволочного блоку 170 фірми СКЕТ

[Кугушин А. А. Высокоскоростная прокатка катанки / А. А. Кугушин, Ю.А. Попов. – М. : Металлургия, 1982. - 144 с.]

Але найбільш вдалою виявилась конструкція, яку розробила (починаючи з 1975 року) і впровадила фірма Margashammar. Конструкція передбачала регулювання зазору ексцентриковими втулками, та зовнішнє зачеплення в лінії приводу (рисунок 35.3).

Основні переваги таких клітей:

- безшпиндельний привод, що дозволяє збільшити частоту обертання валків (швидкість прокатування досягає 120 м/с);
- компактність та пов'язане з цим зменшення маси обладнання та потрібних фундаментів;
- касетна уніфікована компоновка з можливістю розташування осей валків вертикально, горизонтально або під кутом 45°;
- застосування підшипників рідинного тертя, які здатні сприймати високі навантаження при незначних розмірах;
- оптимальна доступність при обслуговуванні;
- швидка заміна валків (диски, шайби) або кліті.

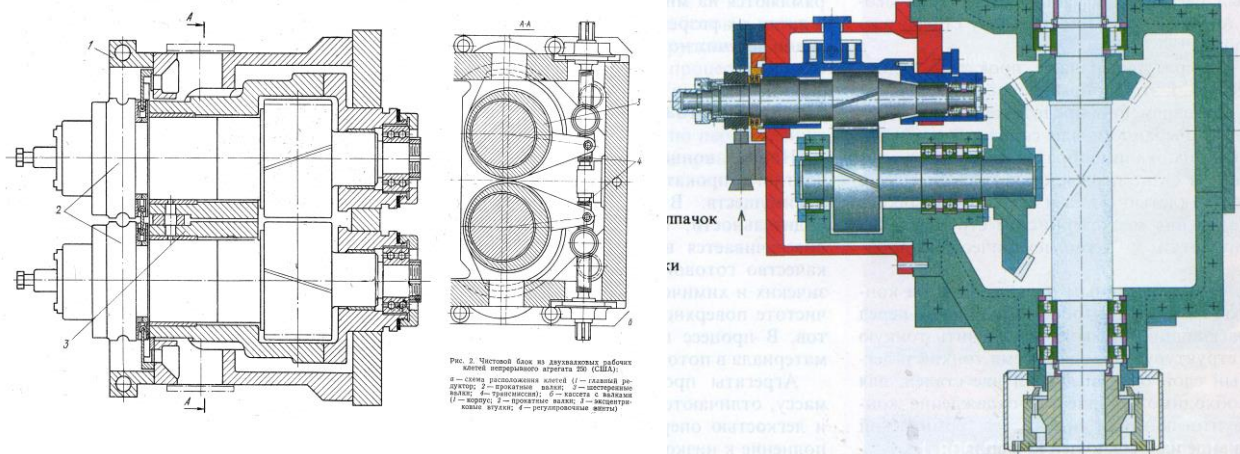


Рисунок 35.3 – Схематична конструкція модуля проволочного блоку
[Long product rolling mill / Danieli Morgardshammar :[Рекламні матеріали]. – 2005. - 132 с.]

Досвід застосування блоків консольних клітей на лініях виробництва катанки дозволив розширити діапазон їх використання та конструктивного виконання. На деяких станах такі кліті встановлюють в чорнових групах клітей, де межі зміни зазорів між валками порівняно невеликі. Наприклад, на рисунку 35.5 показані чорнові групи з консольними валками спроектовані і встановлені фірмами Danieli-Morgardshammar.

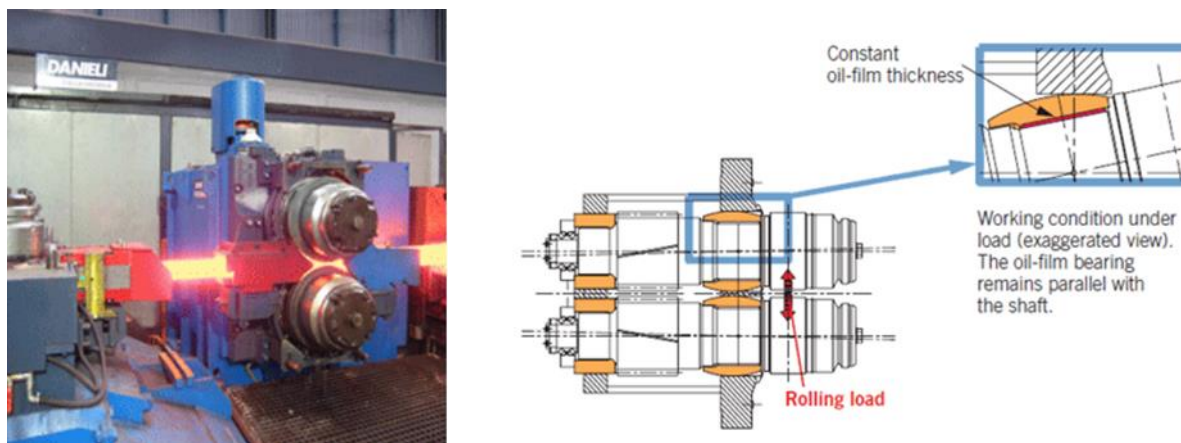


Рисунок 35.5 – Конструкція модулів консольних чорнових клітей
[Danieli Service Technician Team : Danieli the Reliable and Innovative Partner in the Steel Industry / . – Danieli Service Mail Bulletin. - http://web.danieli.it/dsmbulletin/DSMB_0311/DSMB_1112_B_L.html]

ТЕМА 36. ПРИВАЛКОВА АРМАТУРА ПРОКАТНИХ СТАНІВ

36.1 Ввідна та вивідна арматура

Для направлення розкатів у осередок деформації між валками та для забезпечення виходу розкатів з валків застосовують спеціальні пристосування, які узагальнено називають "арматура". Так як це спеціальні пристосування, які застосовують лише у взаємодії з валками, їх позначають терміном "привалкова арматура". За виконуваними функціями такі пристосування є направляючими.

Привалкова арматура є складовою механічного обладнання, але значною мірою це також і складова технології.

За розміщенням привалкові направляючі розділяють на **ввідні** та **вивідні**.

За конструктивним виконанням розрізняють направляючі ковзання та направляючі кочення.

Направляючі ковзання простої форми (незалежно від форми розкату) називають лінійками. Направляючі ковзання профільовані за формою розкату, який задається у калібр, називають "**пропусками**". Їх призначення не тільки направлення розкату у калібр, але й утримання його у певному положенні при задачі розкату у калібр.

Вивідні направляючі ковзання виконують функцію забезпечення виходу розкату з калібру, тобто попередження окову валків (утримання розкату у вертикальній площині), а також забезпечення прямолінійності виходу розкату (утримання в горизонтальній площині). Через це такі направляючі називають "**проводками**", тобто вони проводять розкат з калібру. Особливістю проводок є те, що для забезпечення відділення розкату від поверхні валків вони повинні контактувати з ними.

Конструкції привалкових направляючих розвивались разом з прокатними станами. На перших прокатних станах використовували прості лінійки, які закріплювали біля валків на привалковому або **опорному брусі**. Такі бруси спочатку мали прямокутну форму перетину і лінійки на них закріплювали за допомогою планок [1, 11].

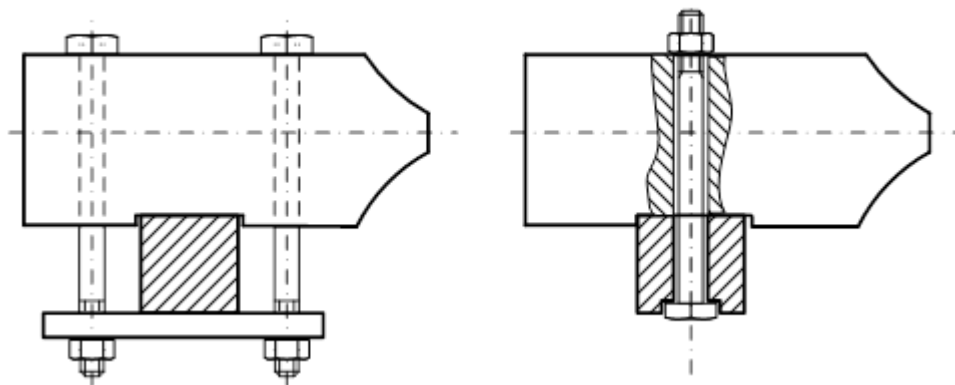


Рисунок 36.1 – Закріплення направляючих на привалкових брусах

[Фишер Е. Валковая арматура / Е. Фишер. - [Перевод с немецкого]. – М. : Металлургиздат, 1961. – 174 с.]

По мірі розвитку прокатних станів удосконалювалась і привалкова арматура. Зокрема, до скорочення часу на заміну арматури почали використовувати привалкові бруси таврової форми, як це показано на рисунку 36.2.

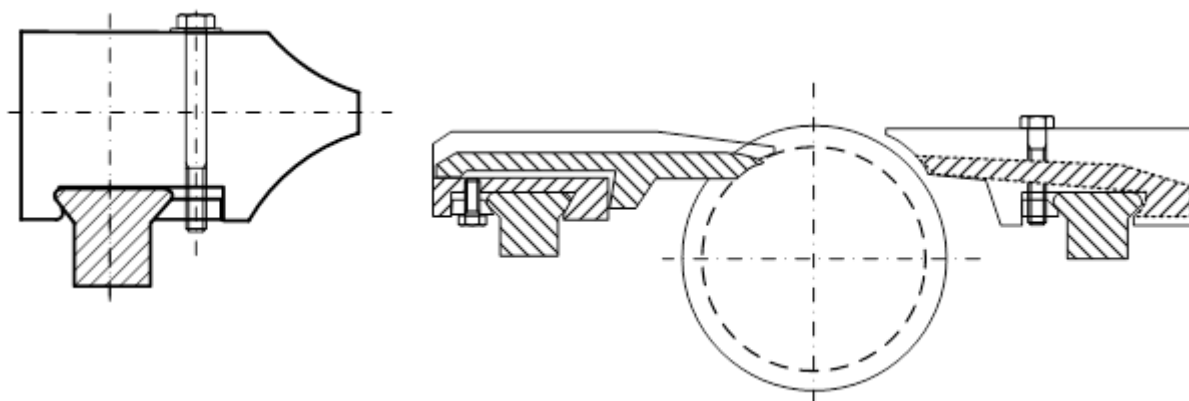


Рисунок 36.2 – Закріплення направляючих на таврових привалкових брусах та розділення направляючих на пропуски та проводки [Фишер Е. Валковая арматура / Е. Фишер. - [Перевод с немецкого]. – М. : Металлургиздат, 1961. – 174 с.]

Для закріплення привалкових брусів в робочій кліті, з можливістю регулювання його положення по висоті, в станинах виконували вертикальні пази та спеціальні приливи (рисунок 36.3). Для пришвидшення заміни верхньої проводки, яка забезпечує зняття металу з поверхні верхнього валка, застосовували підвісні проводки.

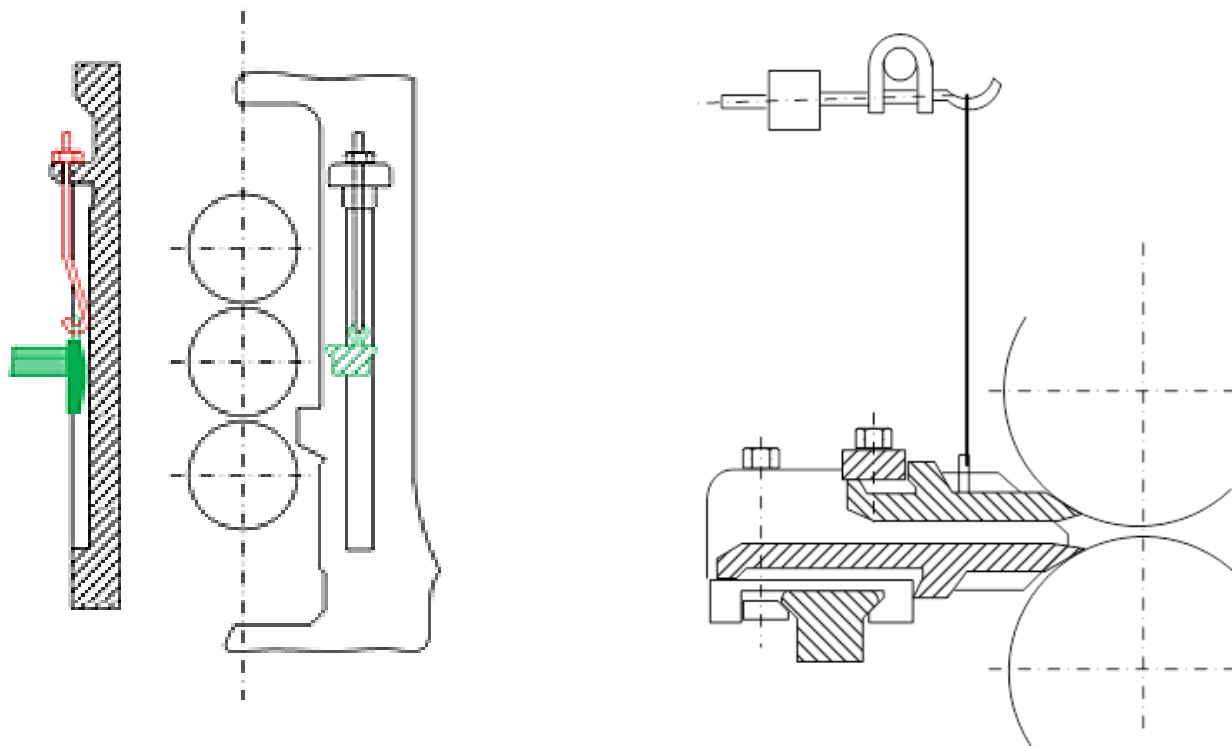


Рисунок 36.3 – Закріплення брусів в робочій кліті та застосування верхньої проводки

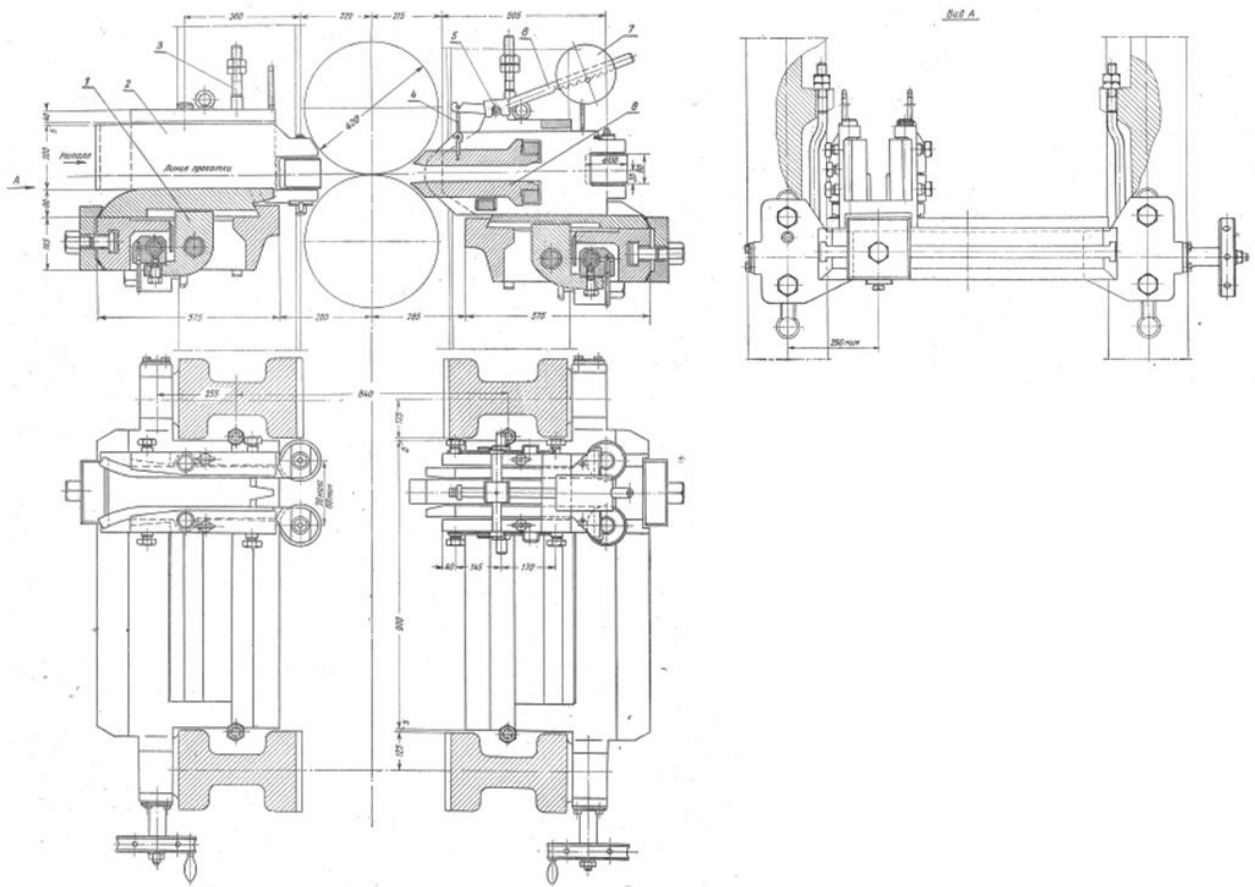


Рисунок 36.5 - Валковая арматура рабочей кліті 420 сортового стану 350

[Королев А. А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов : Атлас / А. А. Королев : [Изд. 2-е]. – [Учебное пособие для вузов]. – М. : Metallurgiya. – 1981. – 203 с.]

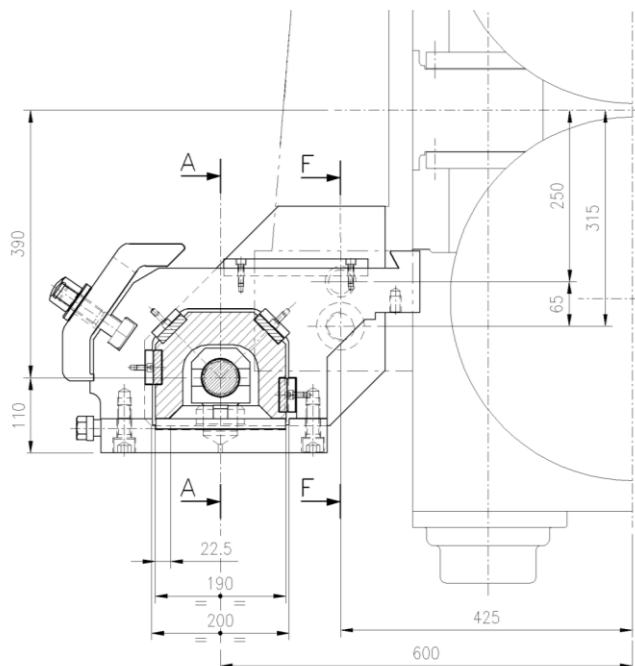
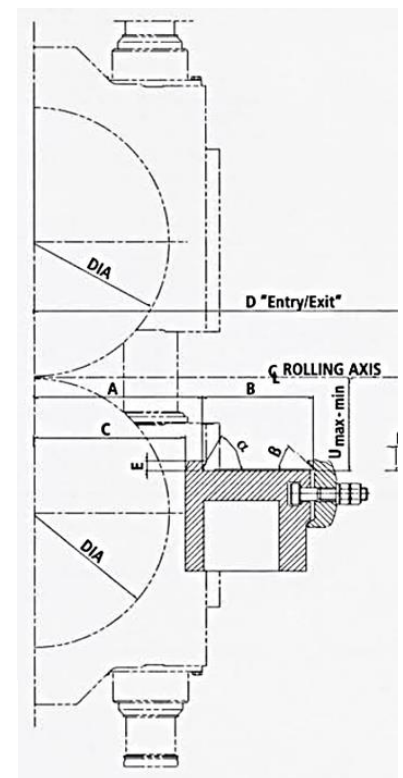


Рисунок 36.6 – Приклади конструкцій привалкових брусів безстанинних клітей сучасних сортових станів



36.2 Арматура для кантування

На сортових станах привалкову арматуру, крім основного призначення для направлення та виходу розкатів з калібрів, застосовують також і для виконання інших функцій. Однією з поширених функцій привалкової арматури сортових станів є «кантування» розкату на потрібний кут. Особливо важливою така функція була на станах старої конструкції з неперервними групами горизонтальних клітей. Але і на сучасних станах з чергуванням горизонтальних та вертикальних клітей, виникає потреба здійснювати «кантування». Наприклад, в системі калібрів «ромб-квадрат» при переході з ящичного квадратного калібру до ромбічного, потрібно здійснити «кантовку» на 45° незалежно від складу клітей.

На неперервних заготовочних станах, для яких характерні значні розміри розкатів та сили необхідні для кантування розкатів, застосовували кантуючі валки, точніше ролики (рисунок 36.7). Їх встановлювали на вихідній стороні робочої кліти у навісній рамі. Такі валки мали калібри аналогічні розміщенням в кліті, але повернуті на певний кут. Нижні валки встановлювали без регулювання за допомогою підкладок. Положення верхніх валків регулювали за допомогою пружинно-гвинтового механізму.

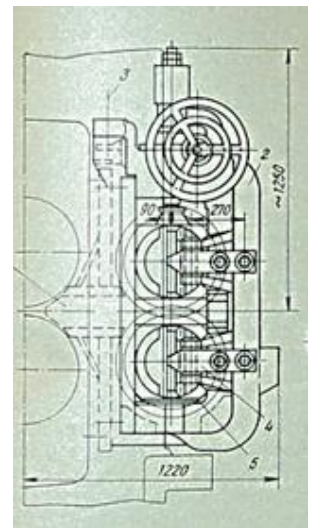
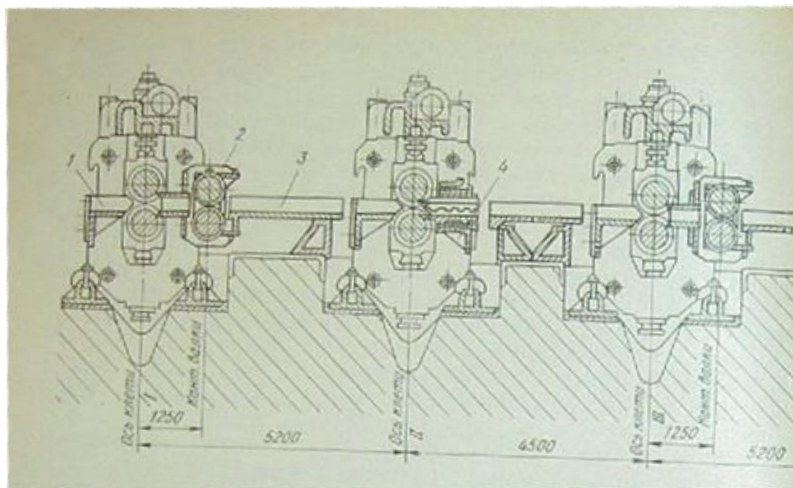


Рисунок 36.7 – Кантуючі ролики неперервнозаготовочних станів

[Федин В. П. Валковая арматура сортовых станов / В. П. Федин, Н. Ф. Грицук. – М. : Металлургия, 1975. - 216 с.]

На сучасних станах застосовують роликову кантуючу арматуру, приклади якої наведено на рисунку 36.8 та 36.9.

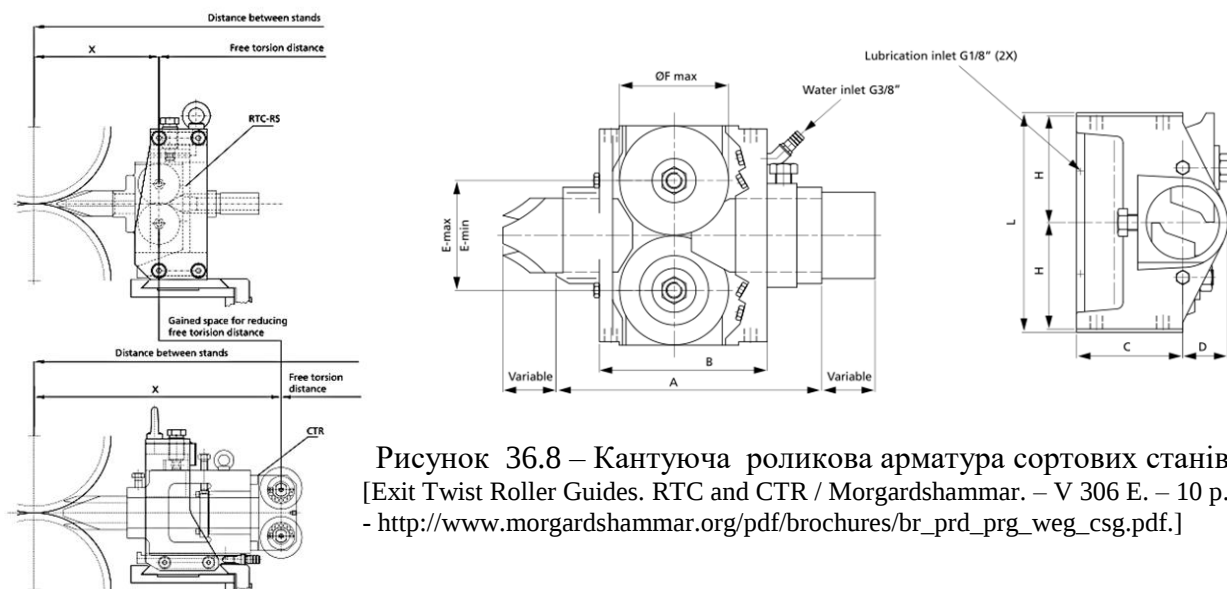


Рисунок 36.8 – Кантуюча роликова арматура сортових станів
[Exit Twist Roller Guides. RTC and CTR / Morgardshammar. – V 306 E. – 10 p.
- http://www.morgardshammar.org/pdf/brochures/br_prd_prg_weg_csg.pdf.]



Рисунок 36.9 – Кантуючі роликові коробки арматура сортових станів
[Rolling Mill Guides/ Morgardshammar. – 12 p. - http://www.morgardshammar.se/pdf/rmg_english.pdf

36.3 Арматура для розділення

На сучасних сортових станах широко використовують прокатування з розділенням. Вихідний підкат розділяють на 2, 3, 4 або 5 окремих розкати, з яких формують потрібний профіль. Функцію розділення розкатів забезпечують застосуванням відповідної арматури.

Схема процесу розділення показана на рисунку 36.10, приклади слітинг-арматури – на рисунку 36.11.

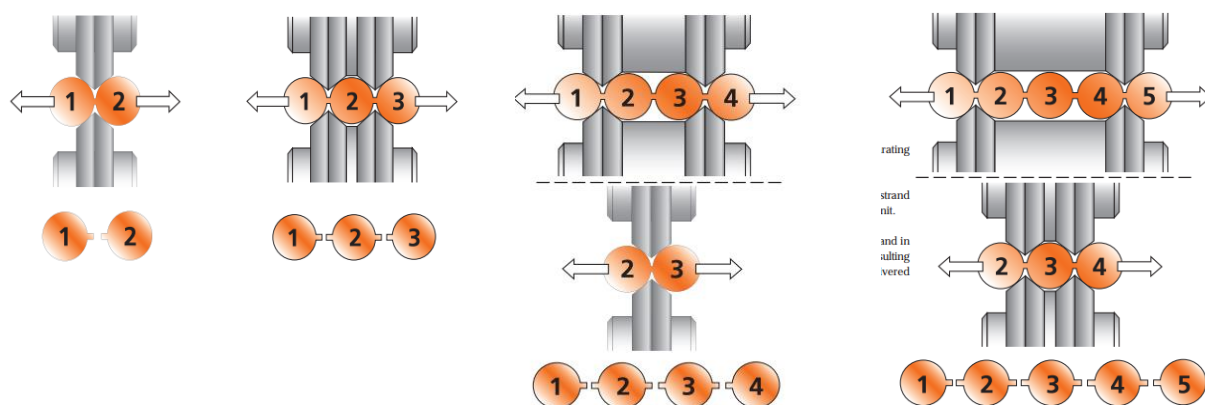


Рисунок 36.10 – Схема процесів прокатування-розділення
 [Slit Rolling Guides. RTC and CTR / Morgardshammar. – V 299 E. – 16 p. -
<http://www.danielicorp.com/Slit%20Rolling.pdf>]



Рисунок 36.11 – Приклади слітінг-арматури для дво- та чотири-ниточного прокатування
 [Slit Rolling Guides. RTC and CTR / Morgardshammar. – V 299 E. – 16 p. -
<http://www.danielicorp.com/Slit%20Rolling.pdf>]

ТЕМА 37. МЕХАНІЗМИ ЗАМІНИ ВАЛКІВ

Валки прокатного стану є основним робочим інструментом. Як і будь-який інший інструмент, валки зношуються і потребують заміни. Процес заміни валків, який називають перевалкою, значною мірою визначає конструктивні особливості станів та їх техніко-економічні показники.

Саме з потреб скорочення часу перевалки, на станах з виробництва профілів тривалий час використовували робочі кліті з станинами відкритого типу. При цьому перевалку здійснювали за допомогою мостового крану, послідовно замінюючи валки в кліті. Навіть в умовах неперервних станів застосовували станини відкритого типу. На станах з станинами

закритого типу для перевалки використовували спеціальні перевалочні скоби, які теж вимагають застосування мостових кранів. Для зменшення часу на перевалку на неперервних станах стали застосовувати «перевалку клітьми», коли з лінії стану видаляють кліть з валками, які відпрацювали, а на її місце встановлюють підготовлену кліть з новими валками.

В сучасних умовах для скорочення часу заміни валків, стани оснащують спеціальними механізмами заміни валків. В залежності від типу механізму переміщення валків відрізняють рейкові, ланцюгові, гвинтові та гідравлічні механізми.

Наприклад, на станах з клітьми дуо, оснащених станинами закритого типу, використовували механізми перевалки рейкового або гвинтового типу – рисунок 37.1.

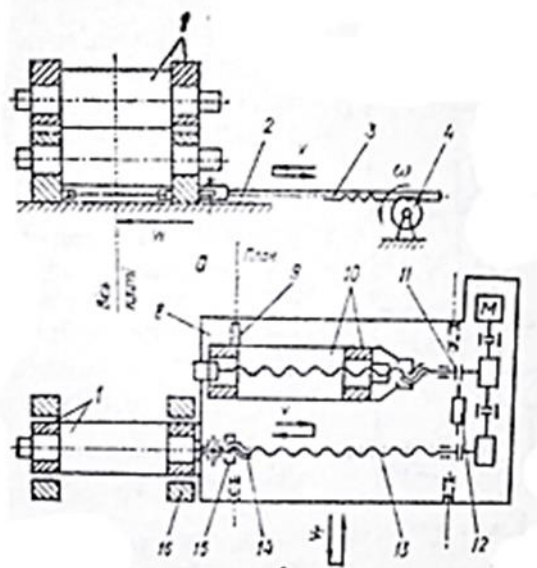


Рисунок 37.1 – Схема механізмів перевалки рейкового та гвинтового типу

Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [Навчальний посібник для студентів вузів] / Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. – К. : Вища школа. – 1995. – 455 с.

Такі механізми передбачають заміну комплекту валків з підшипниковими вузлами. Для здійснення такої перевалки поруч з кліттю, з боку оператора (обслуговування), розміщують спеціальний візок на два комплекта валків з механізмами переміщення. На візку розміщують підготовлений новий комплект валків. Валки в кліті переводять у положення для транспортування, з'єднують з механізмом переміщення (гвинтом або рейкою) і за допомогою привідного механізму видаляють з кліті на спеціальний візок. Візок зміщується вздовж лінії прокатування таким чином, що по осі кліті розміщується новий комплект валків. Цей комплект з'єднують з привідним гвинтом (рейкою) і заводять у робочу кліть. Таким чином, тривалість перевалки значно скорочується. Найбільший ефект спостерігається для неперервних станів.

Для сучасних сортових станів оснащених безстанинними клітьми найбільш поширеним є застосування перевалки клітьми. При цьому, стани оснащують системами «заміни клітей», а поза межами лінії стану застосовують спеціальні перевалочні механізми – роботи. Послідовність перевалки на таких станах включає операції:

- підготовлені робочі кліті з новими (переточеними) комплектами валків і налагодженою арматурою розміщуються на відповідних позиціях в механізмах заміни клітей;

- після зупинки стану та від'єднання робочих клітей від комунікацій, робочі кліті за допомогою гідравлічних механізмів пристроїв для перевалки видаляють з лінії прокатування;
- здійснюється переміщення робочих клітей вздовж лінії прокатування таким чином, що підготовлені кліті розташовуються навпроти лінії приводу;
- механізмом перевалки нова кліть встановлюється в робоче положення в лінії прокатування.

На станах з клітями кварто використовують переважно гідравлічні перевалочні механізми. Причому передбачаються окремі механізми для заміни робочих та опорних валків. Наприклад, на рисунку 37.2 показано гідравлічний механізм заміни робочих валків кліті стану 2000.

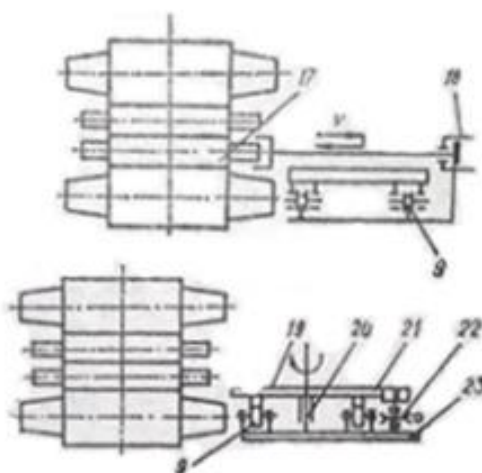


Рисунок 37.2 – Схема механізму заміни робочих валків стану 2000

Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [Навчальний посібник для студентів вузів] / Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. – К. : Вища школа. – 1995. – 455 с.

На рисунку 37.3 показано модель неперервної групи стану нарядного прокатування штаби з пристроями для здійснення перевалки робочих та опорних валків.

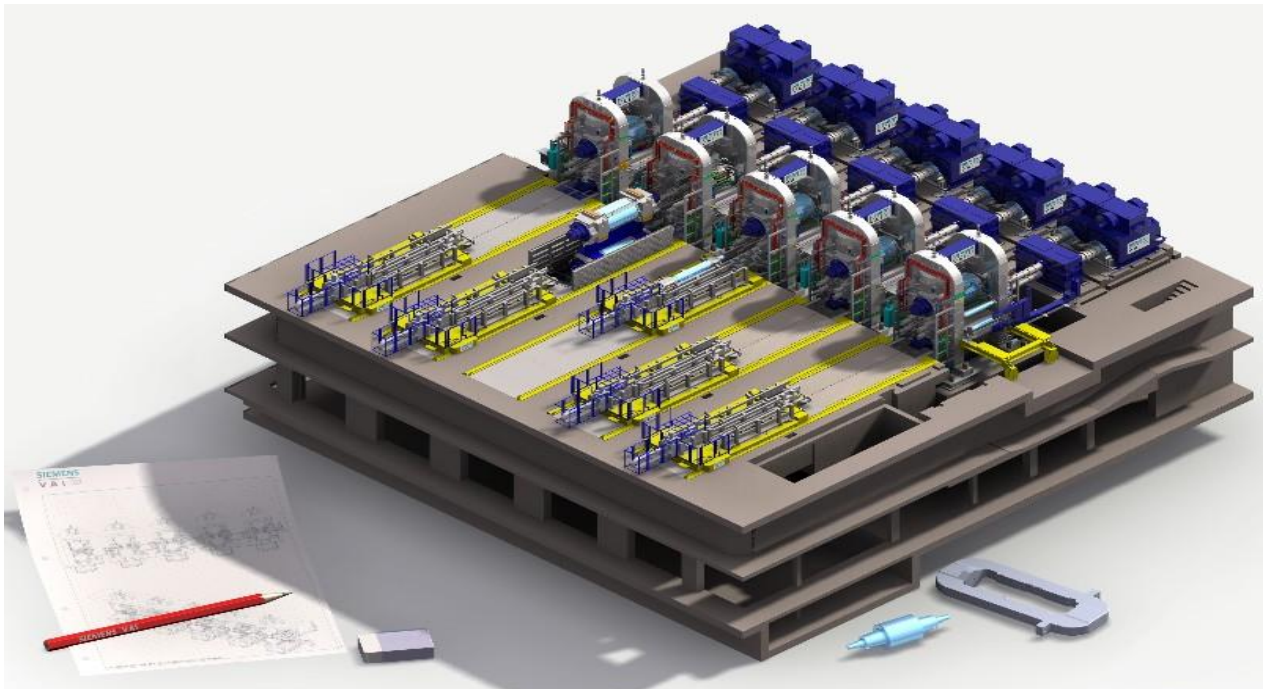


Рисунок 37.3 – Модель неперервної групи штабового стану з пристроями для заміни валків
 Siemens-VAI: History. Siemens-VAI: Operations / Siemens-VAI. - http://america.pink/siemens-vai_4034876.html

ТЕМА 38. МЕХАНІЗМИ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ОБРОБЛЮВАНОГО МЕТАЛУ

Механізми для переміщення металу в процесі їх обробки відносять до основного технологічного обладнання. Тобто такі механізми забезпечують здійснення технологічного процесу. До цієї групи механізмів не відносять підйомно-транспортне обладнання цехів (мостові крани, тельфери) та обладнання залізниць. За класифікацією Ф. К. Іванченко до таких механізмів відносять: кліщові колодязні крани, зликовози, пічні штовхачі та механізми видачі заготовок, роликові транспортери (рольганги), шлепери, конвейєри (в тому числі пічні з крокуючими балками, з поворотним подом), холодильники, поворотні та підйомні пристрої, а також маніпулятори та кантувачі. Розглянемо основні з наведених механізмів.

38.1 Рольганги

З назви «роликовий транспортер», зрозуміло, що такий механізм призначено для транспортування вантажів за допомогою роликів, які обертаються. Тобто обов'язковими елементами конструкції є ролик з підшипниковими опорами та привід.

Рольганги або роликові транспортери, в залежності від призначення розділяють на такі групи:

- робочі;
- транспортуючі;
- спеціальні.

Робочі рольганги призначено для забезпечення технологічних операцій обробки металу, тобто їх розміщують безпосередньо біля прокатного агрегату. Параметри робочих рольгангів повинні відповідати параметрам прокатного агрегату. Наприклад, робочі рольганги блюмінгів

мають довжину роликів однакою з довжиною бочки валків, повинні витримувати динамічні навантаження від розкату, оснащуються реверсивним приводом.

Визначення довжини роликів через довжину бочки валків характерно для реверсивних та лінійних станів.

Для забезпечення відповідної міцності роликів рольгангу обирають відповідний діаметр та конструкцію. Діаметри роликів типових рольгангів наведено в таблиці 10.1. За конструктивним виконанням ролики можуть бути суцільними (обтисні) або порожнистими (сортіві). Ролики обтискних та товстолистових станів в доповнення до зовнішнього охолодження мають отвори для внутрішнього охолодження водою.

Крок роликів, як один з основних параметрів рольгангів, обирають з умов розміщення розкату не менше ніж на двох роликах (блюмінги, товстолистові) або з допустимого прогину прокату (тонкі штаби)

Привід робочих рольгангів може бути груповим або «індивідуальним». Потужність приводу визначають за статичним навантаженням (в тому числі з врахуванням забезпечення транспортування розкатів з прискоренням) або за моментом при буксуванні.

Статичне навантаження, яке припадає на один ролик, визначають розділивши силу від маси розкату на число роликів, на яких розміщується цей розкат

$$T_1 = \frac{F_G}{z} = F_G \cdot \frac{p}{l_p}$$

де F_G - сила від дії маси розкату, кН;

p - крок роликів, м;

l_p - довжина розкату, м.

Таблиця 38.1 – Діаметри роликів рольгангів прокатних станів

Тип стану	Діаметри роликів		Крок роликів
	робочих	транспортуючих	
Обтискні	450 - 500	400	850 - 1100
Товстолистові	400 - 450	350	850-1200
Штабові	250 - 300	250 - 300	500 – 700
Сортіві	-	200 - 300	900 - 1600
Проволочні	-	150 - 200	500 - 800

Для перших роликів статичне навантаження може визначатись з умов згинання розкату, який згинається після виходу з валків

$$T_2 = \frac{\sigma_T \cdot W_{nl}}{l_1} = \frac{\sigma_T \cdot b \cdot h^2}{4l_1}$$

де σ_T - межа пластичності металу, що прокатується, Н/мм²;

W_{nl} - пластичний момент опору згинанню, мм³;

l_1 - відстань від площини виходу з валків до осі першого ролика, мм;

b, h - ширина та товщина розкату, відповідно, мм.

З врахуванням моменту холостого ходу статичний момент для обертання одного ролика становитиме

$$M_1 = (T_1 + F_p) \cdot f \cdot \frac{d_y}{2} + T_1 \cdot f_k$$

де F_p - сила від маси ролика, кН;

f - коефіцієнт тертя в підшипниках ролика;

d_y - діаметр цапфи ролика;

f_k - коефіцієнт тертя кочення прокату по роликах.

Коефіцієнт тертя в підшипниках призначають у межах 0,001 – 0,05. Коефіцієнт тертя кочення розкату по роликах призначають для холодного металу $f_k = 0,001$ м, для гарячого металу $f_k = 0,0015$ м.

Момент обертання ролика при буксуванні визначають з залежності

$$M_1 = (T_1 + F_p) \cdot f \cdot \frac{d_y}{2} + T_1 \cdot f_{\delta} \cdot \frac{D}{2}$$

де f_{δ} - коефіцієнт тертя при буксуванні металу по роликах.

D - діаметр ролика.

Граничні коефіцієнти тертя при буксуванні наведено в таблиці 38.2.

Таблиця 38.2

Умови тертя	Коефіцієнт тертя	
	для холодного металу	для гарячого металу
При зрушенні (з стану спокою)	0,15	0,3
Швидкість транспортування до 5 м/с	0,15	0,20
Швидкість транспортування від 5 до 10 м/с	0,1	0,15

Потужність приводу ролика визначають за моментом при статичному навантаженні або при буксуванні за загальновідомою формулою

$$P_p = \frac{M_{c(\delta)} \cdot \omega}{i \cdot \eta}$$

38.2 Шлепери, холодильники та конвеєри

Шлепери застосовують для переміщення прокату у напрямку перпендикулярному до його подовжньої осі. За конструктивним виконанням відрізняють ланцюгові, канатні та штангові шлепери.

Ланцюгові шлепери складаються з ланцюгів, кількість яких відповідає довжині прокату, закріплених на ланцюгах захватів, привідних зірочок, які з'єднані між собою трансмісійними

валами, приводу (двигун, редуктор) та непривідних зірочок (рисунок 10.1). Ланцюги (або лише захвати) переміщуються по напрямним. Прокат переміщується по окремим напрямним під дією сили від захватів. Сучасні конструкції шлеперів передбачають застосування ланцюгів як несучого елементу, але за умови оснащення підйомним механізмом.

Для здійснення переміщення прокату шлепер повин створювати силу, яка перевищує силу тертя прокату по напрямним та силу тертя ланцюга (захватів) по відповідним напрямним. Таку силу визначають з залежності

$$F_{uu} = z \cdot G \cdot f \cdot \left(1 + f_1 \cdot \frac{a}{b} \right) + n \cdot q \cdot l_1 \cdot f_1,$$

де z - кількість заготовок;

f - коефіцієнт тертя прокату по напрямним (для холодного прокату дорівнює 0,2, для гарячого – 0,4);

f_1 - коефіцієнт тертя захвату (ланцюга) по своїм напрямним (приймаєть близько 0,2);

a - плече штовхаючої сили – відстань від площини прикладання сили до центру кріплення захвату (приблизно - відстань між напрямними металу та захватів);

b - плече захвату;

n - кількість ниток ланцюгів;

q - лінійна вага ланцюга;

l_1 - довжина ланцюга, яка контактує з напрямними.

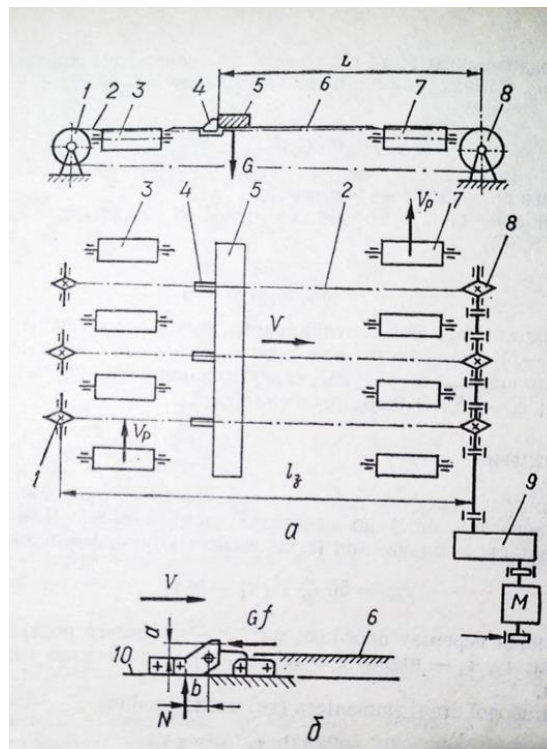


Рисунок 38.1 – Кінематична схема ланцюгового шлепера

[Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [Навчальний посібник для студентів вузів] / Ф. К Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. – К. : Вища школа. – 1995. – 455 с.]

Для врахування втрат на тертя в зірочках і трансмісійних валах, штовхаючу силу збільшують на 5%.

Статичну потужність двигуна визначають з залежності

$$P = k_3 \cdot (1,05 \cdot F_{uz}) \cdot \omega \cdot \frac{d_w}{2\eta}$$

де - k_3 - коефіцієнт запасу (віл 1,1 до 1,2);

d_w - початковий діаметр приводних зірочок.

Канатні шлепери мають аналогічну будову, але робочим гнучким елементом слугують канати, які переміщують візки з захватами, а барабани замінюють зірочки.

Штангові шлепери складаються з напрямних, штанг з перекидними захватами, опорних роликів. Штанги здійснюють зворотньо-поступальний рух від кривошипно-повзункового механізму (можливе застосування гідроциліндрів). Такі шлепери використовують для переміщення сортового прокату і заготовок на порівняно невеликій відстані (до 3 м). Головна перевага штангових шлеперів – проста і надійна конструкція. Недоліки – обмежена величина переміщення.

«Холодильники» на станах гарячого прокатування використовують для охолодження металу від температури кінця прокатування (950-850°C) до температури оточуючого середовища або до температури прийнятної для подальших технологічних операцій. При цьому як на сортових так і на листових станах метал переміщують перпендикулярно до напрямку прокатування. Відомо застосування холодильників шлеперного типу, рейкових та роликівих.

На сучасних станах з виготовлення довгомірного прокату використовують рейкові холодильники (рисунок 38.2). Довжина холодильників сортових станів становить від 60 до 120 м. Ширина холодильника, яка значною мірою визначає довжину рейок, визначається сортаментом прокату, тобто потрібною тривалістю охолодження. Основними елементами таких холодильників є рейки – пластини з клиноподібними виступами. Крок виступів, для звичайних сортових станів, може змінюватись від 100 до 200 мм. Частина рейок встановлена стаціонарно, інші – з можливістю переміщення за траєкторією, яка забезпечує перекладання прокату з однієї заглибини стаціонарних рейок у наступну. Для переміщення рухомих рейок використовують ексцентрикові механізми або гідравлічний привід.

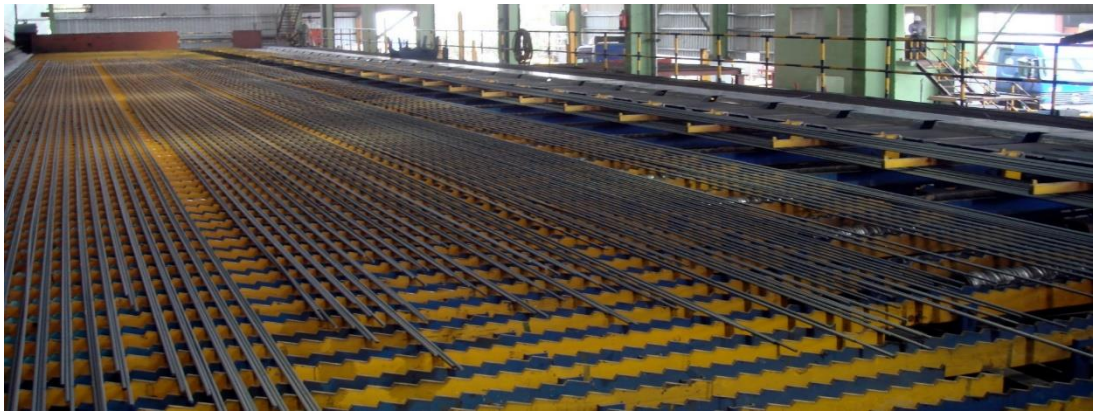


Рисунок 38.2 – Загальний вид рейкового холодильника сортового стану

[Cooling Beds / Nisbetiye M., Gazi Guclar S., Uygur Is Mer. – Besiktas, Istanbul, Turkiye. - 2016. - No:4/204. - <http://www.bbcsteeltech.com/products/rolling-mills/cooling-beds/>]

Рейкові холодильники додатково оснащуються пристроями для інтенсифікації охолодження (аерозольні), пакетуючими та перекладальними пристроями та іншими механізмами.

На товстолистових станах використовують шлеперні або роликові (дискові) холодильники.

Конвейєри застосовують для транспортування рулонів плоского прокату або мотків сортового прокату та катанки. Наприклад, конвейєр гарячекатаних рулонів широкоштабового стану складається з двох ланцюгів, привідних і холостих зірочок, підтримуючих роликів та опорних роликів.

38.3 Маніпулятори та кантувачі

Маніпулятори призначені для переміщення розкату вздовж бочки валків реверсивного стану до відповідного калібру. Тобто маніпулятори застосовують переважно на обтискних та заготовочних станах. Одночасно з переміщенням розкату маніпулятори можуть виконувати функцію правки розкату.

Типові маніпулятори блюмінгів складаються з масивних литих лінійок 1 та 2 (рисунок 38.3), штанг 3 з зубчастими рейками, привідних шестерен 5 та електродвигунів 6. На одній з лінійок розміщують гаковий кантувач 7 з приводом від двигуна 4.

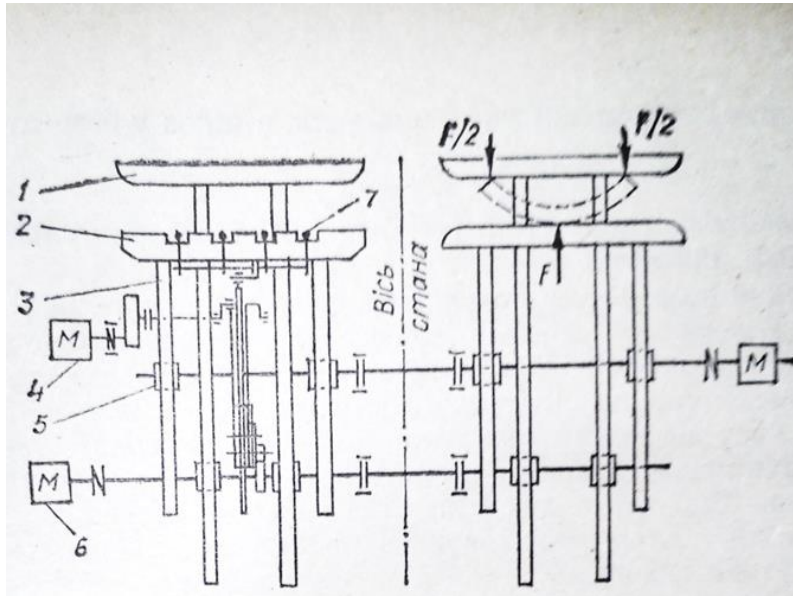


Рисунок 38.3 – Кінематична схема маніпулятора

[Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [Навчальний посібник для студентів вузів] / Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв. – К. : Вища школа. – 1995. – 455 с.]

Сила, яку повинні створювати кожна з лінійок маніпулятора, визначають з пластичного моменту згинання розкату

$$M_{зг} = M_{пл} \quad F \cdot l / 4 = \sigma_T W_{пл}$$

$$T_2 = \frac{\sigma_T \cdot W_{пл}}{l_l \cdot \eta} = \frac{\sigma_T \cdot b \cdot h^2}{l_l \cdot \eta},$$

де l_l - довжина лінійок або розкату.

Границю плинності розкату обирають у межах 50 – 70 Н/мм².

Кантувачі застосовують для зміни положення розкату в процесі прокатування. Гакові кантувачі обтискних станів можуть мати різне конструктивне виконання. Найбільш поширеним є використання кривошипно-коромислових, паралелограмно-важільними. На сортових станах для кантування розкату на 45 або 90° застосовують переважно втулкові кантувачі (рисунок 38.4)

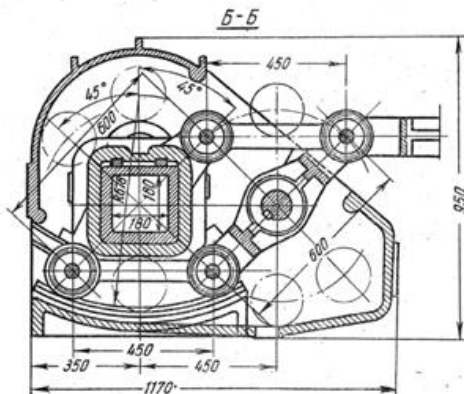


Рисунок 38.4 – Схема втулкового кантувача сортового стану

[Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. – М. : Металлургия, 1981. – 204 с.];

На станах з виготовлення плоского прокату застосовують кантувачі – перекладувачі, які забезпечують перекладання листа з однієї грані на іншу, тобто кантовку на 180° . При цьому приймаючий важіль приводиться від одного кривошипу, а подаючий – від спареного кривошипу. Співвідношення плечей кривошипів підібрані таким чином, що важелі спочатку рушаються назустріч один одному, за $5 - 10^\circ$ до вертикальної площини приймаючий важіль змінює напрям руху і вони рухаються одному напрямку (сумісно, зберігаючи паралельне розташування), а при відхиленні від вертикалі в інший бік на $5 - 10^\circ$ подаючий важіль змінює напрям руху і оба важелі повертаються у вихідне положення. Такий кантувач-перекладувач забезпечує перекладання товстих листів довжиною до 20 м та масою до 8 т з одного інспекторського рольгангу на інший.

Для зміни положення рулонів штаб, з горизонтального у вертикальне або навпаки, також застосовують кантувачі. Можливе використання кантувачів секторного типу або барабанного типу. Секторні кантувачі забезпечують поворот сектору з закріпленою на ньому люлькою на 90° по направляючим та приводним роликам (електродвигун з редуктором). Барабанні кантувачі, які мають переважно гідравлічний привід, забезпечують зміну положення барабану, на якому розміщують рулон.

ТЕМА 39. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ РІЗАННЯ МЕТАЛУ

Операції різання в прокатних цехах використовують для розділення прокату на технологічну (холодильник) або мірну (замовну) довжину, для видалення технологічної обрізі, для подрібнення розкату в аварійних ситуаціях.

Процес різання металу являє собою пластичну деформацію зсуву. Виділяють три характерних періоди процесу різання:

- вминання (спостерігається локальна пластична деформація, сила на ножах швидко зростає пропорційно глибині вминання ножів в метал);
- різання – чиста деформація зсуву (сила на ножах зменшується по мірі зменшення площі перерізу нерозрізаного металу);
- зріз – руйнування нерозрізаної частини по площині різання від перевищення границі міцності металу.

Відповідно, силу різання визначають як добуток площі перерізу прокату (в кінці періоду вминання) на границю міцності металу на зсув. Співвідношення періодів вминання та зрізу для основних металів наведено в таблиці 11.1.

Для здійснення різання застосовують ножиці з паралельними або похилими ножами, дискові, барабанні ножиці, летучі ножиці та пили.

39.1 Ножиці з паралельними ножами

Ножиці з паралельними ножами використовують для розрізання заготовок (блуди, сляби), плоского та довгомірного прокату в гарячому та холодному стані. Відомі два основні типи ножиць: з верхнім або з нижнім різом. У ножиць першого типу верхній супорт рухається

вниз. Недоліком цих ножиць є необхідність забезпечувати синхронне переміщення частини розкату, для чого використовують хитні столи. Тому більш розповсюдженими є ножиці другого типу.

Для приводу ножиць застосовують електромеханічні або гідравлічні механізми.

Відомо застосування двох основних механізмів різання: з ексцентриковим плаваючим валом та важільного механізму.

Поточне значення сили різання на етапі вмінання визначається співвідношенням

$$F_x = p \cdot b \cdot x,$$

де p - тиск на ділянці контактування ножів з металом;

x - довжина контакту ножів з металом.

Довжина контакту залежить від величини заглиблення ножів в метал z та кута повертання заготовки на етапі вмінання γ згідно залежності

$$x = \frac{0,5 \cdot z}{\operatorname{tg} \gamma}, \text{ в якій } \operatorname{tg} \gamma = \sqrt{\frac{0,5z}{h}}.$$

Таблица 39.1 – Механічні властивості основних металів

Матеріал	Гаряче різання				Холодне різання			
	ϵ_B	ϵ_H	k_2	k_3	ϵ_B	ϵ_H	k_2	k_3
Сталь 10	0,32 – 0,40	0,75-1,0	1,1-1,2	1,15-1,25	0,30	0,5	1,15-1,25	1,2-1,3
Сталь 20	0,30-0,35	0,75-0,95			0,25	0,35-0,45		
Сталь 50	0,25-0,30	0,70-0,95			0,20	0,30-0,40		
Сталь 55C2	0,23-0,28	0,65-0,90			0,20	0,25-0,30		
12X18H9T	0,25-0,30	0,70-0,80			0,35	0,45		
ШХ15	0,20-0,25	0,65-0,70			0,15	0,30		
Мідь	0,35	0,95			0,30	0,45		
Цинк	0,30	0,70			0,20	0,40		
Дуралюміній	0,25	0,50			0,15	0,25		

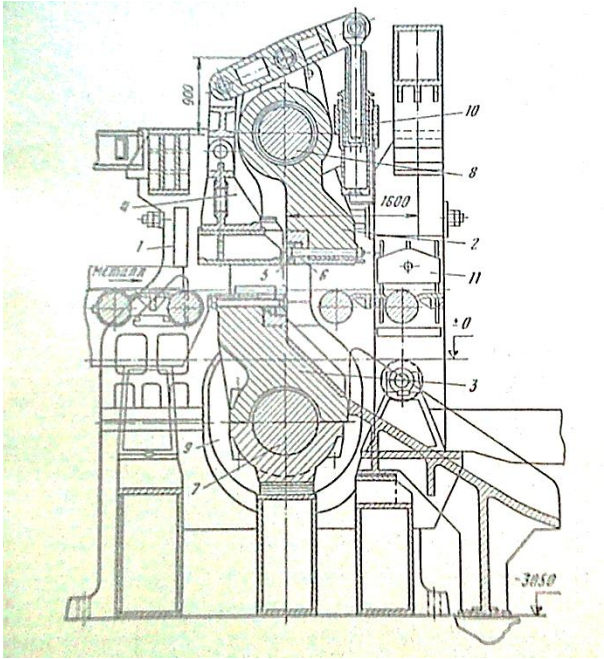


Рисунок 39.1 – Схема ножиць з паралельними ножами

39.2 Ножиці з похилим ножом

Ножиці з похилим ножом, які іноді називають гільотинними, призначені для розрізання плоского прокату на мірну довжину переважно в холодному стані. За конструкцією такі ножиці виготовляють з верхнім або нижнім рухомим ножом.

Верхній різ застосовують для розрізання товстих листів по довжині, а також для поштучного видалення бічної обрізі товстих листів. Враховуючи такі особливості застосування, ножиці з верхнім різом виготовляють відкритими, тобто вони мають С-подібну станину. Привод маховичний з асинхронним двигуном. Двигун працює у режимі постійного обертання, а механізм різання включається спеціальними муфтами [1].

Ножиці з нижнім різом використовують для поперечного розрізання та видалення обрізі розкатів з товщиною менше 30 мм [2]. Такі ножиці виготовляють закритого типу. Двигун – асинхронний, який включають на кожен різ.

Кут нахилу одного з ножів відносно іншого (який не має нахилу) змінюється у межах від $0,5^\circ$ до 6° для тонких розкатів та від 8° до 12° для товстих розкатів. Чим більше кут нахилу ножа тим менше сила різання, але при цьому збільшиться робочий хід рухомого ножа.

Ножі виготовляють з інструментальних марок сталей, таких як 9Х, 50ХВС (хром, вольфрам, кремній), 55ХН2Ф (хром, нікель, ванадій). Використання легованих марок сталі обумовлене більшими розмірами ножів – довжина ножів може становити до 5 м. Максимальна сила різання для ножиць з паралельними ножами змінюється в діапазоні від 0,1 МН до 20 МН.

39.3 Летючі ножиці

«Летючими» ножиці називають через їх здатність здійснювати різання металу без його зупинки, тобто при швидкості прокатування або транспортування. Конструкція таких ножиць забезпечує здійснення технологічної операції розрізання прокату відповідно до темпу прокатування. Завдяки цьому забезпечується відповідне збільшення продуктивності станів.

Відомі такі основні типи летючих ножиць: барабанні; важільно-кривошипні; з плаваючим кривошипом; планетарні; маятникові.

Барабанні ножиці застосовують для розрізання товстих (до 30 мм) листів та дрібно сортних профілів в гарячому стані, а також розрізання в холодному стані штаб товщиною до 3 мм. Конструкція таких ножиць порівняно проста і надійна у використанні. Ножі закріплюють по периметру двох барабанів. Лінійна швидкість ножів повинна відповідати швидкості транспортування металу. По мірі обертання ножі зближуються з перекриттям і здійснюють різання металу. Така конструкція дозволяє забезпечити синхронне переміщення ножів з постійною швидкістю, всі маси є врівноваженими і збалансованими. Це дозволяє здійснювати різання металу на високих швидкостях – 15 м/с і більше.

До недоліків таких ножиць відносять:

- незначне порушення геометрії прокату через те, що ножі рухаються по круговій траєкторії і площина різання не є вертикальною;
- значні динамічні навантаження через та, що різання здійснюється одночасно по всій ширині розкату

Такі ножиці можуть працювати у двох основних режимах: періодичних пусків та зупинок або при постійному обертанні барабанів.

ТЕМА 40. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИПРАВЛЕННЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Правлення або правка прокату, як технологічна операція, здійснюється для забезпечення заданих показників прямолінійності та площинності прокату, а також для зменшення залишкових напружень в прокаті.

Правка здійснюється як пружно-пластична деформація згинанням, розтягуванням або комбінацією таких деформацій.

Найбільш поширеним способом правки з згинання. Для здійснення згинання потрібно забезпечити як мінімум три точки прикладання сили. При згинанні, в залежності від ступеню деформації, може відбуватися лише пружна деформація (відсутність правки); пружна деформація в поєднанні з локальною пластичною деформацією або лише пластична деформація

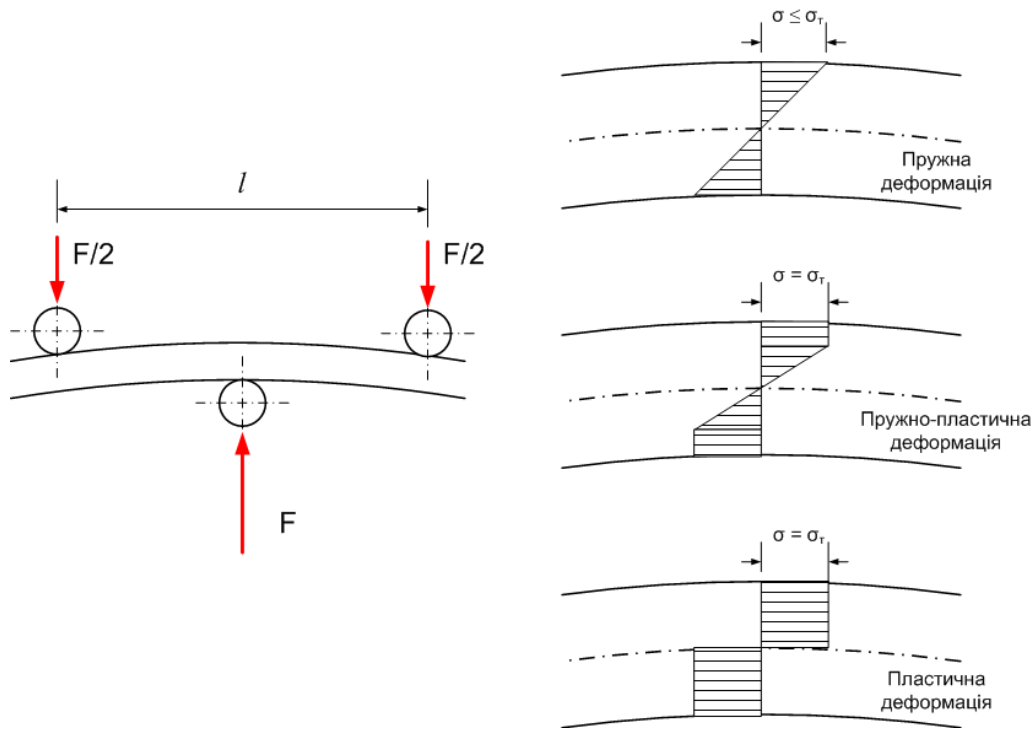


Рисунок 40.1 – Епюри напружень при згинанні профілю

Момент, необхідний для здійснення згинання умовного профілю, у відповідності з положеннями опору матеріалів, визначають з залежності

$$M = \sigma_T \cdot W,$$

Момент опору згинанню W , як геометрична характеристика перерізу, визначається формою та розмірами профілю. Наприклад, за умов пружного згинання для прямокутного перерізу $W = b \cdot h^3 / 6$, для круглого $W = 0,1 \cdot D^3$. При пластичному згинанні момент опору дещо більше. Міра збільшення визначається формою профілю і враховується через коефіцієнт $k_\phi = W_{nl} / W_{np}$.

Коефіцієнт k_ϕ для найпоширеніших профілів становить:

прямокутник – 1,5; круглих – 1,7; кільця тонкостінного – 1,3; квадрат по діагоналі – 2,0; кутовий профіль – 1,4 ... 1,6; двотаврова балка горизонтально – 1,5 ... 1,6; вертикально – 1,2; швелер горизонтально – 1,1 ... 1,2; вертикально – 1,2; залізнична рейка – 1,6.

Відповідно виконується співвідношення

$$M_{nl} > M_{nl-np} > M_{np}.$$

Використовуючи максимальний згинаючий момент, який виникає за умов пластичної деформації, можемо визначити сили, що діють по опорам, як це показано на рисунку 12.1. Отже, з умов рівноваги момент згинання, який створюють внутрішні сили в перерізі профілю $M_{зг} = M_{nl} = \sigma_T \cdot W_{nl}$, повинен дорівнювати моменту згинання від зовнішніх сил $M_{зг} = F \cdot l / 4$. Відповідно, максимальну зовнішню силу визначимо як

$$F = \frac{4 \cdot \sigma_T \cdot W_{nl}}{l}.$$

За умов пружно-пластичної деформації сили, що діють на профіль будуть меншими, а за умов пружної деформації ще меншими.

Операцію правки прокату здійснюють використовуючи таке обладнання: правильні преси, правильно-розтіжні машини, роликові правильні машини, агрегати комбінованої правки.

Правильні преси використовують для вибіркової правки окремих профілів, які не вдається правити на звичайних машинах або для профілів високої жорсткості. Основні недоліки правильних пресів – низька продуктивність, обумовлена використанням ручної праці.

Застосовують вертикальні та горизонтальні преси

Листоправильні машини застосовують для правки листів та штаб товщиною до 50 мм і шириною до 5000 мм в холодному або гарячому стані.

В залежності від особливостей конструкції відрізняють такі типи листоправильних машин:

- А – з паралельним розташуванням рядів роликів;
- Б – з похилим розташуванням рядів роликів;
- В – з роздільним налагодженням роликів;
- Г – зі змінним кроком роликів;
- Д – з похило-паралельними рядами роликів.

Машини типу А застосовують для правки товстих листів (від 6 до 40 мм), а машини типу Б – для тонких листів та штаб. На таких машинах розміщення роликів по висоті регулюється переміщенням всієї траверси з верхніми роликами.

Машини типу Г складаються з двох рядів роликів різного діаметру. Крок роликів збільшується від середнього ролика до крайніх, що забезпечує невеликі пластичні деформації на перших роликах, збільшені пластичні деформації на середніх і незначні деформації на останніх роликах. Це забезпечує поліпшення якості правки.

Машини типу Д являють собою поєднання паралельного та похилого розташування роликів. Такі машини застосовують для прецизійного правлення штаб товщиною від 0,25 до 20 мм. Вони дозволяють налагодити бічні кутові секції під параметри листа, а середня здійснює основну деформацію. Для збільшення жорсткості застосовують опорні ролики, які встановлюють між робочими.

Технічна характеристика основних типів листоправильних машин наведена в таблиці 12.1. З даних таблиці та практичних даних можна узагальнити, що для правки товстих листів застосовують машини з 9 – 11 роликами. Для тонких листів кількість роликів збільшують до 13 – 17, для надтонких стрічок і штаб застосовують опорні ролики при загальній їх кількості до 29. Діаметр роликів приблизно відповідає співвідношенню $D \approx 40 \cdot h$. Крок роликів становить $p \approx 1,1 \cdot D$. Швидкість правки тонких листів від 6 до 0,5 м/с, для товстих листів від 0,5 до 0,1 м/с.

Таблиця 40.1 – Технічні характеристики листопрямильних машин

Тип машин	Ролики			Швидкість правки, м/с	Потужність двигуна, кВт	Розміри листа (штаби), мм		Границя плинності металу, Н/мм ²
	крок, мм	кількість	діаметр			товщина	ширина	
A	200	9	180	0,2	70	4-6	2500	600
A	250	9	230	0,13	65	6-16	2500	320
A	300	9	260	0,25-0,40	460	12-25	2100	260
A	400	7	370	0,13	310	10-32	3500	320
A	450	7	430	0,1	2x155	20-32	4000	420
A	550	7	520	0,1	2x280	18-50	4000	800
Б	110	9	100	0,12	11	1,5-3	1500	260
Б	142	17	140	0,13-0,40	37	1,5-4	1500	500
Б	128	9	125	0,6	28	2-6	730	220
Б	200	17	180	0,1-0,5	60	3-12	1500	320
В	40	29	38	0,08-0,58	29	0,5-1,0	1500	650
В	65	23	60	0,46-1,8	100	0,7-1,5	2000	500
В	80	17	75	0,5-1,0	40	1-4	1500	300
В	160	17	150	1,2-2,0	2x80	1,5-6	2350	300

Сортопрямильні машини використовують для виправлення подовжньої кривизни та скрученості профілів. За конструкцією відрізняють закриті та відкриті машини. Закриті мають двоопорні ролики, по аналогії з листопрямильними машинами. Відкриті машини мають консольне розташування роликів.

Основними параметрами сортопрямильних машин є кількість роликів, їх діаметр та крок, швидкість правки.

Кількість роликів змінюється в межах від 5 до 13. Крок роликів вибирають з співвідношення $p \approx (5 \dots 10) \cdot h$. Діаметр становить $D \approx 0,9 \cdot p$. Швидкість правки в залежності від розмірів профілю призначають від 0,5 до 3 м/с.

Технічна характеристика деяких сортопрямильних машин наведена в таблиці 40.2.

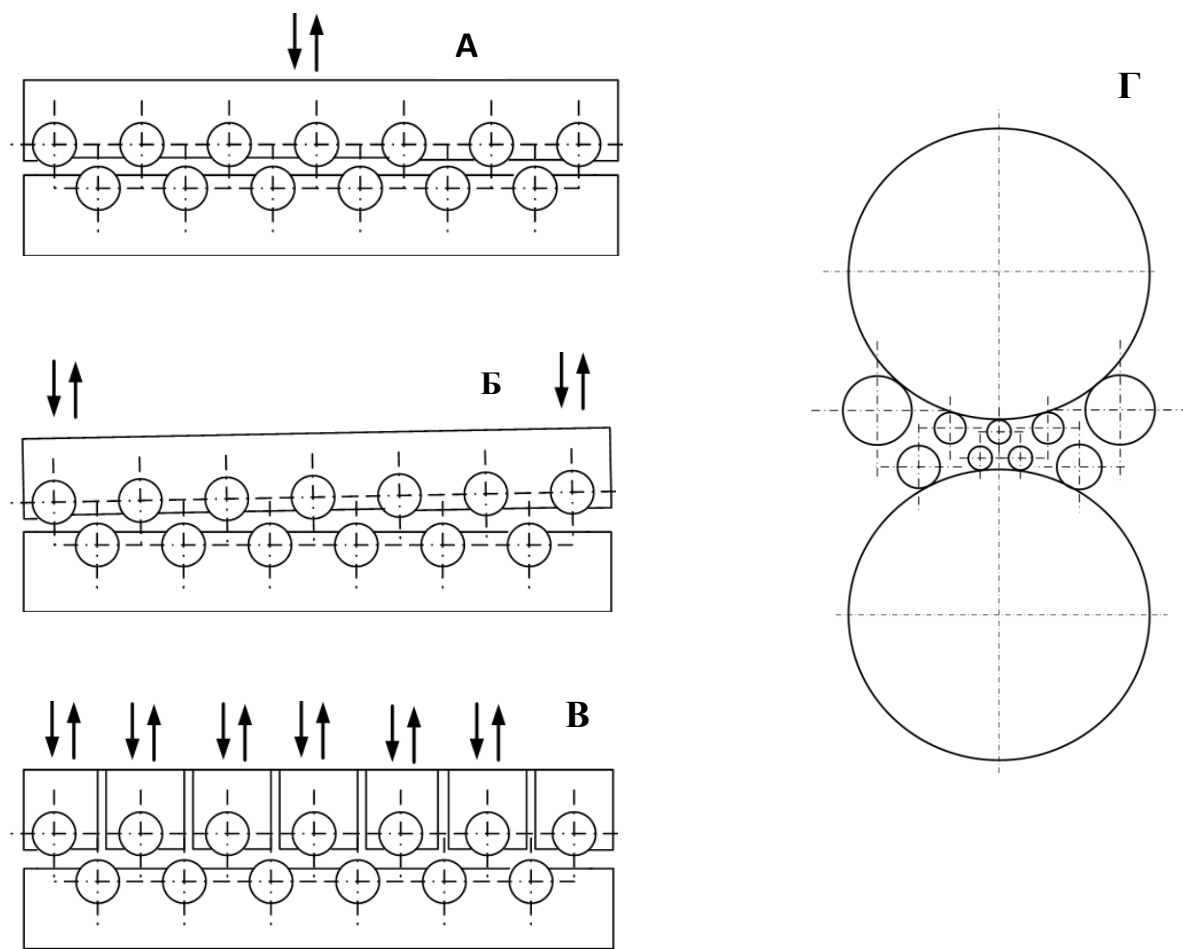


Рисунок 40.2 – Типи листоправильних роликкових машин

Таблиця 40.2 – Технічна характеристика сортоправильних машин

Тип машини	Ролики			Швидкість, м/с	Потужність двигуна, кВт
	діаметр	крок	кільк.		
Відкритий	160	200	11	1,46-2,06	26
	250	270	10	1,25-2,5	26
	300	380	8	1,7-2,5	26
	320	380	8	0,85-1,7	47,8
	440	600-800	7	0,6-1,2	70
	560	600-800	9	0,6-1,2	55
	700	1350	7	0,5-2,0	185
	740	800	9	0,48-1,0	180
Закритий	450	500	8	2	60
	560	700	8	0,85-2,5	220
	600	700	7	1,57-	64
	750	1200	5	0,5-1,0	150
	800	1200	8	0,9-1,8	440
	930	1500	5	0,53-1,07	300

Сучасні роликотправильні машини для прокату з товщиною понад 5 мм обладнують окремим (на кожен ролик) натискним пристроєм. Для прокату менших розмірів застосовують групове регулювання роликів.

На сучасних машинах замість приводу на всі ролики застосовують привід лише на один ряд роликів – верхній або нижній.

Круглий прокат на сортових станах зазвичай не піддають правленню в потоці стану. Для правлення труб використовують машини з косорозміщеними роликами. За потреби такі машини застосовують для правлення круглого прокату.

Конструктивні особливості таких машин (рисунок 40.3):

- Осі роликів розміщено під кутом до подовжньої осі прокату (труб);
- Ролики мають форму гіперboloїда обертання;
- Опозитне розташування роликів;
- Прехрещування осей роликів однієї пари.

Правильні машини з косорозміщеними роликами оснащують механізмами регулювання зазору та кута повороту роликів. Технічна характеристика основних косовалкових машин наведена в таблиці 40.3.

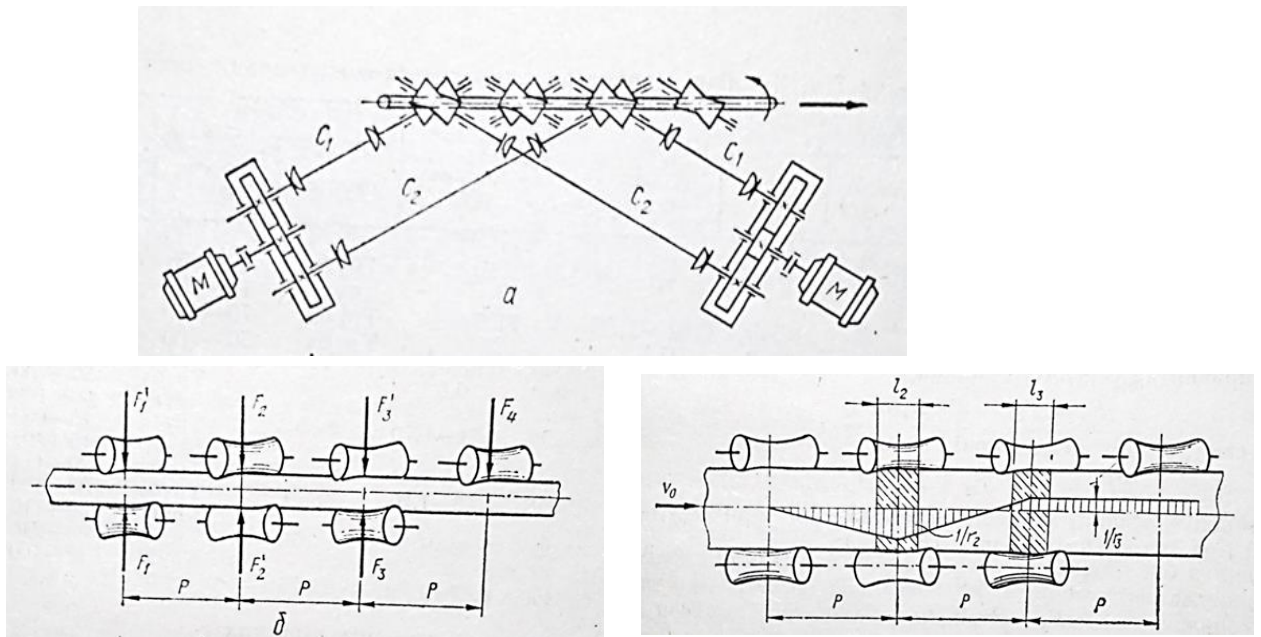


Рисунок 40.3 – Конструктивні особливості та розрахункова схема косовалкових машин для труб і круглого прокату

[Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [Навчальний посібник для студентів вузів] / Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяев. – К. : Вища школа. – 1995. – 455 с.]

Таблица 40.3 – Технічна характеристика косовалкових правильних машин

Параметри роликів			Швидкість правки, м/с	Потужність двигуна, кВт	Прокат	
крок	кількість	діаметр			вид	діаметр
360	5	140	1,5	5	труба круг	10-25 10-22
600	5	340	0,97-1,5	71,5	труба	70-120
600	5	360	0,5	37	труба круг	50-200 50-100
400	7	150	0,5-1,7	2х8,5	труба круг	10-60 10-40
700	7	220	0,67-2,68	2х30	труба	20-114
800	7	240	0,48-1,25	2х24	труба круг	38-140 30-110
1200	7	360	0,32-1,2	2х33	труба круг	38-240 38-160
1500	7	460	0,32-1,3	2х75	труба	114-402

ТЕМА 41. ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЗМОТУВАННЯ ТА РОЗМОТУВАННЯ ПРОКАТНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Для змотування довгомірного прокату (круглого прокату та арматури) у вигляді стрижнів у мотки використовують моталки. Відомі дві основні системи змотування довгомірного прокату: з нерухомим мотком; з мотком, що обертається.

Моталки з нерухомим мотком передбачають осьову подачу прокату, формування витків подаючим патрубком з конусом, які обертається, вільне падіння сформованих витків на плиту з направляючими стрижнями (рисунок 41.1).

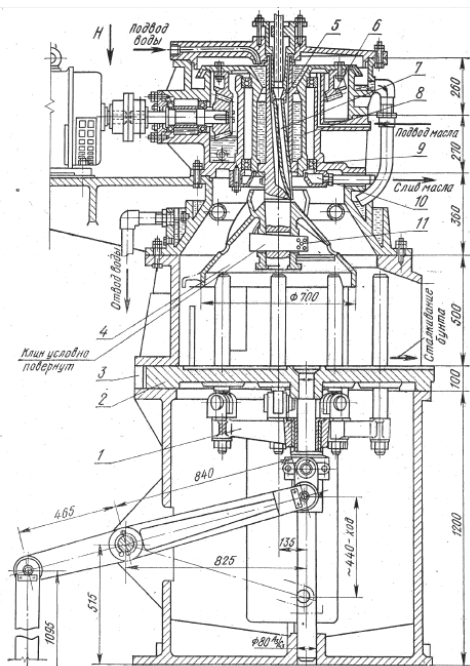


Рисунок 41.1 – Конструкція моталки з
нерухомим мотком для проволочного
стану

[Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. - М. : Металлургия, 1981. – 204 с.]

Моталки з мотком, що обертається, застосовують не тільки на проволочних але і на сортових станах для змотування прокату до діаметру 20 мм. При цьому маса мотка становить 1200 – 2000 кг, а швидкість прокатування може досягати 40 м/с. Такі моталки також мають патрубок з конусом, які обертаючись забезпечують тангенціальну подачу прокату. Одночасно з патрубком обертається і нижній барабан моталки (рисунки 41.1, 41.2). Після змотування барабан опускається і моток зіштовхується на конвейєр.

На сучасних станах моталки з рухомим мотком застосовують для змотування прокату до діаметру 60 мм при масі мотка до 3 т. При цьому прокат подають тангенціально, верхній конус не застосовують, а готовий моток видаляють з моталки вгору.

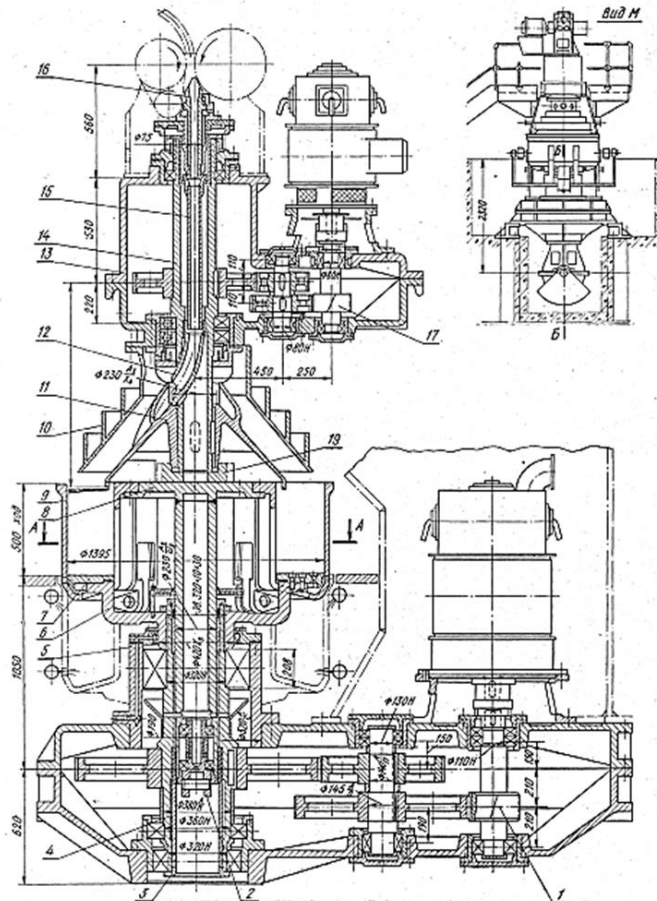


Рисунок 41.2 – Конструкція моталки з рухомим мотком для сортового стану
[Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. - М. : Металлургия, 1981. – 204 с.]

Для змотування катанки на сучасних високошвидкісних станах використовують виткоукладчики, які являють собою удосконалену моталку з нерухомим мотком. Відмінності полягають у переводі лінійного ріху прокату у тангенціальний за допомогою спіральної труби, яка закріплена на роторі розміщеному під невеликим кутом до горизонталі (рисунки 41.3, 41.4). Витки катанки, сформовані таким виткоутворювачем, під власною вагою падають на роликовий конвейєр. Після охолодження на конвейєрі витки збираються на виткозбірнику барабанного типу.

Крім вищенаведених моталок на сучасних сортових станах знаходять застосування намоточні машини барабанного типу. Особливості конструкції таких машин зводяться до застосування барабану змінного діаметру (вертикального або горизонтального розташування),

застосування направляючих пристроїв для перших кількох витків, застосування направляючих роликів, які забезпечують пошарове намотування прокатування.

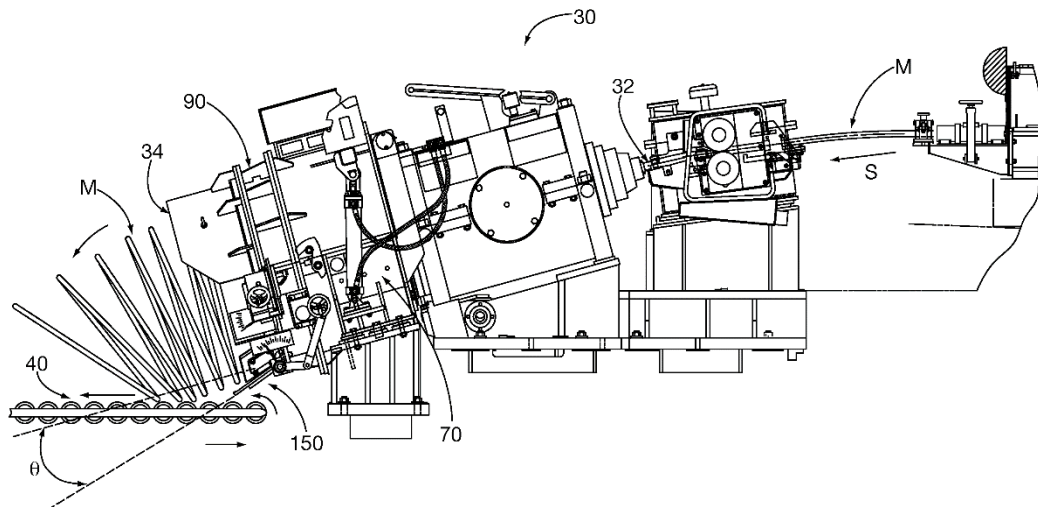


Рисунок 41.3 – Загальний вид виткоутворювача проволочного стану

Для змотування плоского прокату в рулони застосовують переважно барабанні моталки. Барабани моталок зазвичай мають змінну геометрію, тобто при намотуванні прокату барабан має певний діаметр, а для зняття рулону діаметр барабану дещо зменшується.

На станах холодного прокатування використовують барабанні моталки з відкидною опорою, на станах гарячого прокатування – барабанні моталки з системою направляючих роликів (рисунок 41.4, 41.5).

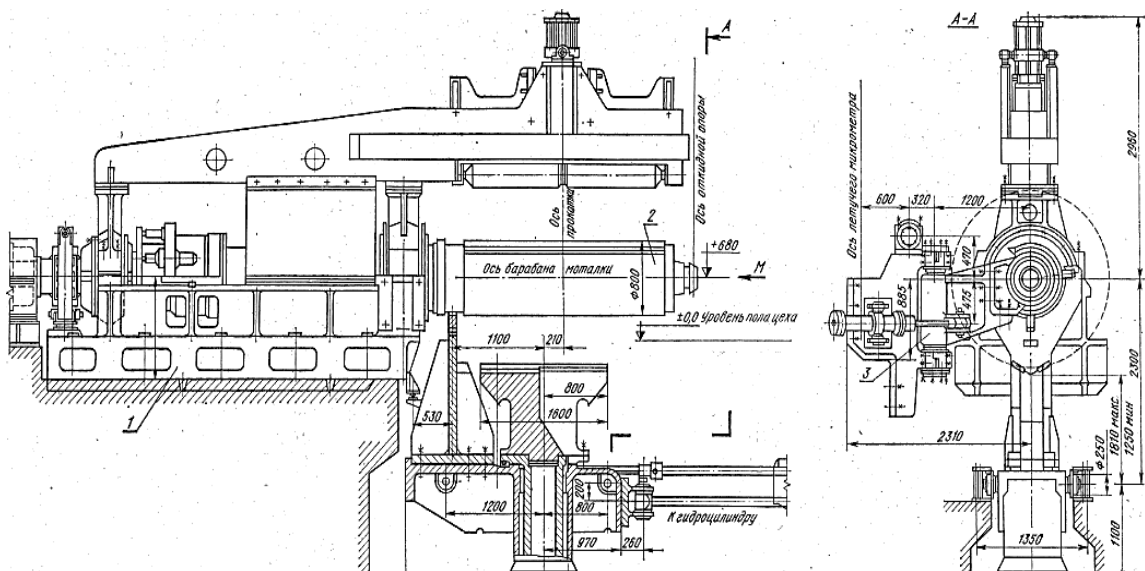


Рисунок 41.4 – Конструкція барабанної моталки стану 600/1500x2500

[Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. - М. : Металлургия, 1981. – 204 с.]

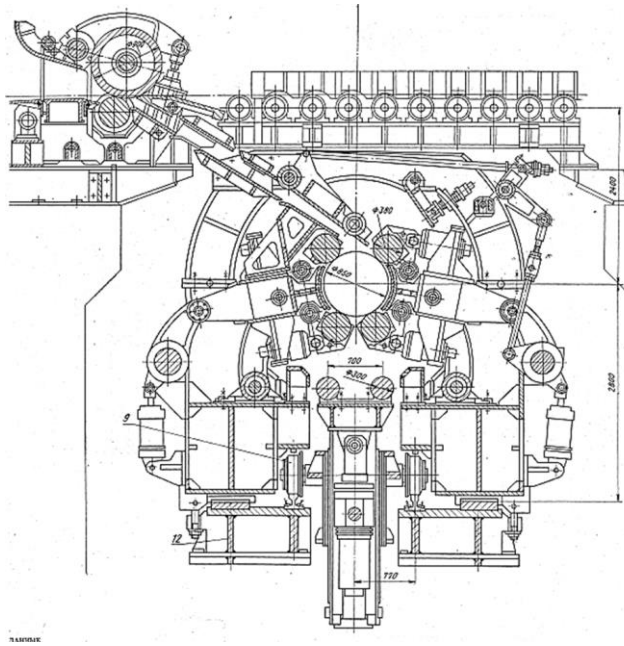


Рисунок 41.5 – Конструкція барабанної моталки стану 2000

[Прокатные станы и оборудование прокатных цехов: Атлас: [Учебное пособие для вузов] / А. А. Корольов. – [Изд. 2-е]. - М. : Металлургия, 1981. – 204 с.]

Останніми роками на станах гарячого прокатування набувають поширення згортувальні машини, в яких не застосовується барабан. Приладом може слугувати так звані установки Coilbox – перемоточні машини, які забезпечують зміну напрямку прокатування штаби, що дозволяє вирівняти температуру по довжині штаби. На таких машинах формування рулону забезпечується системою рухомих роликів. По мірі збільшення діаметру рулону такі ролики поступово відводяться, а по завершенню – переміщуються у положення, що забезпечує видалення рулону з машини.

Основна технічна особливість таких машин – наявність значної довжини шпинделів.

ТЕМА 42. ПРИСТРОЇ ДЛЯ ПАКУВАННЯ, ШТАБЕЛЮВАННЯ ТА УВ'ЯЗУВАННЯ ПРОКАТУ

На сучасних прокатних станах значна увага приділяється забезпеченню продуктивності обладнання так званої хвостової частини, тобто діляниць з дообробки та відвантажування прокату. Основними напрямками таких удосконалень є механізація і виключення ручної праці.

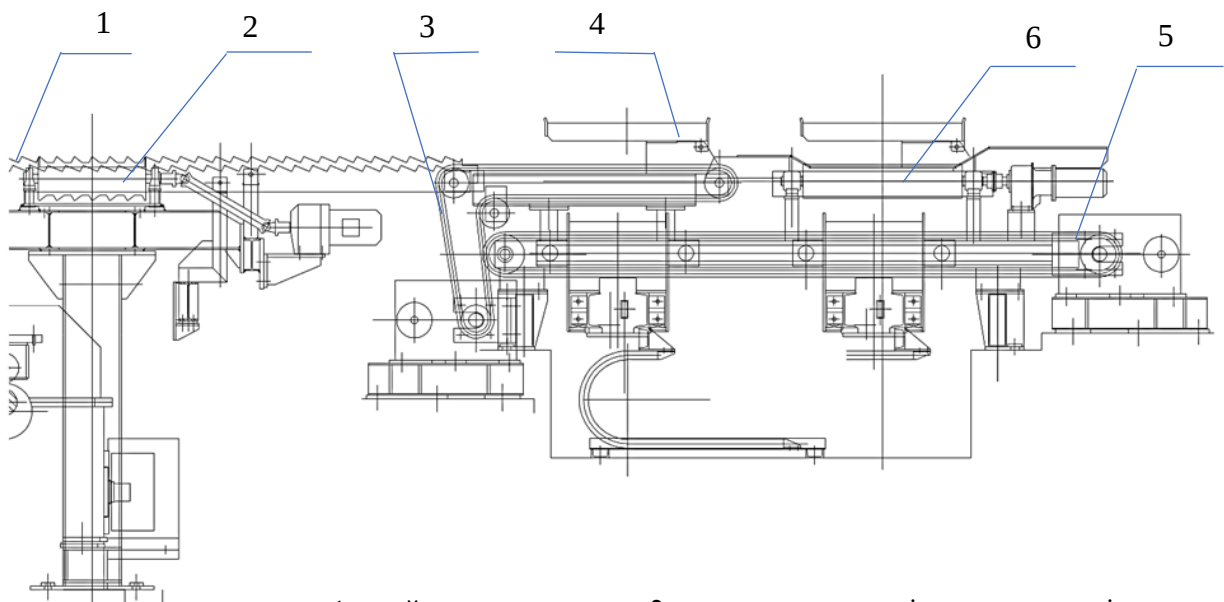
Основною технологічною операцією в будь-якому прокатному цеху є прокатування. У відповідності до виду продукції сама основна операція визначає призначення цеху, структуру виробничого процесу та склад обладнання. Згідно загальної схеми виробничого процесу відповідного цеху, всі операції після основної, відносять до ділянки дообробки. Для станів гарячого прокатування до операцій дообробки відносять всі дії після охолодження прокату, тобто після холодильника. В окремих випадках до обладнання діляниць дообробки відносять і обладнання вихідної частини холодильників.

До операцій, які здійснюють на ділянках дообробки прокату відносять:

- розрізання на мірну довжину, згідно з замовленнями споживачів;
- пакетування, тобто формування шарів або пакетів готового прокату;
- ув'язування пакетів;
- облік, зважування та маркування пакетів;
- зберігання на складі;
- відвантаження.

Наведені операції можуть здійснюватись послідовно або з перекриттям, коли в ході виконання однієї з операцій відбуваються підготовчі дії для наступної. Наприклад, для сучасних станів з виготовлення довгомірної продукції до обладнання ділянки дообробки відносять пристрої вихідної частини холодильника. Тобто до завершення операції охолодження здійснюється підготовка до виконання операції розрізання на мірну довжину. До таких пристроїв відносять: рольганг 1 для вирівнювання передніх кінців штанг (рисунок 42.1); ланцюговий шлепер 3, який забезпечує формування шарів з заданої кількості штанг прокату; перекладувач шарів 4, який переміщує сформований шар прокату на відповідний рольганг холодильнику.

Отже, для таких станів операцію розрізання на мірну довжину здійснюють одночасно для певної кількості штанг сформованих у шар. Обладнання для різання на мірну довжину розглянуто в темі 11.



- 1 – рейки холодильника; 2 – рольганг для вирівнювання торців штанг;
 3 – ланцюговий шлепер; 4 – перекладувач шарів;
 5 – ланцюговий привід перекладувача; 6 – ролик відповідного рольгангу

Рисунок 42.1 – Схема пристроїв вихідної сторони холодильника

Після розрізання на мірну довжину профілі шарами транспортуються до лінії пакетування.

Розглянемо більш детально лінію пакетування сучасного сортового стану. Лінія пакетування складається з таких пристроїв: подвійний рольганг; ланцюговий шлепер; лічильник профілів; шнекова система розділення на задану кількість одиниць (пошарово);

проміжні шлепери; шлепер для формування шарів; перекладувальні пристрої з магнітними головками; кармани з ланцюгами; відвідний рольганг.

В залежності від продуктивності стану кількість таких ліній може становити від однієї до трьох. Кожна з таких ліній розрахована на обробку прокату довжиною до 12 м. На вхідній стороні кожної з таких ліній розміщують подвійний рольганг для забезпечення переміщення шарів профілів між лініями. Як показано на рисунку 14.2, для переміщення шарів прокату з подвійного рольгангу на ланцюговий шлепер застосовують перекладувач з гідроприводом.

Найбільш складною за конструкцією є перекладувальні пристрої з магнітними головками. Саме вони забезпечують пошарове формування пакетів (пачок) профілів. Загальна компоновка цієї частини лінії показана на рисунку 42.3 та 42.4, а окремо перекладувальний пристрій – на рисунку 42.5.

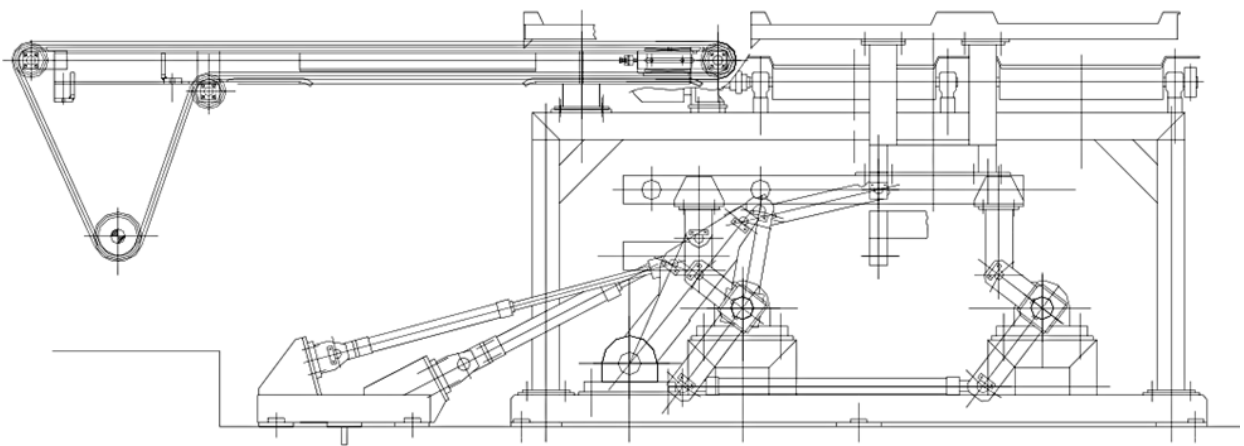


Рисунок 42.2 – Вхідна сторона лінії пакування

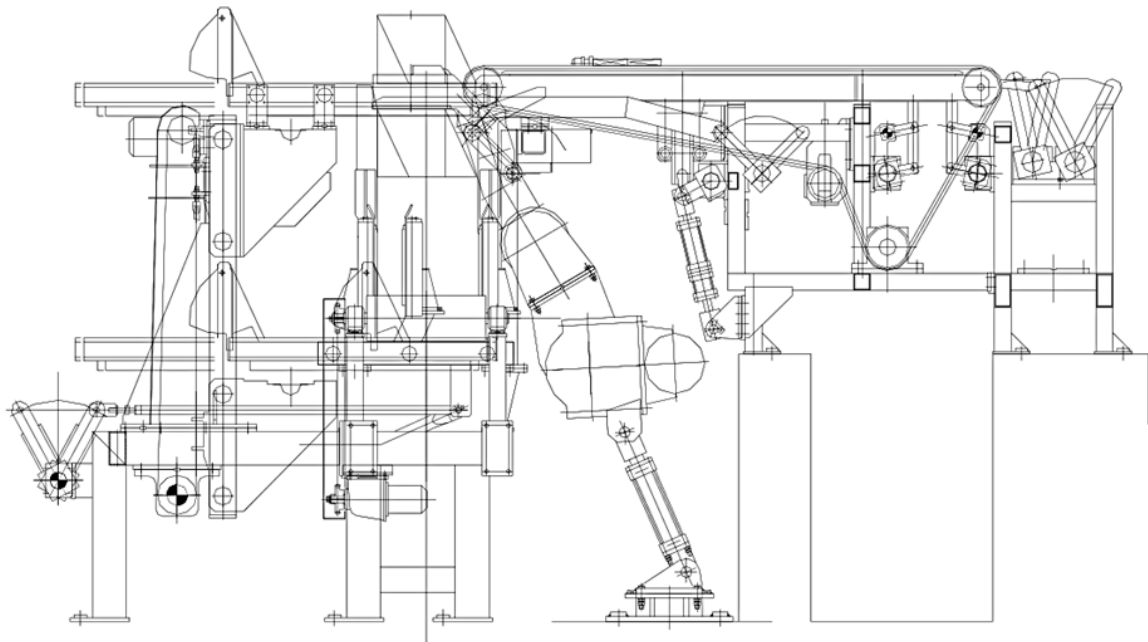


Рисунок 42.3 – Вихідна сторона лінії пакування

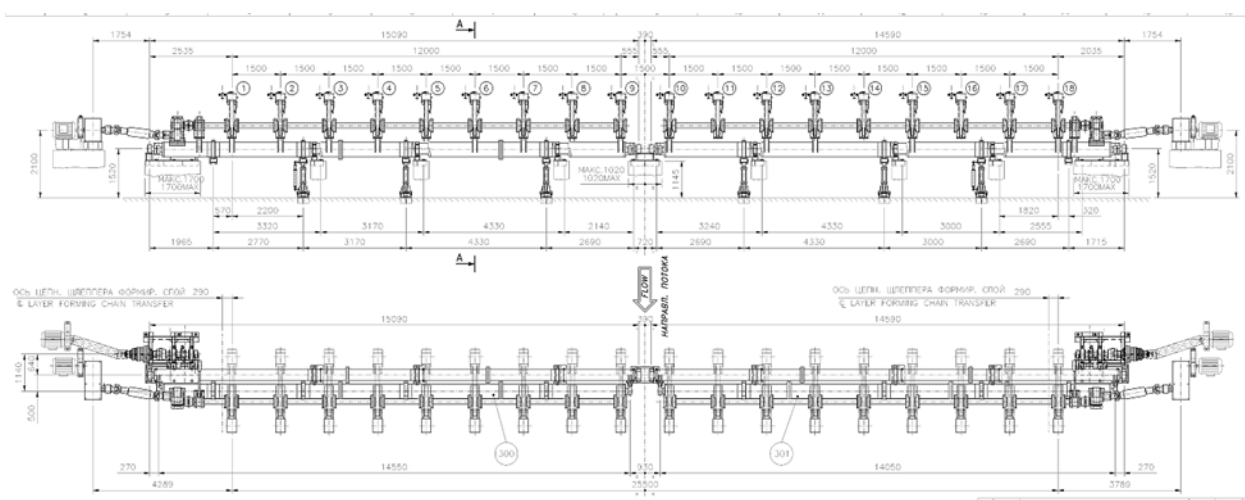


Рисунок 42.4 – Вид зверху перекладувальних пристроїв

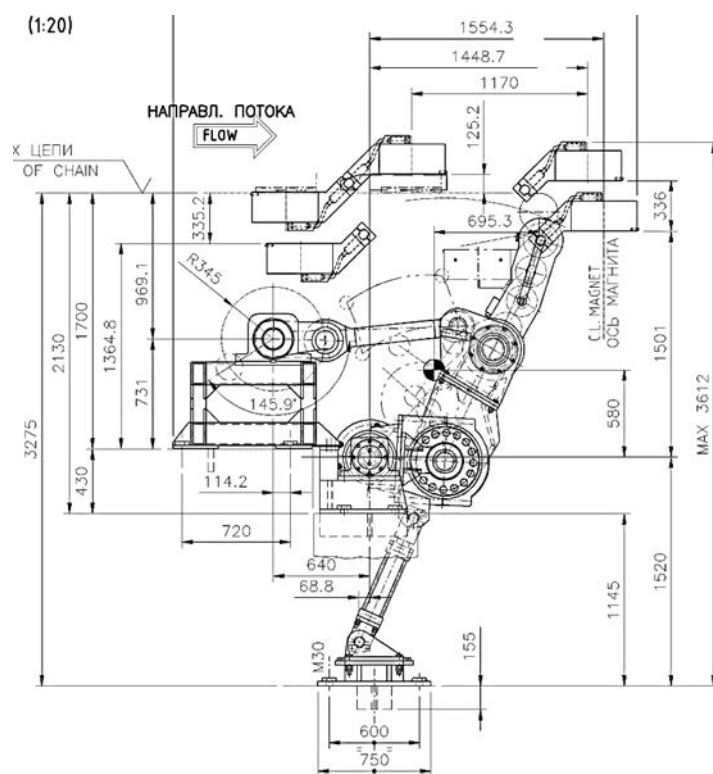


Рисунок 42.5 – Перекладувальний пристрій

Після формування пакети прокату транспортують до лінії зважування та ув'язування. Машина для ув'язування забезпечують ущільнення пакету та його ув'язування в декількох місцях. Для ув'язування застосовують стрічку або дрід. Найбільш поширеним є використання дроту у вигляді катанки діаметром 6 – 8 мм. Приклади ув'язувальних машин показані на рисунках 42.6 та 42.7.

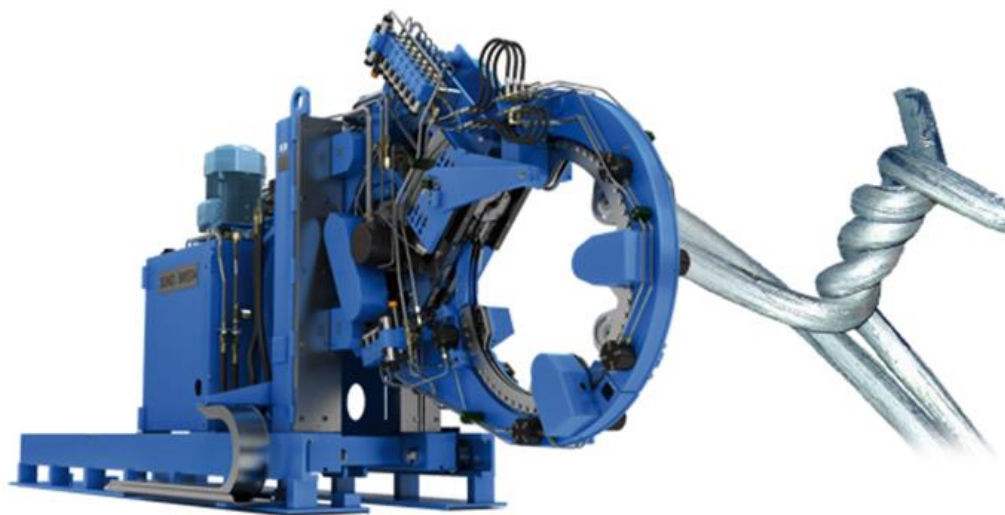


Рисунок 42.6 – Ув’язувальна машина для сортового прокату фірми Sund-Birsta.
[Binding machine KNCA / SUND-BIRSTA. - <http://www.sundbirsta.com/products>



Рисунок 42.7 – Ув’язувальна машина для сортового прокату фірми ATS.
[ATS. The powered of new ideas for the iron and steel industry / ATS - Applicazioni
Tecnologiche Siderurgiche S.p.A. - <http://www.ats.ud.it/index.php>]

Одночасно з зважуванням та ув’язуванням пакету виготовляється і навішується прокат бірка з наведенням необхідної інформації.

Далі готові пакети прокату передають на склад готової продукції, де вони зберігаються до відвантаження споживачам.

ТЕМА 43. ОБЛАДНАННЯ ВОЛОЧИЛЬНИХ ЦЕХІВ

Волочіння – різновид обробки металів тиском, який здійснюють протягуючи заготовку через отвір (канал) волоки, який поступово зменшується. Особливостями процесу волочіння є прикладання тягнучої сили до готового виробу, всебічна та приблизно рівномірна деформація в осередку. Процес волочіння використовують для виготовлення дроту, фосонних профілів та труб. Найбільш поширеним, за обсягами виробництва, є виготовлення дроту.

Виробничий процес волочильних цехів включає операції видалення окалини, загострення заготовки, волочіння, стикового зварювання, пакування, складування та відвантаження. В залежності від розмірів дроту та властивостей металу для здійснення волочіння застосовують такі типи станів: стани однократного волочіння, магазинного типу, прямоточні та стани з ковзанням.

43.1 Особливості конструкції станів магазинного типу

Стани магазинного типу призначені для здійснення неперервного волочіння, тобто одночасно у кількох блоках (волоках). Таке багатокране волочіння здійснюється з накопиченням проволочи на барабанах, тому такий процес подібний до процесу однократного волочіння (натягіння між блоками відсутнє – не допускається). Відповідно кожен блок є накопичувальним пристроєм і одночасно розмоточним для наступного блоку.

Схема стану магазинного типу показана на рисунку 15.1. Основним елементом конструкції блоку волочильного стану є барабан, який встановлено вертикально на двох опорах. Барабан створює тягучу силу для здійснення волочіння і забезпечує накопичення дроту. З внутрішнього боку барабан має виступи для підвищення ефективності охолодження водою (рисунок 15.2). На поверхні барабану виконано прорізи для здійснення заправки дроту. У верхній частині кожного з блоків розміщено поводок з колесом 2, які забезпечують зняття дроту для передачі на наступний блок. Така передача здійснюється за допомогою обвідного ролика 3, закріпленого на окремій консолі, та направляючого ролика 4.

Привод барабану здійснюється через конічну передачу, коробку швидкостей та редуктор.

Волока для здійснення волочіння розміщується в окремому корпусі, який називають «мильницею», і який закріплено на плитовині стану перед барабаном. В такому корпусі розміщують волоку та мастильну речовину – подрібнене мило. По мірі збільшення швидкостей волочіння, в мильницях почали розмішувати додаткові пристрої, такі як система охолодження волоки, система обертання волоки, система перемішування мастила.

Волочильні стани магазинного типу можуть мати у своєму складі від 6 до 12 блоків. Розмірний ряд діаметрів барабанів включає значення 250, 350, 450, 500, 550, 700 мм. Сила волочіння, в залежності від діаметру барабану становить від 1 до 49 кН. Швидкість волочіння (по чистовому блоку) змінюється від 3 до 18 м/с. Для всіх інших блоків швидкість визначається величиною кінематичного видовження, яке призначають у межах від 1,2 до 1,35. Потужність двигунів блоків становить від 3,5 до 50 кВт.

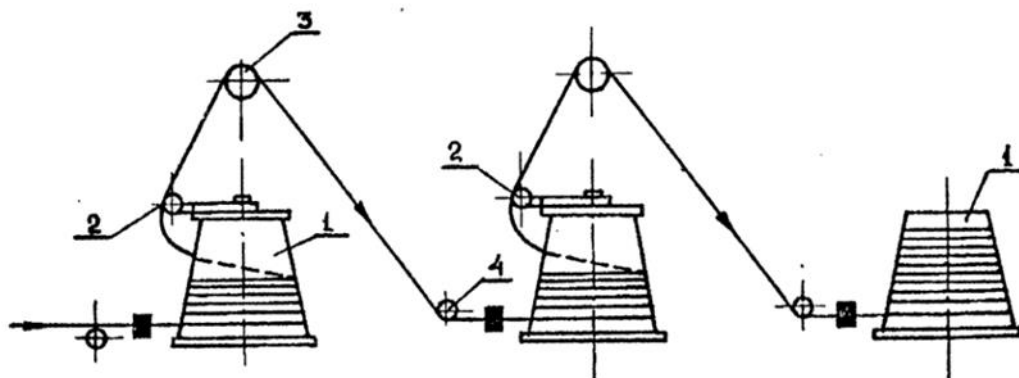


Рисунок 43.1 – Схема волочильного стану магазинного типу [16]

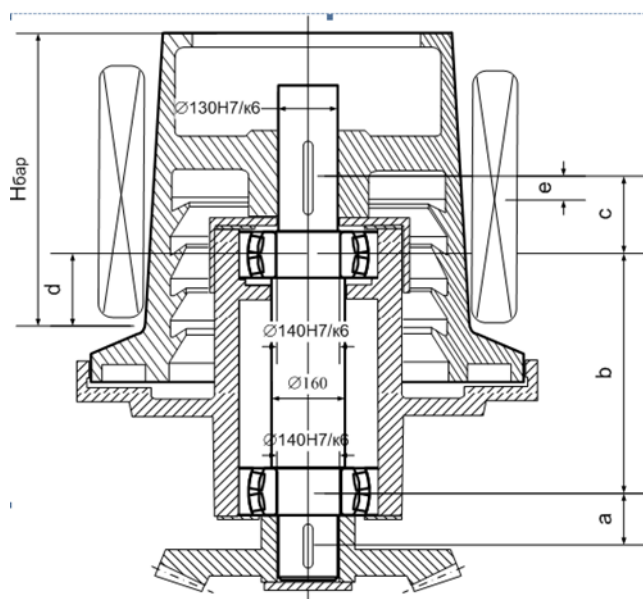


Рисунок 43.2 – Вал барабану волочильного стану 700

Основна перевага станів магазинного типу та барабанних станів однократного волочіння – простота конструкції. Але головний недолік станів магазинного типу – скручування проволочи при знятті з барабану.

43.2 Особливості конструкції станів магазинного типу

Стани прямоточного типу – це машини багатократного волочіння з автоматичним регулювання швидкості волочіння між блоками. Такі стани працюють без накопичення проволочи на барабанах, але обов'язково з натягінням. За відсутності натягіння процес волочіння на таких станах стає неможливим. Сила натягіння (заднього або протинатягіння) становить від 10 до 30% від сили волочіння. На кожному барабані таких станів розміщують від 8 до 10 витків проволочи.

Зважаючи на незначну кількість витків проволочи, конструкція прямоточних станів значно спрощується. Всі барабани або диски розміщують в одному корпусі. Кожен такий

барабан розміщено на валу з двома опорами. Привод кожного з валів здійснюють через окремий редуктор з відповідним передаточним числом, яке обирають відповідно до кінематичного видовження у межах від 1,18 до 1,25. Вали барабанів можуть мати вертикальне або горизонтальне розташування. Розмірний ряд діаметрів барабанів включає значення 250, 350, 550 мм. Кількість переходів для більшості станів становить від 3 до 9, але можливе і збільшення, в залежності від технологічних потреб. Потужність двигунів приводу кожного з барабанів становить від 4,5 до 30 кВт.

Основними перевагами прямоточних станів, у порівнянні з магазинними є: зменшений, завдяки протинатяжінню, тиск в осередку деформації, що забезпечує зниження температури проволони та збільшення стійкості волок; передача проволони з барабану на барабан здійснюється без скручування і зайвих згинань; компактність.

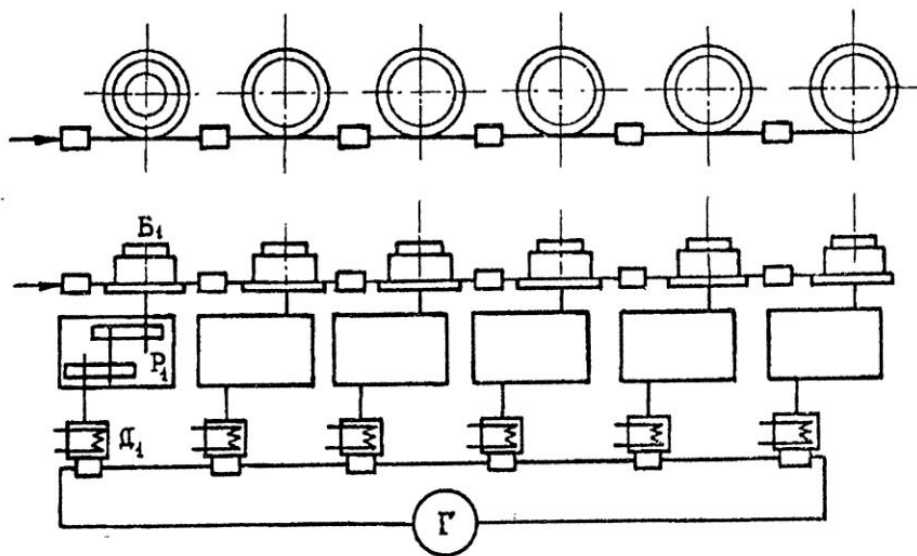


Рисунок 43.3 – Схема прямоточного волочильного стану [16]

43.3 Особливості конструкції станів з ковзанням

Волочильні стани з ковзанням призначені для виготовлення дроту порівняно невеликого діаметру, який відносять до тонкого та надтонкого волочіння. Це означає, що сили волочіння порівняно невеликі, так само як і розміри волок, що дозволяє компактно розмістити стан в одному корпусі.

Назва «з ковзанням» відображає головну технологічну особливість роботи таких станів – проволочка в процесі волочіння ковзає по поверхні шайб. При цьому швидкість поверхні шайб більше швидкості волочіння проволони. В процесі такого ковзання сили тертя поверхні шайби по поверхні проволони створюють силу волочіння. Величина сили волочіння, яку створюють сили тертя, може змінюватись за рахунок регулювання натягнення або за рахунок кількості витків проволони на відповідній шайбі. Чим більше натягнення тим більші сили тертя і відповідно більша сила волочіння. Аналогічно і з кількістю витків – чим їх більше тим більше сили тертя і сила волочіння. Для більшості станів число витків становить від 1 до 3.

Принципова схема найбільш поширених станів з ковзанням показана на рисунку 15.4.

Як видно з рисунку, головна конструктивна особливість станів з ковзанням полягає у розміщенні кількох шайб (умовно барабанів, що створюють тягнучу силу) на одному валу. Це можливо завдяки порівняно невеликим силам волочіння. Але за такої компоновки кожна наступна шайба повинна забезпечувати збільшення швидкості волочіння на величину коефіцієнта видовження. А так як вал, на якому розміщено шайби має одну кутову швидкість, то збільшення лінійної швидкості волочіння досягається відповідним збільшенням діаметру барабану. Тому на таких станах бачимо конуси, зібрані з кількох шайб, діаметр яких поступово збільшується.

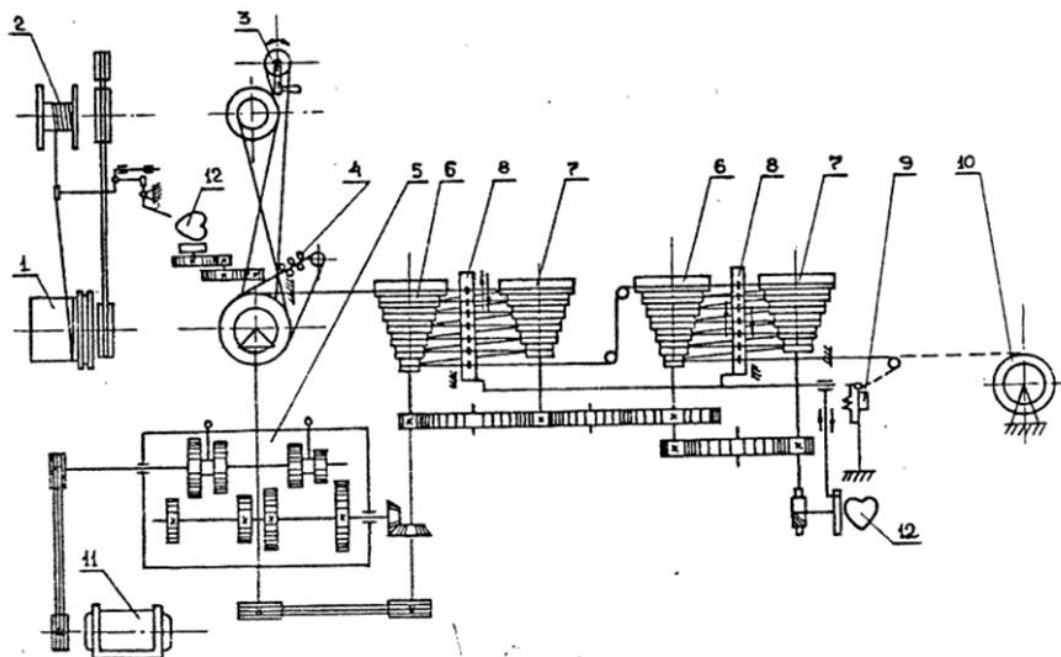


Рисунок 43.4 – Схема волочильного стану з ковзанням[16]

Паралельно до «витяжних» шайб розміщується ще один такий самий конус з шайб, які називають «обвідними». Обвідні шайби призначені для зняття проволочки з витяжної шайби і направлення її у наступну волоку. Незважаючи на те, що обвідні шайби начебто не беруть участі у створенні тягнучої сили, вони є привідними і мають однакову лінійну швидкість з шайбою в яку направляється проволочка. Між витяжними і обвідними шайбами розміщено консоль з волоками. На рисунку 43.4 показано стан двома комплектами витяжних і обвідних шайб та 14-ма волоками.

Зважаючи на постійне ковзання проволочки по поверхні шайб, на таких станах спостерігається додаткове виділення тепла і розігрів проволочки. Для відведення тепла та забезпечення певних умов тертя волоки з шайбами розміщують в одному корпусі, в який потійно подається (прокачується) емульсія. Тому такі стани іноді називають станими мокрого волочіння. Відвід тепла дозволяє збільшити швидкість волочіння до 40 м/с.

Можливі також конструкції без застосування обвідних шайб (рисунку 43.5). В залежності від діаметру проволочки, для яких призначено стан, можливе послідовне розташування шайб однакового діаметру або розміщення шайб різного діаметру на двох валах. У першому

випадку шайби розміщують послідовно і кожна наступна з них має більшу лінійну швидкість, що забезпечується відповідною кінематикою приводів. Відповідно габаритні розміри таких станів значно зростають. У другому варіанті шайби розміщують на кількох паралельних валах з відповідним збільшенням діаметрів.

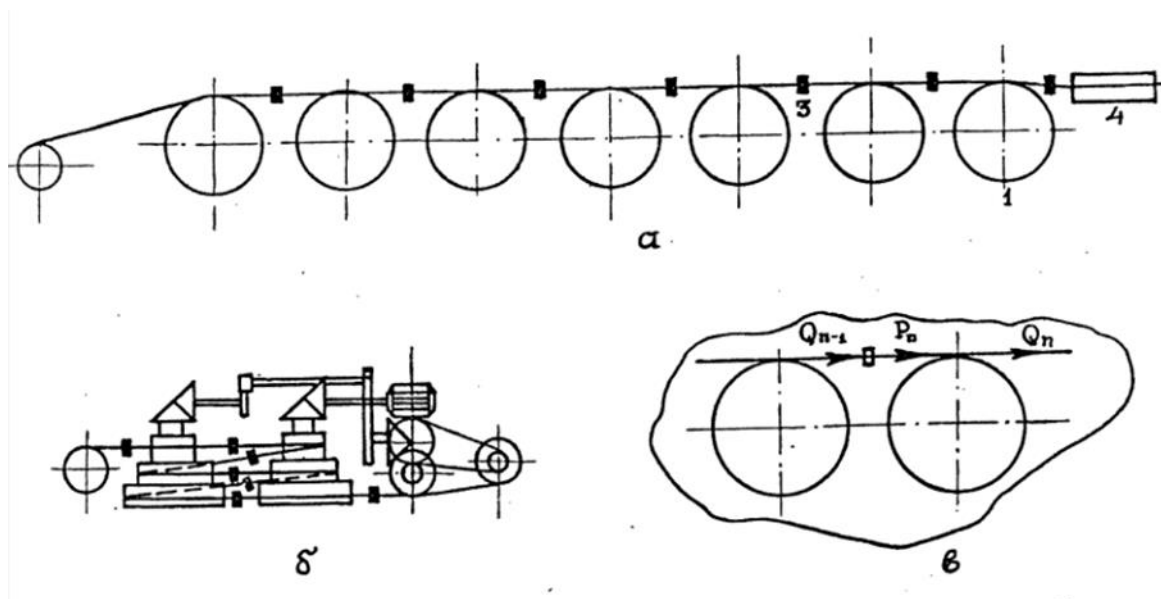


Рисунок 43.5 – Схеми волочильних станів з ковзанням без застосування обвідних шайб[16]

Кратність волочіння на таких станах, в залежності від конструкції, може становити 10 – 15 (послідовне розташування шайб однакового діаметру) або 15 – 22 (для станів з обвідними шайбами).

З розглянутих варіантів станів з ковзанням можна зробити висновок, що їх конструкція не містить складних або унікальних вузлів і ґрунтується на використанні стандартних складових.

43.4 Волочильні стани для виготовлення фасонних профілів

Волочильні стани сталедрутового виробництва призначені переважно для виготовлення проволочи круглого перерізу. Проста форма перерізу дозволяє здійснювати волочіння з застосуванням тягучих (витяжних) барабанів або шайб, на які намотується проволочка. При виготовленні фасонних профілів певних розмірів можливе застосування барабанів, але по мірі збільшення розмірів або ускладнення форми перерізу, застосування барабанів або шайб стає неможливим. При намотуванні такі профілі можуть деформуватись - зминатись, скручуватись або отримувати інші пошкодження. В цих випадках для виготовлення фасонних профілів застосовують волочильні стани з прямолінійним переміщенням готового виробу і відповідним обмеженням його довжини - ланцюгові волочильні стани.

Схема такого стану показана на рисунку 43.6. Заготовки 1 з загостреними передніми кінцями подають з завантажувальної решітки і вручну вставляють у волоку, закріплену в стійці 2. Після цього візок 3 з захватом затискає передній загострений кінець профілю, зачіпляється

за рухомий ланцюг 4, тим самим забезпечуючи створення тягнучої сили. Як тільки волочіння завершується, візок автоматично від'єднується від ланцюга і розкриває захват. Готовий профіль подає в накопичувальний карман, візок повертається у вихідне положення до стійки 2, а волочильщик за цей час повинен встигнути вставити у волоку наступну заготовку. Привід ланцюга здійснюється від двигуна 6 через редуктор 5 та привідну зірочку.

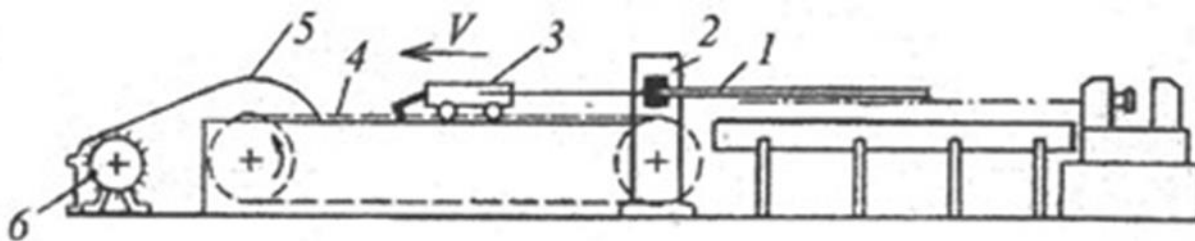


Рисунок 43.6 – Схема ланцюгового волочильного стану

[Волочильные станы. - <http://www.kovka-pro.ru/volochilnye-stany.html>]

Для виготовлення фасонних профілів високої точності з невеликою площею перерізу можуть застосовуватись стани бунтової обробки з витяжними барабанами. Для таких станів співвідношення лінійних розмірів профілів та діаметру барабану не призводить до порушень геометрії профілів. При потребі, профілі розмотують, піддають правленню та розрізають на мірну довжину. Волочіння на таких станах може відбуватись з застосуванням звичайних монолітних або роликів волок.

Процес волочіння з застосуванням роликів волок називають протягуванням. Для окремих видів профілів можливе застосування роликів волок з приводними роликами, у таких випадках маємо процес холодного прокатування профілів.

Особливістю конструкції роликів волок є застосування більше 2 роликів, що дозволяє забезпечити деформацію (контроль розмірів профілю) майже по всьому периметру. Найбільш розповсюджені чотирироликові волок, або, як їх ще називають, роликові головки (рисунки 43.7 та 43.8).

На рисунку 43.7 показано два основні варіанти конструктивного виконання роликів волок: в монолітному корпусі; на окремих кронштейнах.

Отже, такі роликові волок мають свої особливості, але можуть бути виготовлені на звичайному механічному обладнанні. Волочильні та протяжні стани, на яких застосовують такі волок, також не відрізняються складною конструкцією і на них використовують типове обладнання волочильних цехів. .



Рисунок 43.7 – Варіанти конструкцій роликів волок
[<http://www.realtechno.in/th.html>]

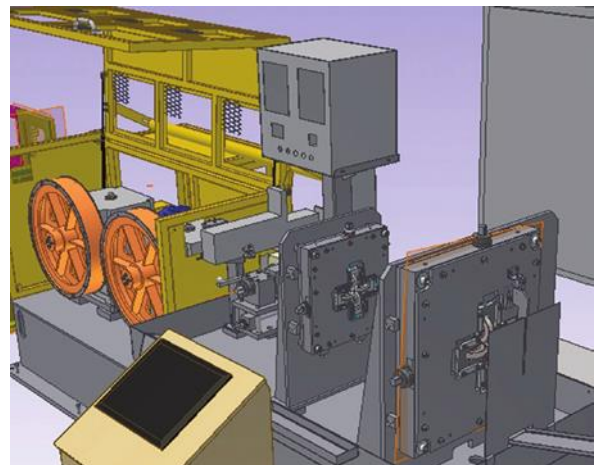


Рисунок 43.8 – Роликові волокни з привідними роликами та лінія протягування фірми Fenn
[Turks Head / Fenn. - <http://www.fenn-torin.com/wp-content/uploads/Turks-Head.pdf>]

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Машины и агрегаты металлургических заводов : В 3 т. — Т. 3 : Машины и агрегаты для производства и отделки проката : [учебник для вузов] / [А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.М. Гребеник и др.]. — М.: Металлургия, 1981. — 576 с.
2. Машины и агрегаты металлургических заводов : В 3 т. — . — Т. 3 : Машины и агрегаты для производства и отделки проката : [учебник для вузов] / [А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др.]. — [2-е изд., перераб. и доп.]. — М.: Металлургия, 1988. — 680 с.
3. Вироби сталеві. Номенклатура (EN 10079: 1992, IDN) : ДСТУ EN 10079-2002. — [Чинний від 2002-06-12].— К. : Держспоживстандарт України, 2004. — 31 с. —(Національний стандарт України).
4. Бейнон Р.Е. Калибровка валков и расположение прокатных станов / Росс Е. Бейнон. — [перевод с английского под. ред.. П.И.Полухина]. — М. : Металлургиздат , 1960. — 204 с.
5. Механическое оборудование заводов цветной металлургии : В 3 ч. — . — Ч. 3: Механическое оборудование цехов по обработке цветных металлов : [учебник для вузов] / [А. А. Королев, А. Г. Навроцкий, В. А. Вердеревский и др.]. — М.: Металлургия, 1989. — 624 с.
6. Іванченко Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів : [навч. посібник для студ. вузів] / Іванченко Ф. К., Гребеник В. М., Ширяєв В. І. — К. : Вища школа, 1995. — 455 с.
7. Свистунов Е. А. Расчет деталей и узлов металлургических машин : Справочник / Е. А. Свистунов, Н. А. Чиченев. — М. : Металлургия, 1985. — 184 с.
8. Вальцетокарное дело : Справочник рабочего / [Л. А. Томашев, Н. Н.Огарков, В. Е. Соколов и др.]/ - Челябинск : Металлургия, 1990. — 416 с.
9. Синнаве М. Современные высокопроизводительные прокатные валки, особенности и перспективы их эксплуатации / М. Синнаве, К. Гостев, В. В. Глухов, В. С. Смирнов // Сталь. — 2001. - №8. — С.2 — 8.
10. Балаклеец И.А. Производство и эксплуатация центробежнолитых прокатных валков / И. А. Балаклеец, П. П. Долгих, В. Я. Погорелов и др. // Сталь. — 2008. - №1. — С.45 — 46
11. ПРОДУКЦИЯ: НПО "Доникс" :[Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.donixcarbide.com/products/index.html> . - Загл. с экрана.
12. Кугушин А.А. Высокоскоростная прокатка катанки / А.А. Кугушин, Ю.А. Попов. — М. : Металлургия, 1982. — 144 с.
13. Разумные решения прокатки. Опыт с валками Сандвик – время простоя меньше : [Электронный ресурс] — Режим доступа: www.sandvik.com/sandvik/0130/.../SE03411.../Composite%20Rolls%20Catalogue%20RUS.pdf. - Загл. с экрана.
14. Методические материалы. / Самарский подшипниковый завод. — Самара. — 2008. — 32 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.spzgroup.ru/services/metodic.pdf>.
15. FAG. Подшипники FAG в прокатном оборудовании / Schaeffler Gruppe Industrie. WL 17 200/5 RUS. — сентябрь 2007. — 69 с. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.bars-hydraulic.ru/files/inafag/ru/wl17200_5.pdf.
16. Коковихин Ю. И. Технология сталепроволочного производства : [Учебник для студентов вузов] / Ю. И. Коковихин — К. : ВІПОЛ, 1995. — 608 с.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія», усіх форм навчання

Укладач: Володимир Михайлович Самохвал

Підписано до друку _____~~р.~~
Формат __A4__ Обсяг _____ др.арк.
Тираж _____ прим.. Замовлення №__
51918, м. Кам'янське. вул. Дніпробудівська,2.

