

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський державний технічний університет

В. М. Самохвал

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни

КОНСТРУКЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ (за фахом).
Частина 3

освітньо-професійної програми «Металургія»
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 136 – Металургія
усіх форм навчання

Затверджено
Редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
16.03.2017 , протокол № 3

м. Кам'янське
2017

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

Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів (за фахом)". Частина 3. Освітньо-професійної програми «Металургія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 136 – Металургія, усіх форм навчання / Укладач В.М.Самохвал – Кам'янське: ДДТУ, 2017. 58 –с.

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

Відповідальний за випуск: зав.кафедрою ОМТ
доктор техн. наук С.В. Єршов

Рецензент: канд.техн.наук, доцент Г.Ю. Крячко

Затверджено на засіданні кафедри ОМТ (09.03.2017 р.., протокол №. 3)

Конспект містить відомості про конструкції основних технологічних агрегатів цехів з обробки металів тиском. Всі відомості розділено за темами, які передбачені освітньо-професійною та робочою програмами. Окремі теми містять методики розрахунків найважливіших вузлів прокатних станів. Вивчення конспекту дозволить студентам самостійно вивчити теоретичний матеріал дисципліни, або доповнити відомості з підручників.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ТЕМА 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	5
1.1 Сортамент прокату	5
1.2 Класифікація прокатних станів та робочих клітей	7
1.3 Основні складові обладнання прокатних цехів	9
ТЕМА 2. ВАЛКИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ	12
2.1 Загальні відомості	12
2.2 Валки сталеві	16
2.3 Чавунні валки	18
2.4 Твердосплавні валки	20
2.5 Розрахунок валків на статичну міцність	25
ТЕМА 3. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ДОВГОМІРНОЇ ПРОДУКЦІЇ	31
3.1 Сортамент довгомірного прокату	
3.2 Стани з виготовлення довгомірного прокату	
3.3 Конструкції робочих клітей для виготовлення довгомірного прокату	
3.4 Обладнання поточних технологічних ліній станів довгомірного прокату	41
ТЕМА 4. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛОСКОГО ПРОКАТУ	43
4.1 Товстолистові стани	
4.2 Широкоштабові стани гарячого прокатування	
4.3 Штабові стани холодного прокатування	
ТЕМА 5. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБ	
ТЕМА 6. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛІВ ЗГИНАННЯМ	
ЛІТЕРАТУРА	

ВСТУП

Процеси обробки металів тиском, як завершальні стадії металургійного циклу, забезпечують виготовлення готової продукції металургії. На відміну від процесів виготовлення чавуну та сталі, основної задачею яких є виготовлення металу певного хімічного складу, в процесах обробки металів тиском виготовляють продукцію відповідної форми та заданими властивостями без зміни хімічного складу. Зважаючи на різноманітність видів продукції металургії за призначенням, формою, розмірами та властивостями, маємо значну різноманітність процесів обробки тиском та механічного обладнання для їх здійснення. Наприклад, для виготовлення листа товщиною 20 мм і для стрічки товщиною 20 мкм використовують прокатні стани. Але ці стани, як і їх допоміжне обладнання, суттєво відрізняються як за конструкцією так і за технічними характеристиками. Без ґрунтовних знань механічного обладнання відповідних процесів обробки тиском неможливе їх ефективне здійснення і забезпечення виготовлення продукції з потрібними властивостями.

Саме тому дисципліна «Конструкції технологічних агрегатів (за фахом)» освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня освіти як нормативна (обов'язкова) складова підготовки фахівців спеціальності 136 «Металургія» усіх спеціалізацій (136.1 – металургія чорних металів; 136.2 – ливарне виробництво; 136.3 - обробка металів тиском).

Основною метою викладання дисципліни «Конструкції технологічних агрегатів (за фахом)» є вивчення студентами 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, трубних та профілезгинальних цехів.

ТЕМА 1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

1.1 Сортамент прокату

Майже вся сталь, що виплавляється на металургійних підприємствах, переробляється в прокат, тобто продукцію, при виготовленні якої застосовано процеси прокатування.

За визначенням процес прокатування – *«Вид обробки металів тиском, який зводиться до переміщення металу між парами валків, що обертаються з однаковою швидкістю але у протилежних напрямках, та розташованих так, що відстань між ними менша ніж (початкова) товщина металу»* [Britannica Online Encyclopedia – <http://britannica.com>].

Такий процес прокатування називають простим. Простим тому, що відомі й інші процеси прокатування з більш складною кінематикою руху та геометрією валків. Особливістю простого процесу прокатування є те що валки, точніше сили тертя, що виникають в контакті металу з валками, втягують метал в осередок деформації, утворений цими валками, і забезпечують його переміщення через осередок.

Отже головним елементом будь-якого процесу прокатування є **валки, що обертаються**. Сукупність валків та інших деталей, механізмів і машин, що забезпечують розташування та привід валків, утворює прокатний стан.

В будь-якому прокатному цеху реалізується певний виробничий процес, метою якого є виготовлення наперед визначеного переліку продукції. Виробничий процес складається з певної послідовності технологічних процесів, які здійснюють певні дії з вихідним матеріалом (заготовкою) для забезпечення заданих властивостей готового виробу. Кожен технологічний процес може здійснюватись як одна дія (технологічна операція) або як послідовність однотипних дій (технологічні переходи). Переходи виконують на одному й тому ж обладнанні або на однотипному обладнанні, режимами роботи якого відрізняються лише за технологічними параметрами (налаштуванням).

Отже, для здійснення кожного з технологічних переходів, кожної з операцій та процесів в цеху встановлюється відповідне обладнання. Крім цього, для переміщення заготовки між обладнанням для здійснення відповідних операцій, застосовують внутрішньо цеховий технологічний транспорт, який теж є складовою обладнання цеху. Таким чином, склад та характеристики обладнання будь-якого прокатного цеху визначається перш за все видом та параметрами продукції.

Увесь прокат в залежності від призначення, форми, розмірів, та особливостей технології умовно розділяють на чотири основні групи [1]:

- довгомірний прокат (профілі простої форми, фасонний прокат, арматура);
- плоский прокат (товсті листи; штаби, бляха, стрічка, фольга);
- труби;
- спеціальні профілі.

Узагальнена номенклатура (сортамент) прокату наведений на рисунку 1.1

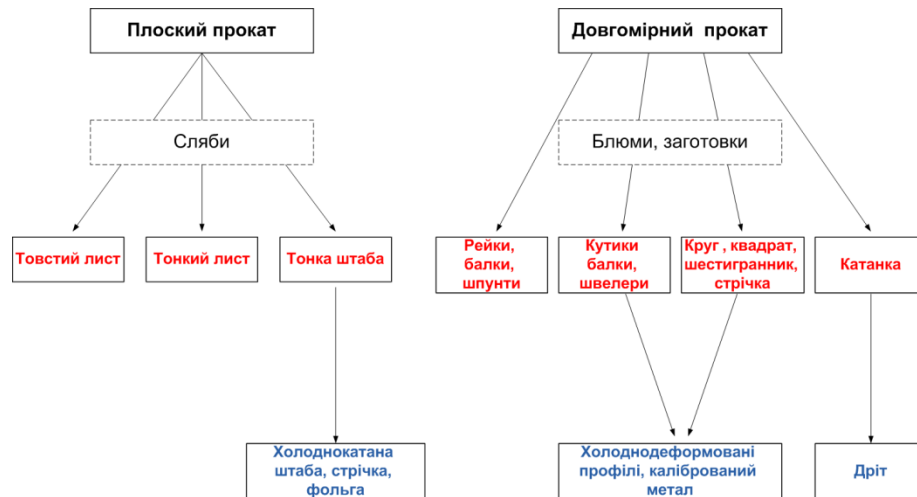


Рисунок 1.1 – Сортамент прокату

Плоский прокат, в залежності від способу виготовлення розділяють на гарячекатаний та холоднокатаний.

Гарячекатаний прокат розділяють на плити (товщина понад 50 мм), товстий лист (товщина понад 4 мм), тонкий лист (за діючими стандартами від 0,5 до 4 мм). За деякими стандартами границею розділення товстого та тонкого листа є 3 мм [2]. За діючими термінологічними стандартами листом називають плоский прокат певної довжини. Якщо ж довжина не визначена а розкат після прокатування змотується в рулон, такий прокат називають штабою.

Холоднокатані листи та штаби виготовляють товщиною 6 мм і менше. Бляху, як виріб для пакування, виготовляють холодним прокатуванням за одне або два обтискання (переділи), з товщиною 0,17 – 0,49 та 0,14 – 0,29 мм, відповідно. Також виготовляють холоднокатані листи та штабу з металевими або неметалевими покриттями.

Довгомірний прокат за формою перерізу розділяють на прокат простої форми (круг, квадрат, шестигранник, штаба) та фасонний (кутики, таври, швелери, балки, шпунти та інші профілі спеціального призначення). Аналогічно до поділу плоского прокату на листи та штабу, сортовий прокат розділяють на прутки та стрижні. Прутки постачають у прямих відрізках (визначена довжина), а стрижні змотують у неправильні вільні мотки (довжина не визначена). За розмірами довгомірний прокат умовно розділяють на крупно сортний, середньосортний, дрібно сортний та катанку (круглий прокат діаметром від 5 до 10 мм). Відповідно, для кожної такої групи розроблено спеціалізовані прокатні стани. На додаток до сортових станів виділяють обтискні та заготовочні стани, основною продукцією яких є напівпродукт – заготовка для сортових станів.

Труби розділяють на гарячекатані та холоднокатані, безшовні та зварні.

До спеціальних профілів відносять колеса залізничних вагонів, заготовки залізничних осей та різноманітних валів з періодичним профілем, заготовки зубчатих коліс, сталеві кулі для млинів та інше.

Для виготовлення наведених видів прокату застосовують відповідні прокатні стани.Тобто, для кожного з видів прокату розроблено і введено у діюпрокатністани,

конструкція і технічні параметри яких забезпечують максимально можливу ефективність виробничих процесів.

За останні кілька десятиріч спостерігається стала тенденція до збільшення обсягів виробництва довгомірного прокату простої форми (круг, арматура). Не можна казати, що виробництво плоского прокату та труб за цей період зменшувалось. Але темпи приросту їх виробництва були значно меншими у порівнянні з довгомірним прокатом. Відповідно найбільший прогрес в технології та конструкціях прокатних станів спостерігається для станів з виготовлення довгомірного прокату та катанки. Але і інші типи прокатних станів удосконалюються з метою зменшення енерговитрат та збільшення ефективності використання обладнання.

Розглянемо основні типи існуючих прокатних станів.

1.2 Класифікація прокатних станів та робочих клітей

Прокатні стани класифікують за такими ознаками:

- призначення (за видом продукції);
- розташування робочих клітей;
- характерний параметр (розмір).

1.2.1. За призначенням, тобто за видами продукції, як зазначено вище, прокатні стани (за винятком трубних і для спеціальних профілів) розділяють на такі основні групи:

- обтискні і заготовочні (для виготовлення напівпродукту: блюмів, слябів, заготовок);
- стани для довгомірної продукції (рейкобалкові, крупносортні, середньосортні, дрібносортні, з виготовлення катанки);
- стани для плоского прокату (товстолистові, штабові гарячого та холодного прокатування).

Основні типи станів, за видами прокату, показано на рисунку 1.2.

Але для кожного з цих типів станів можливе застосування різноманітного складу обладнання, різних варіантів конструкцій, широкий діапазон зміни технічних характеристик та продуктивності.

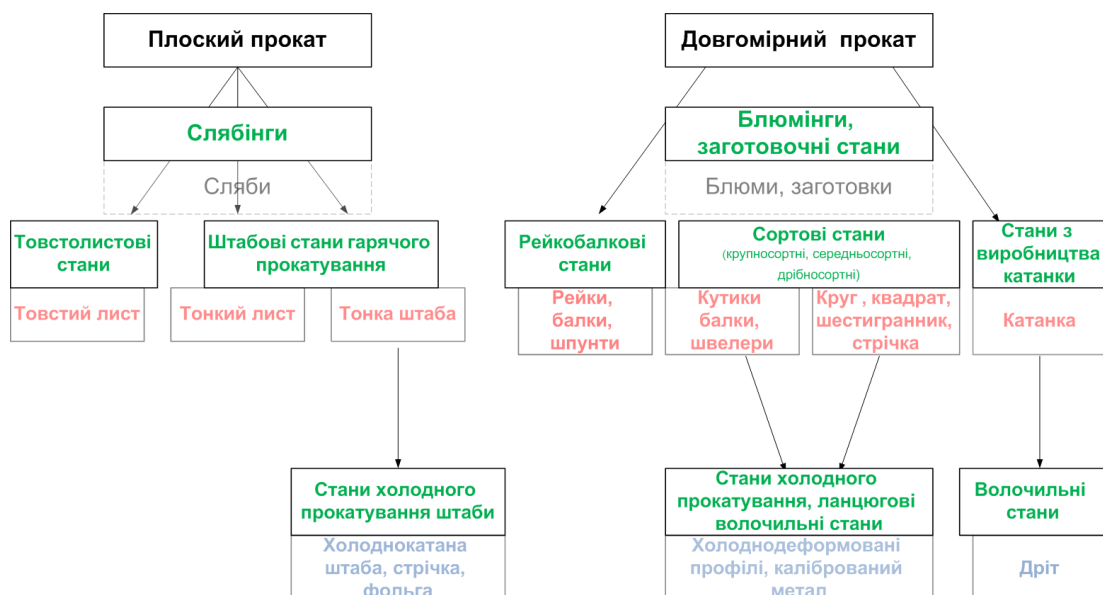


Рисунок 1.2 - Типи прокатних станів для виготовлення відповідних видів прокату

Крім цього, групу сортових станів, за міжнародною класифікацією розділяють на стани з виготовлення профілів простої форми (barmill) та профілів для конструкцій (sectionmill - фасонні профілі для будівництва: кутики, швелери, балки). У свою чергу, стани для виготовлення профілів розділяють стани для важких (heavysection) та легких профілів (lightsection).

1.2.2. В залежності від розташування робочих клітей та особливостей технології прокатні стани розділяють одно клітьові та багатоклітьові. Приклад одно клітьових станів – блюмінги. Одноклітьові стани є переважно реверсивними.

В свою чергу багатоклітьові стани можуть мати лінійне або послідовне розташування клітей. Для багатоклітьових станів процес прокатування може здійснюватись в кожній клітці (проході) окремо або в кількох клітках одночасно, тобто як послідовний або як неперервний процес (рисунки 1.3, 1.4).

Як приклад розглянемо особливості технології на лінійному стані. Конструкція і технологія прокатування на таких станах удосконалювалась десятиліттями і були доведені до певного рівня досконалості. Зважаючи на привід від водяного колеса для підвищення продуктивності використовували переважно кліті тріо. Це дозволяло здійснювати прокатування без реверсування стану використовуючи верхній і нижній горизонти прокатування. Коли розкат після виходу з одного калібру задавали в наступний калібр відбувався процес послідовного прокатування. Коли після виходу переднього кінця розкату з одного калібру його відразу задавали у наступний, відбувався неперервний процес прокатування. Передачу розкату з калібру в калібр для забезпечення неперервного процесу здійснювали вручну (з утворенням петлі) або за допомогою обвідних апаратів.

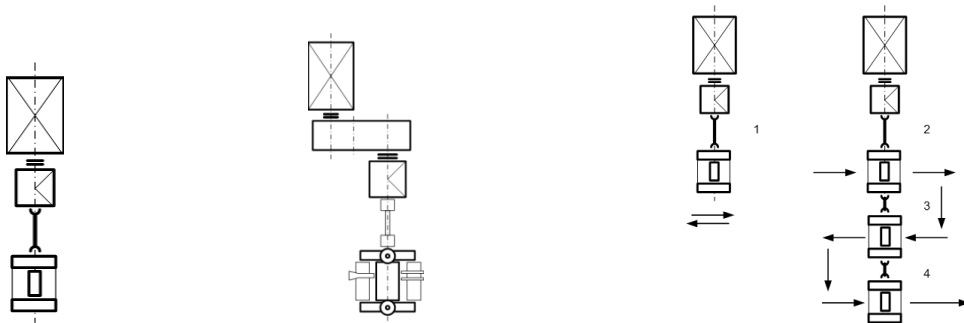


Рисунок 1.3 – Схеми розташування одно клітьових та лінійних станів

Серед станів з послідовним розташуванням клітей виділяють стани, на яких прокатування здійснюється окремо в кожній клітці, одночасно у всіх клітках (неперервний процес), або як поєднання двох попередніх (напівнеперервний процес). При цьому напівнеперервні стани можуть бути з реверсивною кліткою і неперервною групою клітей, або з послідовно розташованими клітьками в яких виключено неперервне прокатування.

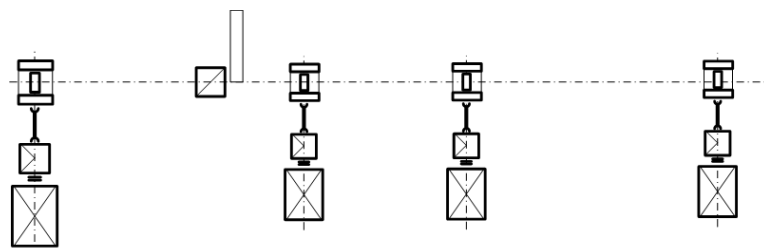


Рисунок 1.4 – Схема послідовного розташування клітей стану

Робочі кліті, як основні складові прокатних станів, класифікують за такими ознаками:

1. кількість валків;
2. розташування валків;
3. спосіб прокатування.

В залежності від кількості валків відрізняють: кліті дуо; тріо; кварто; шестивалкові; двадцятивалкові; та інші. Класифікація робочих клітей станів за кількістю валків наведена на рисунку 1.5.

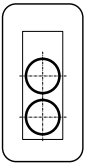
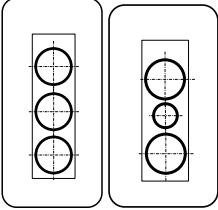
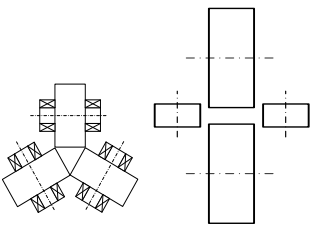
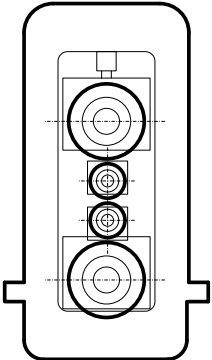
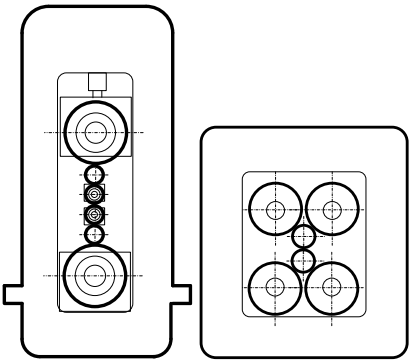
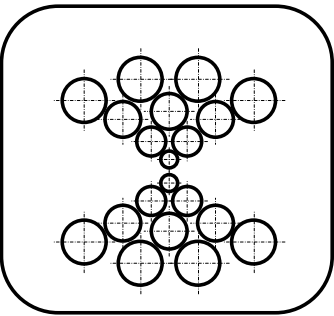
Кліті «дуо» - двовалкові	Кліті «тріо»	Тривалкові та універсальні
		
Кліті «кварто»	Шестивалкові	Багатовалкові
		

Рисунок 1.5 – Компоновки робочих клітей прокатних станів

В залежності від розташування валків виділяють кліті з горизонтальними валками; з вертикальними валками; багато валкові з комбінацією горизонтальних та вертикальних валків або тривалкові.

За способом прокатування кліті прокатних станів називають реверсивними, з послідовним прокатуванням, з неперервним процесом прокатування.

1.2.3. Стани одного й того ж типу розділяють за характерним розміром.

Для сортових та заготовочних станів характерним розміром є діаметр бочки валка. Наприклад, заготовочний стан 900/700/500, заготовочний стан 900/750, рейкобалковий стан 650, середньосортний стан 350, дрібносоротно-проволочний 300/150.

Для станів з виготовлення плоского прокату характерним розміром є довжина бочки валків. Наприклад, товстолистовий стан 3600, неперервний широкоштабовий стан 2000, стан 1400 для виготовлення бляхи.

Для станів поперечно-гвинтового прокатування характерним розміром є діаметр вихідної заготовки. Наприклад стан 250.

1.3 Основні складові обладнання прокатних цехів

Машини і обладнання прокатних цехів зазвичай розділяють на дві основні групи [1]:

- машини і механізми головної лінії прокатного стану;
- машини і агрегати поточних технологічних ліній.

Головна лінія класичного прокатного стану складається з таких обов'язкових елементів:

- робочої кліті;
- передаючих механізмів;
- головного електродвигуна.

Інакше кажучи, головна лінія прокатного стану складається з однієї машини (електродвигуна), передаточних механізмів та комплексу робочих механізмів об'єднаних в робочу кліть.

В **робочій кліті**, як основній складовій головної лінії стану, здійснюється прокатування, тобто пластична деформація металу. Робочим інструментом для здійснення деформації металу слугують прокатні валки.

Робочі валки класичного прокатного стану складаються з трьох основних елементів: бочки (робочої ділянки); шийок (для розміщення підшипникових опор); привідної ділянки.

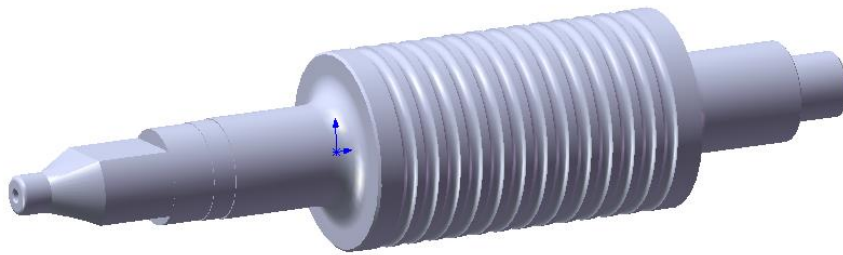


Рисунок 1.6 – Валок сортового стану

Бочка валка може бути циліндричною (листові валки), або мати кільцеві проточки певної форми (врізи, ручаї). Врізи двох валків утворюють калібри.

Валки встановлюються в підшипниках, які розмішують в подушках. Тобто подушка є корпусом для підшипника. Подушки розміщують в станині з можливістю переміщення, що забезпечує зміну зазору між валками. Так як кожен валок має дві опори, застосовують дві станини. З'єднані між собою станини утворюють робочу кліть (рисунок 1.7).

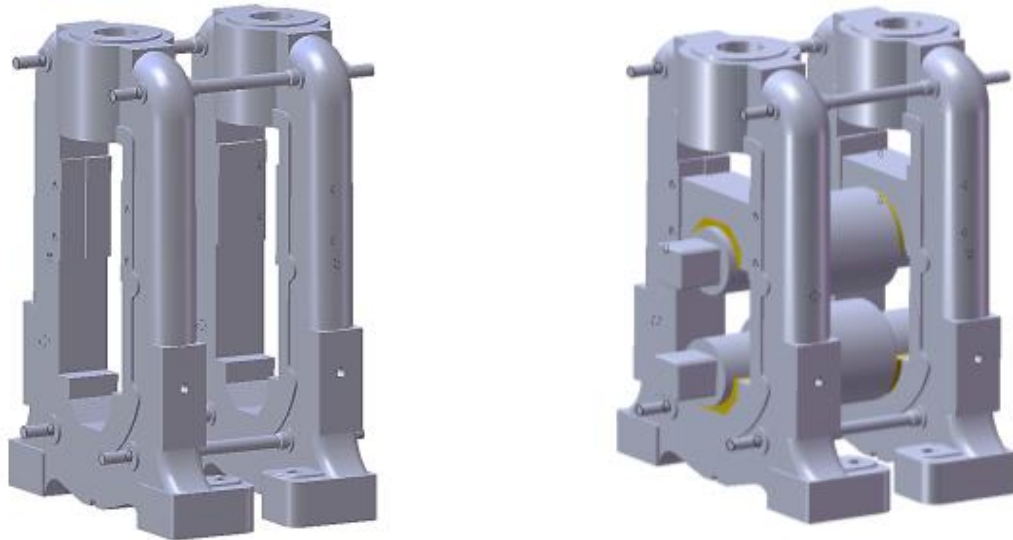


Рисунок 1.7 – Робоча кліть

Сила прокатування передається від подушок через натискні гвинти на гайки натискного механізму, які розташовані в поперечинах станин. Таким чином, станини прокатного стану замикають силовий контур, тобто сприймають силу прокатування від деформації металу. Крім натискного механізму робоча кліть обов'язково має механізми врівноважування верхнього валка та механізм осьового регулювання валків.

Таким чином, робоча кліть прокатного стану складається з основних деталей: валки, подушки, станини; та механізмів: натискного, врівноважування, осьового регулювання.

Передаточні механізми забезпечують передачу обертального руху від машини до прокатних валків. Обов'язковими передаточними механізмами є муфти, шестеренна кліть та шпинделі. Крім цього, за потреби, передаточні механізми головної лінії можуть бути доповнені редуктором та механізмами врівноважування шпинделів.

Муфти забезпечують передачу обертального руху між валами різних механізмів. При без редукторному приводі головна лінія містить лише одну моторну муфту, яка з'єднує електродвигун з шестеренною кліттю. При наявності редуктора, крім моторної муфти між двигуном та редуктором, застосовують корінну муфту, яка з'єднує редуктор та шестеренну кліть. Назву «корінна», ця муфта отримала через її важливість для передачі великих обертальних моментів.

Шестеренна кліть являє собою редуктор з передаточним числом 1 і призначена для розподілення обертального моменту між привідними валками прокатного стану.

Шпинделі забезпечують передачу обертального руху від шестеренної кліті до валків, тобто між валами з різною міжосьовою відстанню. Відомі такі типи шпинделів: тrefові; універсальні; шарові; зубчасті; карданні. На сучасних станах застосовують переважно карданні (сортові стани) та зубчасті (стани плоского прокату).

Машинами для приводу у більшості прокатних станів є переважно двигуни постійного струму, які забезпечують регулювання частоти обертання. Для отримання постійного струму

використовують тиристорні перетворювачі або системи двигун-генератор. Останніми роками набувають поширення двигуни змінного струму з частотним регулюванням.

До машин і агрегатів поточних технологічних ліній відносять обладнання, яке не входить до головної лінії прокатного стану, але яке передбачене виробничим процесом. Це досить різноманітне обладнання, склад якого визначається видом продукції та технологічними процесами. До нього відносять зливковози, роликові транспортери (рольганги), завантажувальні та розвантажувальні пристрої нагрівальних печей, кантувачі, маніпулятори, пристрої для розрізання розкатів (ножиці, пили), машини для виправлення розкатів, пристрої для охолодження розкатів (холодильники), конвеєри та інше різноманітне обладнання.

ТЕМА 2. ВАЛКИ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

2.1 Загальні відомості

Валки прокатних станів, як основний робочий інструмент процесу прокатування, є унікальним виробом металургії та машинобудування.

Для отримання прокату заданих розмірів та форми прокатні валки повинні мати відповідний комплекс властивостей. Зазвичай такі властивості суперечать одна одній, тому приходится забезпечувати оптимальні комбінації значень властивостей. Наприклад, валки повинні мати достатню здатність захватувати метал (високий коефіцієнт тертя) але одночасно високу зносостійкість (малий коефіцієнт тертя); високу міцність та зносостійкість і одночасно прийнятну здатність до механічної обробки; здатність до термічної обробки (загартування для підвищення твердості) і разом з тим високу термічну стійкість (зберігати властивості під дією високих температур); мати високу твердість робочої поверхні для забезпечення зносостійкості і одночасно сприймати динамічні навантаження. Такий комплекс суперечливих властивостей забезпечується підбором відповідних вихідних матеріалів (хімічним складом) та особливими технологіями виплавки, відливання, механічної та термічної обробки.

Унікальність технологій виготовлення валків обумовлена не тільки особливими матеріалів та специфічним комплексом властивостей, а також їх геометричними параметрами. Наприклад, діаметри валків, в залежності від їх призначення, змінюються в досить широких межах: від 5 мм для робочих валків двадцятивалкових станів з прокатування надтонких стрічок, до 2400 мм для опорних валків товстолистових станів. Довжина бочки може становити від 50 мм до 6 м. Маса заготовок для виготовлення валків в окремих випадках досягає 300 т.

Основними елементами класичного прокатного валка є бочка, шийки та привідна ділянка. Згідно галузевого стандарту СОУ МПП 77.180-109:2007 «Валки сталеві ковані листових, обтискних та сортових станів для гарячого прокатування чорних металів. Технічні умови» впроваджено наступні визначення основних елементів валка:

Валок – основний робочий орган (інструмент) прокатного стану для безперервної пластичної деформації металів і сплавів.

Бочка валка – середня частина валка, яка бере активну участь у процесі прокатування, циліндричної форми з гладкою або профільованою поверхнею.

Шийки валка – частини, розташовані по обидва боки бочки, призначені для опори і приводу валка.

Бандаж – сталеве кільце, яке надіте на вісь валка, має високу твердість та зносостійкість, бере активну участь у процесі прокатування.

Вісь – деталь збірного валка, яка призначена для опори і приводу валка.

Лопать – плаский привідний кінець валка.

Трефа – привідний кінець валка з виїмками.

Співвідношення розмірів елементів найбільш поширених прокатних валків визначені ГОСТ 5399-69 «Валки прокатні. Основні розміри». Дія стандарту поширюється на

горизонтально розташовані робочі та опорні валки станів гарячого та холодного прокатування. Цим стандартом визначено розміри для таких типів валків:

- з циліндричними шийками для підшипників ковзання;
- з циліндричними шийками для підшипників кочення;
- з конічними шийками для підшипників рідинного тертя.

Основні параметри таких типів валків наведено на рисунку 2.1.

Співвідношення між довжиною L та діаметром D бочки валка змінюються в межах від 0,8 до 4,0. Для станів різних типів характерні відповідні значення цього параметру. Так для обтискних і заготовочних станів $L/D=2,2 - 2,7$; для сортових 1,6 – 2,5; для товстолистових станів 2,0 – 2,8; для робочих валків станів кварто 3 – 5, для опорних – 0,9 – 2,5.

Також важливим конструктивним параметром валків є співвідношення між діаметрами шийки та бочки валка d/D . Цей параметр визначають з умов забезпечення однакової міцності бочки та шийки або за конструктивними умовами розміщення підшипникових вузлів. Для блюмінгів та слябінгів відношення d/D становить 0,55 – 0,60; для товстолистових станів 0,67 – 0,75; для заготовочних і сортових 0,60 – 0,70.

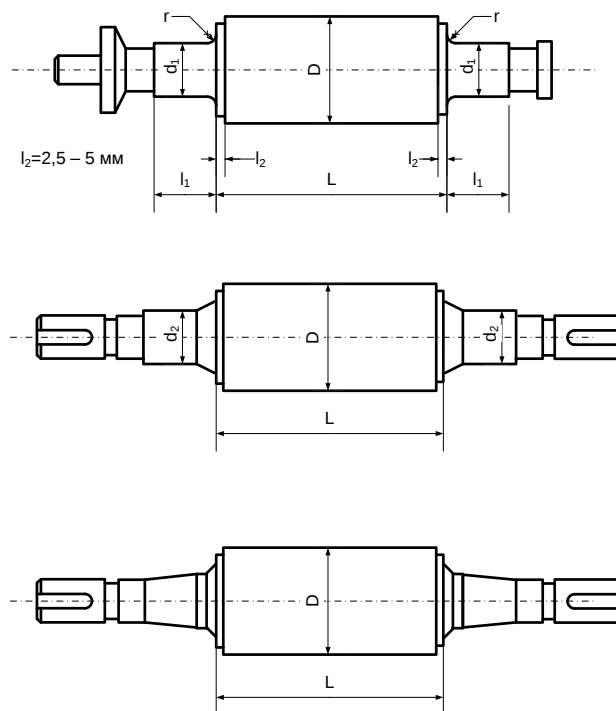


Рисунок 2.1 – Типи прокатних валків згідно ГОСТ 5399-69
(з циліндричними шийками для підшипників ковзання,
з циліндричними шийками для підшипників кочення,
з конічними шийками для підшипників рідинного тертя)

Діаметри шийок валків для підшипників ковзання змінюються від 150 до 950 мм.

Довжина шийок валків з підшипниками ковзання вибирається в залежності від діаметру. Відношення довжини шийки до її діаметру змінюється в межах 0,8 – 1,2.

Для підшипників кочення шийки можуть бути циліндричними або конічними. Діаметри циліндричних шийок валків під підшипники кочення вибирають з ряду: 140; 150; 160; 170; 180; 190; 200 і далі через 20 мм до 500 мм; 530; 560; 600; 630; 670; 710; 750; 800; 900; 950. Довжина циліндричних шийок валків на підшипниках кочення визначається розмірами посадочних кілець підшипників. Довжина шийок та їх розміри для підшипників з конічними посадочними кільцями не встановлюються і приймаються за згодою виробника та замовника. При цьому конусність посадочної ділянки для підшипників кочення становить 1:10 – 1:12.

Слід відзначити суттєве ускладнення конструкції валків, що встановлюються на підшипниках кочення, в порівнянні з валками на підшипниках ковзання. Найбільш наочно це видно на прикладі валків клітей 750 ТЗС, креслення яких наведено на рисунку 2.2.

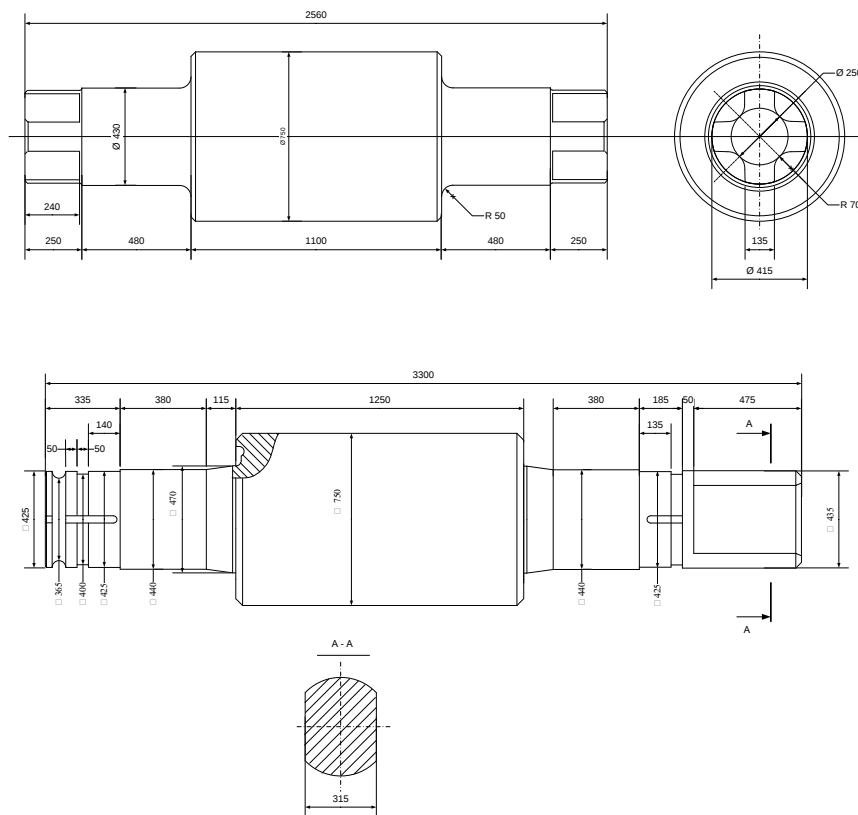


Рисунок 2.2 – Конструкція валків клітей 750 для підшипників ковзання (верхній) та кочення

Розміри шийок під підшипники рідинного тертя визначаються ГОСТ 7999-70 «Підшипники рідинного тертя для прокатних станів. Типи, основні параметри і розміри». Стандартом передбачено виготовлення підшипників двох виконань для двох діапазонів діаметрів: від 140 до 350 мм та від 400 до 1800 мм. Зазначений параметр стосується діаметру підшипника по поверхні ковзання. Діаметр шийки валка, на якій розміщується конусна посадочна втулка підшипника, відповідно буде меншою. Діаметр (більший) шийок змінюється від 120 до 1650 мм. Конусність посадочної ділянки становить 1:5. Відношення довжини посадочної ділянки до діаметру (більшого) шийки становить 0,60 0,75 або 0,90.

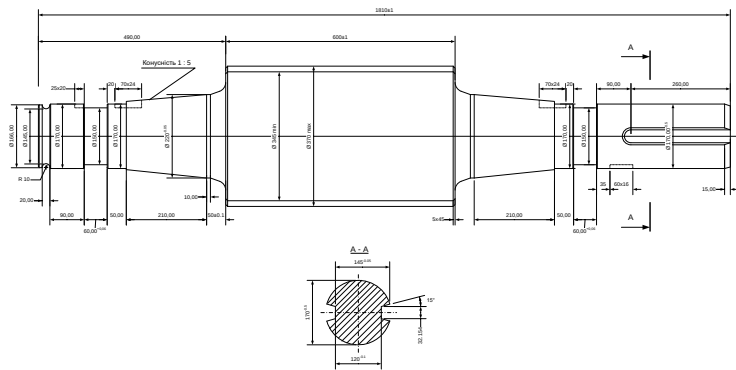
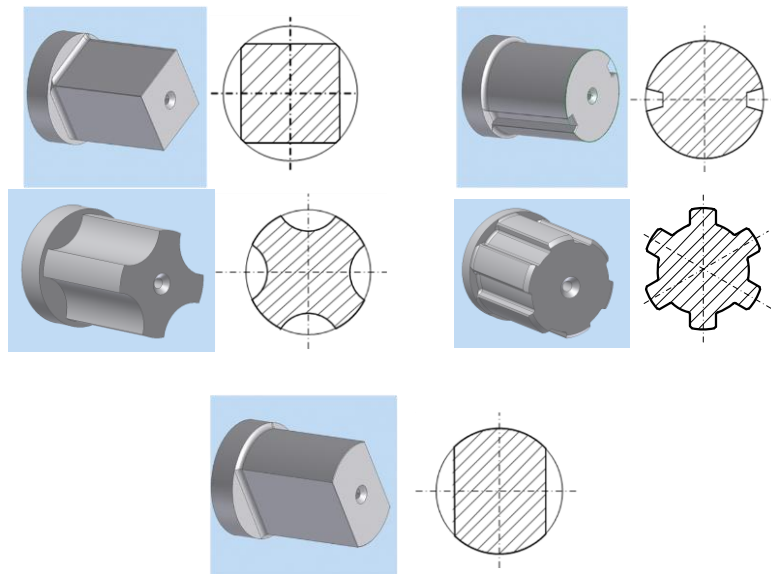


Рисунок 2.3 – Конструкція валка для підшипників рідинного тертя

Привідні ділянки валків забезпечують передачу крутного моменту від шпинделів. За конструктивним виконанням найбільш поширеними є такі форми поперечного перерізу привідних ділянок: квадрат; треф; лопать; з шпонковими пазами; шліцьова. Конфігурація привідних ділянок валків показана на рисунку 2.4.



Рисунок

2.4

-

В залежності від твердості робочої ділянки валки розділяють на три групи:

- м'які – з твердістю від 150 до 250 HB;
- напівтверді – від 250 до 400 HB;
- тверді – з твердістю понад 400 HB.

Вартість однієї тони прокатних валків становить від 5 до 15 тис. грн.. Витрати на прокатні валки становлять близько **5% витрат по переділу**. Враховуючи таку значну вартість валків на кожному металургійному підприємстві оснащують спеціалізовані вальцетокарні майстерні, тобто окремі цехи для підготовки та відновлення валків прокатних станів. В кожному цеху здійснюється постійний облік парку валків.

Підготовка валків зводиться до нарізання калібрів або формування заданого профілювання листових валків. В процесі експлуатації валків їх робоча поверхня (бочка листових валків, калібри) піддається зношуванню. Для відновлення геометричних параметрів

робочих ділянок валки переточують або перешліфовують. Загальна величина зменшення діаметру валків за кілька переточок може становити:

- для валків блюмінгів, слябінгів 0,1 – 0,16;
- для сортових станів 0,08 – 0,10;
- для станів з виробництва катанки 0,05 – 0,08.

Повністю зношені сталеві валки відновлюють шляхом наплавлення їх поверхні. Після наплавлення валки піддають термічній обробці, знову нарізають калібри і продовжують їх використання.

Зважаючи на такі особливості технологій виготовлення, виробництво валків здійснюється на спеціалізованих підприємствах та великих машинобудівних підприємствах. Наприклад, Дніпропетровський завод прокатних валків, Лутугінський завод прокатних валків, Старокраматорський завод важкого машинобудування та інші.

На прокатних станах використовують валки, виготовлені з сталей, чавуну або твердих сплавів.

2.2 Валки сталеві

Сталеві валки виготовляють литими або кованими.

На станах гарячого прокатування застосовують як ковані так і литі сталеві валки (а також литі чавунні). Для холодного прокатування застосовують лише ковані валки.

Ковані сталеві валки виготовляють за галузевим стандартом СОУ МПП 77.180-109:2007 «Валки сталеві ковані листових, обтискних та сортових станів для гарячого прокатування чорних металів. Технічні умови».

В залежності від призначення виділяють такі типи валків:

- Л – робочі валки листових станів;
- О – опорні валки суцільні листових станів;
- ОС – опорні валки складені (збірні) листових станів;
- Б – валки для блюмінгів і слябінгів;
- З – валки для заготовочних станів;
- Р – валки для рейкобалкових станів;
- С – валки для сортових станів.

Основні параметри, розміри валків та марки сталі повинні відповідати наведеним у таблиці 1.1. Валки постачають з грубо обробленою ($Ra=20$ мкм) бочкою з припуском під остаточну механічну обробку.

Шийки валків повинні бути чисто обробленими з шорсткістю поверхні, що не перевищує $Ra=5$ мкм.

Валки повинні бути зацентровані. Центрові отвори можуть виконуватись під кутом 60° , 75° або 90° з шорсткістю конусної поверхні не більше $Ra=6,3$ мкм.

Уков по перерізу бочки валка при використанні ковальських зливків загального призначення повинен бути для поковок валків діаметром до 600 мм не менше ніж 3,0, а для діаметрів понад 600 мм – не менше ніж 2,5.

Таблиця 2.1

Позначення типу валка	Діаметр бочки, мм, не більше	Довжина бочки, мм, не більше	Маса, т, не більше	Марка сталі
Л	1400	4500	50	50, 55, 55Х, 50ХН, 60ХН, 75ХМ, 9Х1, 9Х2, 90ХФ, 9Х2МФ
О	1600	3100	60	60ХН, 75ХМ, 75ХМФ, 9Х1, 90ХФ, 90ХМФ
ОС	Бандаж 1600	--	--	9Х1, 9Х2, 90ХФ, 90ХМФ
	Вісь --	--	--	45ХНМ, 40ХН2МА
Б	1500	3600	60	50, 55, 55Х, 50ХН, 60ХН
З	1350	2800	40	50, 55, 55Х, 50ХН, 60ХН
Р	950	2500	20	50, 55, 55Х, 40ХН, 50ХН, 60ХН, 60ХГ, 9Х1, 90ХФ, 9Х2МФ, 75ХМФ
С	900	2400	15	

Як видно з таблиці 2.1 для кованих валків використовують переважно доевтектоїдні сталі, тобто з вмістом вуглецю до 0,8%. Валки «доевтектоїдного» класу відрізняються високою пластичністю та в'язкістю. Зношення таких валків відбувається як зсув тонких прошарків окремих ділянок поверхні, тобто з значною нерівномірністю, що призводить до утворення на поверхні заглибин, які поступово збільшуються в розмірах. Чергування заглибин з виступами поверхні називають сіткою розгару.

Валки з заевтектоїдних сталей, як ковані так і литі, забезпечують до трьох разів вищу зносостійкість. Це обумовлено іншим механізмом зношування їх поверхні. Завдяки наявності надлишкових карбідів зношення таких сталей (за однакової твердості з евтектоїдними) відбувається у вигляді відколювання дрібних часточок. Тому такі валки зношуються більш рівномірно і зберігають гладку поверхню увесь період роботи (установки). Хімічний склад (за основними складовими) деяких сталей для валків наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 2.2 - [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]

Матеріал	Вміст основних елементів, %			Твердість HSC
	С	Cr	Mo	
Кована сталь	0,4 – 0,8	< 0,5	< 0,2	28 - 38
Лита сталь	0,5 – 0,9	< 0,5	< 0,2	32 - 42
Адаміт	1,2 – 1,7	1,4 – 1,7	0,1 – 0,4	40 - 55
Напівсталь	1,5 – 1,9	0,7 – 1,5	0,1 – 0,5	35 - 50
Хромиста сталь	1,3 – 2,0	10 - 12	1 - 4	68 - 78
Спеціальна сталь (швидкоріжуча)	0,6 – 1,0	6,5 – 8,5	2 - 5	70 - 90

Легування сталі марганцем у кількості 0,5 – 0,9 % забезпечує очищення сталі від неметалевих включень або надає їм сферичну форму. Тобто, в такій кількості марганець діє як розкислювач сталі. Збільшення вмісту марганцю до 1,4 – 2,2 % забезпечує поліпшення термічної оброблюваності сталі шляхом нормалізації та зростання механічних властивостей. Отже, марганець у кількості понад 1,4 % діє переважно як легуючий елемент. [Валковая сталь]

Аналогічно проявляється дія кремнію у валкових сталях. Вміст кремнію від 0,25 до 0,6 % забезпечує розкислення сталі, а при збільшенні вмісту до 0,8 – 1,2 % спостерігається легування фериту, що збільшує міцність сталі.

Нікель та хром, використовують як легуючі елементи для збільшення показників міцності, термічної стійкості та зносостійкості.

Молібден та ванадій застосовують для формування дрібнозернистої структури, що забезпечує збільшення показників механічних властивостей сталі.

Крім вищенаведених сталей за останні роки освоєно виготовлення валків з сталей 70X15H5, 100X15H5, 150X15H5, 150X12H4 а також сталі 150X15H5BM, яка додатково легована вольфрамом та молібденом (до 1% кожного).

2.3 Чавунні валки

Чавунні валки застосовують при гарячому прокатуванні на сортових та листових станах. Такі валки забезпечують достатньо високу зносостійкість (у кілька разів вищу ніж сталеві).

В залежності від хімічного складу виділяють валки з нелегованого чавуну з пластинчастим або шаровидним графітом та з легovanого чавуну (хромонікелеві та високо хромисті).

В залежності від наявної структури робочої поверхні валки розділяють на перліто-графітові (ПГ), перліто-карбідо-графітові (ПКГ) та перліто-карбідні (ПК).

Перліто-графітова структура – це звичайний сірий чавун, що має у структурі включення графіту (вільний вуглець). Такі валки мають достатню міцність, добре сприймають динамічні навантаження (удари), мають більш високу зносостійкість ніж валки з вуглецевих сталей, але меншу ніж інші чавунні валки. Твердість робочої поверхні таких валків становить від 200 до 280 НВ. Стійкість валків з сірого чавуну суттєво залежить від форми графіту у структурі. Такі включення можуть мати пластинчасту або закруглену (шаровидну, кулеподібну) форму. Валки з кулеподібними включеннями графіту мають кращі експлуатаційні властивості. Зносостійкість таких валків на 30 - 40% вище за валки з пластинчастим графітом.

Якщо в процесі відливання забезпечити інтенсивний відвід тепла від робочої поверхні, отримаємо перліто-карбідну структуру поверхневого прошарку, який називають відбіленим чавуном. Твердість відбіленого прошарку досягає 380 – 440 НВ. Висока твердість відбіленого чавуну забезпечує високу зносостійкість. Але збільшення твердості призводить до крихкості і руйнуванню від динамічних навантажень. Поєднання робочого прошарку з відбіленим чавуном, перехідної ділянки з перліто-карбідо-графітовою структурою та серцевини з сірого чавуну забезпечує добрі експлуатаційні властивості чавунних валків: високу зносостійкість та здатність сприймати динамічні навантаження.

Більш висока зносостійкість чавунних валків обумовлена відмінностями процесу зношення, які пов'язані з наявністю в структурі карбідів. Наприклад для напівтвердих валків спостерігається дві стадії процесу зношування. На першій стадії відбувається локальне зношення у вигляді окремих точок, на другій – інтенсивно руйнується вся робоча поверхня. Точкове зношення виникає в місцях виходу на поверхню валка вільного графіту. Далі зношення розповсюджується по всьому перлітному зерну, міцність якого зменшена наявністю фериту. Зношення перлітних зерен на робочій поверхні призводить до

викришування зерен цементиту. Поступово точкове зношення розповсюджується на всю робочу поверхню валка і починається друга стадія зношення. Друга стадія зношення характеризується більш інтенсивним зношенням через прояви фазових перетворень в поверхневих прошарках валка, наслідком чого є виникнення мікротріщин. Збільшення мікротріщин в розмірах під дією навантажень призводить до викришування окремих ділянок, погіршення якості поверхні валків та прокату.

Стійкість чавунних валків забезпечують також за рахунок зменшення вмісту фосфору до рівня 0,06 – 0,1 %. Валки з такого низькофосфористого чавуну мають на 30 – 50% вищу границю міцності, в 2 – 3 рази вищу зносостійкість, вищі ударну в'язкість та відносно подовження в порівнянні з сірим чавуном з вмістом фосфору понад 0,1 %. Це пояснюється тим, що за низького вмісту фосфору в структурі чавуну відсутні фосфорити, які є крихкими і зменшують міцність.

Розглянемо хімічний склад деяких, найбільш поширених чавунних валків (таблиці 2.3, 2.4)

Таблиця 2.3 – Хімічний склад чавунних прокатних валків [Вальцетокарное дело : Справочник рабочего / [Л. А. Томашев, Н. Н.Огарков, В. Е. Соколов и др.]/ - Челябинск : Металлургия, 1990. – 416 с.]

Позначення валка	Вміст хімічних елементів, %								Призначення
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	
ЛП-58	2,7–3,4	0,4-0,8	0,2-0,5	< 0,5	< 0,1	--	--	--	чорнові
ЛШНМ-52	2,8-3,4	1,2-2,5	0,4-1,0	< 0,2	< 0,02	< 0,3	1,2-2,0	0,3-0,5	тонколистові
ЛПХНМд-72	2,5-3,2	0,3-0,7	0,3-1,0	< 0,5	< 0,1	0,5-1,0	3,6-4,8	0,3-0,8	чистові, дресирувальні
СПХН-43	3,2-3,9	1,0-1,5	0,3-0,8	< 0,3	< 0,16	0,5-0,9	0,8-1,4	--	чорнові
СШХН-50	2,9-3,9	1,5-2,6	0,5-0,8	< 0,3	< 0,02	0,2-1,0	0,8-1,6	--	обтискні,чорнові передчистові
СПХНМ-66	2,8-3,9	0,4-0,8	0,3-0,8	< 0,25	< 0,16	0,4-1,0	1,7-2,5	0,3-0,8	чистові

Таблиця 2.4 – Хімічний склад сучасних валкових чавунів [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]

Тип чавуну	Вміст хімічних елементів, %								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V (Nb)
Хромонікелевий	2,9–3,5	0,6-1,2	0,5-1,0	< 0,1	< 0,04	1,2-2,0	4,0-4,6	0,2-0,5	0,1-0,3
Високохромистий	2,5-3,0	0,8-1,2	0,7-1,2	< 0,1	< 0,02	15,0-18,0	0,8-1,5	0,8-1,5	0,3-0,6
Високої міцності	2,8-3,5	1,2-2,4	0,2-0,6	< 0,1	< 0,02	< 0,1	0,5-1,0	--	--

Для прикладу розглянемо технологію виготовлення індефінітних та високохромистих валків, яку застосовують на Магнітогорському заводі прокатних валків. Валки виготовляють за технічними умовами і позначають:

- ЛПХНМд-71И (Ц) - листовий валок з пластинчастим графітом (для шийок), модифікований хромом, нікелем та марганцем, двошаровий, з твердістю робочої ділянки не менше 71 HSc, індефінітний, відцентрововолитий;

- ЛПХ17НМд-71ВХ (Ц) - листовий валок з пластинчастим графітом (для шийок), з вмістом хрому близько 17%, модифікований нікелем та марганцем, двошаровий, з твердістю робочої ділянки не менше 71 HSc, високохромистий, відцентрововолитий.

Для індефінітних валків структура робочого шару - бейніто-мартенситна, структура металу шийок складається з перліту з включеннями графіту пластинчастої або кулеподібної форми та карбідів, доля яких не перевищує 10%. Глибина відбіленого шару - до 80 мм, твердість – до 83 HSc. Твердість поверхні шийок – 38 – 45 HSc.

Технологія виготовлення таких валків включає операції:

- виготовлення форм шийок, окремо для привідної та невідної, сушіння цих форм;
- підготовка кокілю;
- виплавляння металів робочого шару та серцевини, їх легування (модифікація);
- відливання робочого шару валка в горизонтальній відцентровій машині;
- збирання кокілю з закристалізованим робочим шаром та форм шийок у загальну вертикальну форму валка;
- заливання металу серцевини (шийок та осрової ділянки);
- розбирання форми та вилучення відливки;
- термічна обробка відливки;
- механічна обробка відливки валка,
- контроль якості валка (неруйнівними методами).

Аналогічну технологію застосовують для виготовлення сортових індефінітних валків з кулеподібною формою графіту в шийках. Наприклад, валки СШХНМ-76И(Ц) мають твердість робочого шару 76 – 80 HSc, границю міцності на згинання металу шийок 650 – 800 Н/мм². Одночасно границя міцності на розрив матеріалу шийок становить 350 – 450 Н/мм².

2.4 Твердосплавні валки

Тверді сплави застосовують для виготовлення валків з метою збільшення їх зносостійкості.

Наприклад, при прокатуванні катанки на звичайних станах зносостійкість чавунних валків чистових клітей при швидкостях прокатування 20 – 40 м/с становить близько 60 – 70 т/калібр. Застосування валків, робочий шар яких виготовлено з твердосплавних матеріалів забезпечує збільшення зносостійкості до 2000 т/калібр и вище.

Твердосплавний робочий інструмент виготовляють методами порошкової металургії. Основні технологічні операції виготовлення такого інструменту вольфрамокобальтової групи включають:

- виготовлення порошків шляхом розпилювання у вакуумі та в атмосфері вуглецю (утворення карбідів);
- змішування порошків у певній пропорції та формування заготовки;
- гаряче пресування – спікання в графітовому контейнері при температурі 1400°C та тиску 100 Н/мм² (тривалість близько 10 хв. до виділення рідкої фази кобальту);
- абразивна обробка поверхонь бандажу.

Вольфрамокобальтова група твердих сплавів містить карбід вольфраму, як тверду складову, та кобальт, як в'язку складову. Розмір часток карбіду вольфраму для валків становить від 3,5 до 5 мкм, що вважається досить грубими розмірами. Вміст кобальту становить від 3 до 30%. Властивості таких твердих сплавів, за даними НПО «Донікс» [ПРОДУКЦИЯ: НПО "Доникс" <http://www.donixcarbide.com/products/index.html>] наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні властивості вольфрамокобальтових твердих сплавів

Марка сплаву	Вміст складових, %		Густина, г/см ³	Твердість HRA	Границя міцності при згинанні, при 20°C, Н/мм ²
	WC	Co			
ВК-3	97	3	15,0–15,3	90	1200
ВК-6	94	6	14,6–15,0	89	1600
ВК-8	92	8	14,4–14,8	88	1800
ВК-11	89	11	14,2–14,4	87	2900
ВК-15	85	15	13,9–14,1	85	2900
ВК-20	80	20	13,3–13,8	83	2700
ВК-25	75	25	12,9–13,2	82	2700
ВК-28	72	28	12,7–13,0	82	2600
ВК-30	70	30	12,5–12,8	81	2600

З збільшенням вмісту кобальту зменшується твердість, але зростають границя міцності (до 11 – 15%), ударна в'язкість та термічна стійкість.

Для виготовлення бандажів прокатних валків найбільш поширеним є використання сплаву марки ВК-15. Це обумовлено тим, що по мірі збільшення вмісту кобальту до 12% термостійкість сплавів зростає, а при більшому вмісті практично не змінюється. Для сплаву ВК-15 термостійкість досягає такого рівня, що незалежно від кількості циклів теплового навантаження, термічні тріщини не виникають.

Для порівняння розглянемо деякі властивості чавуну та сплаву ВК15, зведені до таблиці 2.6 [Кугушин]

Таблиця 2.6 – Характеристики відбіленого чавуну та сплаву ВК-15

Матеріал	Твердість	Границя міцності, Н/мм ²			Ударна в'язкість	Коеф. лінійного розширення 10 ⁻⁶ 1/°C	Густина, г/см ³	Модуль пружності, Н/мм ²	Теплопровідність, Вт/(м·°C)
		при згинанні	при стисненні	при розтягуванні					
ВК-15	HRA 86	1800	3400	900	39,2	5,3	13,9-14,1	5,4·10 ⁵	58,2
СПХН65	HSd 74	450-600	-	450	147-294	10-12	6,8-7,4	1·10 ⁵	52,8

За останні роки розроблено нові тверді сплави, які знаходять застосування і при виготовленні валків. Зокрема, застосовують сплави ВН-15, ВН-25, в яких як зв'язуючу речовину використовують не кобальт та нікель. Також набули розповсюдження тверді сплави серії ТС, які містять карбід вольфраму, кобальт, нікель та хром. Наприклад, ТС-15 (ТС 7/7, WC –85%; Co – 7%; Ni – 7%; Cr – 1%), ТС 9/9/2 (WC –80%; Co – 9%; Ni – 9%; Cr – 2%). Основні властивості твердосплавних валків групи ТС, за даними «Донікс», наведені в таблиці 2.7.

Зважаючи на особливості технології виготовлення, високу вартість та властивості твердих сплавів, ці матеріали застосовують у вигляді окремих кілець, які називають шайбами. Розміри шайб виробництва фірми «Донікс» для збірних твердосплавних валків наведено в таблиці 2.8. Такі порівняно вузькі шайби закріплюють на бандажі, який монтують на осі валка. Тобто валки з застосуванням твердосплавних елементів виготовляють переважно збірними. Приклад бандажа з розміщеною на ньому шайбою наведено на рисунку 2.5.

При конструюванні таких збірних валків потрібно враховувати особливості властивостей твердих сплавів. Як видно з таблиці 2.6, тверді сплави витримують значні навантаження стиснення, помірні навантаження на згинання і незначні навантаження розтягування. Тому конструкція бандажа повинна забезпечувати наявність певних попередніх напружень стискання твердосплавної шайби. Для попередження руйнування валків при нагріванні (напруження розтягування), а особливо при охолодженні, матеріал бандажа повинен мати коефіцієнт лінійного розширення приблизно однаковий з твердим сплавом. Тому бандажі виготовляють з сплаву інвар, що містить 17% кобальту, 29% нікелю, інше - залізо.

Таблиця 2.7 - Основні властивості твердосплавних валків групи ТС

Марка сплаву	Вміст складових, %					Густина, г/см ³	Твердість HRA	Границя міцності при згинанні, при 20°C, Н/мм ²
	WC	TiC	Co	Ni	Cr			
ТС-11	89	-	5,5	5,5	-	14,2–14,4	87	2900
ТС-14	86	-	7	7	-	13,9–14,2	85	2900
ТС-15	85	-	7	7	1	13,9–14,1	85	2900
ТС-20	80	-	9	9	2	13,4–13,6	83	2700
ТС-26	74	-	13	13	-	12,9–13,2	82	2700
ТС-28	72	-	14	14	-	12,7–13,0	82	2600
ТС-30	70	-	14	14	2	12,5–12,8	81	2600
ТС-15/15	70	-	15	15	-	12,5–12,8	81	2600

Таблиця 2.8 – Розміри шайб виробництва Донікс

Призначення	Розміри		
	<i>D</i>	<i>d</i>	<i>L</i>
Валки чистових блоків станів з виготовлення катанки	158	87	62
	159	92	63
	170	92	58
	170	92	62
	208	126	73
	212	120	73
	215	120	72
	215	120	80
Валки передчистової групи або передчистового блоку	215	120	85
	330	180	100

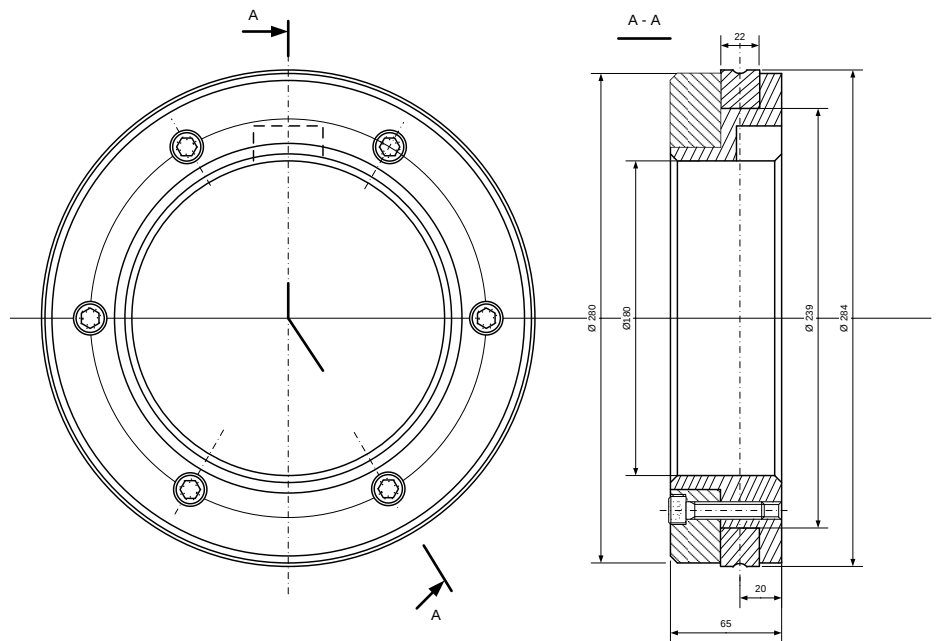


Рисунок 2.5 – Схема з'єднання шайби та бандажа валків діаметром 280 мм [кугу шин]

Враховуючи близькі значення теплопровідності твердих сплавів та чавуну, фірма Sandvik розробила технологію виготовлення збірних валків з твердосплавними вставками, яку назвали CIC – cast in carbide – литво в твердий сплав [13]. Технологія передбачає виготовлення твердосплавної шайби, заливання її чавуном та подальшу термічну обробку. В результаті отримують чавунний бандаж, який можна закріплювати звичайними засобами на осі. Такі валки отримали назву CIC Combi Roll (рисунок 2.6, 2,7).



Рисунок 2.6 – Схема валка CIC Combi Roll [13]



Рисунок 2.7 – Елементи збірного валка CIC Combi Roll [13]

Для чорнових та проміжних валків сортових станів пропонуються валки з твердосплавними вставками в які заливають чавун, утворюючи суцільну вісь (рисунок 2.8). Такі валки отримали назву CIC Integral Combi Roll, тобто чавунна вісь та твердосплавні кільця відлиті і оброблені як одне ціле. Без шпонок, без шпонкових пазів, без запираючих гайок. Це дозволяє розмістити по довжині бочки більшу кількість калібрів. Такі валки можуть передавати значні крутні моменти, сприймати значні сили прокатування та працювати з мінімальними швидкостями до 1 м/с.

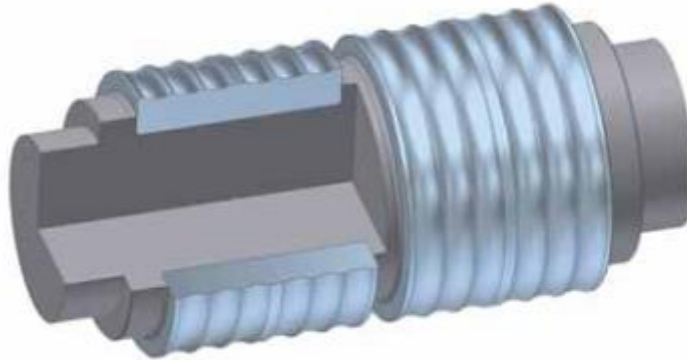


Рисунок 2.8 – Схема валка CIC Integral Combi Roll [13]

Крім цього, фірма Sandvik розробила збірні валки в яких твердосплавні кільця утримуються статичним замком, тобто сила фіксації кільця забезпечується при збиранні валка. Такі валки отримали назву SANDVIK DYNALOCK® COMBI [13] (рисунок 2.9). Під час роботи валка пружні деформації від циклічного згинання, термічний вплив, зношення та корозія призводять до зменшення сили фіксації твердосплавного кільця. Система Dynalock дозволяє забезпечити фіксацію з динамічною функцією, тобто забезпечує гарантовану фіксацію на мінімальному діаметрі весь термін роботи валка.



Рисунок 2.9 – Схема валка SANDVIK DYNALOCK® COMBI [13]

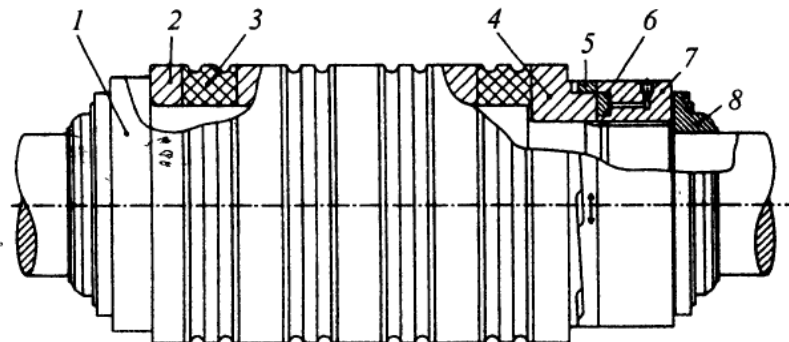


Рисунок 1.10 - Валок «Кафікс» фірми "Kark Maschinenfabric GmbH"

1.5 Розрахунок валків на статичну міцність

Розрахунки на статичну міцність виконують з метою визначення здатності валків витримувати робочі навантаження, забезпечуючи стабільну роботу прокатного стану. Такий розрахунок передбачає визначення напружень в елементах валка та порівняння їх з допустимими. Допустимі напруження для валків приймають виходячи з п'ятикратного запасу міцності.

Звичайний валок сортового стану має такі елементи як бочка, дві шийки, привідну ділянку та ділянку для перевалки. На бочці валка виконують врізи для утворення калібрів. Валок, сприймаючи силу та момент прокатування, передає ці навантаження через підшипники та подушки на натискний гвинт та станину. Тому, при виконанні розрахунків валок представляють як брус, що лежить на двох опорах (рисунк 1.11). У більшості розрахунків приймають, що центри опор розташовані по середині довжини шийки валка. Але більш правильним буде визначати відстань між центрами опор як відстань по осям натискних гвинтів.

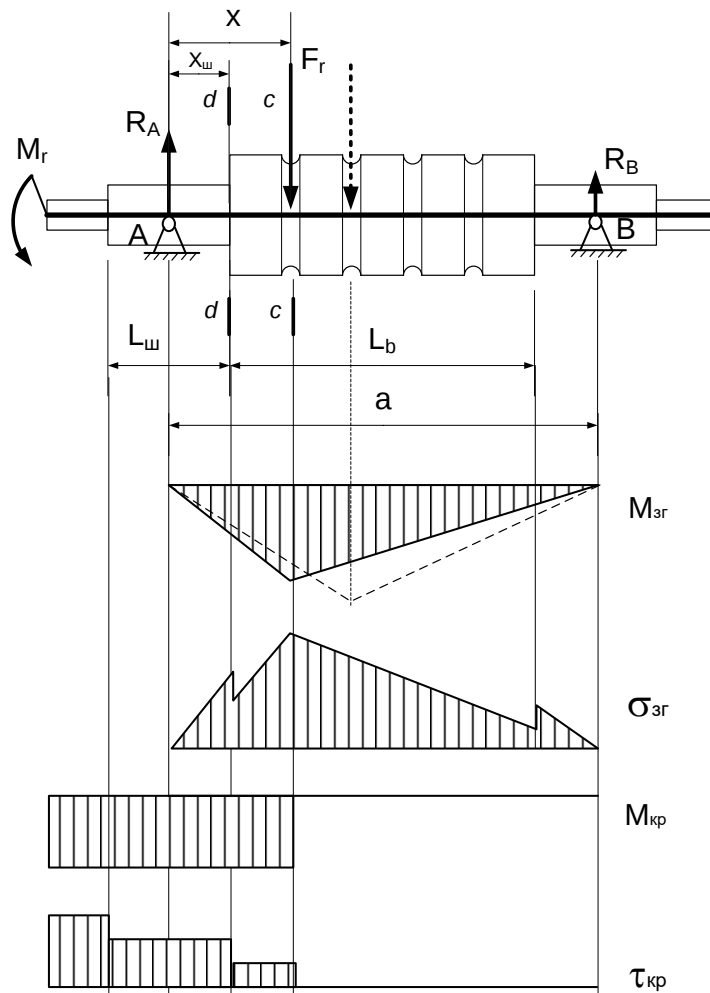


Рисунок 1.11 – Розрахункова схема та епюри моментів і напружень

Для бочки сортового валка розраховують нормальні напруження від дії згинаючого моменту, використовуючи співвідношення [1]

$$\sigma_{\text{зг.б}} = \frac{M_{\text{зг.б}}}{W_{\text{зг.б}}} \quad (1.1)$$

де $M_{\text{зг.б}}$ - момент згинання, що діє у відповідному перерізі бочки валка, Н·мм;

$W_{\text{зг.б}}$ - момент опору згинанню, мм³.

Згинаючий момент, що виникає в елементах валка, має трикутну епюру з максимальним значенням в площині дії сили прокатування. Для визначення максимального значення згинаючого моменту, за умови прикладання сили прокатування в будь-якому з калібрів, потрібно визначити реакції в опорах. Якщо позначити центри опор як А та В, а відстань від центру більш навантаженої опори до осі калібру як x , можемо записати умови рівноваги для бруса на двох опорах.

Наприклад, відносно опори В

$$\Sigma M_B = R_A \cdot a - F_r(a - x) = 0$$

Звідки

$$R_A = \frac{F_r(a - x)}{a} \quad (2.2)$$

Отже, максимальне значення згинаючого моменту можемо визначити як добуток максимальної з реакцій опор на плече дії цієї сили, тобто на відстань до перерізу, що розглядається. Для випадку, який показано на рисунку 1.10 для перерізу С-С

$$M_{\text{зг.б}} = F_r \frac{x}{a} (a - x), \quad (2.3)$$

де F_r - сила прокатування, Н;

x - відстань від центру опори до осі калібру (площини дії сили прокатування), мм;

a - відстань між центрами опор, мм.

Згинаючий момент в бочці валка буде максимальним, коли прокатування буде відбуватись в калібрі, який найближче розташований до середини бочки валка (показано пунктиром). Якщо вісь калібру розташована точно посередині бочки валка, формула 2.3 набуває виду

$$M_{\text{зг.б}} = F_r \frac{a}{4} \quad (2.4)$$

Момент опору згинанню для круглого перерізу бочки валка визначають з залежності

$$W_{\text{зг.б}} = 0,1 \cdot D_k^3 \quad (2.5)$$

де D_k - катаючий (або найменший) діаметр бочки в калібрі.

Розраховані напруження порівнюють з допустимими. Повинна виконуватись умова

$$\sigma_{\text{зг.б}} < [\sigma] \quad (2.6)$$

Допустимі напруження становлять:

- для кованих сталевих валків з легованих сталей
 $[\sigma] = 140 \dots 150 \text{ Н/мм}^2$;
- для кованих валків з вуглецевих сталей
 $[\sigma] = 120 \dots 130 \text{ Н/мм}^2$;
- для литих валків з вуглецевих сталей
 $[\sigma] = 100 \dots 120 \text{ Н/мм}^2$;
- для чавунних валків
 $[\sigma] = 70 \dots 80 \text{ Н/мм}^2$.

За несиметричного навантаження валка, тобто при прокатуванні в крайньому калібрі, згинаючий момент для бочки дещо зменшується, але для більш навантаженої шийки він зростає.

Шийку валка розраховують на статичну міцність від спільної дії згинання та кручення. Така схема навантаження шийки валка має місце при прокатуванні в крайньому калібрі з привідного боку

Для шийки валка згинаючий момент має максимальне значення в площині переходу в бочку валка (рисунок 2.11, переріз $d-d$). Тому перевірку міцності шийки виконують саме в цьому перерізі.

Нормальні напруження від дії згинаючого моменту визначають за формулою 2.1. Згинаючий момент розраховують як добуток максимальної з реакцій опор R_A на відстань від центру опори до площини переходу в бочку $x_{ш}$

$$M_{зг.ш} = R_A \cdot x_{ш} \quad (2.7)$$

Для звичайних валків сортових станів відстань $x_{ш}$ дорівнює половині довжини шийки.

Момент опору згинанню шийки визначають з залежності аналогічній 2.5

$$W_{зг.ш} = 0,1 \cdot d_{ш}^3 \quad (2.8)$$

Напруження зсуву від дії крутного моменту визначають з формули

$$\tau_{ш} = \frac{M_r}{W_{кр}} \quad (2.9)$$

де M_r - крутний момент, що сприймає привідна шийка валка, тобто половина моменту прокатування, Н·мм;

$W_{кр}$ - момент опору скручуванню, мм³.

Момент опору скручуванню визначають з співвідношення

$$W_{кр} = 0,2 \cdot d_{ш}^3 \quad (2.10)$$

Результуючі напруження в шийці валка визначають в залежності від матеріалу валка:

- для сталевих валків за 4-ю теорією міцності

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{ш}^2 + 3 \cdot \tau_{ш}^2} \quad (2.11)$$

- для чавунних валків

$$\sigma_p = 0,375 \cdot \sigma_{ш} + 0,625 \cdot \sqrt{\sigma_{ш}^2 + 4 \cdot \tau_{ш}^2} \quad (2.12)$$

Результуюче напруження в шийці валка повинно відповідати умові 2.6.

Привідну ділянку валка розраховують лише на напруження зсуву від дії крутного моменту, тому що згинання цього елемента відсутнє (точніше навантаження від згинання визначаються масою шпинделя і є незначними). Для визначення напружень зсуву використовують формулу аналогічну 1.9, але з інакше визначеним моментом опору крученню. Привідна ділянка валка може мати форму поперечного перерізу у вигляді квадрату, трефу, шліцьового валу або прямокутника. Зазвичай, незалежно від форми цієї ділянки її «приводять» до прямокутної або, круглої. Для привідної ділянки прямокутної форми момент опору згинанню визначають з формули

$$W_{кр.пр} = \alpha \cdot h \cdot b^2 \quad (2.13)$$

де α - коефіцієнт, що залежить від відношення ширини та висоти прямокутника;

h, b - висота (більший з розмірів) та ширина прямокутника, відповідно.

Коефіцієнт α визначають за даними таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Коефіцієнти для визначення геометричних характеристик прямокутних перерізів

Коеф.	Відношення ширини до висоти b/h			
	1	0,75	0,50	0,25
α	0,208	0,225	0,246	0,282
β	0,141	0,181	0,229	0,281

Допустимі напруження зсуву для привідної ділянки визначають з співвідношення

$$[\tau] = 0,57 \cdot [\sigma] \quad (2.14)$$

Аналогічно умові 1.6 для привідної ділянки повинна виконуватись умова

$$\tau_{пр} < [\tau] \quad (2.15)$$

Головною відмінністю прокатування на листових та штабових станах є симетричне та відносно рівномірне розподілення сили прокатування (навантаження) по довжині бочки валка. Саме тому реакції в опорах листових валків однакові, а максимальний згинаючий момент діє посередині довжини бочки, як це показано на рисунку 1.12.

Для клітей дуо максимальний згинаючий момент, що діє посередині бочки валка визначають з формули

$$M_{зг} = \frac{F_r}{4} \left(a - \frac{B}{2} \right) \quad (2.16)$$

де B - ширина штаби, що прокатується, мм.

Максимальні напруження, що виникають в бочці листового валка від дії згинаючого моменту, розраховують використовуючи формулу 1.1. Опір згинанні перерізу бочки валка визначають за формулою 1.5, підставляючи в неї діаметр бочки валка.

Для шийки валка максимальний згинаючий момент діє в місці переходу шийки в бочку валка. Цей момент, зважаючи на симетричність навантаження та однакові реакції в опорах, розраховують за формулою

$$M_{зг.ш} = \frac{F_r}{2} \cdot x_{ш}, \quad (2.17)$$

або

$$M_{зг.ш} = \frac{F_r \cdot l_{ш}}{4}. \quad (2.18)$$

Напруження зсуву та результуючі напруження в шийці валка визначають аналогічно сортовим валкам, використовуючи формули 2.8 – 2.12.

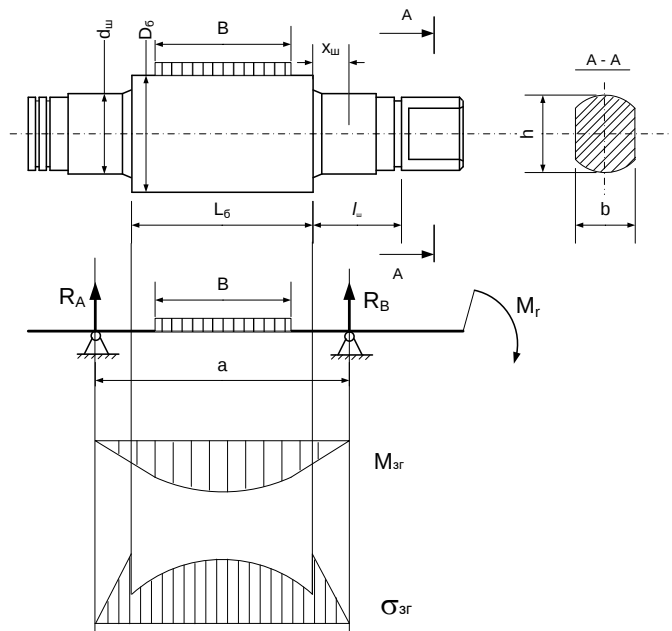


Рисунок 2.12 – Схема до розрахунку листового валка кліті дуо

При прокатуванні штаби в кліті кварто розподілена сила прокатування сприймається робочими валками і передається на опорні валки (рисунок 2.13). Виходячи з припущення, що пружке прогинання робочого валка дорівнює прогинанню опорного валка, визначають співвідношення сил, які сприймаються цими валками

$$\frac{F_{оп}}{F_p} = \left(\frac{D_{оп}}{D_p} \right)^4$$

Звідки можемо визначити силу, яка сприймається робочим валком, тобто частину сили прокатування, що витрачається на пружке згинання робочого валка

$$F_p = F_r \frac{1}{1 + \left(\frac{D_{оп}}{D_p} \right)^4} \quad (2.19)$$

Відповідно, сила, що сприймається опорним валком, становитиме

$$F_{on} = F_r - F_p \quad (2.20)$$

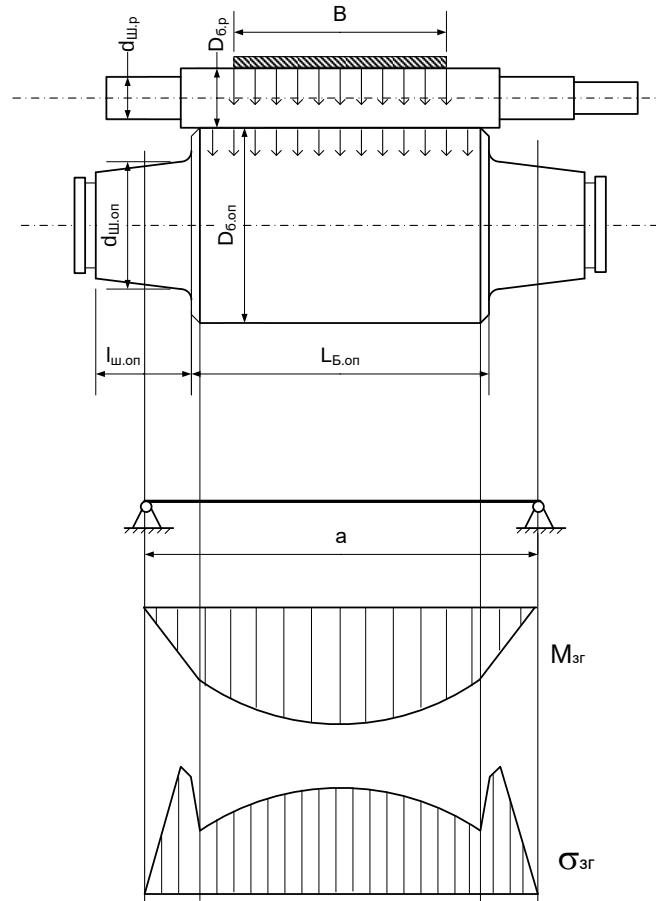


Рисунок 2.13 – Схема до розрахунку валків кліті кварто

За існуючих співвідношень діаметрів робочих та опорних валків клітей кварто, опорні валки сприймають понад 95% сили прокатування. Тому опорні валки розраховують на напруження, що виникають від згинання, а для робочих валків розраховують напруження зсуву від дії крутного моменту.

Отже, для робочих валків кліті кварто виконують розрахунок лише привідної ділянки від дії крутного моменту, а для опорних валків розраховують нормальні напруження в бочці і шийці валка. Зокрема, для бочки опорного валка максимальний згинаючий момент визначають за **формулою 2.1**, підставляючи в неї замість B ширину ділянки контактування з робочим валком. Для шийки опорного валка момент згинання визначають за **формулою 2.2**. Нормальні напруження в бочці та шийці опорного валка визначають за **формулою 2.1**, в якій моменти опору розраховують для відповідних діаметрів цих елементів.

ТЕМА 3. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ДОВГОМІРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

3.1 Сортамент довгомірного прокату

Згідно статистичних даних [] у 2015 році світове виробництво сталі становило 1 620 001 тис. т сталі. Майже увесь цей обсяг сталі, точніше 1 599 340 тис. т, було перероблено методом гарячого прокатування. Розподіл за основними видами прокату: довгомірний прокат - 812 520 тис. т; плоский прокат – 734 675 тис. т. Отже, довгомірний прокат є найбільш масовим видом прокатної продукції.

За видами довгомірного прокату обсяги виробництва становили:

- | | |
|---|-----------------|
| - арматура (профілі для армування залізобетонних конструкцій) – | 270 954 тис. т; |
| - катанка (круглі профілі діаметром від 5 до 16 мм у мотках) | 191 668 тис. т; |
| - профілі простої форми в прутах | 136 959 тис. т; |
| - легкі профілі (до 80 мм) | 63 635 тис. т; |
| - важкі профілі (> 80 мм) | 51 765 тис. т; |
| - профілі для залізниці (рейки та шпали) | 10 952 тис. т. |

З наведених даних (рисунок 3.1) видно, що профілі простої форми, до яких відносять арматуру, пруті та катанку, переважають будь-який інший вид прокату. Загальне виробництва цих профілів становить 602 581 тис. т, або 38% від загального обсягу гарячекатаного прокату. Для порівняння, обсяги виготовлення товстих листів (понад 3 мм) становили 250 638 тис. т, а тонких (<3 мм) штаб, листів та стрічок - 359 510 тис. т.

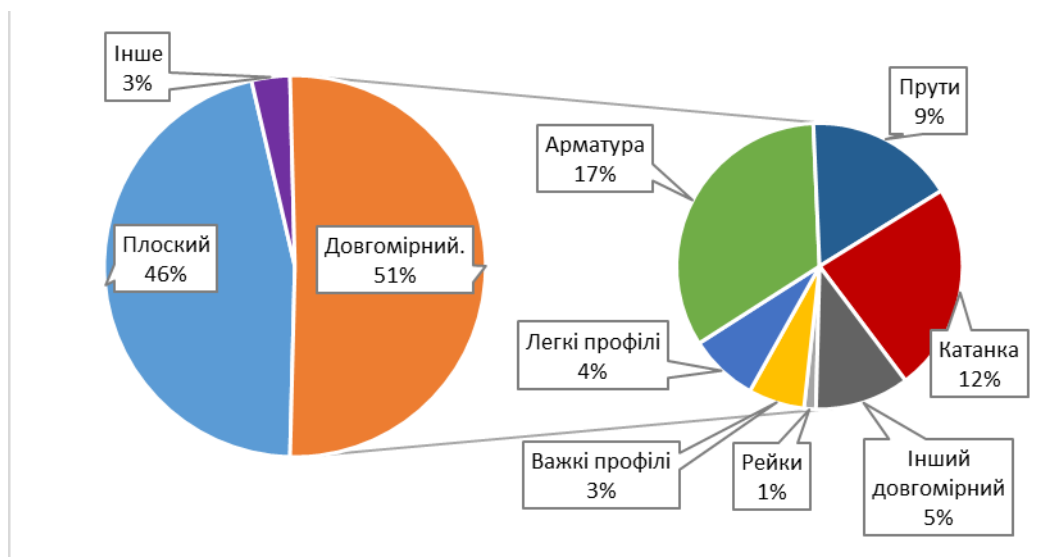


Рисунок 3.1 – Розподіл гарячекатаного прокату за видами у 2015 році

(Steel Statistical Yearbook 2017 / World Steel Association. - <https://www.worldsteel.org/en/dam/jcr:3e275c73-6f11-4e7f-a5d8-23d9bc5c508f/Steel+Statistical+Yearbook+2017.pdf>)

3.2 Стани з виготовлення довгомірного прокату

Виготовлення профілів простої форми має певні технологічні особливості, які відповідним чином визначають склад обладнання та його технічні характеристики. Зокрема, такі профілі мають здебільшого симетричний поперечний переріз, тому при прокатуванні потрібно послідовно змінювати напрямок обтиснення. Це реалізується за рахунок чергування клітей з горизонтальним та вертикальним розташуванням валків. Крім цього, такі профілі не піддають правленню.

Розглянемо склад обладнання типових станів з виготовлення довгомірної продукції у вигляді профілів простої форми на прикладі стану 350 початку минулого сторіччя та сучасного стану того самого типорозміру.

Середньосортний стан 350 Донецького металургійного заводу

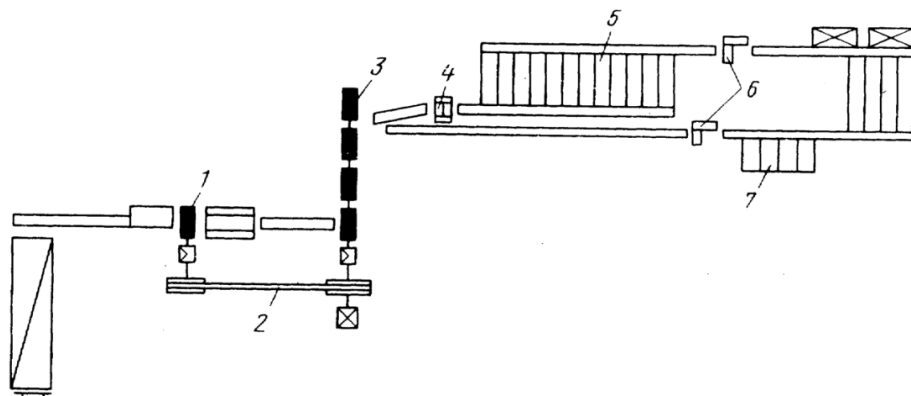


Рисунок 3.2 – Схема розташування обладнання стану 350 ДМЗ []

1 – обтискна тривалкова кліть 500; 2 – канатна передача; 3 – чистова лінія тривалкових клітей 350; 4 – летючі ножиці; 5 – холодильник; 6 – ножиці холодного різання; 7- карман для полюсобоульбових профілів.

Стан введено у дію у 1910 році. Заготовка 135x135x1500 мм.

Обтискна кліть має станини відкритого типу, кліть чистової лінії – закритого типу. Валки з розмірами 500/445x1600 мм (обтискна), 360/320x1070 мм, 360/325x760 мм, встановлено на текстолітових підшипниках.

Конструкція чистової лінії стану 350 аналогічна показаній на рисунку 3.3. Конструкції чорнової реверсивної кліті тріо та двовалкових клітей чистової лінії показана на рисунку 3.4.

Як видно з рисунку 3.4, кліті дуо мають лише верхній натискний механізм гвинтового типу. Підшипникові вузли, які називали «подушками» мають роз'ємну конструкцію для компенсації зношення текстолітових вкладишів підшипників. Врівноважування, як механізм відсутнє, але для притискання верхнього валка з подушками до натискних гвинтів застосовують рухому поперечину з вкладишем. За допомогою клинів рухому поперечину притискають вкладишем до шийки верхнього валка.

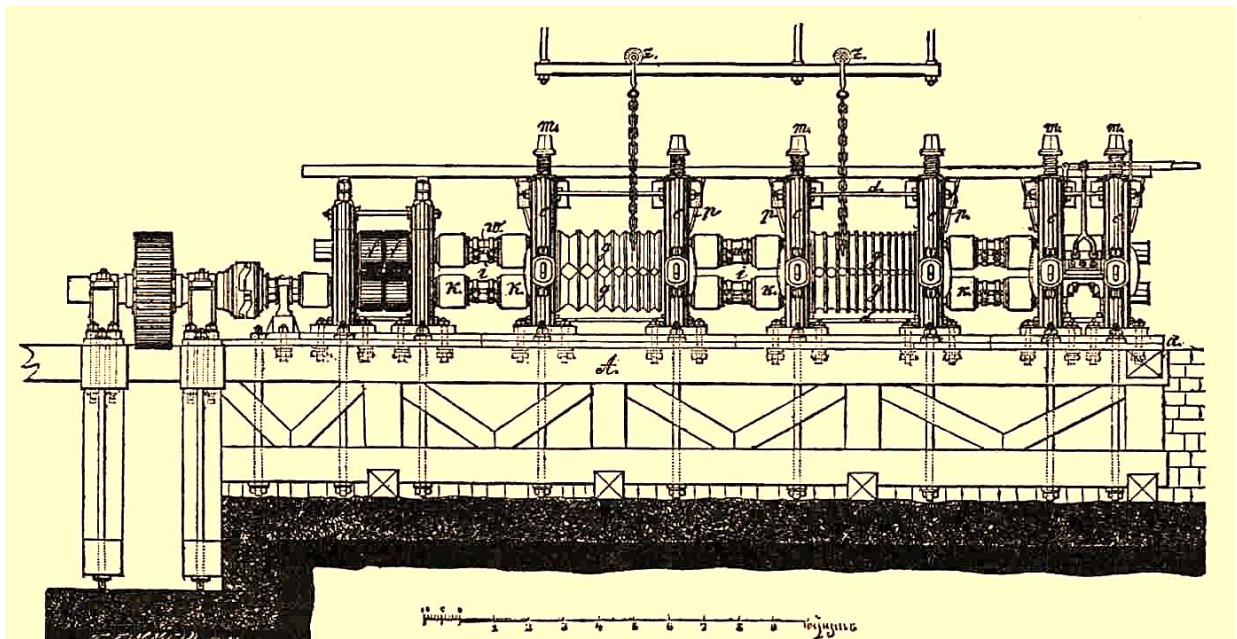


Рисунок 3.3 - Прокатний стан для отримання сортового заліза (і сталі)
 [Скиндер А. И. Вальцы прокатные :Энциклопедический словарь Ф. А. Брокгауса и И. А. Ефрона. - https://dic.academic.ru/dic.nsf/brokgauz_efron/124231]

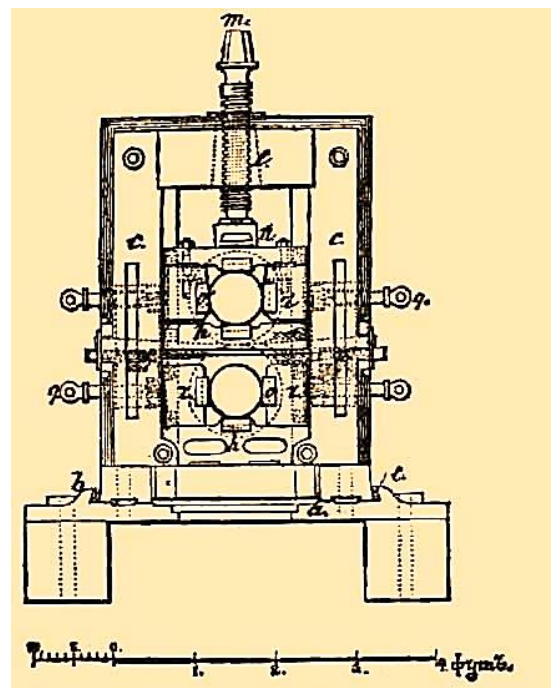
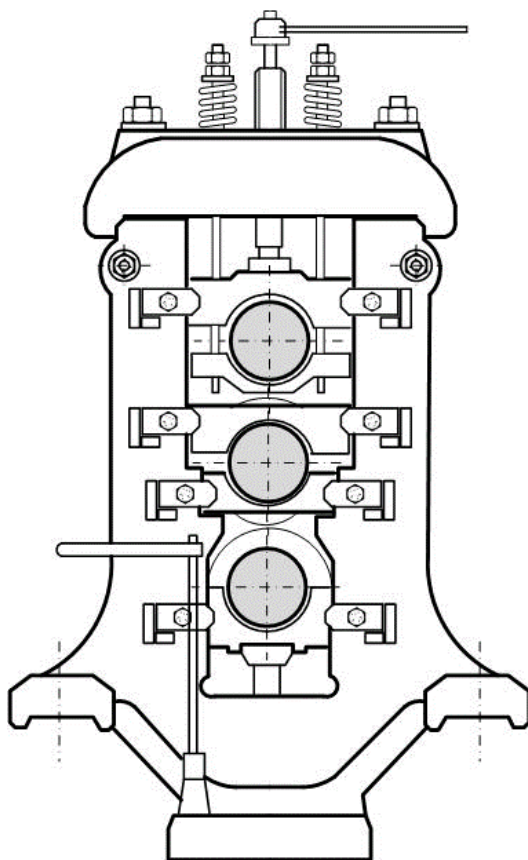
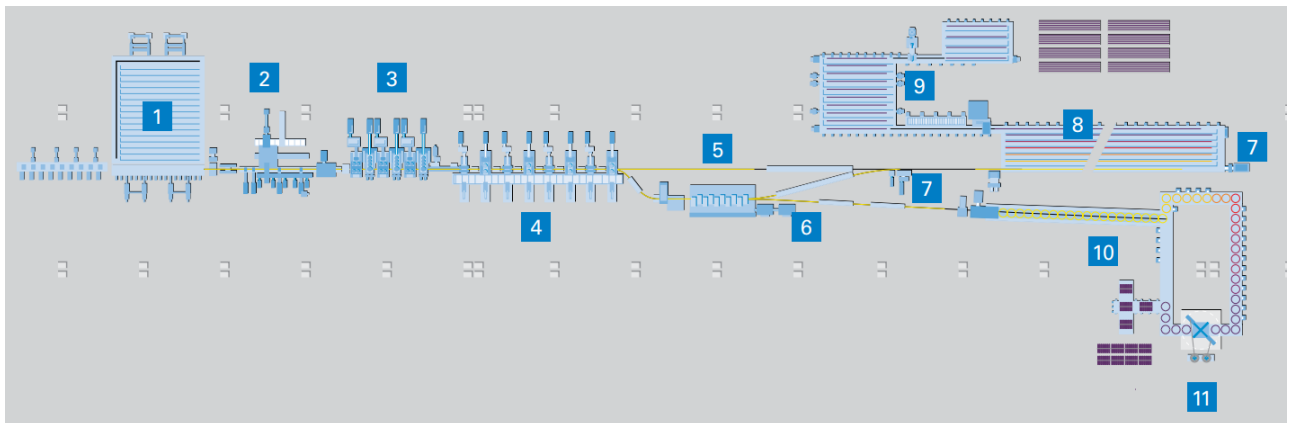


Рисунок 3.4 – Чорнові робочі кліті тріо та дво чистової лінії

При прокатуванні круглих профілів в обтискній кліті здійснюють 7 – 9 проходів, в першій кліті чистової лінії – 2 проходи, а в інших клітях по одному. Тобто загальна кількість проходів становить 12 – 14.

Саме таку кількість проходів застосовують і на деяких сучасних неперервних станах. Наприклад, фірма SMS-Meer у 1999 році поставила та ввела у дію комбінований сортодротовий стан продуктивністю 400 тис. т на рік на чилійському підприємстві у місті Коліна. Як видно з рисунку 3.5, до складу сортової лінії стану входить чорнова група з шести безстанинних клітей та чистова група з восьми клітей з консольними валками. 14 клітей стану забезпечують прокатування круглих профілів та арматури в прутах діаметром від 8 до 36 мм. Додаткова дротова лінія забезпечує виготовлення катанки та арматури діаметром від 5,5 до 16 мм у мотках. До складу дротової лінії входять: десятимодульний блок, виткоутворювач, конвеєр повітряного охолодження, виткозбірник та конвеєр мотків з ущільнювачем та обв'язувальною машиною.



1 – нагрівальна піч; 2 – машина зварювання заготовок; 3 – чорнова група безстанинних клітей; 4 – чистова група консольних клітей; 5 – десяти модульний блок; 6 – камери прискореного охолодження водою; 7 – система швидкісного випуску (High Speed Delivery System); 8 – рейковий холодильник довжиною 100 м; 9 – пакетиючі пристрої; 10 – конвеєр повітряного охолодження витків дроту; 11 – компактор мотків.

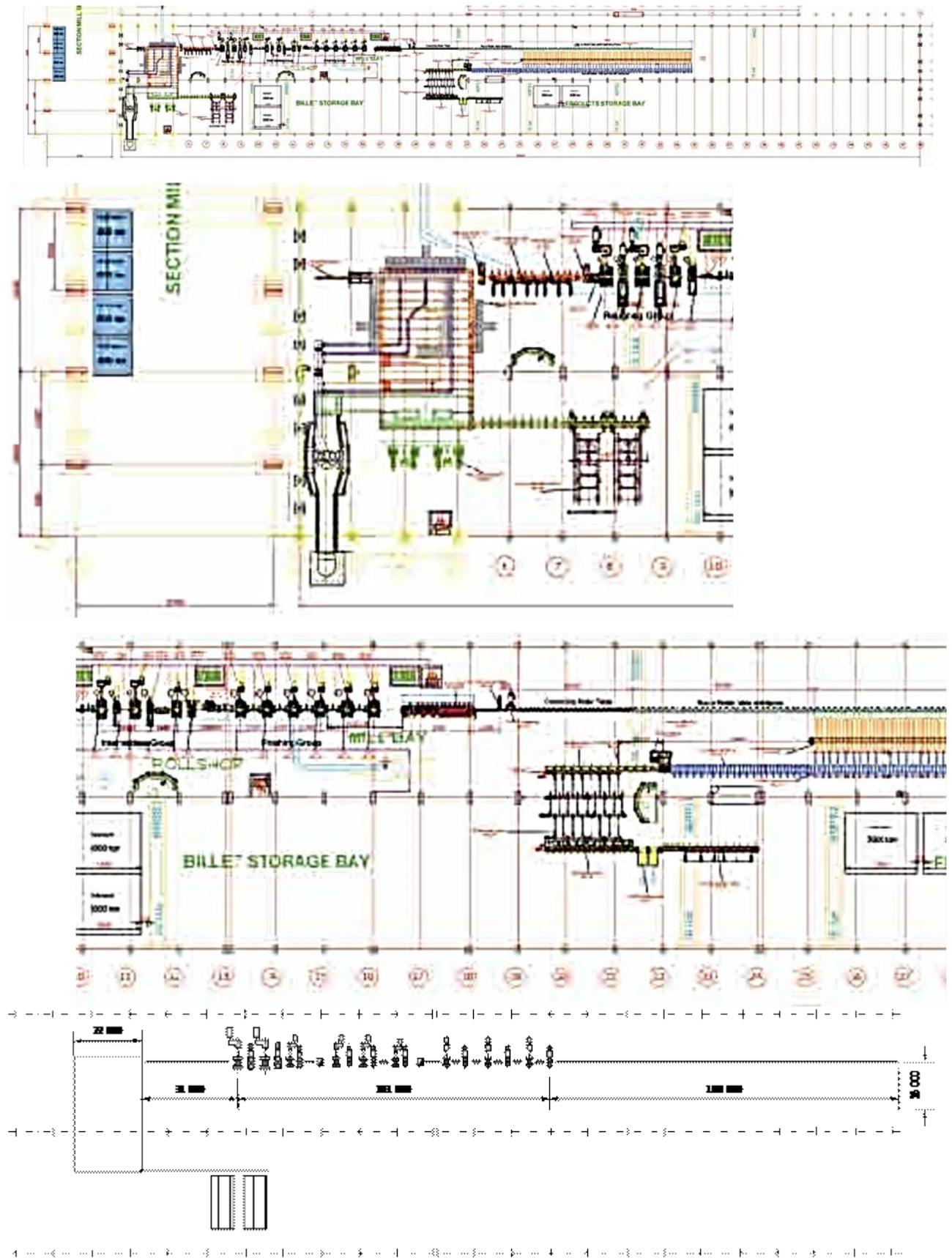
Рисунок 3.5 – Схема розташування обладнання стану SMS-Meer
[W3-308E_BarAndMerchantBarMills.pdf]

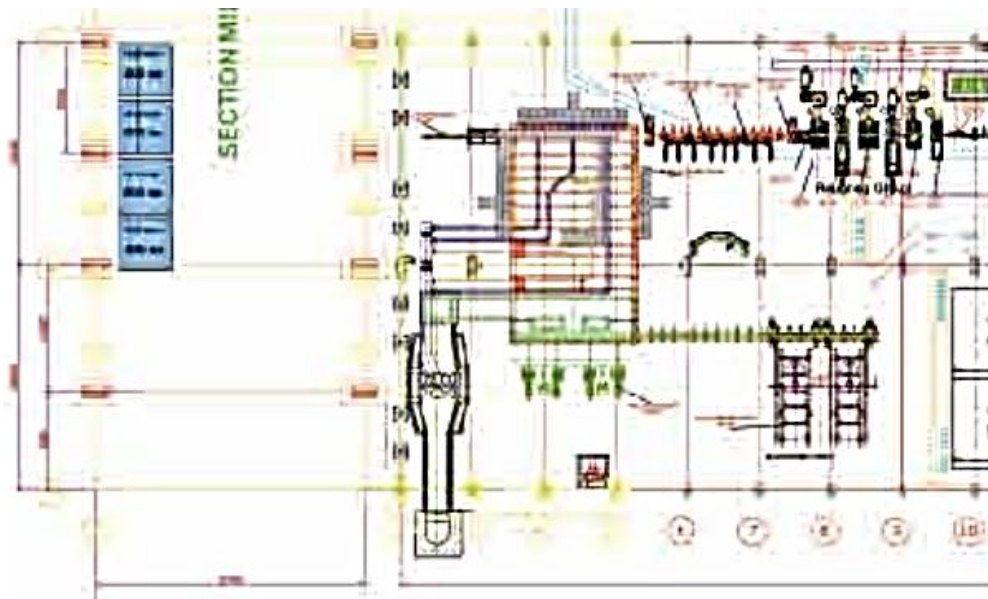
Але більшість станів з виготовлення профілів простої форми містять 18 клітей. Наприклад, типовий сучасний стан 340 (турецької фірми CTS[]), який спеціалізовано для виготовлення арматурних профілів. Схема розташування обладнання стану показана на рисунку 3.6. Стан має проектну продуктивність 500 тис. т на рік. Розміри заготовок 150x150 мм, довжиною до 14 м.

Сам стан складається з 18 робочих клітей розділених на три групи. Розміри валків (умовно по групам) становлять: 600x1120 мм; 450x710 мм; 340x600 мм. Діаметри шийок, відповідно, 330, 280, 200 мм. Кліті стану займають частину прольоту довжиною понад 100 м. Довжина відвідного рольгангу 108 м, розміри холодильника 120x16 м.

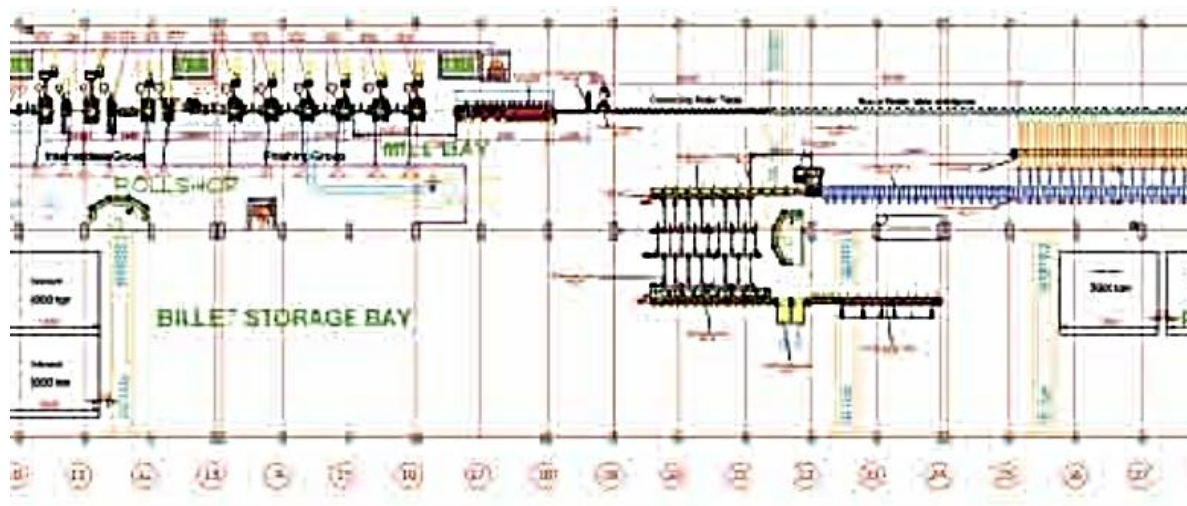
Після охолодження профілі пошарово розрізаються на мірну довжину, пакуються, ув'язуються та спрямовуються на склад готової продукції.

Наведений стан 340 є типовим за кількістю клітей, розділенням їх на три групи, довжиною холодильника. Але можливі різні варіанти як розташування обладнання та його характеристик. Наприклад, на рисунку 3.7 показано стан з більш компактним розташуванням робочих клітей – загальна довжина стану становить близько 50 м. Розміри валків клітей цього стану наведено в таблиці 3.1.





B.



Г.

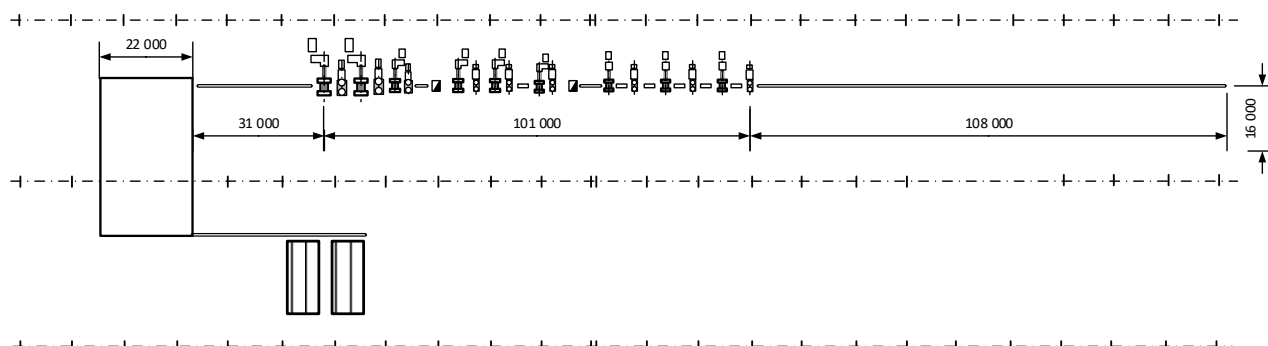
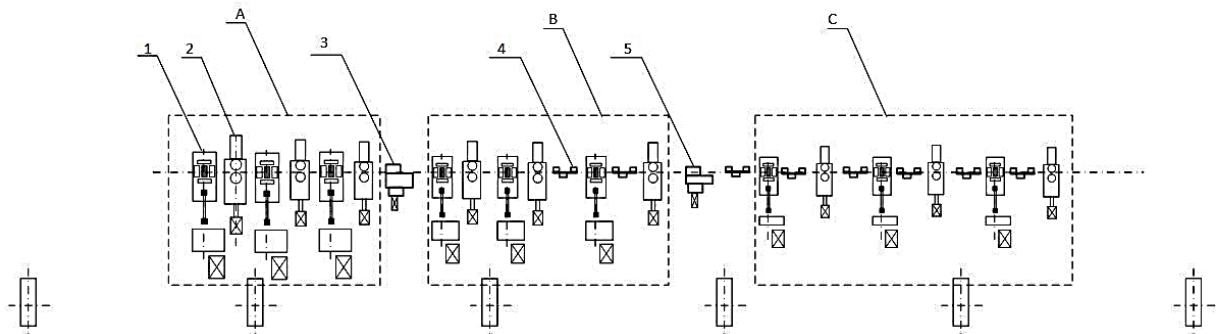


Рисунок 3.6 – Схема розташування обладнання стану 340

(http://www.ctsmakina.com.tr/Media/file/CTS_Catalogue.pdf)



A – чорнова група; B – проміжна група; C – чистова група;

1 – горизонтальні кліті; 2 – вертикальні кліті; 3 – летючі ножиці кривошипного типу;

4 – петлі регулятор; 5 – летючі ножиці роторного типу

Рисунок 3.7 – Схема розташування клітей стану 400

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики клітей стану 400

Параметри	Значення параметрів для клітей											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Діаметр валків, мм	650 560	650 560	650 560	550 470	650 560	550 470	450 385	450 385	450 385	450 385	450 385	380 325
Довжина бочки, мм	800	800	800	700	800	700	700	700	700	700	700	700
Діаметр шийки, мм	280	280	280	230	280	230	230	230	230	230	230	200
Відстань $X_{ш}$	186	186	186	174,5	186	174,5	174,5	174,5	174,5	174,5	174,5	163,7
Потужність двигуна, кВт	630	630	900	630	900	630	900	630	900	1300	900	1300
Передаточне число	94,75	77,455	54,476	30,513	29,049	18,311	11,365	8,316	6,257	4,982	3,688	2,529
Максимальна сила, кН	2700	1875	2700	1345	2700	1345	1210	520	1250	400	1345	360
Максимальний момент, кН·м	303	205	303	125	177	70	86	34	75	23	78	15

Продовження таблиці 3.1

Параметри	Значення параметрів для клітей					
	13	14	15	16	17	18
Діаметр валків, мм	450 385	380 - 325	380 - 325	380 - 325	380 - 325	380 - 325
Довжина бочки, мм	700	700	700	700	700	700
Діаметр шийки, мм	230	200	200	200	200	200
Відстань $X_{ш}$	174,5	163,7	163,7	163,7	163,7	163,7
Потужність двигуна, кВт	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Передаточне число	3,278	2,123	2,02	1,752	1,714	1,379
Максимальна сила, кН	1265	1100	960	875	650	490
Максимальний	68	54	43	43	21	20

МОМЕНТ, кН·м						
--------------	--	--	--	--	--	--

Можливі й інші варіанти розташування клітей. Наприклад, на одному з японських підприємств чорнова група містить 10 клітей, проміжна група 4 кліті, чистова також 4 кліті. Але ножиці для видалення технологічної обрізі встановлено після клітей №10 та №14 (рисунок 3.8). При цьому всі кліті чистової групи мають горизонтальне розташування валків.

KOBELCO

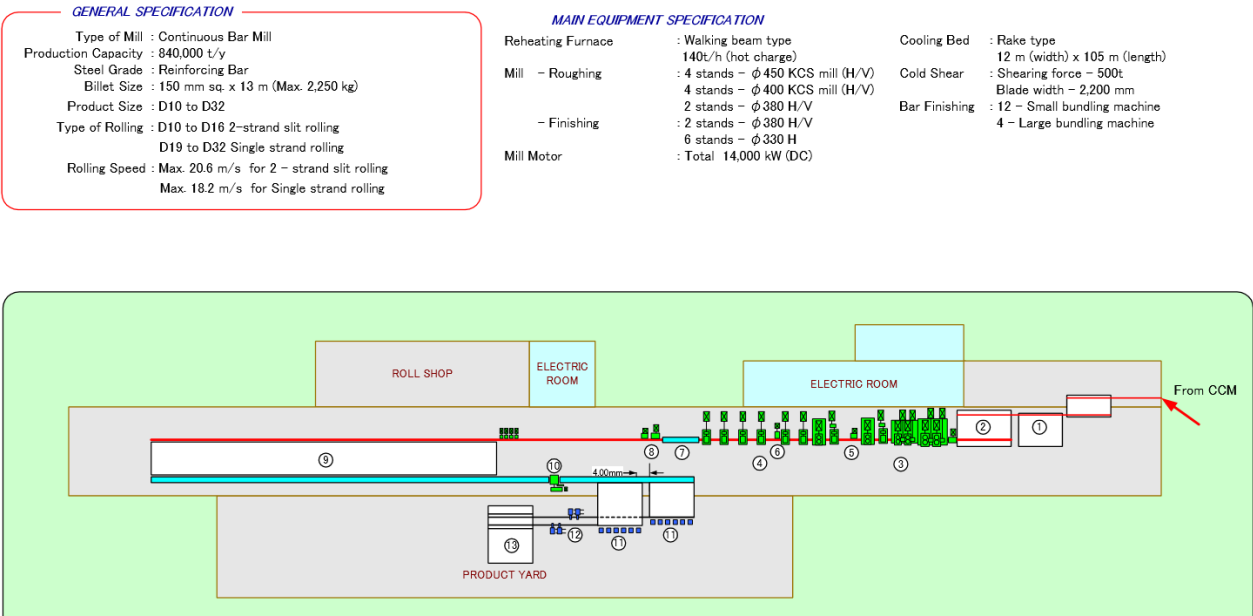


Рисунок 3.8 – Схема розташування обладнання сортового стану

Інший приклад – дровотий стан фірми SMS-Меєрпоказаний на рисунку 3.9. Чорнова група стану складається з чотирьох безстанинних клітей. Проміжна група складається з шести компактно розташованих клітей з консольним розташуванням валків. Перед і після проміжної групи встановлено летючі обрізні ножиці.

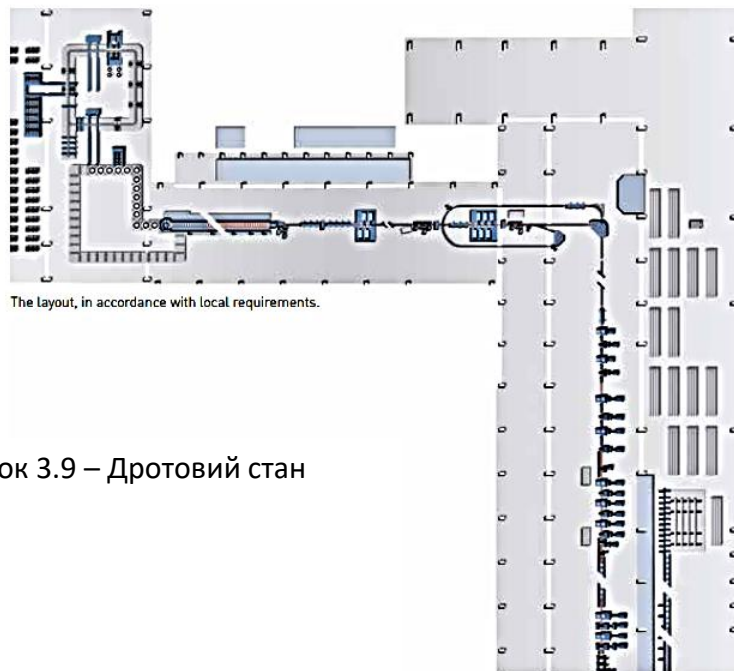


Рисунок 3.9 – Дротовий стан

Чистова група складається з восьми клітей з консольними валками, перед кожною з яких встановлено вертикальні петлерегулятори. Далі розкат надходить до шести-модульного дротового блоку, а після проміжного охолодження – до чотири-модульного блоку калібрування. Далі технологією передбачені водяне охолодження, формування витків та розкладання їх на конвеєрі для охолодження повітрям, збирання витків у моток (система Стілмор). Готові мотки катанки, у процесі транспортування, проходять додаткове охолодження, ущільнюються та ув'язуються і передаються на склад.

Якщо в сортаменті стана переважають фасонні профілі (кутики, швелери, балки) склад обладнання станів обирають у відповідності до потреб саме таких профілів. Наприклад, на рисунку 3.10 показано схему розташування обладнання стану для прокатування середніх та легких профілів.

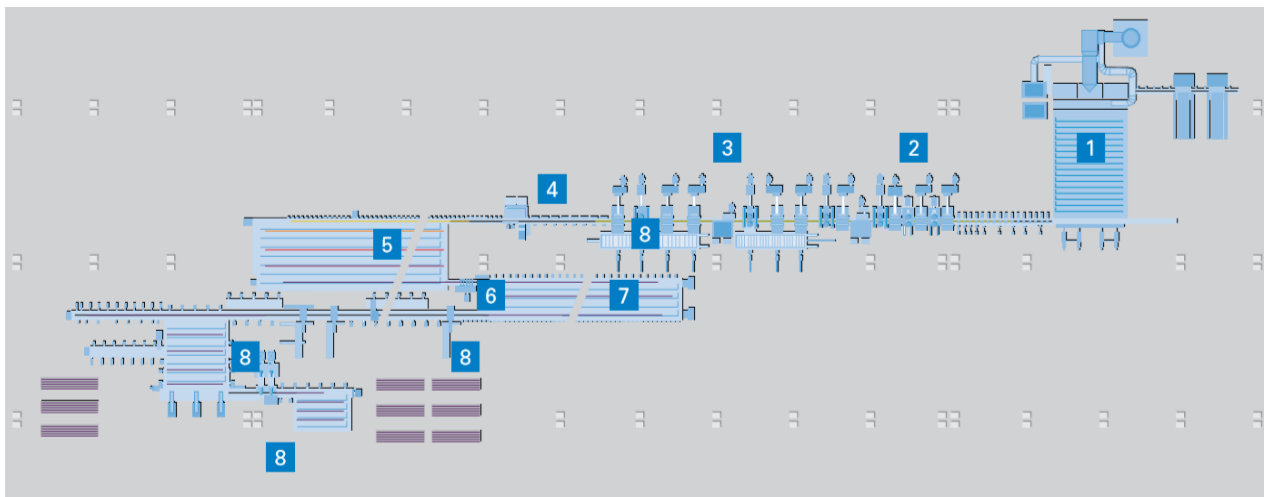


Рисунок 3.10 – Стан для прокатування середніх та легких профілів
[Bar and Merchant Bar Mill / SMS-group. - <https://www.sms-group.com/sms-group/downloads/.../20708/>]

П'ятнадцять робочих клітей стану традиційно розділено на три групи: 6-ти клітьову чорнову; 5-ти клітьову проміжну на 4-ри клітьову чистову. При цьому, остання кліть чорнкової групи, друга та п'ята проміжної та передостання чистової групи виконані комбінованими, тобто можуть працювати або як горизонтальні або як вертикальні. Чорнова група забезпечує виготовлення підкату потрібних розмірів, а проміжна і чистова - формування заданих профілів у відповідних профільних калібрах.

Особливістю складу обладнання даного стану є роздільні правлення та розрізання профілів. Після охолодження шар з кількох профілів піддають правленню на роликотправильній машині і видають на проміжний рейковий стелаж. Звідти шари профілів надходять на ножиці холодного різання, де розрізаються на мірну довжину. Далі шари профілів пакуються, ув'язуються, зважуються та передаються на склад для зберігання та відвантаження споживачам.

3.3 Конструкції робочих клітей для виготовлення довгомірного прокату

Для прокатування профілів на наведених у попередньому розділі станах використовують переважно безстанинні (рисунок 3.11) та консольні (рисунок 3.12) робочі кліті. Розглянемо особливості конструкцій таких клітей.

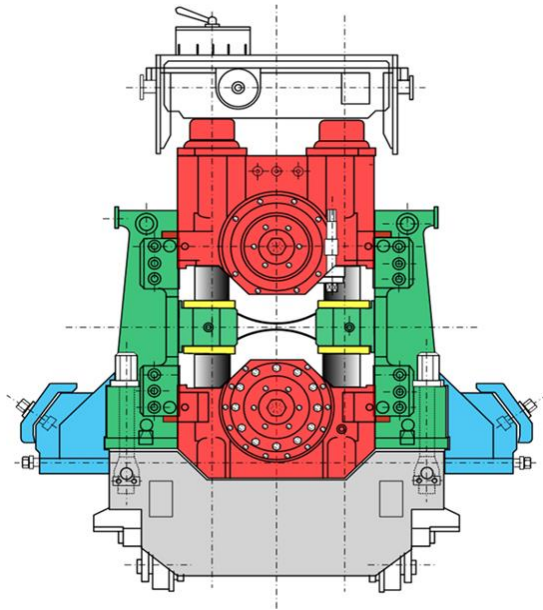


Рисунок 3.11 – Безстанинна кліть



Рисунок 3.12 – Консольна кліть

На відміну від клітей традиційної конструкції, показаних на рисунках 1.7 та 3.4, безстанинні кліті, або як їх ще називають кліті «RedRing», виконані за картриджною схемою. Тобто кліть складається з картриджу (касети) та контейнера (піддону), в якому закріплюють картридж.

Картридж кліті, показаний на рисунку 3.11, утворюють валки з підшипниковими вузлами (подушками), які з'єднані стяжними гвинтами (валами). Кожен такий вал в середній частині утримується за допомогою приливів стійок. Стійки з боку приводу та з боку оператора з'єднано привалковими брусами, а у верхній частині - тягою. На стійках також виконано приливи для закріплення картриджу у контейнері чотирма гвинтами.

Контейнер розміщується на плитовині з можливістю осьового переміщення. Завдяки такому переміщенню забезпечується можливість збереження стабільної лінії прокатування. Це означає, що при переході з одного калібру на інший, кліть переміщують до розміщення осі калібру на лінії прокатування. Але для забезпечення такого переміщення шпинделі клітей виконують телескопічними, тобто вони можуть змінювати свою довжину на відстань, що відповідає довжині бочки валків кліті. Крім цього, осьове переміщення кліті використовують для перевалки - шпинделі переводять у положення перевалки, робоча кліть зміщується з лінії прокатування, картридж та піддон роз'єднуються і здійснюється заміна картриджу.

Особливістю конструкції без станинних клітей є



Rolling stands / BBC Steel Tech. - <http://www.bbcsteeltech.com/products/rolling-mills/rolling-stands/>

3.4 Обладнання поточних технологічних ліній станів довгомірного прокату

ТЕМА 4. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПЛОСКОГО ПРОКАТУ

Згідно з класифікацією прокатних станів за призначенням (розділ 1.2) для виготовлення плоского прокату застосовують такі типи станів:

- товстолистові;
- широкоштабові гарячого прокатування
- штабові стани холодного прокатування.

Розглянемо приклади окремих станів кожного типу.

4.1 Товстолистові стани

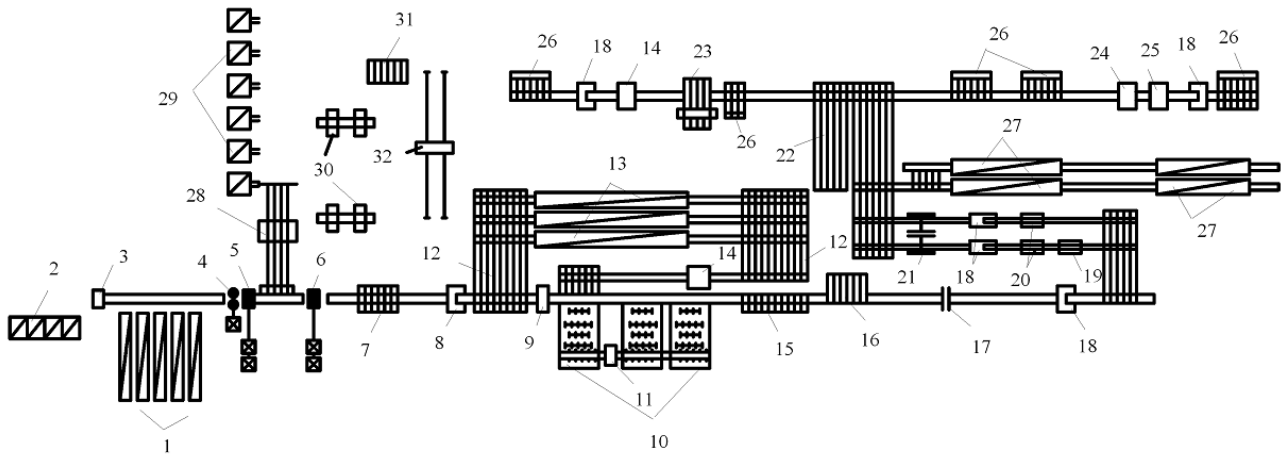
Товстолистовий стан 3600 комбінату Азовсталь (Маріуполь) введено в роботу у 1973 році. Сортамент стану включає листи товщиною від 9 до 50 мм та плити товщиною від 51 до 200 мм. Ширина прокату становить від 2 до 3,2 м, довжина від 6 до 28 м (плити - до 12 м).

Вихідні матеріали для прокату: сляби товщиною 130 - 350 мм, шириною 1100 - 1900 мм, довжиною 2100 - 3400 мм та масою від 2 до 16 т. Можливе прокатування з зливків розмірами (450-940)х(1300-2000)х(2000-3000) мм і масою від 10 до 30 т.

Стан розміщено у будівлі з восьми прольотів, загальною довжиною 1230 м. Він має дві реверсивні робочі кліті кварто (рисунок 4.1).

Перша - чорнова «універсальна» (рисунок 4.2). Такий термін використовують для відображення можливості прокатування у двох напрямках: вертикальними валками - по ширині розкату; горизонтальними - по товщині розкату. Вертикальні валки, які встановлені перед горизонтальними валками, мають діаметр 900/800 мм, довжину бочки 1400 мм і масу 14,5 т. Чорнова кліть кварто оснащена чавунними робочими валками діаметром 1130/1050 мм з довжиною бочки 3600 мм і масою 39 т. Опорні валки чорнової кліті мають діаметр 1800/1640 мм, довжину бочки 3400 мм і масу 89 т. Опорні валки бандажовані, матеріал кованих бандажів - сталь 9Х2МФ. Максимальна сила прокатування в чорновій кліті становить 45 МН, максимальний крутний момент на кожному з робочих валків - до 4,1 МН·м. Швидкість прокатування може змінюватись від 0 до 4,4 м/с. Потужність приводу валків 2х6920 кВт. В чорновій кліті забезпечено можливість прокатування з розбивкою ширини.

Чистова кліть кварто за конструкцією аналогічна, але у ній встановлюють робочі валки діаметром 1030/950 мм, з довжиною бочки 3600 мм і масою 35 т. Опорні валки такі самі, що й для чорнової кліті. Сила прокатування в чистовій кліті також не перевищує 45 МН, але момент прокатування менше - 2х2,9 МН·м. Швидкість прокатування від 0 до 6 м/с, потужність приводу 2х8800 кВт.



1 - методичні печі; 2 - колодязі; 3 - стаціонарний перекидач зливків; 4 - кліть з вертикальними валками; 5 - чорнова реверсивна кліть кварто; 6 - чистова кліть кварто; 7 - роликів машина загартування; 8 - ножиці торцевої обрізи; 9 - роликів машина гарячого правлення; 10 - роликів холодильники; 11 - роликів машина холодного правлення; 12 - передаточні шле пери; 13 - печі нормалізації; 14 - роликів правильна машина; 15- агрегат водоповітряного охолодження; 16 - інспекторські стелажі; 17 - ультразвуковий дефектоскоп; 18 - ножиці поперечного різання; 19 - дискові ножиці; 20 - ножиці обрізки кромки; 21 - маркувальна машина; 22 - стелажі зачистки з кантувачами; 23 - стелажі вогневої зачистки; 24 - правильна машина для листів товщиною 5 - 20 мм; 25 - правильна машина для листів товщиною 20 - 50 мм; 26 - кармани для обрізи; 27 - печі термічної обробки; 28 - візок для плит; 29 - камерні печі з рухомим подом; 30 - агрегат вогневої зачистки; 31 - стенд вогневої зачистки плит; 32 - візок.

Рисунок 4.1 - Схема розташування обладнання товстолистого стану 3600

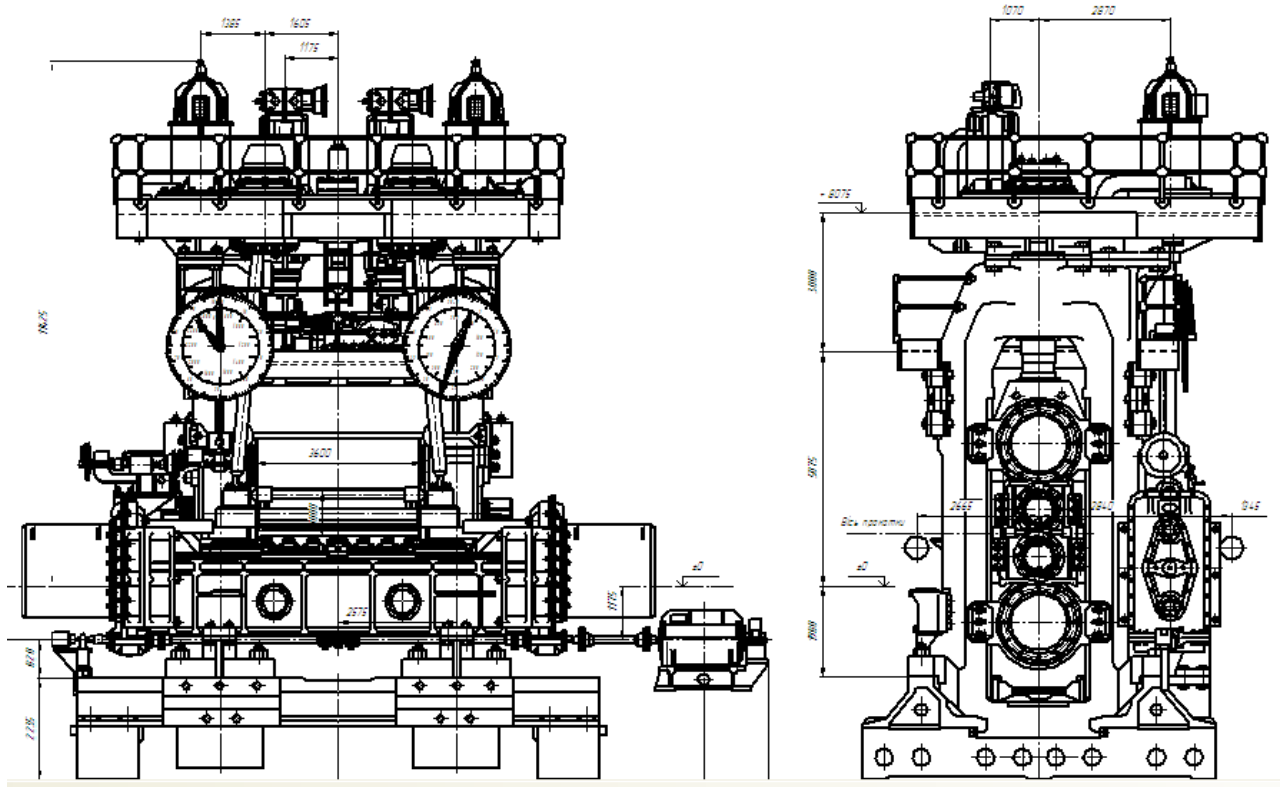


Рисунок 4.2 - Загальний вид чорнової реверсивної кліть кварто 1130/1800x3600

4.2 Широкоштабові стани гарячого прокатування

Широкоштабові стани забезпечують виготовлення більшої частини плоского прокату, так як виготовляють як готовий прокат, так і підкат для подальшого холодного прокатування. На більшості таких станів реалізується процес неперервного прокатування, що забезпечується послідовним розташуванням клітей. На деяких станах реалізують напівнеперервний процес прокатування з застосуванням реверсивної чорнової кліті та неперервної групи з 6 - 8 клітей кварто.

Наприклад, широкоштабовий стан 2000 Новолипецького металургійного комбінату, який пущено у 1969 році, призначено для виготовлення штаб товщиною від 1,2 до 16 мм, шириною від 1000 до 1850 мм, в рулонах масою до 36 т. Вихідною заготовкою слугують неперервнолиті сляби товщиною до 315 мм (для типових профілерозмірів - 240 мм) і масою до 36 т, що відповідає довжині приблизно 10 м.

Як видно з рисунка 4.3 до складу стану входить 16 клітей розділених на дві групи.

Чорнова група включає послідовно розташовані вертикальну кліть (окаиноламах) з валками діаметром 1200 мм і довжиною бочки 800 мм; горизонтальний окаиноламах; чотири універсальні кліті кварто з валками 1200/1600x2000 мм (вертикальні валки 1000x420 мм).

Горизонтальний окаиноламах дозволяє здійснювати обтиснення розкату на 60 мм. Діаметр валків 1200/1100 мм, довжина бочки 2000 мм. Максимальний зазор між валками 320 мм. Привід валків – від двигуна потужністю 5 МВт (375 об/хв.). Максимальна сила прокатування 24 МН, момент прокатування 4,3 МНм. Різьба натискних гвинтів УП 600x24 мм.

Кліті кварто мають однакову конструкцію, яка забезпечує максимальну силу прокатування до 30 МН. Потужність приводу клітей кварто становить 5 МВт, 11,4 МВт, 10 МВт, 10 МВт. Швидкість виходу розкату з чорнової групи - до 3,2 м/с.

Проміжний рольганг між чорною та чистою групами має довжину 114 м, що забезпечує вільний вихід розкату з чорнової групи.

Перед чистою групою розміщено обрізні летючі ножиці з максимальною силою різання 3,4 МН, що дозволяє здійснювати різання розкатів товщиною до 50 мм при ширині до 1850 мм і температурі до 950⁰С. Потужність двигуна головного приводу ножиць 1,15 МВт, момент на привідному валі 1,47 МНм. Розрізання розкату може здійснюватися на швидкості до 2,8 м/с.

Чистова група складається чистового окаиноламача та семи клітей кварто.

Чистовий окаиноламах являє собою горизонтальну кліть дуо з валками діаметром 800 мм та довжиною бочки 2000 мм. Максимальна сила прокатування становить 2,74 МН, момент прокатування 49 кНм.

Перші дві кліті кварто мають валки 900/1600x2000, всі інші 800/1600x2000 мм. Максимальна сила прокатування 24,5 МН, момент прокатування 1,76 МНм. Потужності головного приводу клітей №6 - №11 від двоякорних двигунів по 11,4 МВт, кліті №12 – 8,5 МВт. Швидкість прокатування в чистовій кліті 20 м/с.

Матеріали валків та типи підшипників наведено в таблиці 4.1

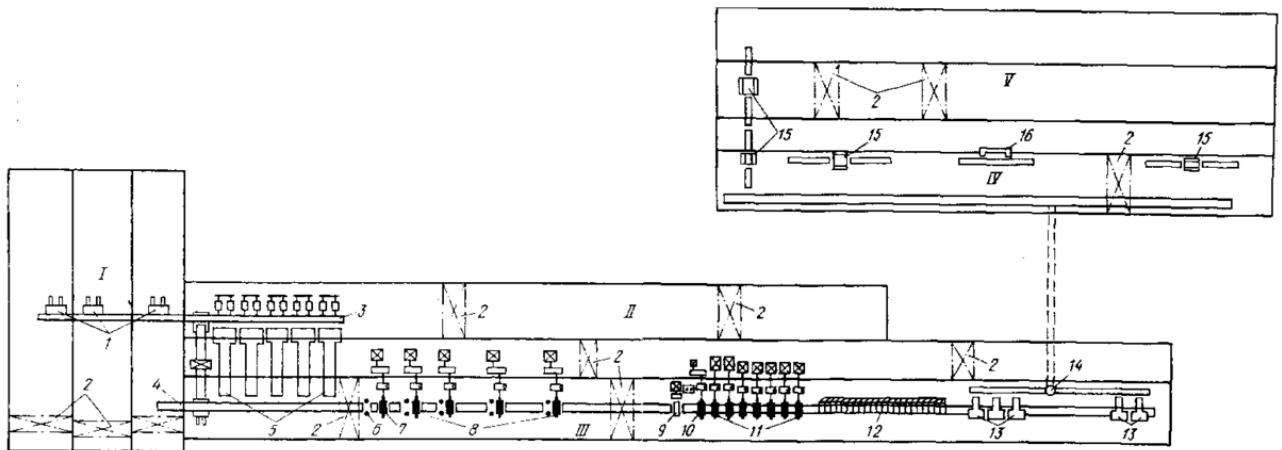


Рисунок 4.3 – Схема розташування обладнання широкоштабового стану 2000 НЛМК

Таблиця 4.1 – Матеріали валків по клітям стану 2000 НЛМК

	Вертикальна кліть	Чорновий окалино-ламач	Чорнові кліті №2 - №5	Чистовий окалино-ламач	Чистові кліті №6-№7	Чистові кліті №8-№12
Матеріал робочих і (вертикальних) валків	55Х	9ХФ	Чавун (55Х)	Чавун	Чавун	Чавун
Матеріал опорних валків	-	-	9ХФ	-	9ХФ	9ХФ
Твердість, HSh	30-50	35-50	50-57 (30-50) 35-50	58-68	65-75 35-50	70-85 35-50
Діаметр робочих і (вертикальних) валків, мм	1200/1100	1200/1100	1200/1100 (1000/810)	800/750	900/850	820/750
Діаметр опорних валків, мм	-	-	1600/1460	-	1600/1460	1600/1460
Довжина бочки, мм	800	2000	2000 (530)	2000	2000	2000
Маса валка, т	10,8	25,9	24,5 (3,2) 41	11,4	16,1 41	11,4 41
Тип підшипників	Роликові чотирирядні	ПРТ	Роликові чотирирядні та ПРТ	Роликові чотирирядні	Роликові чотирирядні та ПРТ	Роликові чотирирядні та ПРТ

Між клітями чистової групи встановлено петлерегулюючі пристрої для підтримання заданого режиму натягнення.

Після чистової групи клітей розміщено відвідний рольганг довжиною 200 м з «душируючими» пристроями для прискореного охолодження.

Для змотування штаб в рулони встановлено п'ять моталок барабанного типу. Перша група з трьох моталок призначена для змотування штаб товщиною до 6 мм, друга група – для штаб товщиною від 6 до 16 мм. При цьому моталки №1 та №2 використовують для штаб товщиною до 2 мм та підкату для подальшого холодного прокатування товщиною до 6 мм. Низьколеговані сталі (17ГС, 17Г2СФ) змотують на моталках другої групи (№4 і №5) незалежно від товщини.

Характеристика моталок №1, №2: діаметр барабану 828-750 мм; зовнішній діаметр рулону до 2300 мм; швидкість змотування при заправці штаби – до 10 м/с, максимально - до 21 м/с; діаметр тягнучих роликів: верхній 900 мм, нижній 400 мм; діаметр направляючих (формуючих) роликів 350 мм; потужність приводу формуючих роликів 42 кВт (600 – 1320 об/хв.). Для моталок №3 - №5 діаметри формуючих роликів становлять 400 мм, потужність двигунів їх приводу 32 кВт (730 об/хв.).

Потужність приводу барабанів моталок 1,15 МВт.

4.3 Штабові стани холодного прокатування

Розглянемо типові стани холодного прокатування.

4.3.1 Стан 1700 Маріупольського металургійного комбінату

Чотирикільтовий стан 1700 призначено для холодного прокатування смуг товщиною від 0,4 до 2 мм з гарячекатаного підкату товщиною від 1,8 до 5 мм при ширині 600 – 1500 мм (рисунок 4.4). Смуги змотуються в рулони з внутрішнім діаметром 600 мм і зовнішнім діаметром до 2200 мм. Маса рулонів до 30 т.

Діаметри робочих валків стану від 500 до 470 мм. Діаметри опорних валків змінюються від 1400 до 1370 мм. Швидкість прокатування в чистовій кліті до 25 м/с. Заправна швидкість 0,75 м/с. Кліті стану допускають максимальну силу прокатування до 20 МН. Характеристики головних приводів наведено в таблиці 1.10

Режими обтиснень та розраховані значення технологічних параметрів за даними [2] наведено в таблиці 4.2

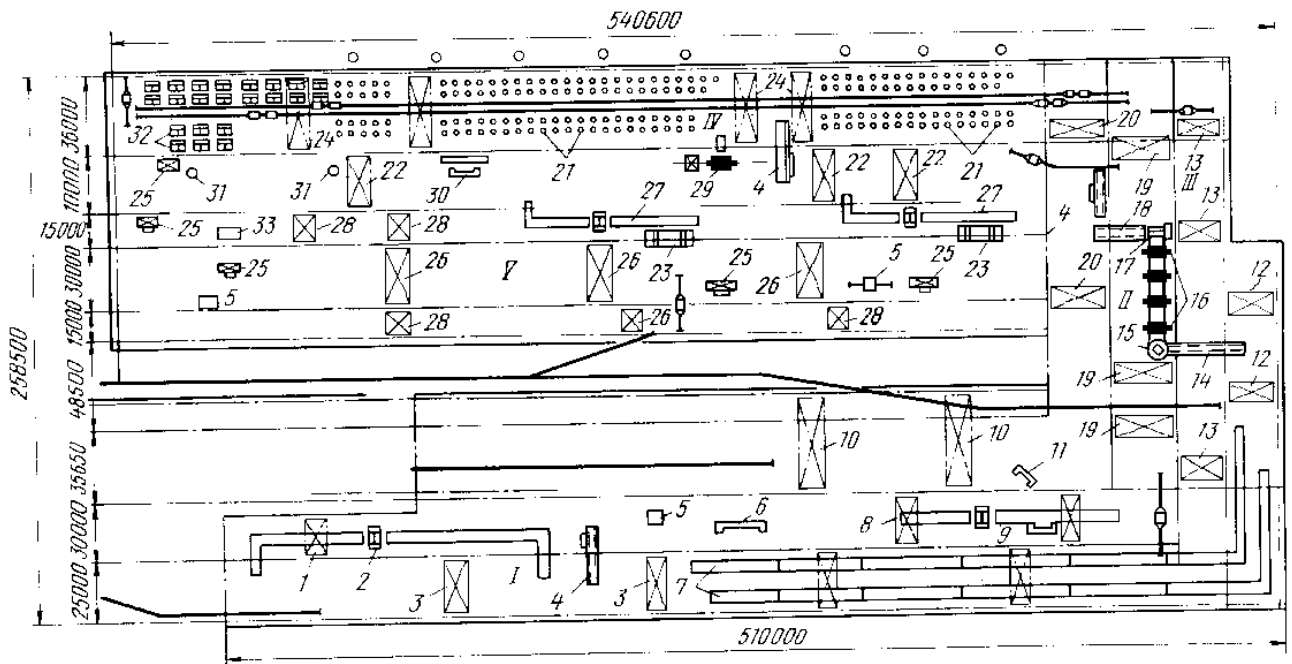


Рисунок 4.4 – схема розташування обладнання цеху холодного прокатування Маріупольського металургійного комбінату.

Таблиця 4.2 – Характеристики головних електродвигунів стану 1700 [2,3]

№ кліті	Потужність двигуна, кВт	Число обертів, об/хв..	Передаточне число, i	Момент прокатування, кН·м	Швидкість номінальна, м/с	Швидкість максимальна, м/с
1	2x2400	120/240	0,627	244	5,0	10,0
2	4x2400	200/400	0,627	294	8,35	16,7
3	4x2400	260/500	0,622	224	10,9	21,0
4	4x2400	330/600	0,622	176	13,9	25,0
моталка	3x1000					

Таблиця 4.3 - Режими обтиснень на стані 1700

№ кліті	h_i	$\varepsilon, \%$	Натяжіння σ_0/σ_1 , Н/мм ²	Швидкість смуги/валків V_1/V , м/с	Середній тиск p_{cp} , Н/мм ²	Сила F, кН	Момент M, кН·м	Потужн. N, кВт
Прокатування смуги 0,4x1020 з підкату 2,4x1020 з сталі марки 08кп								
1	1,56	35,0	12/104	6,4/6,0	455	7300	66,9	1585
2	0,94	39,8	104/127	10,7/10,2	712	10550	143,7	5761
3	0,57	39,7	127/139	17,7/16,7	949	12090	120,0	7846
4	0,40	29,3	139/60	25,0/23,8	1266	13720	81,5	7592
Прокатування смуги 0,4x1020 з підкату 2,2x1020 з сталі марки 3кп								
1	1,43	35,0	13/118	7,0/6,6	514	8030	68,9	1775
2	0,86	40,1	118/146	11,7/11,2	832	12160	152,1	6650
3	0,55	36,3	146/159	18,3/17,3	1120	14010	119,0	8056
4	0,4	26,7	159/60	25,0/23,8	1545	17910	86,9	8100

4.3.2 Стан 2030 Новолипецького металургійного комбінату

П'ятиклітьовий стан 2030 Новолипецького металургійного комбінату, конструкції фірми SMS, призначений для прокатування смуг товщиною від 0,35 до 3,5 мм з гарячекатаних підкатів товщиною від 1,8 до 6,0 мм з вуглецевих та конструкційних марок сталі. Ширина прокатаних смуг змінюється в діапазоні 900 – 1850 мм. Маса рулону до 45 т. Максимальна швидкість прокатування до 33 м/с. На стані передбачена можливість безкінечного прокатування, для чого стан оснащено накопичувальним пристроєм ємністю 800 м. При безкінечному прокатуванні товщина підкату обмежена 4,5 мм, а готових листів – до 2 мм.

Стан складається з трьох частин: вхідної, середньої та вихідної (рисунки 4.5).

Вхідна частина безкінечного прокатування складається з двох крокуючих балок з центруючими пристроями для приймання чотирьох рулонів, двох завантажуючих візків, двох пристроїв для видалення обв'язуючої стрічки, двох розмотувачів, правильної машини №1, направляючого столу, механічних ножиць, транспортеру, подвійного проводкового столу, комплексу відхиляючих роликів, автоматичної стикозварювальної машини, подаючих роликів, комплексу натяжних роликів №1, управляючого ролика №1, петльового пристрою, опорного ролика, комплексу натяжних роликів №2, плаваючого та управляючого роликів. Ємність накопичувального петльового пристрою, для забезпечення роботи стану при зварюванні рулонів, становить 800 м. Комплект натяжних роликів для створення на тяжіння в петльовому пристрої має чотири ролика діаметром 1,3 м з довжиною бочки 2,1 м та трьох роликів діаметром 254 мм з довжиною бочки 0,6 м. Ролики покриті поліуретаном товщиною 15 мм з твердістю 95±3 HSh (по Шору).

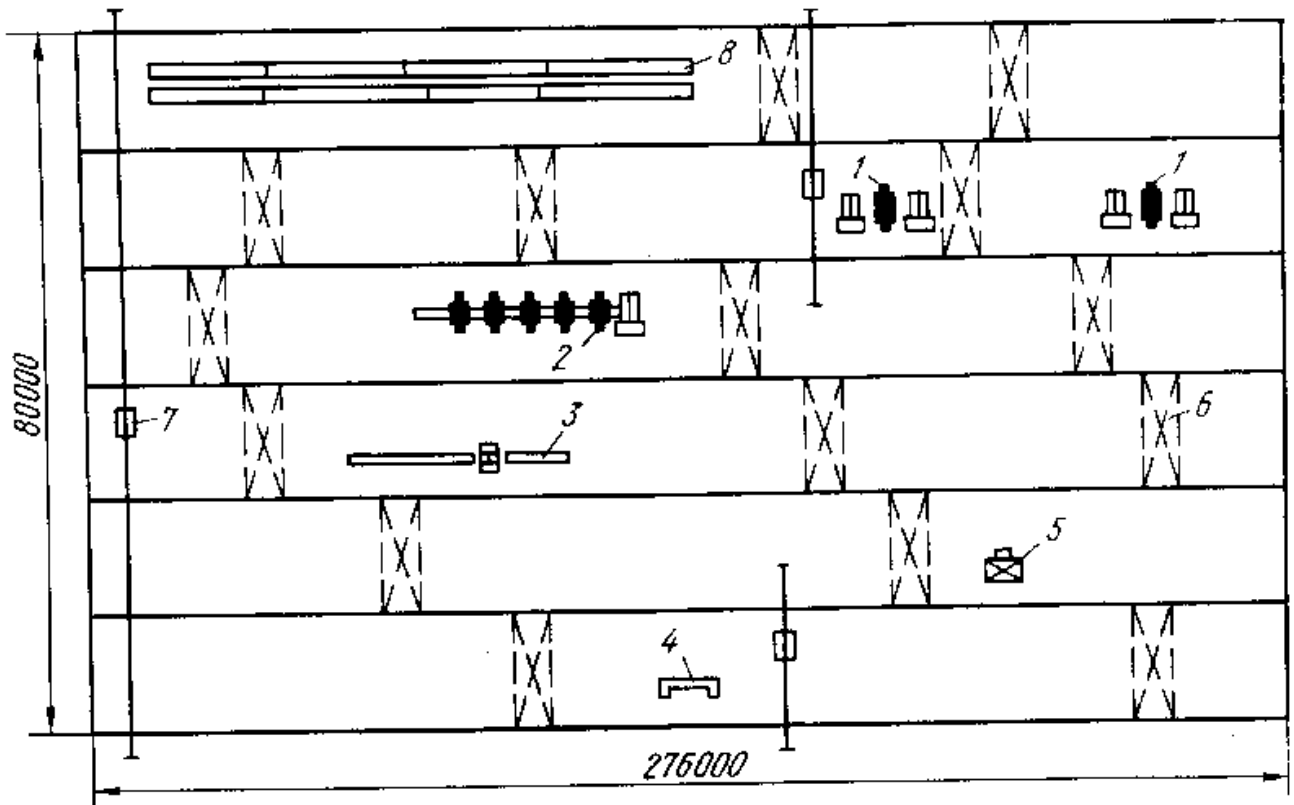


Рисунок 4.5 – Схема розташування обладнання стану 2030 НЛМК.

Середня частина стану складається з опорних плит з збірними ваннами, п'яти чотиривалкових клітей, прес-проводок на вхідній стороні кожної кліті, проводкової арматури.

Вихідна частина складається з тягнучих роликів, барабанних ножиць, відхиляючих роликів, магнітного транспортера, двох моталок, зіштовхувачів рулонів, візків для транспортування рулонів, автоматичної обв'язуючої машини, вагів, кантувача рулонів.

Станини клітей з сталевого литва мають масу по 118т. Площа перетину стояків станин дорівнює 6000 см². Стан оснащено гідравлічним натискним механізмом, який може створювати максимальне зусилля в 30 МН. Діаметр поршня становить 965 мм. Максимальний робочий хід поршня 120 мм. Швидкість переміщення 2,5 мм/с.

Привід робочих валків здійснюється через зубчаті муфти та зубчаті шпінделі від двигунів потужністю 2х4,1 МВт, з числом обертів 275/810 об/хв., які створюють момент 147,6 кН·м.

10

Крім цього, привід клітей забезпечує такі характеристики [2]:

Таблиця 4.4

Параметри	Номер кліті				
	1	2	3	4	5
Частота обертання валків	131/392	171/512	221/663	203/788	330/984
Момент на валках, кН·м	2х233,31	2х233,78	2х180,77	2х151,70	2121,01
Передаточне число	1,5806	1,5806	1,2222	1,0256	0,8182

Діаметр робочих валків змінюється від 615 до 550 мм (за номінальний діаметр прийнято 600 мм). Довжина бочки становить 2030 мм. Матеріал валків – сталь 9Х2МФ, за даними [4, с 250] . Твердість поверхні 93 – 98 (102) одиниць по Шору. Індивідуальний привід валків дозволяє використовувати валки з різницею діаметрів до 3 мм. Валки встановлено на роликівих підшипниках. Профіль валків випуклий, з різницею діаметрів між центром і краєм бочки 0,1 мм.

Опорні валки, виготовлені з сталі марки 75ХМ, можуть мати діаметр від 1600 до 1490 мм. Твердість поверхні 55 – 63 одиниць по Шору. Валки встановлено на підшипниках рідинного тертя. Профіль валків циліндричний з скосами по краям бочки від 100 до 200 мм на глибину 1 – 2 мм.

Натягіння при порулонному прокатуванні від 1250 до 10000 Н. Барабанні розмотувачі створюють на тяжіння на вході в стан 850 – 6700Н. Моталки створюють на тяжіння до 65 кН при швидкості прокатування 1900 м/хв. та до 13кН при швидкості 400м/хв..

Емульсійна система стану складається з трьох циркуляційних систем, дві з яких призначено для подачі емульсії, а третя – для подачі миючого розчину в чистовій кліті. Система може працювати по одній з 10 програм: з подачею емульсії з двох баків ємністю по 150 м³ ; з двох баків по 300 м³; з усіх п'яти баків [2]. Витрата емульсії в клітях №1 - №4 може досягати 7724 л/хв. (на кожну), а на кліті №5 – до 6451 л/хв.. Система забезпечує автоматичне підтримання температури емульсії в діапазоні 40 – 50°C.

Таблиця 4.5 - Режими обтиснення при прокатуванні сталі марки Ст2 кп [3]

Розміри підкату	Товщина і ступінь деформування по клітям стану									
	1		2		3		4		5	
	h _i , мм	ε _i , %	h _i , мм	ε _i , %	h _i , мм	ε _i , %	h _i , мм	ε _i , %	h _i , мм	ε _i , %
2,0x1650	1,19	40,5	0,82	31,09	0,58	29,27	0,45	22,4	0,40	11,11
2,2x1000	1,26	42,73	0,84	33,33	0,58	30,95	0,45	22,40	0,40	11,11
2,6x900	2,02	22,31	1,40	30,69	1,03	26,43	0,80	22,33	0,70	12,50
2,6x1100	2,03	21,92	1,39	31,53	1,01	27,34	0,79	21,78	0,70	11,39
2,6x1250	1,97	24,23	1,36	30,96	0,98	27,94	0,78	20,41	0,70	10,26
2,6x1600	1,84	29,23	1,33	27,72	0,98	26,32	0,78	20,41	0,70	10,26
2,4x1850	1,86	22,50	1,32	29,03	0,97	26,52	0,77	20,62	0,70	9,09

Продукція стану поставляється в рулонах або листах. Розміри рулонів: внутрішній діаметр 600мм, зовнішній діаметр - від 1200 до 2200 мм.

4.3.3 Комбіновані агрегати

Сучасні стани холодного прокатування об'єднують з агрегатами видалення окалини. Прикладом такого комбінованого агрегату є металургійний комплекс з виготовлення високоякісного автолиста, що реалізується фірмами ОАО «Северсталь» (Росія) та SteelCorr

(США), спільно з SMS Demag в місті Колумбус (штат Місісіпі, США) [4]. Комплекс, що являє собою мінізавод, включає сталеплавильне виробництво з використанням електропечей, установку CSP неперервного розливання сталі та гарячого прокатування, комбінований агрегат травлення та холодного прокатування, відділення термічної обробки та гарячого цинкування штаб. Схематичне зображення комбінованого агрегату травлення-холодного прокатування наведено на рисунку 4.6.

Травильний агрегат оснащено вхідним накопичувальним пристроєм, в якому забезпечується послідовне зварювання рулонів та подачу штаби до ванн травлення. Травлення здійснюється у розчині кислоти в турбулентному режимі. Агрегат оснащено також проміжним накопичувальним пристроєм між агрегатом травлення та станом холодного прокатування.

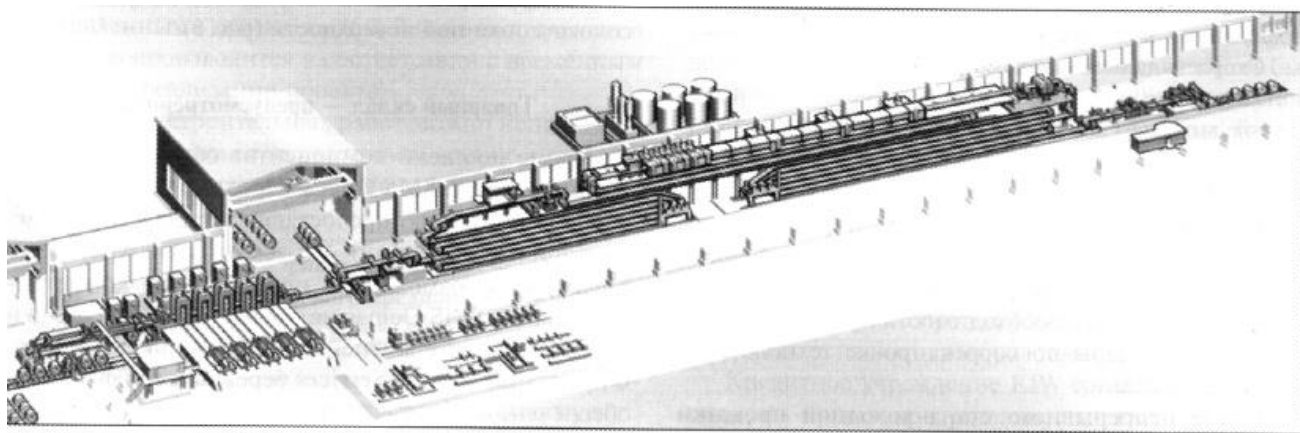


Рисунок 4.6 – Схема комбінованого агрегату [4].

Стан холодного прокатування складається з п'яти чотиривалкових клітей типу SVC. Максимальна сила прокатування 30МН. Ширина штаби від 914 до 1880 мм. Товщина підкату 1,4 – 5 мм, готової штаби 0,28 – 1,4 мм. Максимальна маса рулонів 40 т. Швидкість переміщення штаби: на вході в лінію травлення – до 450 м/хв., на виході 150 м/хв. (2,5 м/с), на виході з стану – до 20 м/с.

Після прокатування штаба може оброблятися за двома технологічними маршрутами: термообробка в ковпакових печах з наступним дресируванням на одно клітьовому дресирувальному стані; термообробка та гаряче цинкування штаби в неперервному агрегаті баштового типу. При потребі в лінії гарячого цинкування може здійснюватись дресирування штаби на окремому стані.

Комплекс оснащено багаторівневою системою автоматизації, що дозволяє окремим ділянцям працювати в автономному режимі. Найновіші технічні рішення та системи автоматизації дозволяють виготовляти авто лист якості якого відповідає найвищим вимогам споживачів.

ТЕМА 5. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ТРУБ

За способом виготовлення всі труби розділяють на дві основні групи: безшовні та зварні.

Безшовні труби можуть виготовлятися і постачатись як гарячедеформовані або холоднодеформовані. Зварні труби можуть виготовляти з застосуванням електродугового зварювання або методом умовно «пічного» зварювання.

При виготовленні безшовних труб методами гарячого деформування застосовують таку основну технологічну схему:

- виготовлення гільзи (круглої заготовки з отвором);
- нагрів та розкатування гільзи в трубу проміжних розмірів;
- нагрів та чистове прокатування труби.

Для здійснення першої операції можливе застосування такого обладнання: гідравлічні преси; стани поперечно-гвинтового прокатування; послідовне застосування пресів та валкової прошивки.

Для розкатування гільзи в чорнову трубу застосовують:

- подовжнє прокатування на стаціонарно встановленій короткій оправці (автоматичні стани);
- періодичне прокатування на довгій плаваючій конічній оправці (пілігримові стани);
- подовжнє прокатування на довгій циліндричній плаваючій оправці в багато клітьовому стані (неперервні стани);
- гвинтове прокатування на довгій плаваючій оправці (розкатні стани);
- прошовування «стакану» за допомогою дорну через послідовно розташовані роликові обойми, розміри калібрів в яких поступово зменшуються, або калібрів-кілець (рейкові стани);
- видавлювання металу через матрицю з стаціонарно встановленою оправкою (трубопрофільні преси);
- поперечне прокатування на нерухомій оправці в конічних валках, які розміщено в обоймі, що обертається (планетарні стани).

Для формування готової труби застосовують прокатування на калібрувальних, редуційних або редуційно-розтяжних станах. Можливе також поєднання обкатування труби на розкатному косовалковому стані з прокатуванням на калібрувальному або редуційному станах та прокатування на станах-роширювачах.

Найбільш поширеними є трубопрокатні агрегати з **автоматичними, пілігримовими, неперервними і тривалковими розкатними** станами.

Розглянемо склад та особливості конструкції основного обладнання трубопрокатних цехів.

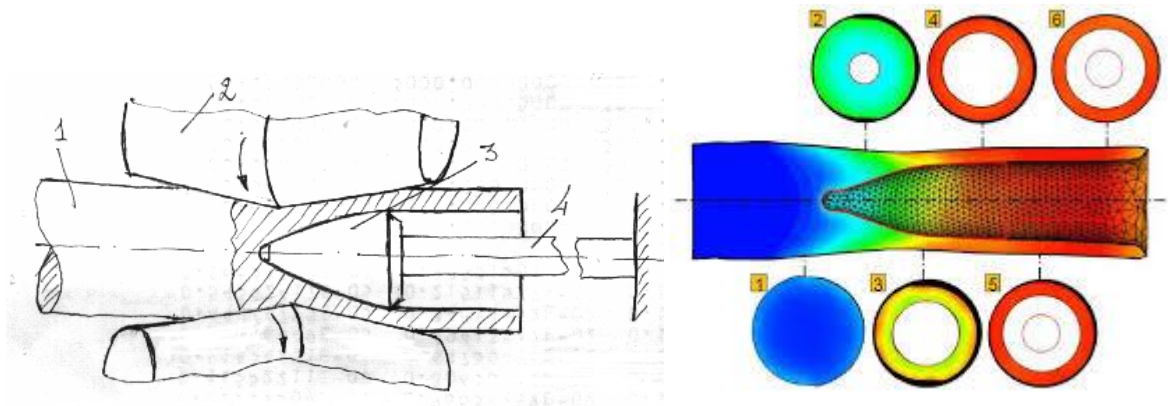


Рисунок 5.1 – Схема осередку деформування при прошиванні гільзи на стані поперечно-гвинтового прокатування [Степаненко О. М. Розробка методів розрахунку та удосконалення ресурсозберігаючої технології виробництва труб нафтогазового сортаменту підвищеної якості : Автореферат дисертації канд. техн. наук. - Спеціальність 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском». – Дніпро : національна академія наук України інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова. – 2018. – 26 с.]

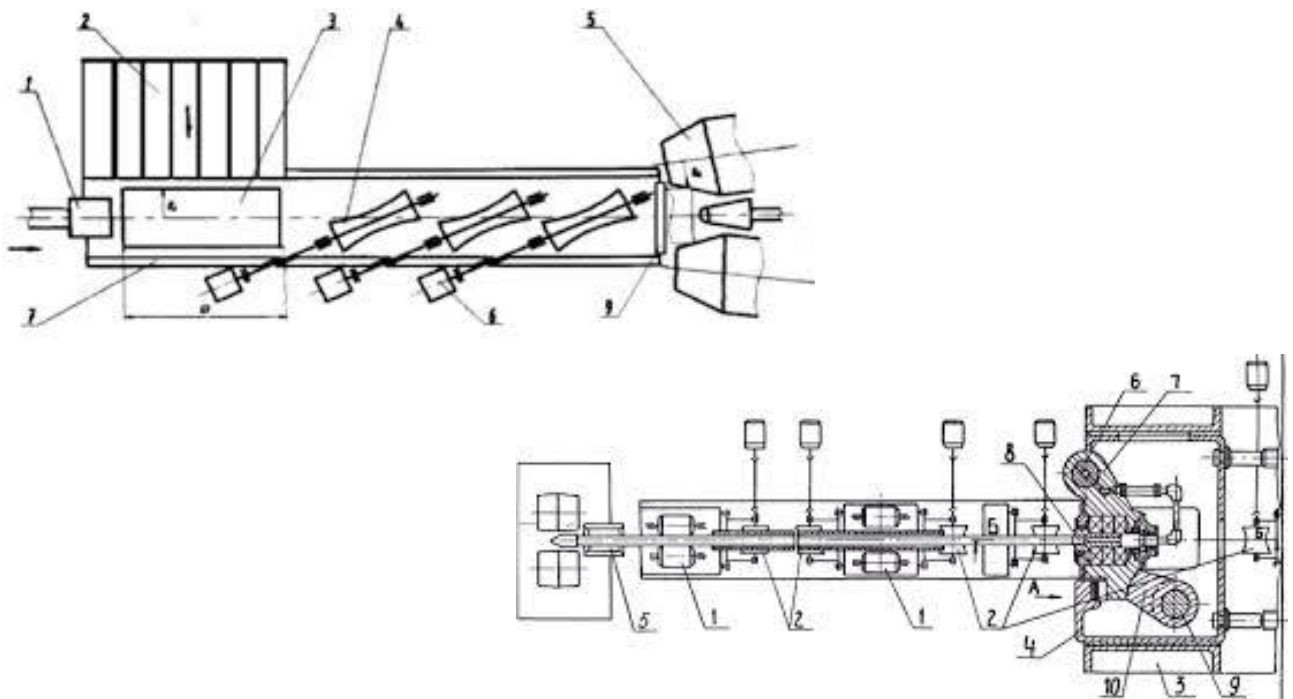
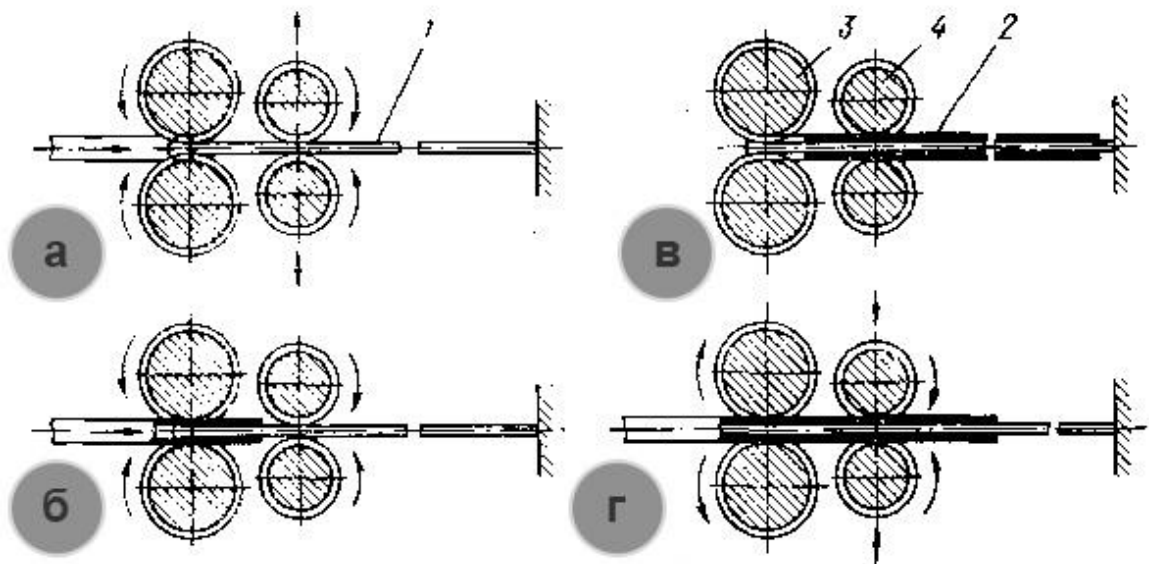


Рисунок 5.2 – Схема технологічного обладнання прошивного стану
(механізми приводу валків не наведено)

Прокатування чорнової труби на автоматичному стану показано на рисунку 5.3. Прокатування здійснюється за декілька проходів. Після кожного проходу труба виходить з осередку деформації і залишається на оправці. Окремим механізмом труба разом з оправкою повертається на 90° , валки кліті розводяться (збільшують зазор між ними) і роликами та валками кліті труба транспортується на вхідну сторону стану. Після цього валки кліті встановлюють з відповідним зазором відносно оправки і здійснюється наступний прохід.



а – захват гільзи валками;

б – прокатування труби;

в – стадія завершення проходу – вихід труби з осередку деформації;

г – повернення труби на вхідну сторону стану

Рисунок 5.3 – Послідовність прокатування труби на автоматичному стані

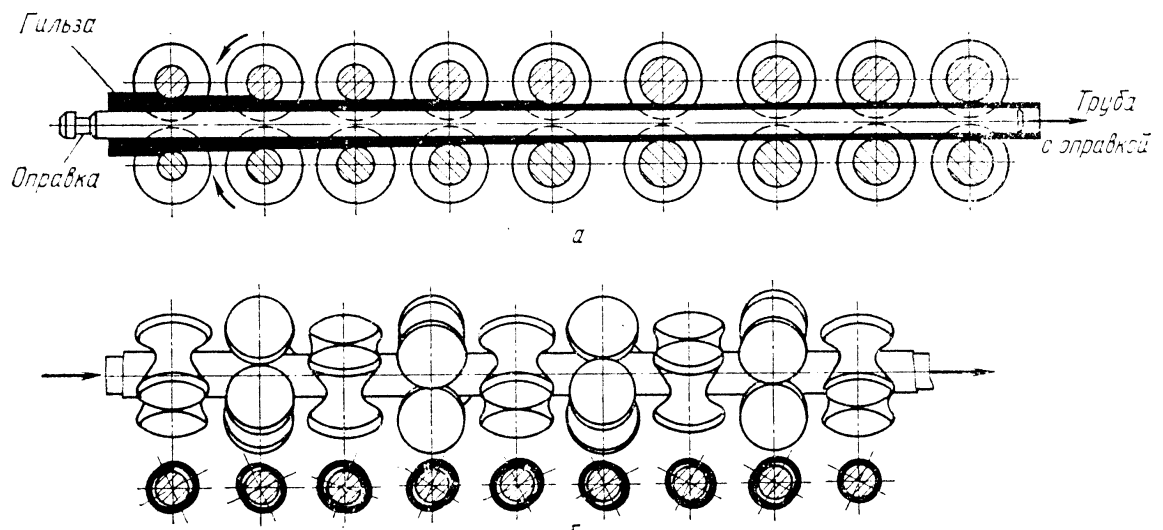


Рисунок 5.4 – Схема неперервного стану

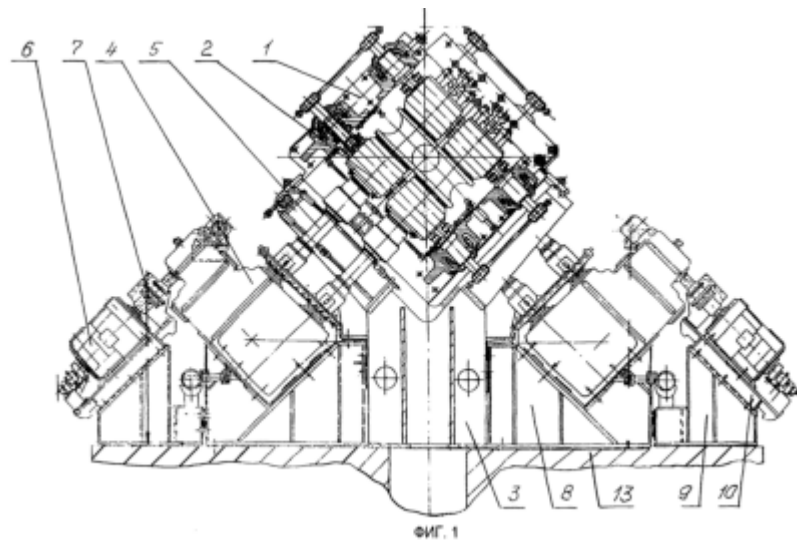


Рисунок 5.5 – Розташування робочих клітей неперервного стану [Тартаковський І. К. Неперервний трубопрокатний стан : Патент РФ №2243044, В 21В 17/04, В 21В 35/02]

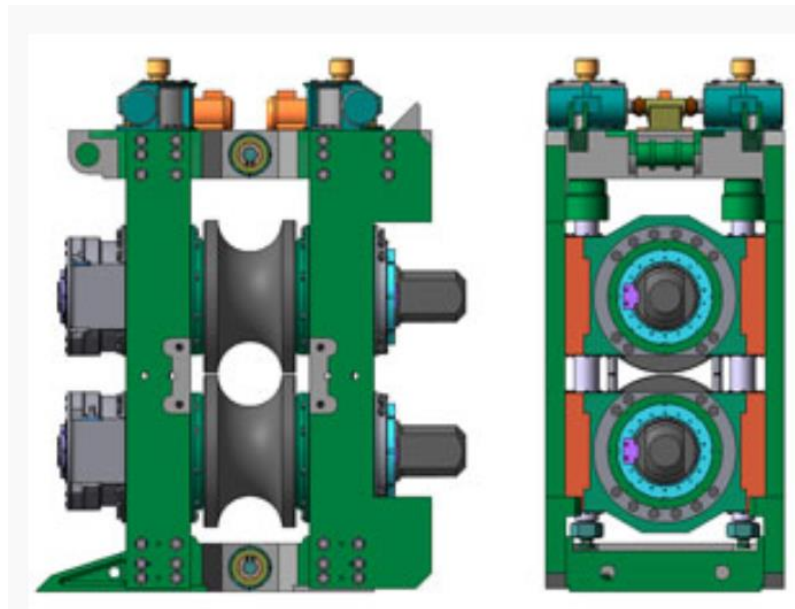


Рисунок 5.6 – Робоча кліть неперервного стану конструкції ЕЗТМ

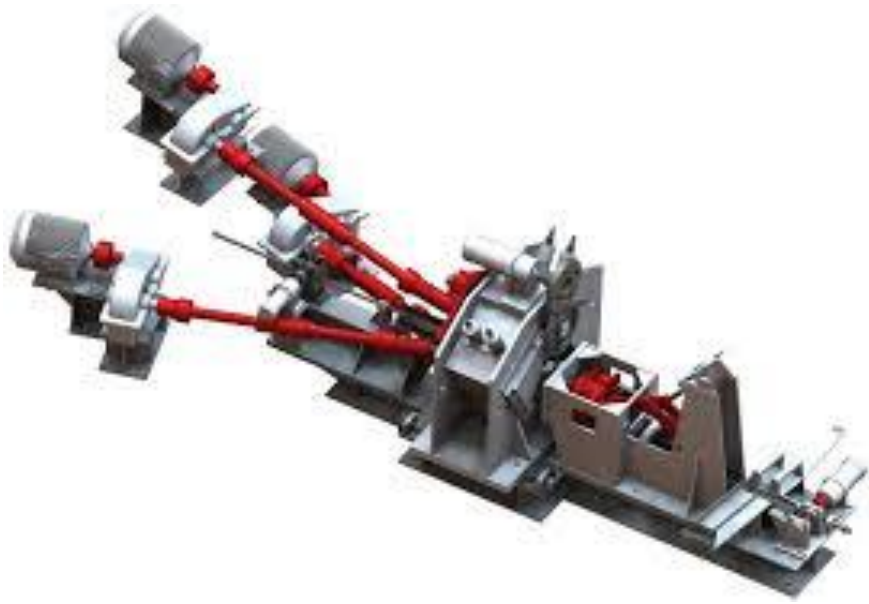


Рисунок 5.7 – Робоча кліть тривалкового розкатного стану гвинтового прокатування

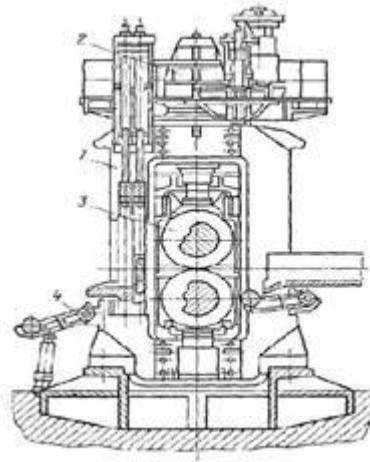


Рисунок 5.8 - Схама пілігримового стану

ТЕМА 6. ОБЛАДНАННЯ ЦЕХІВ З ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛІВ ЗГИНАННЯМ

Виготовлення профілів згинанням, або як ще називають цей процес – формовкою, почалось порівняно не так давно. За деякими відомостями перші такі стани з'явилися у Сполучених Штатах близько 1910 року. Суттєве зростання обсягів виробництва гнутих профілів відбулось приблизно у 60-і роки минулого сторіччя. На кінець 90-х років обсяги виробництва цих профілів від загального випуску прокату становили: до 4% у США, до 1,7% в Японії. В сучасних умовах спостерігається збільшення попиту та суттєве розширення сфер застосування гнутих профілів. Відповідно збільшуються обсяги виробництва та впроваджуються нові технології.

З часів СРСР високопродуктивні профілезгинальні агрегати (ПГА) були збудовані на «Запоріжсталі», Череповецькому та Магнітогорському металургійних комбінатах, заводі «Амурсталь». Швидкість профілювання на таких агрегатах, конструкцій ВНИИМетМаш та СКМЗ досягала 180 м/хв.

Наприклад, профілезгинальний агрегат (2-7)х(80-500) комбінату «Запоріжсталь» збудовано у 1959 році. Агрегат розраховано на використання заготовок товщиною від 2 до 7 мм при ширині від 80 до 450 мм, при масі рулону до 5 т. Схема розташування обладнання агрегату наведена на рисунку 1.1.

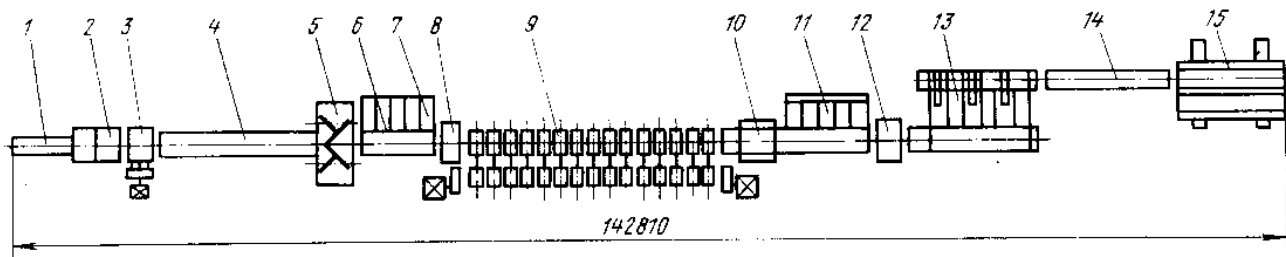


Рисунок 6.1 – Схема розташування обладнання профілезгинального агрегату (2-7)х(80-500)

Основними вузлами агрегату є: розмотувач 2, правильна машини 3, проміжний рольганг 4, ножиці 5, промаслюючий пристрій 8, профілезгинальний стан 9, установка для здування емульсії 10, інспекторський стелаж 11, пристрій для нанесення консерваційного покриття.

До складу агрегату входять 14 клітей відкритого типу. Кожна робоча кліть складається з станин, валків з подушками, натискного механізму, приводу валків та вертикальних роликів. Станини, закріплені на спільній плитовині, перекриваються кришкою і з'єднується з станиною чотирма закладними пальцями та чотирма розпирними клинами. На бічній поверхні станини з боку приводу розміщено пластини для фіксації валків з подушками від осьового зміщення. Валки клітей збірні і складаються з валу діаметром 170 мм, який встановлено на підшипниках кочення та формуючих елементів (бандажів), які закріплюються на валу в потрібному положенні гайками. Нижній валок встановлюється стаціонарно, а верхній – з

можливістю регулювання зазору. Врівноважування верхнього валка пружинне, за допомогою чотирьох пружин, які змонтовано у верхній подушці.

Привід валків здійснюється від двох двигунів постійного струму потужністю по 480 кВт, через шпінделі, комбіновану шестеренну кліть та редуктор. Перша кліть має циліндричні валки і призначена для задачі штаби у формуючі валки. Максимальна висота профілювання – до 160 мм.

Іншим профілезгинальним агрегатом «Запоріжсталі» є агрегат (1-4)х(400-1500). Він призначений для виготовлення профільованих листів та інших профілів. Відмінністю цього агрегату є листовий спосіб формовки та велика кількість робочих клітей.

На стані можна профілювати штаби шириною від 0,4 до 1,5 м при товщині 1-4 мм та довжиною 1,5-11,7 м. Максимальна висота формовки профілів 180 мм, швидкість формовки 0,75-3 м/с.

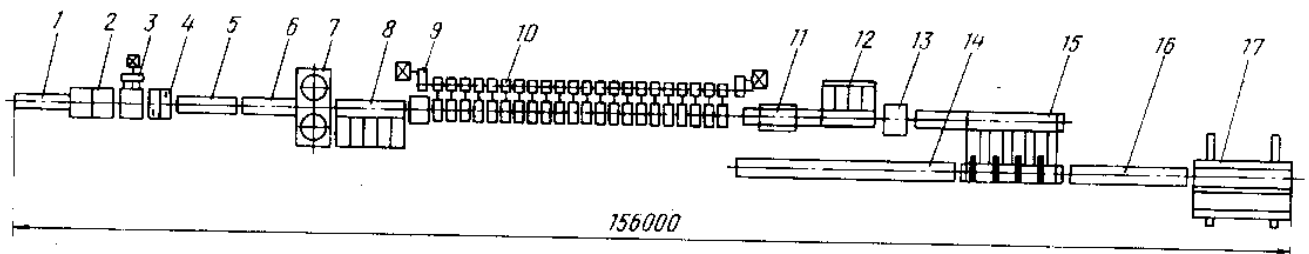


Рисунок 6.2 – Схема профілезгинального агрегату (1-4)х(400-1500)

Робочі кліті складаються з двох станин, встановлених на окремій плитовині, робочих валків з подушками та натискних механізмів. Зверху станина закрита кришкою, яка закріплюється до станини чотирма закладними пальцями та чотирьох клинів.

Робочі валки складаються з валів, змонтованих в подушках з підшипниками кочення, та профілюючих елементів, які з обох боків закріплюються гайками. Діаметр валів валків стану, який вибрано з умови їх міцності, становить 230 мм. Основний діаметр робочих елементів нижнього валка 304,1 мм, верхнього 669,6 мм для першої кліті та відповідно 304,7 и 670,3 мм для наступних клітей. Основні діаметри профільних елементів вибрано з умов врізання калібру в профільні елементи верхнього валка та створення однакових окружних швидкостей по основним діаметрам валків при прийнятому передаточному числі циліндричної пари шестеренних клітей. Допустима висота формовки профілю до 180,0 мм. Основні діаметри профільних шайб в другій кліті більше, ніж в першій для створення натягіння штаби між клітями.

Останніми роками з'являються розробки інших фірм для виготовлення гнутих профілів широкого асортименту. Як приклад, розглянемо один з таких станів.

Виробниче об'єднання «Роножи» (Російська федерація, м. Новосибірськ) виготовляє автоматичні лінії з виробництва гнутих профілів для гіпсокартону, сайдінгу, для теплиць та інші профілі з сталевих штаби товщиною до 1 мм та шириною до 400 мм [7]. Вихідною

заготовкою слугує оцинкована або не оцинкована штаба товщиною від 0,5 до 1,0 мм. Маса рулону штаби до 800 кг. Лінія складається з рулонного розмотувача 1 (рисунок 6.3), задаючого пристрою 2, формовочного стану 3, у складі 10 робочих клітей, правильного пристрою 4, перфоруючого пристрою 5, відрубного пристрою 6, стелажу для готових виробів 7. Швидкість профілювання до 45 м/хв.. Привід робочих клітей здійснюється через систему шестерень через нижній ряд валків. При потребі може бути підключено привід і через верхні валки. Потужність приводу 5 кВт. Ширина робочого столу клітей до 400 мм. Діаметр валків клітей 150 – 250 мм. Що дозволяє здійснювати профілювання на глибину до 60 мм. Лінія досить компактна, займає лише 30 м² при габаритах 9400x800 мм. Габаритна висота лінії 1370 мм. Обслуговуючий персонал лише 2 чоловіка. Тривалість переналагодження на новий профіль – близько 40 хвилин. Сортамент профілів, які виготовляються на цій лінії, наведено на рисунку 6.4.

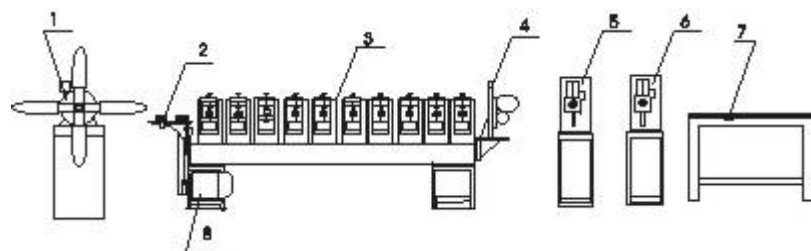


Рисунок 6.3 – Схема лінії з виробництва гнутих профілів

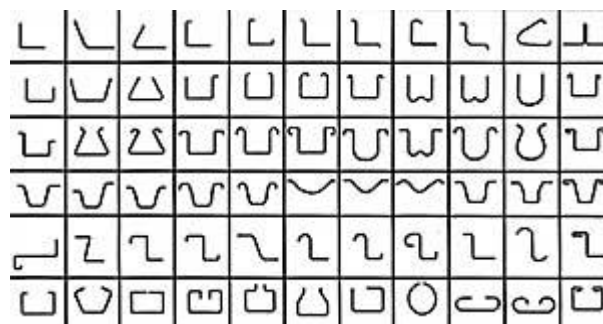


Рисунок 6.4 – Сортамент автоматичної лінії з виготовлення гнутих профілів для гіпсокартону ЛП 5/400

Трансформація сталевий штаби у замкнутий (порожнистий) профіль для конструкцій є результатом послідовності операцій, яка включає формовку (власне згинання), зварювання та калібрування. Для виготовлення порожнистих профілів застосовують три основні технологічні схеми показані [8].

За першою схемою на звичайних трубозгинальних агрегатах різного типу формують круглий замкнутий профіль, зварюють його у трубу, а далі з зварної труби формують потрібний профіль, переважно квадратний або прямокутний.

За другою схемою профіль потрібної конфігурації формується на профілезгинальному агрегаті і, за потреби зварюється повздовжнім швом.

За третьою схемою квадратні або прямокутні профілі зварюють з окремих елементів. При цьому можливе використання товстих листів або швелерів або спеціально сформованих швелерних профілів. Зрозуміло, що найбільше поширення отримала друга схема.

Для формовки профілів за другою схемою використовуються робочі кліті з станинами закритого типу і збірними валками. В залежності від товщини стінки та характерних розмірів профілів застосовують різноманітні конструкції клітей. Характерними відмінностями клітей профілезгинальних станів є менші розміри елементів станин та порівняно прості натискні механізми. Це обумовлене суттєво меншими, у порівнянні з прокатуванням, силами формовки профілів згинанням. Наприклад, на рисунку 6.5 показано загальний вид робочих клітей для виготовлення профілів з товщиною стінки до 8 мм. Для формовки профілів з товщиною елементів до 2 мм застосовують значно полегшені робочі кліті. Якщо ж товщина елементів профілю близько 1 мм, застосовують без станинні кліті, приклад яких наведено на рисунку 1.8. Така конструкція клітей дозволяє використовувати не тільки кліті з звичними горизонтальними валками, але й розміщувати вертикальні валки.

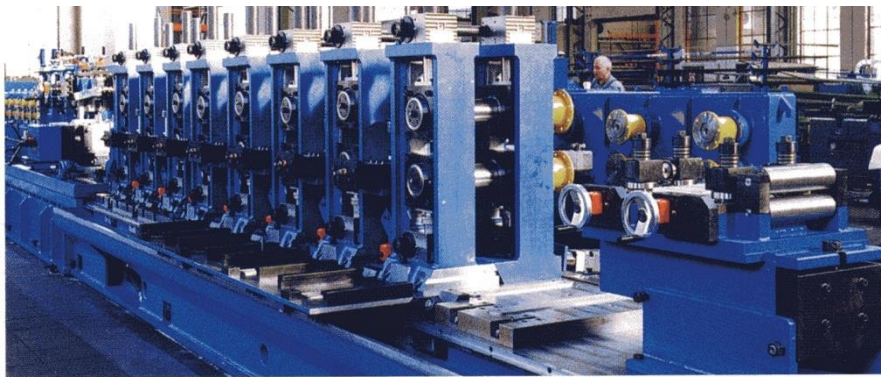


Рисунок 6.5 – Загальний вид профілезгинального агрегату

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

4. 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.
5. 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.
6. 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).
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Свистунов Е. А. Расчет деталей и узлов металлургических машин : Справочник / Е. А. Свистунов, Н. А. Чиченев. — М. : Металлургия, 1985. — 184 с.
11. Вальцетокарное дело : Справочник рабочего / [Л. А. Томашев, Н. Н.Огарков, В. Е. Соколов и др.]/ - Челябинск : Металлургия, 1990. — 416 с.
12. 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.
13. 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
14. ПРОДУКЦИЯ: НПО "Доникс" :[Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.donixcarbide.com/products/index.html>. - Загл. с экрана.
15. Кугушин А.А. Высокоскоростная прокатка катанки / А.А. Кугушин, Ю.А. Попов. — М. : Металлургия, 1982. — 144 с.
16. 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.
17. Методические материалы. / Самарский подшипниковый завод. – Самара. – 2008. – 32 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.spzgroup.ru/services/metodic.pdf>.
18. FAG. Подшипники FAG в прокатном оборудовании / SchaefflerGruppeIndustrie. WL 17 200/5 RUS. – сентябрь 2007. – 69 с. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.bars-hydraulic.ru/files/inafag/ru/wl17200_5.pdf.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів (за фахом)".
Частина 3. Освітньо-професійної програми «Металургія» першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти спеціальності 136 – Металургія, усіх форм навчання

Укладач: Володимир Михайлович Самохвал

Підписано до друку 16. 03. 2017 р.

Формат A4 Обсяг 2,73 др.арк.

Тираж 50 прим.. Замовлення № 437

51918, м. Кам'янське. вул. Дніпробудівська, 2.