

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Гірничо-металургійний факультет  
Кафедра металургії та інноваційних технологій

«Допущено до захисту»  
Гарант освітньої програми  
«Металургія чорних металів»

Христина МАЛІЙ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
за підсумками виконання освітньо-професійної програми  
«Металургія чорних металів»  
за спеціальністю 136 Металургія

**на тему «Розробка технології виробництва катанки діаметром 6,5  
мм з вуглецевої сталі звичайної якості Ст3кп за ДСТУ 2770-94»**

Керівник роботи

Максим ШТОДА

Консультант  
від бази практики

Руслан СВЯТОДУХ

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Тетяна НАГОРНА

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Євген БРАГІНЕЦЬ

Запоріжжя, 2026

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>гірничо-металургійний</u>
Кафедра	<u>металургії та інноваційних технологій</u>
Ступінь вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Спеціальність	<u>136 Металургія</u>
ОПП	<u>Металургія чорних металів</u>

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

Христина МАЛІЙ

«10» квітня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

**Нагорна Тетяна Володимирівна**

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Розробка технології виробництва катанки діаметром 6,5 мм з вуглецевої сталі звичайної якості СтЗкп за ДСТУ 2770-94

керівник роботи к.т.н., доцент Штода Максим Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету № 41/23.02.2026 від 23.02.2026

2. Термін подання роботи 20.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Вихідна заготовка квадрат 160 мм, довжина заготовки 11500 мм, матеріал сталі звичайної якості СтЗкп, температура нагріву в печі 1080 °С, склад, розташування та характеристики обладнання стану 400/200

ПРАТ «Камет-Сталь»

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1 Технологічна частина (Характеристика обладнання та технологія виробництва металопродукції на стані 400/200 «Камет-Сталь») 2. Спеціальна частина (Розробка калібровки валків для виробництва катанки діаметром 6,5 мм з вуглецевої сталі звичайної якості СтЗкп за ДСТУ 2770-94; Розрахунок енергосилових параметрів чистового проходу) 3. Механічна частина (Розрахунок валків чистового модулю проволочного блоку на міцність) 4. Охорона праці та екологія (Аналіз стану охорони праці на ділянці стану) 5. Економічно-організаційна частина (Техніко-економічні показники впровадження основних технічних рішень) Висновки. Перелік використаних джерел.

Додатки

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): \_\_\_\_\_

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1	к.т.н., доцент Штода Максим Миколайович
2	к.т.н., доцент Штода Максим Миколайович
3	к.т.н., доцент Штода Максим Миколайович
4	к.т.н., доцент Штода Максим Миколайович

7. Дата видачі завдання 10.04.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Технологічна частина	11.05 – 13.06.2026
2	Спеціальна частина. Механічна частина	11.05 – 13.06.2026
3	Охорона праці та екологія	06 – 13.06.2026
4	Економічно-організаційна частина	06 – 13.06.2026
5	Оформлення пояснювальної записки	13 – 20.06.2026
6	Захист	за графіком

Здобувач

Тетяна НАГОРНА

Керівник роботи

Максим ШТОДА

## АНОТАЦІЯ

*Нагорна Тетяна Володимирівна.* Розробка технології виробництва катанки діаметром 6,5 мм з вуглецевої сталі звичайної якості СтЗкп за ДСТУ 2770-94. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Металургія чорних металів» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, 2026.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виробництва катанки діаметром 6,5 мм на сортопрокатному стані 400/200 ПрАТ «Камет-Сталь».

Предметом дослідження є технологічні параметри прокатки, калібрування валків, енергосилові параметри процесу, конструктивні елементи обладнання, а також питання охорони праці та економічної ефективності виробництва катанки зі сталі СтЗкп.

У першому розділі проаналізована технологія виробництва сортового прокату та катанки на стані 400/200. Надана загальна характеристика обладнання та технологічної схеми виробництва. Приведено аналіз існуючих рішень щодо прокатки катанки малого діаметра. В результаті визначена необхідність удосконалення технології прокатки та калібрування валків, сформульована невирішена частина проблеми, що полягає у забезпеченні стабільної якості та підвищення ефективності виробництва катанки Ø6,5 мм.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу прокатки катанки, визначено основні параметри процесу, обґрунтовано вибір схеми калібрування валків, наведено розрахунок енергосилових параметрів чистового проходу та основного технологічного обладнання.

У третьому розділі обґрунтовано конструктивні рішення та виконано розрахунок валків чистового модуля на міцність, визначено напружено-деформований стан та перевірено працездатність елементів прокатного обладнання.

У четвертому розділі виконано техніко-економічну оцінку розроблених рішень, доведено доцільність їх впровадження та ефективність з точки зору підвищення продуктивності і зниження витрат.

У п'ятому розділі розглянуті питання охорони праці та екології, виконано аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробництва та запропоновано заходи щодо підвищення безпеки праці.

КАТАНКА, СтЗкп, ПРОКАТНИЙ СТАН, КАЛІБРУВАННЯ ВАЛКІВ,  
ТЕХНОЛОГІЯ ПРОКАТКИ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ,  
ОХОЛОДЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ НА СТАНІ 400/200 «КАМЕТ-СТАЛЬ»	8
1.1. Продукція сортопрокатного стану	8
1.2. Призначення прокатних станів	9
1.3. Розрахунок продуктивності стану	17
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	20
2.1 Розрахунок калібровки валків	20
2.2 Розрахунок енергосилових параметрів процесу прокатки в першому проході	28
3. КОНСТРУКЦІЇ ВАЛКІВ И ПІДШИПНИКІВ ПРОКАТНИХ СТАНОВ	34
3.1. Конструкція валків	34
3.2. Конструкція підшипників прокатних станів	37
3.3. Розрахунок на міцність прокатних валків для модулю чистового проволочного блоку	39
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	44
4.1. Охорона праці	44
4.2. Охорона навколишнього середовища	48
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ	50
ВИСНОВОК	53
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ	55
ДОДАТОК 1	56
ДОДАТОК 2	57
ДОДАТОК 3	60
ДОДАТОК 4	61
ДОДАТОК 5	62
ДОДАТОК 6	63

## ВСТУП

На сьогодні в металургії дуже важливо не тільки виробляти метал, але й робити це більш ефективно та з нормальною якістю. Особливо це стосується виробництва катанки малого діаметра, яка потім використовується для виготовлення дроту, різних метизів, арматури та інших виробів у будівництві і машинобудуванні. Тому до такої продукції ставляться певні вимоги по розмірам, якості поверхні та властивостям металу.

На сучасних прокатних станах, наприклад на стані 400/200 ПрАТ «Камет-Сталь», можна виробляти різні види продукції завдяки тому, що там є кілька груп клітей (чорнова, проміжна і чистова). Метал проходить через них поступово і при цьому його переріз зменшується. У процесі прокатки метал сильно деформується, тому важливо правильно підібрати режими і сам процес.

Дуже важливу роль відіграє калібрування валків. Від того, як саме зроблені калібри, залежить форма металу після кожного проходу, наскільки стабільно йде процес прокатки і чи будуть дефекти. Якщо калібрування зробити неправильно, можуть виникати проблеми — наприклад, неточні розміри, перевантаження клітей або інші дефекти.

Також важливо визначити енергосилові параметри процесу — це зусилля, моменти і потужність, які потрібні для прокатки. Вони потрібні для того, щоб правильно підібрати обладнання і режим роботи. Особливо це важливо для чистового проходу, де метал прокочується вже з невеликим обтисненням, але на дуже великих швидкостях.

Актуальність цієї роботи полягає в тому, що потрібно розробити нормальну технологію виробництва катанки діаметром 6,5 мм із сталі СтЗкп, а також підібрати параметри прокатки для стану 400/200. Особлива увага приділяється калібруванню валків і розрахунку енергосилових параметрів.

Мета роботи — розробити технологію виробництва катанки діаметром 6,5 мм і виконати необхідні розрахунки.

Для цього в роботі потрібно вирішити такі задачі:

- розглянути технологію виробництва катанки на стані 400/200;
- вибрати схему калібрування валків;
- визначити основні параметри прокатки;
- виконати розрахунок енергосилових параметрів;
- зробити висновки по отриманих результатах.

Об'єктом дослідження є процес прокатки катанки.

Предметом дослідження є параметри прокатки, калібрування валків і енергосилові характеристики процесу.

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримані результати можна використати при налаштуванні прокатних станів або покращенні існуючих технологій.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ НА СТАНІ 400/200 «КАМЕТ-СТАЛЬ»

## 1.1. Продукція сортопрокатного стану

Продукція сортопрокатного стану 400/200 прокатного цеху ПрАТ «Камет-Сталь» є важливою складовою загального випуску металопродукції підприємства та орієнтована на забезпечення потреб будівельної галузі, машинобудування та суміжних виробництв. Вона включає фасонний, сортовий та арматурний прокат, а також катанку, які виготовляються методом гарячої обробки металу тиском із використанням комплексу обладнання стану.

Особливістю стану 400/200 є його універсальність та здатність виробляти широкий сортамент продукції за рахунок наявності чорнової, проміжної та чистої груп клітей, а також лінії слітингу та бунтової лінії. Саме така компоновка забезпечує ефективне формування профілю прокату з необхідними геометричними та механічними характеристиками.

До основної продукції, що випускається на стані 400/200, належить сортовий прокат у вигляді круглих, квадратних та інших профілів, який застосовується як заготовка для подальшої переробки або як готовий матеріал. Значну частку у виробництві займає арматурний прокат, що виготовляється як у прутках, так і в бунтах і використовується для армування залізобетонних конструкцій. Також виробляється катанка малого діаметра, яка є напівфабрикатом для подальшого волочіння дроту та виготовлення металовиробів.

Виробництво катанки на стані 400/200 здійснюється з використанням сучасних технологічних рішень, зокрема лінії слітингу, що дозволяє підвищити продуктивність стану шляхом одночасного прокатування декількох ниток. Це дає змогу ефективніше

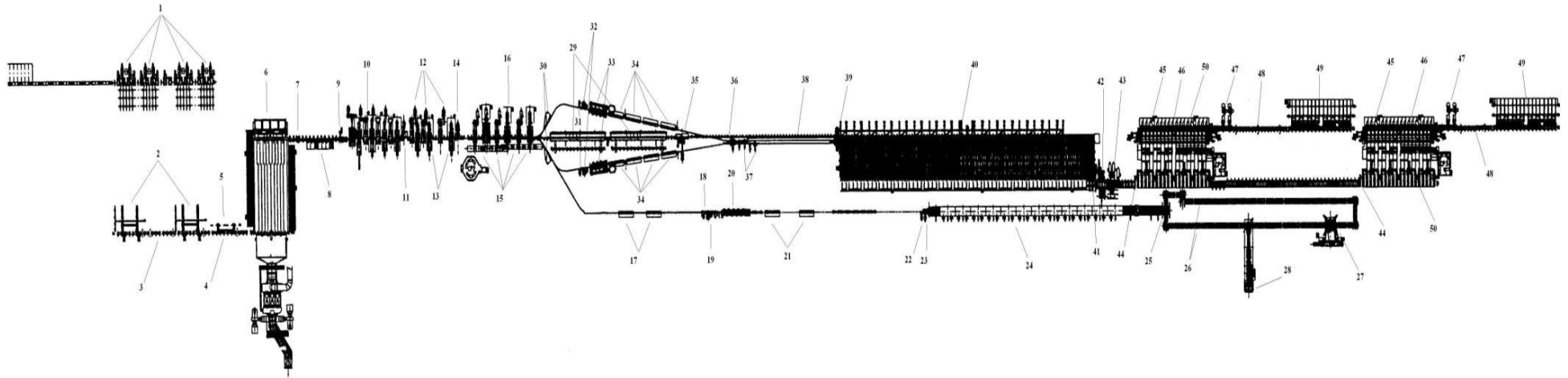
використовувати обладнання та збільшити вихід готової продукції без суттєвого підвищення енергетичних витрат. Після завершення прокатки у чистовій групі клітей катанка надходить на бунтову лінію, де відбувається її змотування у бунти заданої маси.

Технологічний процес виробництва продукції на стані 400/200 починається з нагріву заготовок у печах до необхідної температури, після чого вони подаються у чорнову групу клітей, де відбувається первинне формування перерізу. Надалі метал проходить через проміжну та чистову групи клітей, де забезпечуються остаточні розміри і форма профілю. При цьому важливу роль відіграє дотримання температурно-швидкісних режимів та розподілу навантаження між клітьями, що безпосередньо впливає на якість готового прокату.

Готова продукція на стані 400/200, залежно від її виду, піддається подальшій обробці: сортовий і фасонний прокат, а також арматура у прутках нарізаються на мірні довжини та формуються у пачки, тоді як катанка і арматура в бунтах змотуються та ув'язуються для транспортування. Така організація завершальної стадії виробництва забезпечує зручність складування, перевезення та подальшого використання продукції споживачами.

## 1.2. Призначення прокатних станів

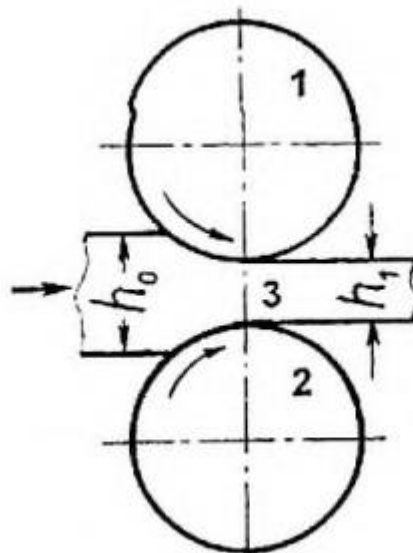
Серед процесів ЗМД найбільшого поширення набула прокатка, технічну основу якої реалізують прокатні стани. Більше 80% сталі та кольорових металів обробляється на прокатних станах та випускається у вигляді готового прокату: листів, сортових профілів, труб. Виробнича одиниця, в якій розміщується обладнання одного або кількох прокатних станів, призначена для випуску певного виду прокату, називається прокатним цехом. Зазвичай прокатні цехи називаються в залежності від виду продукції, що випускається ними: сортопрокатний, листопрокатний, трубопрокатний і т.д.



1 – приймальні столи для катаної заготовки; 2 – завантажувальний пристрій; 3 – рольганг на вході у піч; 4 – рольганг-ваги; 5 – стіл аварійного накопичування; 6 – піч; 7 – установка гідрозбиву окалини; 8 – стіл аварійного накопичення; 9 – розривні ножиці; 10 – чорнова група клітей; 11 – летючі ножиці; 12 – проміжна група клітей; 13 – вертикальний петлеутворювач; 14 – летючі ножиці; 15 – вертикальний петлеутворювач; 16 –чистова група клітей; 17 – дільниця попереднього водяного охолодження; 18 – трайб-апарат; 19 – летючі ножиці; 20 – чистовой високошвидкісний 10-ти клітьовий блок; 21 – лінія водяного охолодження; 22 – трайб-апарат; 23 – виткоукладник; 24 – рольганг-холодильник; 25 – виткозбірник; 26 – візковий конвеєр бунтів; 27 – компактор-бунтов'язальна машина; 28 – розвантажувальна дільниця; 29 – дільниця термозміцнення QTB; 30 – горизонтальний петлеутворювач; 31 – трайб-апарат; 32 – летючі ножиці; 33 – чистовий високошвидкісний 4-х клітьовий блок; 34 – секція охолодження; 35 – комбіновані ножиці; 36 – рольганг холодильника; 37 – ділильні ножиці; 38 – подвійний рольганг; 39 – холодильник; 40 – рольганг формування шарів прокату; 41 – трайб-апарат; 42 – правильна машина; 43 – маятникові ножиці холодного різання; 44 – упор; 45 –шлепер підготовки шарів пачок; 46 – пакувальник; 47 –в'язальна машина; 48 – рольганг-ваги; 49 – накопичувальний стелаж; 50 – стаціонарний ланцюговий шлепер

Рисунок 1.1 – Схема розташування основного обладнання стану 400/200

При прокатці вихідна заготовка обтискається валками, що обертаються, прокатного стану з метою зміни її поперечного перерізу і надання перерізу заданої форми. Існують три основні способи прокатки, що відрізняються один від одного напрямком обертання валків, а також взаємним розташуванням їх осей і оброблюваної заготовки: поздовжня прокатка, гвинтова прокатка, поперечна прокатка. При поздовжній прокатці вихідна заготовка товщиною  $h_0$  (рис. 1.2) задається у валки циліндричної форми з фіксованим положенням осей, що лежать в одній площині. Валки обертаються назустріч один одному. Заготівля, захоплена валками (завдяки наявності сил тертя між поверхнями заготовки і валків), втягується в щілину, що звужується, між ними.



1 - верхній валок; 2 - нижній валок; 3 - смуга, що прокочується

Рисунок 1.2 – Схема процесу поздовжньої прокатки

Валки тиснуть на метал, і в результаті пластичної деформації висота заготовки зменшується до величини  $h_1$ . Відбувається її обтиснення  $h = (h_0 - h_1)$ . Зменшення висоти супроводжується збільшенням довжини смуги та її ширини. Поздовжньою прокаткою

одержують довгомірні вироби з різною формою поперечного перерізу – профілем. Листовий прокат отримують у гладких циліндричних валках. Сортний прокат виробляють у валках з кільцевими проточками на поверхні (рис. 1.3), званими струмками 1.

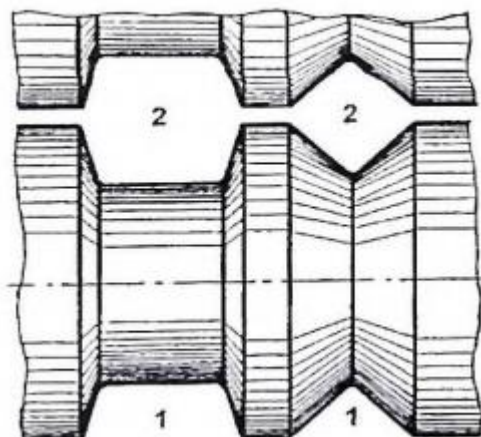


Рисунок 1.3 – Валки сортного стану

Профіль двох складних струмків утворює калібр 2. Форма калібру забезпечує отримання заданого профілю. Сортні профілі можуть бути простою геометричною формою: квадрат, коло, шестигранник та ін., можуть бути фасонними: рейки, швелери, таврові та двотаврові балки та ін. Поздовжньою прокаткою можна отримувати вироби зі змінним по довжині перерізом профілю. З метою підвищення пластичності металу та зменшення зусилля деформації прокатку виробляють за досить високих температур металу – 0,8Тпл (для сталі близько 1200...1250оС) – гарячою прокаткою. Тонкі листи, тонкостінні труби і малого діаметра виготовляють холодною прокаткою; при цьому підвищується точність розмірів та покращується якість поверхні, оскільки виключається окислення металу. Одна зі схем процесу прошивки трубної заготовки в тонкостінну гільзу на гвинтовій стані прокатки представлена на рис. 1.4.

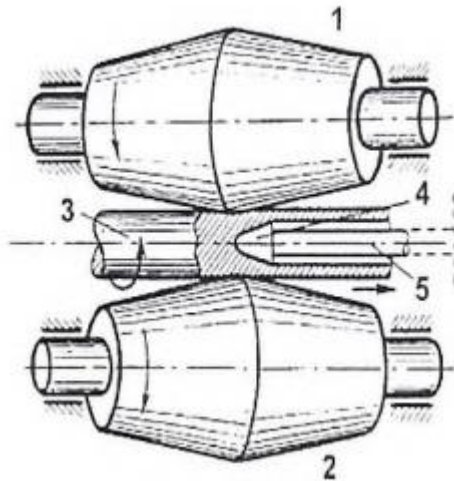


Рисунок 1.4 – Схема процесу гвинтової прокатки

Валки 1 і 2 бочкоподібної форми обертаються в одному напрямку. При цьому осі їх обертання розташовані під деяким кутом один до одного. Сили, що виникають на поверхні нагрітої заготовки 3 і валків, повідомляють їй поступальний та обертальний рух навколо власної осі. У результаті кожна точка заготовки переміщається гвинтовою траєкторією. Заготівля насувається на оправлення 4, закріплену на стрижні 5, і прошивається. Утворенню порожнини в заготівлі сприяють напруги, що розтягують, що виникають в центральних її шарах. Отриману товстостінну гільзу потім розкочують у безшовну трубу на станах як поздовжньої, так і гвинтової прокатки. Максимальний діаметр безшовних труб складає 700 мм. Труби більшого діаметру виробляють лише звареними зі смуг та листів. Гвинтова прокатка застосовується також для інших тіл обертання: куль для кульових млинів і підшипників кочення, роликів та ін. Один з варіантів поперечної прокатки показаний на рис. 1.5.

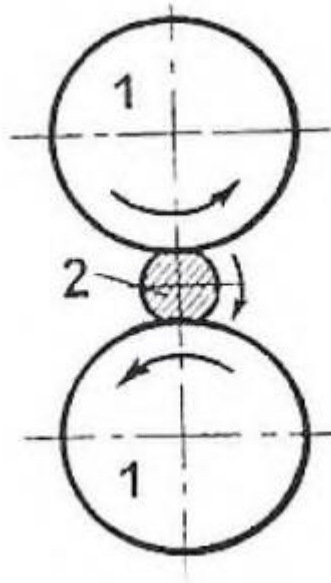


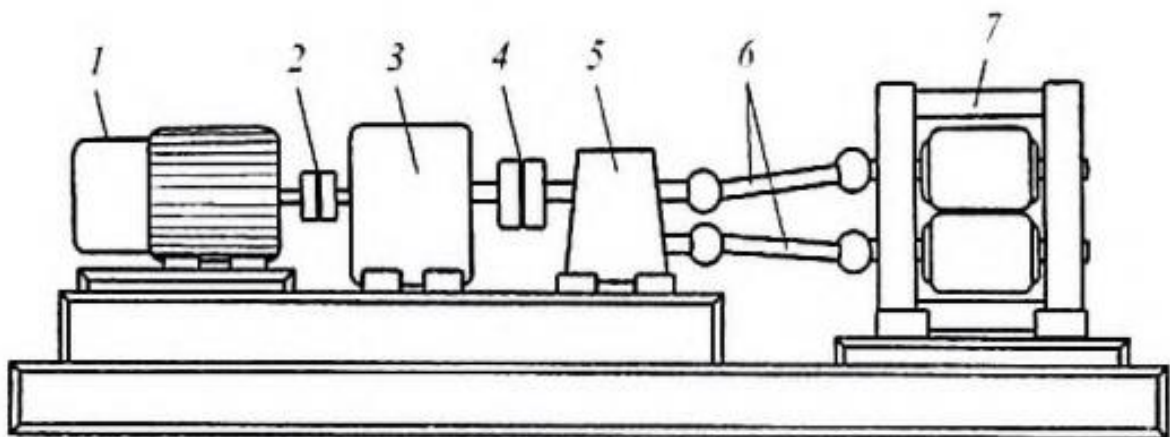
Рисунок 1.5 – Схема процесу поперечної прокатки

Осі прокатних валків та заготовки круглого перерізу паралельні. Валки обертаються в один бік, а заготівля – у протилежний. Цей варіант прокатки широко використовують для накатки зубів на зубчасті колеса. Для цього нагріта заготовка стискається між валками із зубами на поверхні. Вдавлюючись у заготівлю зубця утворюють у ній западини, а метал, що витісняється, затікаючи у западини на валках, формує зуби на заготівлі. Метод дуже продуктивний та економічний. Сучасний прокатний стан – це комплекс машин та механізмів, призначений для прокатки металу та його подальшої ад'юстажної обробки (гомогенізація, обточування та шліфування поверхні, різання, охолодження, правка, смотка, упаковка тощо). До складу обладнання прокатного стану входять енергетичні, підйомно-транспортні, інформаційні та технологічні машини. Розрізняють основне та допоміжне обладнання прокатного стану. Основне обладнання прокатного стану призначене для виконання головної операції - деформації металу між валками, що обертаються. Допоміжне обладнання складають машини та агрегати для виконання таких допоміжних операцій як нагрівання,

транспортування вихідного матеріалу до робочої кліті, кантівка, прибирання матеріалу після прокатки, різання на мірні довжини, охолодження, правка, скочування в бунти або рулони, обробка, термічна обробка, марк.

Лінія, за якою мають основне обладнання, називається головною лінією прокатного стану (рис. 1.6, 1.7). Головна лінія одноклітинного стану – одна робоча кліть із приводом прокатних валків. Головну лінію багатоклітьового стану утворюють кілька робочих клітей, які можуть розташовуватися в одну лінію, паралельно один одному або в шаховому порядку.

Крім клітей з горизонтальними валками, застосовуються кліті з вертикальними валками, а також кліті з горизонтальними та вертикальними валками (універсальні кліті) або похилими. Клітини з вертикальними валками використовуються в тих випадках, коли необхідно здійснити поперечне обтиснення гуркоту без його кантування. При прокатуванні листів і смуг вони служать для обтиснення кромek лінії з метою надання їм правильної прямокутної форми.



1 - електродвигун; 2 - муфта моторна; 3 - редуктор; 4 - муфта корінна; 5 - шестеренна кліть; 6 - шпиндель; 7 - робоча кліть

Рисунок 1.6 – Одноклітинний прокатний стан

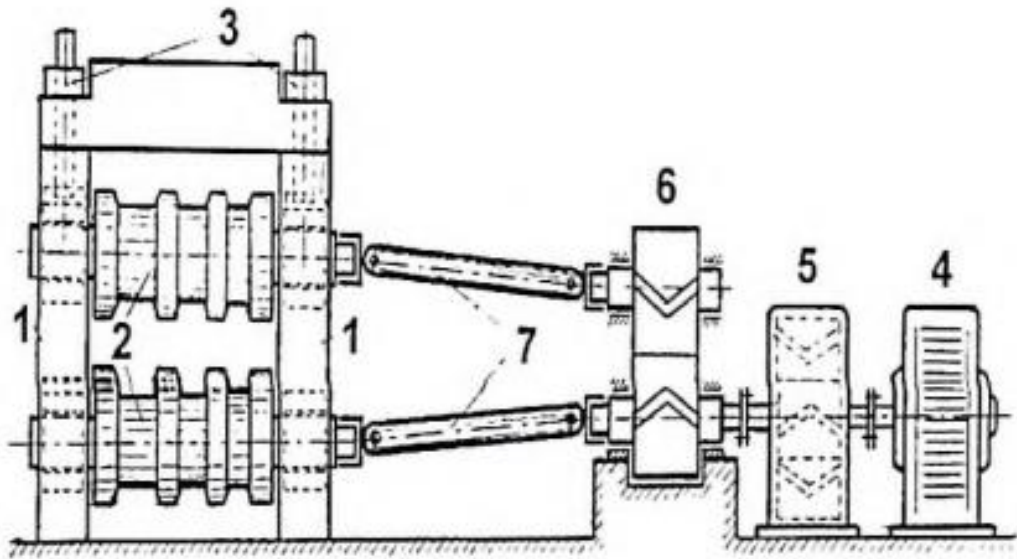
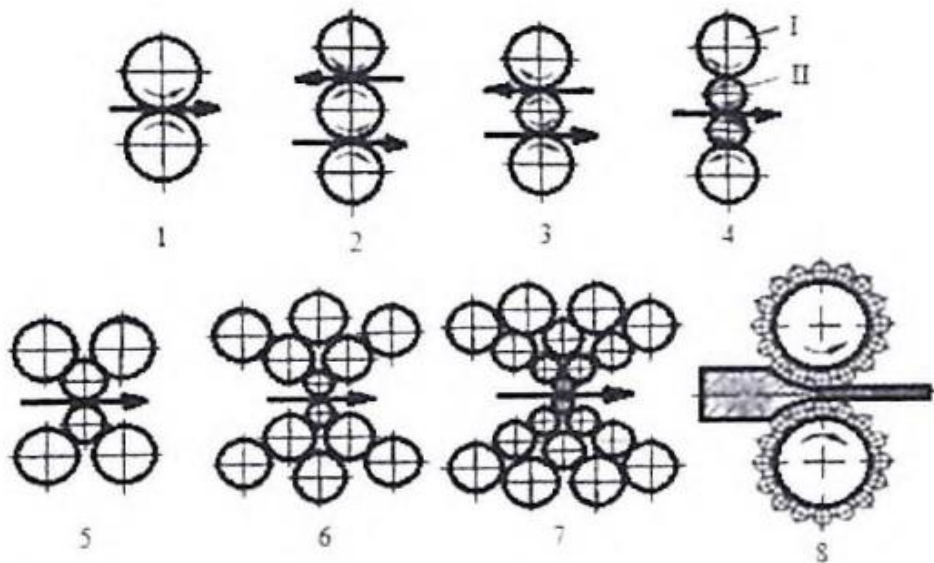


Рисунок 1.7 – Схема головної лінії прокатного стану



1 - двовалкова (дуо); 2 - тривалкова (тріо); 3 - тривалкова листів (тріо Лаута); 4 – чотиривалкова (кварто); 5 - шестивалкова; 6 - дванадцятивалкова; 7 - двадцятивалкова; 8 – планетарна: I – опорний валок; II – робочий валок

Рисунок 1.8 – Кількість та розташування валків у робочих клітинах прокатних станів

### 1.3. Розрахунок продуктивності стану

Для виробництва сортового прокату на стані використовують заготовку з розмірами поперечного перерізу  $160 \times 160$  мм та довжиною 11,5 м.

Вага заготовки

$$G = H_0 \cdot B_0 \cdot L_0 \cdot \rho_M,$$

де  $H_0 \cdot B_0$  та  $L_0$  — розміри заготовки;

$\rho_M$  — щільність металу, який прокатується

$$G = 0,160 \cdot 0,160 \cdot 11,5 \cdot 7,85 = 2,31 \text{ т.}$$

Довжина готового профілю:

$$l_{K_1} = 3147 \text{ м.}$$

Тривалість проходження металу крізь валки чистової кліті

$$\tau_{M_1} = \frac{l_{K_1}}{v_K},$$

де  $l_{K_1}$  — довжина розкату після прокатування;

$v_K$  — швидкість прокатування в чистовій кліті

$$\tau_{M_1} = \frac{3147}{65,8} = 47,8 \text{ с.}$$

Приймаємо час паузи  $\tau_{II} = 5,5$  с.

Тоді темп прокатування:

$$T_1 = \tau_{m_1} + \tau_{п},$$

$$T = 47,8 + 5,5 = 53,3 \text{ с.}$$

Годинна продуктивність:

$$P_1 = \frac{3600 \cdot G}{T \cdot k_2} k_1,$$

де  $G$  — вага заготовки;

$k_1$  — коефіцієнт використання стану;

$k_2$  — розхідний коефіцієнт

$$P_1 = \frac{3600 \cdot 2,31}{53,3 \cdot 1,031} \cdot 0,95 = 143 \text{ т/год.}$$

Номінальний час роботи стану

де  $KВ$  – календарний час роботи стану;

$KР$  – час на капітальні ремонти;

$ППР$  – планово-попереджальні ремонти.

$$N = 365 - (8 + 16) = 341 \text{ діб}$$

$$N = 341 \cdot 24 = 8184 \text{ год.}$$

Поточні простої стану складають 12 %

$$ТП = N \cdot 0,12;$$

$$ТП = 8184 \cdot 0,12 = 982 \text{ год.}$$

Тоді фактичний час роботи стану

$$\PhiВ = 8184 - 982 = 7200 \text{ год.}$$

Таким чином, річна продуктивність

$$P_{\text{річ}} = P_1 \cdot \Phi B \cdot k_n,$$

де  $k_n$  — коефіцієнт, який враховує приховані простоти стану

$$P_{\text{річ}} = 143 \cdot 7200 \cdot 0,9 = 926\,640 \text{ т/рік.}$$

#### Висновки

1. Наведено склад та план розташування основного та допоміжного обладнання стану
2. Виконано розрахунок продуктивності стану. Годинна продуктивність склала 143 т/год. , річна – 926 640 т/рік.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок калібровки валків

До складу сортової лінії стану 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» неперервного типу входять 18 безстанинних клітей, розділених на 3 групи:

- чорнову, що складається з трьох горизонтальних (кліть 3Г, 5Г та 7Г) та трьох вертикальних клітей (4В, 6В, 8В);

- проміжну, що складається з трьох горизонтальних (кліть 9Г, 11Г та 13Г) та трьох вертикальних клітей (10В, 12В, 14В);

- чистову, що складається з трьох горизонтальних (кліть 15Г, 17Г та 19Г) та трьох горизонтально-вертикальних (комбінованих) клітей (16Г/В, 18Г/В, 20Г/В).

Характеристика головних ліній клітей сортової лінії стану 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» наведено у табл. 1.1.

Отже, круглі профілі прокату доцільно прокатувати, розташовуючи чистовий калібр у кліті 20Г/В з вертикальним варіантом розташування валків. Всі овальні калібри при цьому розташовують в горизонтальних клітях.

Виходячи зі схеми розташування обладнання стану 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» бунтові профілі прокату можуть бути отримані при прокатці в чистовому проволочному блоці 200/10. При цьому для прокатки катанки діаметром 5,5 мм, 6,0 мм або 6,5 мм в блоці будуть задіяні всі модулі.

ДСТУ 2770-94 (ГОСТ 2590-88) гарячекатаний круглий профіль діаметром 6,5 мм звичайної точності має допуски +0,5; -0,5 мм, а підвищеної точності – +0,3; -0,3 мм.

Відповідно до ДСТУ 2770-94 гарячекатаний круглий профіль діаметром 6,5 мм підвищеної точності має мінусовий допуск:



$$N_{\text{прзГ}} = 186,1 \cdot \frac{0,34 \cdot 2}{0,5585} = 226,6 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна головної лінії кліті 3Г складає 630 кВт.

Таким чином, розроблена технологія може бути реалізована на стані 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

#### Висновки

1. Виконані розрахунки калібровки валків для прокатки круглої катанки діаметром 6,5 мм у бунтах

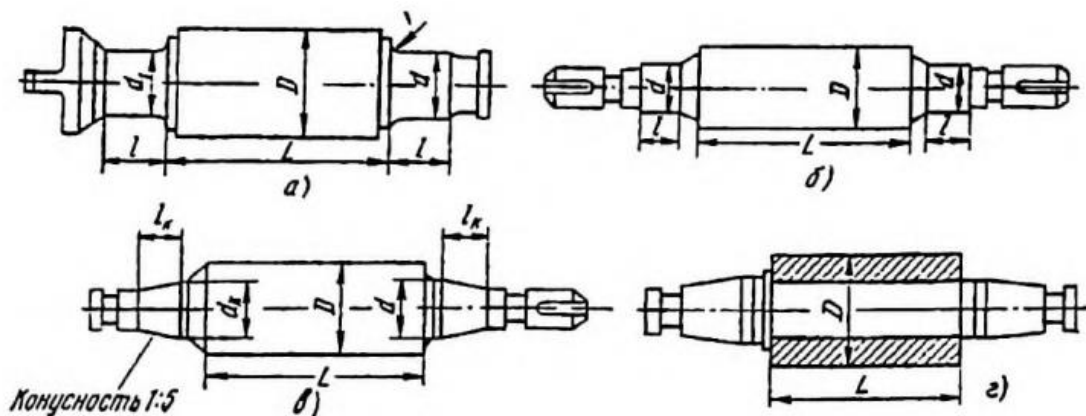
2. Для розробленої технології виробництва розраховано енергосилові параметри процесу для першої кліті стану. Розрахунок силових умов процесу прокатки показав, що потужності двигуна достатньо для безупинного процесу виробництва круглого профілю діаметром 6,5 мм. Сила прокатки складає 1,69 МН, а момент прокатки 186,1 кН·м, що не перевищує припустимих значень. Таким чином, розроблена технологія може бути реалізована на стані 400/200 ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ».

### 3. КОНСТРУКЦІЇ ВАЛКІВ И ПІДШИПНИКІВ ПРОКАТНИХ СТАНОВ

#### 3.1. Конструкція валків

Основним робочим інструментом прокатного стану є валки, що обертаються в підшипниках, встановлених в робочих клітках, і виконують основну операцію прокатки - пластичну деформацію металу, при якій відбувається незворотна зміна розмірів і форми виробів, що прокочуються.

Валки (рис. 3.1) складаються з наступних елементів: бочки діаметром  $D$  і довжиною  $L$ , яка при прокатуванні безпосередньо стикається з металом; шийок діаметром  $d$  і довжиною  $l$ , розташованих з обох боків бочки і спираються на підшипники, приводного кінця валка.



а, б - з циліндричними шийками відповідно для текстолітових підшипників ковзання та кочення; в - з конічними шийками для підшипників рідинного тертя; г - з бандажованою бочкою

Рисунок 3.1 – Валки прокатних станів

Прокатні валки поділяють на листові, сортові та спеціальні. Валки листових станів використовують для прокатки листів, смуг та стрічки.

Бочка цих валків циліндричної форми і часто їх називають гладкими. При обточуванні на вальцетокарному верстаті поверхні бочки

валка для гарячої прокатки тонких листів може бути додана трохи увігнута форма, щоб при прокатуванні гарячого металу, коли середня частина валків сильно розігрівається, їхня бочка стала строго циліндричною. Тоді товщина прокатоного листа буде однаковою по всій ширині.

Бочку валків для холодної прокатки тонких листів навпаки роблять трохи опуклою - при прокатці, внаслідок більшого вигину середньої частини валків у порівнянні з крайніми його частинами, що утворює бочки в контакт з металом, що прокочується стане строго циліндричною, і, отже, лист, що прокочується, також буде правильних геометричних розмірів. Валки сортових станів служать для прокатки прямокутних заготовок та профільного профільного металу. На поверхні бочки цих валків виточують поглиблення, що відповідають розрахунковому профілю металу, що прокочується. Ці поглиблення називають струмками. Струмки двох валків із зазором між ними утворюють калібри, а валки називають каліброваними (струминними).

Спеціальні валки застосовують у деталепрокатних, профілегибочних та інших станах. Валки працюють в умовах безперервного стирання їх металом при прокатці, відчуваючи великі напруги при динамічних навантаженнях і іноді при високій температурі, що різко змінюється. Тому до якості валків пред'являються дуже високі вимоги, оскільки вона визначає нормальну роботу стану, його продуктивність та якість готового прокату.

Для обтискних станів - блюмінгів і слябінгів, що працюють при великих тисках і високій температурі, застосовують сталеві ковані (рідше литі) валки з вуглецевої і низьколегованої сталі марок 40X, 50XH, 60XH, що володіють великою в'язкістю і високим опором вигину.

Для безперервних заготівельних станів застосовують сталеві валки (у перших клітях, що працюють при великих тисках і великих кутах захоплення) та валки, виготовлені з чавуну, легованого хромом, нікелем

та молібденом (до 0,5% кожного елемента) для останніх клітей. На рельсомолочних та сортових станах застосовують валки, виготовлені з твердого легованого чавуну, що відливаються в металеві форми (твердість 50...75 од. по Шору); такі валки з вибіленим (що складається з  $Fe_3C$ ) шаром добре пручаються зносу і забезпечують отримання готових профілів з гарною поверхнею після гарячої прокатки. Чавунні валки гірше захоплюють метал, ніж сталеві (оскільки коефіцієнт контактної тертя менше через наявність вільного графіту в структурі чавуну), тому їх не можна застосовувати тоді, коли при прокатці потрібні великі обтискання і великі кути захвату (у чорнових клітях). При прокатуванні на сортових станах профілів із твердих сталей застосовують валки з вуглецевої сталі з підвищеним вмістом хрому та марганцю (50X, 60XГ). Для товстолистових станів гарячої прокатки застосовують валки з вибіленого чавуну та зі сталі марок 50X і 50XН.

Для чотиривалкових станів холодної прокатки застосовують сталеві ковані валки з високою поверхневою твердістю (робочі валки – до 100 од. по Шору, опорні валки 70...80 од. по Шору) та високою міцністю (до 800...900 Н/мм<sup>2</sup> або 80...90 кг/мм<sup>2</sup>). Валки діаметром до 300 мм виготовляють з легової хромистої і хромованадієвої сталі 9X і 9XФ, а діаметром більше 300 мм - зі сталі з підвищеним вмістом хрому (9X2), хромомолібденової (9X2МФ, 65XНМ, 75XМ) і хромоволь. Валки піддають термічній обробці (загартування, відпустку) за спеціальними режимами (залежно від марки сталі та розмірів валків).

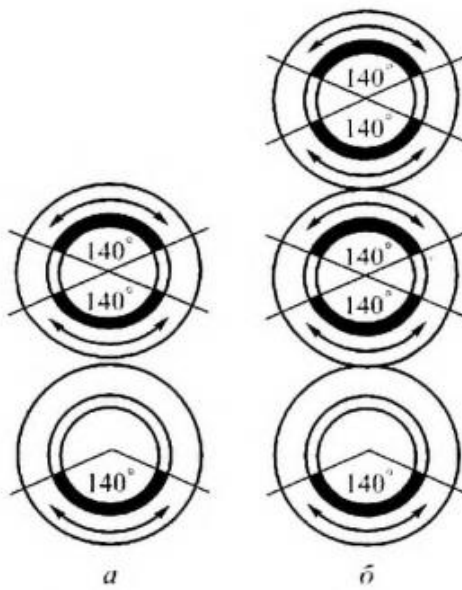
Великі опорні валки доцільно виготовляти складовими бандажованими; матеріал осі - сталь марок 55X, 60XН, 45XНМ, що добре чинить опір вигину; матеріал бандажа – сталь марок 9X2, 90XФ, що має високу твердість і зносостійкість після термообробки. На зарубіжних заводах (США, Великобританія) застосовують литі опорні валки зі сталей марок CrNiMo, CrMnMo, які дешевші за ковані. Робочі валки невеликих багатовалкових (20-валкових) станів для холодної

прокатки тонкої (до 0,05 мм) та вузької (до 100 мм) стрічки із високоміцної сталі виготовляють із твердих сплавів (типу карбіду вольфраму). Зносостійкість таких валків у 30...50 разів вища, ніж звичайних валків із легованої сталі. При прокатуванні такими валками можна отримати найвищий (14-й) клас чистоти поверхні.

### 3.2. Конструкція підшипників прокатних станів

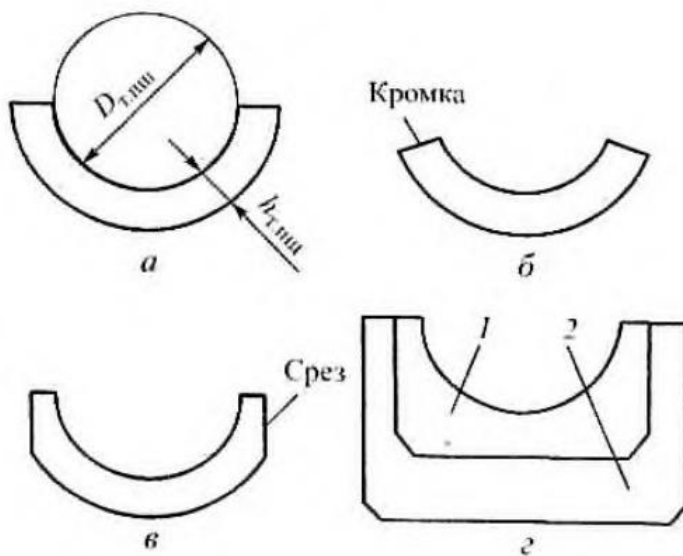
Підшипники опор валків прокатних станів передають зусилля, що виникають при деформації металу, від валків на станину та інші вузли робочої кліти та утримують валки в заданому положенні. Основними особливостями роботи цих підшипників є високі питомі радіальні та осьові навантаження (у кілька разів перевищують навантаження підшипників загального призначення), а також висока частота обертання за практично безперервної роботи. Високі питомі навантаження обумовлені конструктивними обмеженнями габаритних розмірів підшипників та значним рівнем напруг у шийці. при невеликій її довжині.

Для прокатних валків застосовують підшипники таких типів: відкриті підшипники ковзання з неметалевими вкладишами, закриті підшипники ковзання з неметалевими вкладишами, закриті підшипники рідинного тертя (ПЖТ), підшипники кочення. Вибір підшипників того чи іншого виду залежить від конструкції кліти, зусиль прокатки, необхідної точності розмірів прокату та ряду економічних факторів. Робочою частиною підшипників ковзання відкритого типу є вкладиші, вибір матеріалу яких залежить від конструктивних особливостей та навантаження на підшипник. Для виготовлення неметалевих вкладишів підшипників використовують текстоліт, лігнофоль або лігностон (рис. 3.2, 3.3).



а - кліті дуо; б - кліті тріо

Рисунок 3.2 – Розташування текстолітових вкладишів у підшипниках



а - з прямими кряями ( $d_{т.пш} = 210...750$  мм,  $h_{т.пш} = 25...290$  мм);  
 б - зі скошеними кряями; в - зі зрізаними кутами; г - разом із фланцем:  
 1- вкладиш; 2-фланець

Рисунок 3.3– Текстолітові вкладиші

Підшипники кочення можуть бути кульковими, роликowymi чи голчастими. Як валкові опори часто застосовуються дворядні сферичні підшипники кочення і чотирирядні роликopідшипники. Для сприйняття осьових навантажень на одному або двох кінцях валка встановлюють радіально-упорні підшипники кочення. Підшипники ковзання відкритого типу виконують у вигляді набірних вкладишів або цільноштампованих. Підшипники ковзання з неметалевими вкладками охолоджують водою. Коефіцієнт тертя текстолітових підшипників дорівнює 0,003-0,006. Недоліки підшипників ковзання з неметалевими вкладишами: їхня висока пружна деформація та низькі допустимі питомі тиски. Тому їх застосовують в станах з невеликими зусиллями прокатки і невисокою точністю профілів, що прокатуються.

3.3. Розрахунок на міцність прокатних валків для модулю чистового проволочного блоку

Таким чином, елементи осі валків чистового модулю витримують навантаження, які виникають в процесі круглої катанки діаметром 6,5 мм

## Висновки

1. Виконано розрахунок на міцність прокатних валків для модулю чистового проволочного блоку. Валки чистового дротяного блоку працюють в умовах високих швидкостей деформації, циклічних та теплових навантажень. Незважаючи на відносно невеликі сили прокатки, в порівнянні з чорновими клітками, основним фактором, що визначає їх працездатність, є міцність втоми, контактні напруги і зносостійкість.

2. Розрахункове значення найбільшого результуючого напруження, що виникає в при прокатці круглої катанки діаметром 6,5 мм 116,77 МПа. З урахуванням того, що осі валків модулів чистового блоку сталеві, маємо виконання умови міцності  $\sigma_p = 116,77 \text{ МПа} < [\sigma] = 150 \text{ МПа}$ . Таким чином, елементи осі валків чистового модулю витримують навантаження, які виникають в процесі прокатування круглої катанки діаметром 6,5 мм

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1. Охорона праці

Організацію безпечної роботи працівників сортопрокатного стану прокатного цеху проводять відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці».

Ведення технологічного процесу при виробництві прокатної продукції на сортопрокатному стані прокатного цеху здійснюється відповідно до вимог інструкцій з охорони праці та інших нормативно-правових актів з охорони праці та промислової безпеки, що діють на комбінаті:

- «Правила охорони праці у металургійній промисловості» НПАОП 27.0-1.01-08;
- «Правила охорони праці у прокатному виробництві підприємств металургійного комплексу» НПАОП 27.1-1.04-09;
- «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів» НПАОП 40.1-1.21-98;
- «Правила охорони праці у газовому господарстві підприємств чорної металургії» НПАОП 27.1-1.09-09;
- «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» із змінами затверджено Міністерством енергетики та вугільної промисловості України пр. №7 от 11.01.2017 (zareestrovani y Ministerstvi yustitsii Ukraini 31.01.2017 za №132/30000);
- «Правила пожежної безпеки в Україні» НАПБ А.01.001-2014;
- «Положення про систему управління охороною праці у ПАТ «Дніпровський меткомбінат»;

- «Положення про порядок застосування биркової системи на комбінаті для робітників, керівників та фахівців складено відповідно до вимог ОРД 14-19.20-91»;
- Міжцехова інструкція з охорони праці № 42.23.16 для локомотиво-упорядницьких бригад УЖД та працівників прокатного цеху;  
Перелік діючих інструкцій з охорони праці на ділянці сортопрокатного стану прокатного цеху
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).12.16 для посадника (старшого посадника) металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).30.16 для бригадира з переміщення сировини, напівфабрикатів та готової продукції у процесі виробництва сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).03.16 для оброблювача поверхневих вад металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).29.16 для вальцівника зі збирання та перевалки клітей сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).07.16 для вальцівника стану гарячого прокату сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).04.16 для слюсаря-ремонтника сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).32.16 для оператора поста керування станом гарячої прокатки сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).06.16 для машиніста насосних установок сортопрокатного стану прокатного цеху.

- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).10.16 для різьбяр гарячого металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).31.17 для токаря сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).19.16 для бригадира на обробці, сортуванні, прийманні, здаванні, пакуванні та упаковці металу та готової продукції сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).16.16 для сортувальника-здавача металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).13.16 для штабелювальника металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).09.16 для правилщика прокату та труб сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).14.16 для нагрівача металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).08.16 для оператора поста управління сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Тимчасова інструкція з охорони праці №06.(27).10.16 для посадника (старшого посадника) металу сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).35.17 для коваля ручного кування сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).36.17 для фрезерувальника (зуборізчика) сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).37.17 для стругальника сортопрокатного стану прокатного цеху.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).38.17 для заточника сортопрокатного стану прокатного цеху.

- Інструкція №06.(27).01.16 «Про заходи пожежної безпеки для робітників сортопрокатного стану прокатного цеху».
- Інструкція з охорони праці №06.(27).33.16 для працівників прокатного виробництва, які залучаються до виготовлення вантажопідйомних транспортних хомутів із катаного дроту.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).23.14 для комірника (комірника старшого) сортопрокатного табору прокатного цеху•  
Інструкція з охорони праці №06.(27).23.14 для комірника (комірника старшого) сортопрокатного табору прокатного цеху.
- Інструкція з охорони праці №06.(27).24.14 для працівників сортопрокатного стану прокатного цеху, які виконують обов'язки кур'єра.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, роботи машин, механізмів, обладнання та інших засобів виробництва, стан засобів індивідуального та колективного захисту, які використовуються трудящими на ТЗП ПЦ, а також санітарно- побутові умови повинні відповідати вимогам чинних нормативних актів з охорони праці.

Технологічний процес слід організувати та вести таким чином, щоб гарантувати своєчасне отримання інформації про дію небезпечних та шкідливих факторів на окремих технологічних операціях. Система контролю технологічного процесу та управління ним повинна забезпечувати захист робітників та аварійне відключення виробничого обладнання.

Неприпустимий безпосередній контакт працюючих з вихідними матеріалами, заготівлями та відходами виробництва, що надають шкідливий вплив на організм людини.

Рівень та концентрація шкідливих виробничих факторів має відповідати чинним «Державним санітарним правилам на підприємствах чорної металургії» (ДСГП 33.1.038-99).

Перед початком робіт працівник зобов'язаний провести АБВР відповідно до Стандарту безпеки: Аналіз безпеки виконання робіт СБ 01.2017.

#### 4.2. Охорона навколишнього середовища

При виробництві встановленого сортаменту на сортопрокатному стані прокатного цеху керуватиметься:

- Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» №1268-XII от 26.06.91 р.;
- «Водним кодексом України» №213/95-ВР от 06.06.95 р.;
- «Земельним кодексом України» №2768-III от 25.10.01 р.;
- Законом України «Про охорону атмосферного повітря» №2535-III от 21.06.01 р.;
- Законом України «Про відходи» №187/98-ВР от 05.03.98 р.;
- Законом України «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення» №4004-XII от 24.02.94 р. та іншими нормативно-правовими актами Мінприроди, Мінекономрозвитку, МОЗ, постановами Кабінету Міністрів України;
- «Керівництво по системі менеджменту промислової безпеки та екологічного менеджменту»;
- СТП 230-68-2013 «Керівництво по системі менеджменту промислової безпеки та екологічного менеджменту»;
- СТП 230-81-2018 «Правила охорони довкілля. Основні положення»;
- інструкції «Про порядок поводження з промисловими та побутовими відходами у структурних підрозділах комбінату»;
- паспортом місць збору/зберігання відходів у прокатному цеху.

При експлуатації технологічного обладнання сортопрокатного стану прокатного цеху не допускати витоків нафтопродуктів від редукторів електродвигунів з метою запобігання потраплянню їх у промислові стоки комбінату.

Стічні води, що утворюються в процесі охолодження прокатного обладнання та змиву окалини, скидаються в первинний відстійник, обладнаний масло затримуючими перегородками.

Вміст нафтопродуктів у стічній воді не повинен перевищувати встановлених нормативів 2,5 мг/л.

Відстійник необхідно своєчасно очищати від окалини, що накопичилася.

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РОЗРОБЛЕНИХ РІШЕНЬ

Метою даного розділу є визначення економічної ефективності розробленої технології виробництва катанки діаметром 6,5 мм на сортопрокатному стані 400/200 ПрАТ «Камет-Сталь».

До основних завдань відносяться:

- оцінка продуктивності виробництва;
- визначення собівартості продукції;
- аналіз економічного ефекту від впровадження технології;
- оцінка рентабельності виробництва.

Визначення продуктивності стану

Годинна продуктивність стану визначається за формулою:

$$P = \frac{3600 \cdot G}{T} \cdot k_1 \cdot k_2$$

де:  $G = 2,31$ т - маса заготовки

$T = 53,3$ с - темп прокатки

$k_1 = 0,95$  - коефіцієнт використання стану

$k_2 = 1,03$  - коефіцієнт виходу металу

$$P = \frac{3600 \cdot 2,31}{53,3} \cdot 0,95 \cdot 1,03 = 143 \text{ т/год}$$

Річна продуктивність

Фактичний фонд часу:

$$F = 7200 \text{ год}$$

Річна продуктивність:

$$Q = P \cdot F \cdot k_n$$

де  $k_n = 0,9$ — коефіцієнт прихованих простоїв.

$$Q = 143 \cdot 7200 \cdot 0,9 = 926640 \text{ т/рік}$$

Собівартість продукції

## ВИСНОВОК

У дипломній роботі розроблено технологію та виконано комплексні інженерні розрахунки для впровадження процесу виробництва гарячекатаної катанки невеликого діаметра 6,5 мм з вуглецевої сталі звичайної якості марки СтЗкп відповідно до вимог стандарту ДСТУ 2770-94 на сортопрокатному стані 400/200 в умовах металургійного підприємства ПрАТ «Камет-Сталь».

У першому розділі роботи, який називається технологічним, було детально розглянуто роботу прокатного цеху, де стоїть сортопрокатний стан 400/200, та вивчено його основне і допоміжне обладнання. Цей стан є дуже універсальним завдяки тому, що має чорнову, проміжну та чистову групи клітей, а також сучасну лінію слітингу (багатониткової прокатки) та окрему бунтову лінію. Також у цьому розділі я порахувала продуктивність стану 400/200. Як показали розрахунки, годинна продуктивність обладнання становить 143 тонни металопродукції за годину, а річна продуктивність при нормальній роботі та за вирахуванням планових ремонтів сягає \_\_\_\_\_ тонн готової продукції на рік, що є дуже непоганим показником.

Другий розділ є спеціальним і в ньому рішались головні інженерні питання щодо калібрування прокатних валків для отримання круглої катанки Ø6,5 мм. Для цього була вибрана сучасна та ефективна система калібрів неперервного типу, де метал послідовно проходить через круглі та овальні струмки у чистовому проволочному блоці 200/10. Я зробила розрахунок розмірів для чистового круглого калібру (модуль 10) та передчистового овального калібру (модуль 9) з урахуванням гарячої усадки металу при виході зі стану. Діаметр гарячого круглого профілю вийшов \_\_\_\_\_ мм, а площа перерізу — \_\_\_\_\_ мм<sup>2</sup>. Для передчистового овалу висота склала \_\_\_\_\_ мм, а ширина — \_\_\_\_\_ мм при середньому коефіцієнті витяжки \_\_\_\_\_. Також у цьому розділі були

розраховані енергосилові параметри процесу, зокрема визначено зусилля прокатки, моменти деформації та потужність, необхідна для стабільної роботи двигунів чистового проволочного блоку під час проходження металу на великих швидкостях.

У третьому розділі, який є механічною частиною, було проведено перевірку на міцність деталей прокатного стану. Я виконала розрахунок прокатних валків чистового модуля дротового блоку, визначила напружено-деформований стан металу деталей та довела, що конструкція валків та підшипників має достатній запас міцності і витримає великі навантаження під час гарячої прокатки.

Четвертий розділ присвячений питанням охорони праці та захисту навколишнього середовища у прокатному цеху. У ньому проаналізовано всі шкідливі та небезпечні фактори на робочих місцях біля стану 400/200 (висока температура, шум, рухомі частини машин, окалина) та запропоновано заходи безпеки, такі як захисні екрани, вентиляція та очищення води після охолодження катанки.

У п'ятому економічному розділі було зроблено техніко-економічну оцінку розробленої технології. Розрахунки підтвердили, що впровадження нового калібрування та режимів прокатки дозволить підвищити вихід придатної продукції, зменшити кількість шлюбу та знизити питомі витрати енергії. Це доводить високу економічну ефективність та доцільність практичного використання запропонованих у дипломній роботі технічних рішень на виробництві.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ

1. Кудінов І. В. Теорія прокатки металів. – Київ: Вища школа, 2010.
2. Бровман М. Я. Обладнання прокатних цехів. – Дніпро: НМетАУ, 2008.
3. Василев Я.Д., Мінаєв О.А. Теорія поздовжньої прокатки. Підручник. - Донецьк: УНІТЕХ, 2009. - 488 с
4. Фролов К. В. Машини та агрегати металургійного виробництва. – Київ: Техніка, 2011.
5. Довідник прокатника / за ред. А. П. Чекмарьова. — Київ : Техніка, 2002. — 640 с.
6. Козлов В. М., Нестеренко О. А. Теорія і технологія прокатного виробництва. — Дніпро : НМетАУ, 2010. — 412 с.
7. Металургія сталі. Прокатне виробництво : підручник для закладів вищої освіти. — Київ
8. Технологічні регламенти стану 400/200 ПрАТ «Камет-Сталь».
9. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ.
10. НПАОП 27.1-1.01-09. Правила охорони праці в металургійній промисловості. — Київ : Держгірпромнагляд України, 2009.
11. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. — Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
12. СБ 01.2017. Стандарт безпеки підприємства (АБВР).
13. СТП 230-68-2013. Поводження з відходами на підприємстві.
14. СТП 230-81-2018. Система екологічного менеджменту.