

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра Обробки металів тиском
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до бакалаврської роботи

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

на тему Розробка режиму прокатки штаби розмірами 0,4x1030 мм зі сталі 08кп на стані холодної прокатки для підвищення я кості прокату

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1360-омт-д
Минаєв Дмитро В'ячеславович

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

136 Металургія

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(шифр і назва)

Керівник Бондаренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2022 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-
НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра _____ Обробки металів тиском _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)

Спеціальність _____ 136 Металургія _____
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма _____ обробка металів тиском _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОМТ
Ю.О. Белоконь
2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ Минаєву Дмитро В'ячеславовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) _____ Розробка режиму прокатки штаби розмірами 0,4x1030 мм
зі сталі 08кп на стані холодної прокатки для підвищення я кості прокату

керівник проекту (роботи) _____ Бондаренко Ю.В. _____ к.т.н, доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затвер джені наказом вищого навчального закладу від "17" 01 2022 року № 90-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____ 17.06.2022 _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Визначення параметрів оптимізації
прокатування сталі на стані холодної прокатки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно

розробити) _____ Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна
частина. Охорона праці та техногенна безпека. Висновки. Перелік посилань. _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення, презентаційний матеріал 13 слайдах (на 13 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		Завдання прийняв
<i>Загальна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В., доцент</i>	
<i>Технологічна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В.доцент</i>	
<i>Механічна частина</i>	<i>Бондаренко Ю.В.доцент</i>	
<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>Бондаренко Ю.В.доцент</i>	

7. Дата видачі завдання 17.02.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Вступ</i>	29.04.2022 - 12.05.2022	
2	<i>Реферат</i>	12.05.2022 - 16.05.2022	
3	<i>Загальна частина</i>	29.04.2022 - 11.06.2022	
4	<i>Технологічна частина</i>	12.05.2022 - 07.06.2022	
4	<i>Механічна частина</i>	17.05.2022 - 30.05.2022	
5	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	24.05.2022 - 15.06.2022	
6	<i>Висновки</i>	30.05.2022 - 17.06.2022	

Студент _____ Д.В. Минаєв
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Ю.В. Бондаренко
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Пояснювальна записка до випускної роботи бакалавра містить 102 сторінок, 13 рисунків, 7 таблиць, 25 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: сучасний цех холодної прокатки 1700.

Мета випускної роботи бакалавра є розробка режиму прокатування штаби розмірами 0,4-1030 мм.

В розрахунковій частині було проведено розрахунок необхідної потужності головних приводів та енергосилових параметрів прокатки штаби 0,4x1030 мм.

У роботі планується, що цех буде випускати тонкі холоднокатані листи в пачках і штаби в рулонах з вуглецевої низьколегованої сталі. Товщина листів і штаб, згідно завдання роботи бакалавра, повинне складати 0,4-1,5 мм, ширина листів 900-1600 мм, ширина штаб в рулонах 500-1600 мм; продуктивність цеху 2,5 млн. т. на рік, з них 0,5 млн. т. на рік оцинкованих листів і штаб. Крім того, цех може випускати близько 300 тис. т. на рік травлених гарячекатаних листів та штаби в рулонах.

У розрахунковій частині роботи для основних клітей п'ятиклітьового стану холодної прокатки 1700 рекомендується встановити двох'якорні електродвигуни типу 2МП6500-200, потужність 2x2400 кВт, 750 В, 260/500 об/хв. Застосовані рішення й технічні засоби можуть бути використані при реконструкції головних приводів стану холодної прокатки 1700.

ХОЛОДНА ПРОКАТКА, П'ЯТИКЛІТЬОВИЙ СТАН, ПОТУЖНІСТЬ ДВИГУНА, ОБТИСК, ВАЛКИ, ШТАБА, МОМЕНТ ПРОКАТКИ, ШВИДКІСТЬ ПРОКАТКИ, ДЕФОРМАЦІЯ, КЛІТЬ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ЦЕХ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Літературний огляд цехів холодної прокатки.....	8
1.2 Технічна характеристика стану безперервної прокатки.....	16
1.3 Технологічний процес холодної прокатки штаб з вуглецевої сталі.....	19
1.4 Класифікація прокатних станів 1680 та 1700.....	22
1.5 Розробка сучасного цеху холодної прокатки з безперервним п'ятикільтовим чотирьохвалковим станом 1700 та нові технічні удосконалення.....	27
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	35
2.1 Визначення товщини вихідного підкату.....	35
2.2 Вибір схеми прокатки.....	36
2.3 Розрахунок необхідної потужності головного приводу стана.....	62
3 МЕХАНАНІЧНА ЧАСТИНА.....	68
3.1 Розрахунок робочих і опорних валків на міцність.....	68
3.2 Розрахунок на міцність станини робочої кліті.....	76
3.3 Розрахунок на міцність натискного гвинта та гайки.....	85
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	87
4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих процесів виробництва.....	87
4.2 Технологічні рішення з виробничої санітарії.....	90
4.3 Заходи техніки безпеки.....	93
4.4 Електробезпека.....	95
4.5 Пожежна та техногенна безпеки.....	98
ВИСНОВКИ.....	100
ЛІТЕРАТУРА.....	101

ВСТУП

Важливим етапом у розвитку безперервних станів холодної прокатки штаби є розробка способу прокатки штаби нескінченної довжини. Відмінною рисою цього способу є неперервність процесу прокатки в межах даного замовлення або в період між перевалками, що сприяє збільшенню продуктивності стана, стабілізації розмірів вихідної штаби й збільшенню терміну служби валків. Поперечна різнотовщинність знижується за рахунок застосування профілювання валків, однак цей спосіб не завжди ефективний внаслідок широкого сортаменту штаби, що прокочуються на валках з одним профілюванням.

При розрахунку режимів обтиснень на станах холодної прокатки визначають товщину вихідного підкату, величини обтиснень по клітях (проходам), швидкісний режим прокатки, вибирають режими натягів, розраховують тиск на валки й потужність прокатки, роблять перевірку валків на міцність і визначають ступінь завантаженості приводних двигунів.

Раціональний режим обтиснень повинен забезпечити максимальну продуктивність стана, високу точність штаби і найкраще використання встаткування стана.

При розробці раціонального режиму обтиснень ураховують рівність обсягів металу, що проходить по клітях за секунду, міцність валків, натяг штаби, потужність двигунів головного привода, вимоги до точності розмірів і форми штаби, вимоги до механічних властивостей аркуша.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

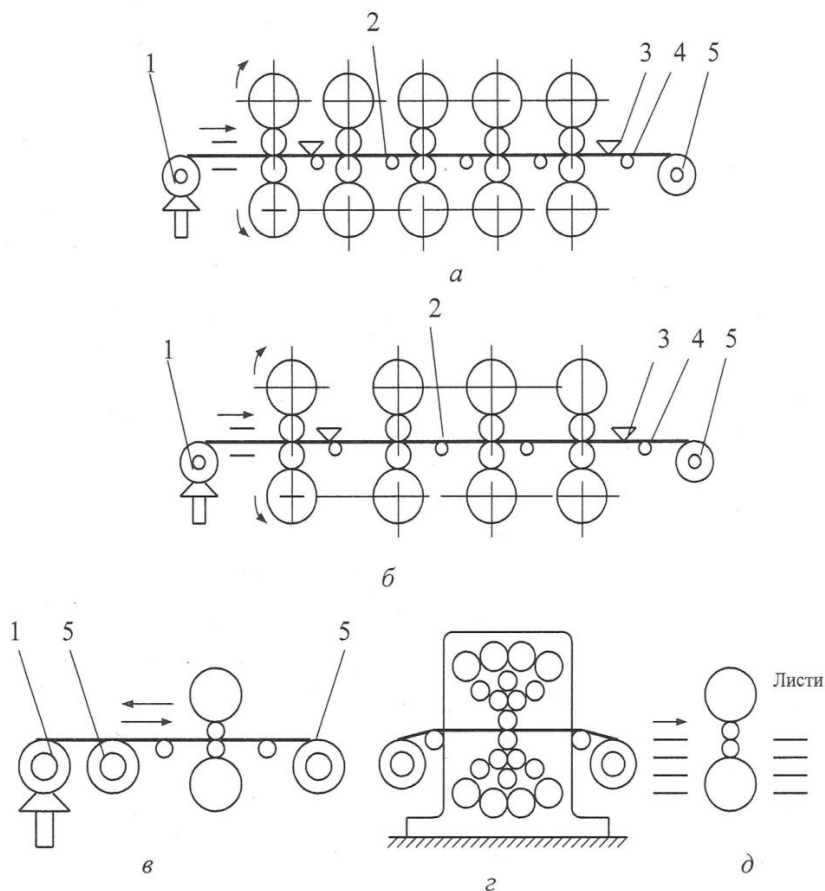
1.1 Літературний огляд цехів холодної прокатки

Залежно від способу виробництва розрізняють стани штабової (неперервні, реверсивні) і полісної (штучної) прокатки.

По призначенню стани холодної прокатки діляться на прокатні, дресирувальні й прокатно-дресирувальні. Найбільш сучасними станами холодної прокатки є неперервні стани [1]. Широко застосовуються реверсивні штабові стани. Стани штучної прокатки мають досить обмежене застосування. Холодна прокатка рулонної штаби здійснюється на станах різного типу: безперервних чотирьохвалкових (3, 4, 5 і 6-клітьових), реверсивні чотирьохвалкових і багатовалкових (головним чином 20-валкових). На безперервному стані кліті розташовані, можливо, ближче одна до іншої (практично відстань між осями клітей дорівнює 4, 5-5 м). Робітники валки кожної кліті постачені приводом від електродвигуна (одного або двох) постійного струму потужністю 3-5 тис. кВт із регулюванням швидкості в широких межах через шестерну кліть, або без її, і універсальні шпинделі. Рулони протравленої штаби встановлюють за допомогою мостового крана на транспортер і по черзі подають їх до розпускана 1 (рис. 1.1).

Валки всіх клітей обертаються з так званою заправною швидкістю (0,5-1 м/с). Передній кінець штаби на рулоні відгинається магнітним відгибачем, через провідковий стіл подається послідовно у валки кожної кліті й заправляється в щілину барабана моталки 5. При прокатці тонкої штаби (до 0,5 мм) кінець її в щілину барабана не заправляється, а намотується на барабан (перші 2-3 витка) за допомогою ремінного заправника. З метою автоматичного регулювання товщини штаби встановлені ролики 2 для виміру натягу штаби й летучих мікрометрів

(товщиномери 3 за першою й останньою кліттю й моталкою передбачений напрямний ролик 4). Між останньою кліттю й моталкою передбачений напрямний ролик 4.



а - п'яти (шести)- клітьовий безперервний стан; *б* - трьох (чотирьох)- клітьовий безперервний стан; *в* - 20-валковий стан; *д* - нереверсивний одноклітьовий стан для прокатки листів з пачки; 1 - розпускувач; 2 - вимірювач натягу штаби; 3 - вимірювач товщини штаби летучий мікрометр); 4 - направляючий ролик; 5 – змотувач.

Рисунок 1.1— Схеми станів холодної прокатки

Після заправлення переднього кінця штаби на барабан моталки швидкість валків всіх клітей збільшується до максимальної робочої швидкості. Процес прокатки рулону триває 5-10 хв залежно від маси рулону. Перед закінченням прокатки швидкість валків зменшується: рулон прокачанної штаби зіштовхується з барабана моталки й направляється на відпал або електролітичне очищення.

Для зменшення тиску металу на валки при прокатці й можливості «викочування» тонкої штаби у валках щодо великого діаметра в процесі прокатки на штаби подається змащення (при прокатці жерсті - пальмове масло або його замінники; при прокатці більше товстих штаби - масляна емульсія). Як правило, прокатка штаби на безперервному стані здійснюється за один прохід. У деяких (наприклад, при прокатці кременистої трансформаторної сталі) для одержання необхідних товщини готової штаби і її властивостей (магнітних, механічних) після першого проходу рулон піддають відпуску й потім прокочують удруге на цьому ж стані [5]. Стани холодної прокатки, крім основного встаткування (рис. 1.1 д), ще оснащені: машинами й механізмами, що забезпечують приймання й укладання їхньої пачки, транспортування рулонів або пачок після прокатки; пристроями для регулювання величини петлі й натяги, а також системами для подачі технологічного змащення й охолодної рідини. На сучасних станах холодної прокатки застосовують кліті кварто або багатовалкові кліті.

Тип і параметри основного встаткування станів холодної прокатки визначаються розмірами й механічними властивостями штаби, що прокочуються, і аркушів, а також масою й розмірами вступників рулонів. На вибір типу стана істотний вплив роблять вимоги, пропоновані до якості й точності продукції.

Неперервні стани холодної прокатки характеризуються великою продуктивністю й високим ступенем автоматизації. Вони призначені для випуску порівняно вузького сортаменту штаби і встановлюються в спеціалізованих цехах з більшим обсягом виробництва. Залежно від сортаменту штаби, що прокочуються, неперервні стани мають від трьох до шести робочих клітей.

Трьохклітьові неперервні стани кварто застосовуються для холодної прокатки штаби з вуглецевих марок сталей товщиною 0,6-3,0 мм і шириною 650-1850 мм.

Як вихідні заготовки застосовують гарячекатану штабову сталь товщиною 2-5 мм у рулонах масою 5- 25 т.

Трьохклітьові стани мають валки з довжиною бочки до 2030 мм. Швидкість прокатки на цих станах становить 3-15 м/с, а їхня річна продуктивність досягає 0,3-0,6 млн. т.

У виді обмеженості сортаменту штаби, що випускаються, трьохклітьові стани холодної прокатки в цей час не будуються.

Чотирьохклітьові неперервні стани застосовуються для прокатки штаби з вуглецевих і легованих сталей товщиною 0,3-3,5 мм, шириною до 2350 мм. Довжина бочки валків цих станів 1380-2500 мм, діаметри робочих валків 500-600 мм, опорних валків 1300-1600 мм. Швидкість прокатки на чотирьохвалкових станах досягає 20-25 м/с, а їхня річна продуктивність 1,2-1,5 млн. т.

Підкатом для чотирьохвалкових станів служить гарячекатана штабова сталь товщиною 1,5-6,5 мм у рулонах масою до 25-35 т. Сумарні обтиснення при прокатці на чотирьохклітьових безперервних станах перебувають у межах 50-80%.

П'ятиклітьові неперервні стани призначені для прокатки штаби з вуглецевих і легованих сталей товщиною 0,15-3,0 мм, шириною до 2080 мм.

Довжина бочки валків п'ятиклітьових станів дорівнює 1200-2210 мм, а діаметри робочих і опорних валків відповідно 500-660 мм і 1300-1525 мм.

Підкатом для п'ятиклітьових безперервних станів служить гарячекатана штаба товщиною 1,2-6,5 мм у рулонах масою до 45-60 т. Сумарні обтиснення при прокатці на п'ятиклітьових станах досягають 85-90 %.

Залежно від призначення розрізняють п'ятиклітьові жерстепрокатні стани й п'ятиклітьові стани, призначені для прокатки штаби широкого сортаменту, включаючи сортамент чотирьохклітьових безперервних станів і частково сортамент жерстепрокатних станів.

П'ятиклітьові неперервні стани, призначені для прокатки штаби широкого сортаменту мають довжину бочки валків 1700-2210 мм і швидкість до 25-30 м/с. Продуктивність цих станів досягає 1,8 млн. т у рік.

Широкий сортамент (0,15-3,0 мм) і більша продуктивність (0,8-1,8 млн. т у рік) п'ятиклітьових безперервних штабових станів роблять їхнє застосування в більшості випадків більше кращими, чим чотирьохклітьові безперервних станів.

Крім того, сучасні п'ятиклітьові стани більш повно відповідають підвищеним вимогам, пропонованим до якості й точності листової продукції.

Шестиклітьові неперервні стани холодної прокатки тонкої жерсті товщиною 0,08-0,15 мм і тонкої штаби товщиною до 1 мм, шириною до 1300 мм. Жерсть, прокачана на цих станах, може бути товарною продукцією або служити підкатом для виробництва найтоншої жерсті - фольги товщиною 0,03 - 0,076 мм.

Параметри встаткування шестиклітьових станів відповідають параметрам п'ятиклітьових жерстестепрокатних станів. Максимальна швидкість прокатки становить 40 м/с, маса рулонів, що прокочуються, досягає 30-45 т.

Важливим етапом у розвитку безперервних станів холодної прокатки штаби є розробка способу прокатки штаби нескінченної довжини. Відмінною рисою цього способу є неперервність процесу прокатки в межах даного замовлення або в період між перевалками, що сприяє збільшенню продуктивності стана, стабілізації розмірів вихідної штаби й збільшенню терміну служби валків. Поперечна різнотовщинність знижується за рахунок застосування профілювання валків, однак цей спосіб не завжди ефективний внаслідок широкого сортаменту штаби, що прокочуються на валках з одним профілюванням.

При розрахунку режимів обтиснень на станах холодної прокатки визначають товщину вихідного підкату, величини обтиснень по клітях (проходам), швидкісний режим прокатки, вибирають режими натягів,

розраховують тиск на валки й потужність прокатки, роблять перевірку валків на міцність і визначають ступінь завантаженості приводних двигунів.

Раціональний режим обтиснень повинен забезпечити максимальну продуктивність стана, високу точність штаби і найкраще використання встаткування стана.

При розробці раціонального режиму обтиснень урахують рівність обсягів металу, що проходить по клітках за секунду, міцність валків, натяг штаби, потужність двигунів головного привода, вимоги до точності розмірів і форми штаби, вимоги до механічних властивостей аркуша.

Розподіл обтиснень по клітках (проходам) виробляється по двох принципово різних схемах.

По першій схемі відносні обтиснення зменшуються від першої клітки до останнього. Такий розподіл обтиснень припускає максимальну деформацію металу при відносно більших товщинах штаби, що є енергетично вигідним. Невеликі обтиснення в останній клітці забезпечують одержання штаби з мінімальною неплосцинністю. Ця схема застосовується при прокатці щодо товстих штаби, а також при прокатці тонких штаби з підкату з мінімальною різнотовщинністю й гарної планшетністю. До недоліків цієї схеми варто віднести те, що при прокатці на заправній швидкості тиск металу на валки в першій клітці значно зростає в порівнянні з тиском при сталому процесі, тому що прокатка в зазначеному періоді ведеться без натягу.

По другій схемі відносні обтиснення в першій клітці нижче, а наступних клітках, у тому числі й в останньої, вище, ніж по першій схемі. При цьому прокатка в останній клітці може здійснюватися з відносними обтисненнями, рівними або навіть трохи більшими, ніж у попередніх клітках.

Зменшення величини обтиснення в першій клітці безперервного стана обумовлено незадовільною точністю (значної поздовжньої різнотовщинністю й неплосцинністю) гарячекатаного підкату. Це забезпечує зменшення неплосцинності й у деякій мері зменшує поздовжню різнотовщинність гарячекатаного підкату. Звичайно величина обтиснень у першій клітці

безперервного стана, коли прокатка ведеться по другій схемі, становить 10-25%. В останні роки спостерігається тенденція до збільшення обтиснень у перших клітях чотирьох- і п'ятиклітьових станів до 25-35%. Це пов'язане з підвищенням точності підкату в результаті впровадження на широкополосних станах гарячої прокатки систем автоматичного регулювання товщини й систем автоматичного регулювання профілю й форми штаби.

У табл. 1.1 наведений приклад сумарних і приватних обтиснень по клітях безперервних станів холодної прокатки.

Таблиця 1.1 – Сумарні й приватні обтиски по клітях НСХП

№ п/п	Стан	Сумарний обтиск, %	Приватні обтиски по клітях, %					
			I	II	III	IV	V	VI
1	Трьохклітьовий	40-60	30-50	15-50	5-15	-	-	-
2	Чотирьохклітьовий	50-80	10-35	25-45	25-45	20-25	-	-
3	П'ятиклітьовий	60-90	10-35	35-45	35-45	25-40	25-35	-
4	Шестиклітьовий	80-95	25-35	25-35	25-35	25-35	25-35	25-35

Призначення холодної прокатки: 1) отримання тонких штаб (в рулонах) і листів товщиною менше 1,2-1,5 мм (оскільки отримання цієї товщини при гарячій прокатці практично неможливо зважаючи на швидке охолодження металу у валках); 2) отримання тонких листів з гладкою поверхнею і точними розмірами по товщині і ширині; 3) отримання тонких листів і штаб з підвищеними механічними властивостями (твердістю, межею міцності і межею текучості).

З метою підвищення продуктивності станів та технологічних агрегатів холодної прокатки і обробку штаби здійснюють так званим рулонним способом, операція різання рулонної штаби на листи мірної довжини є останньою в технологічному циклі цеху холодної прокатки.

Вихідним матеріалом для холодної прокатки служать рулони гарячекатаної штаби товщиною 2-6 мм, що надходять з широкоштабного

стану гарячої прокатки. Так як на поверхні гарячекатаної штаби утворюється шар окалини, то першою операцією цеху холодної прокатки є травлення цієї штаби в кислотних розчинах. Для підвищення продуктивності безперервних травильних і наступних агрегатів бажано зі станів гарячої прокатки отримувати рулони максимально можливої маси (до 25-40 т і вище).

У безперервних травильних агрегатах (лініях) штаба рухається без зупинки через ванни з кислотним розчином, що досягається стиковим зварюванням кінців штаб кожних двох рулонів. При проходженні останньої секції агрегату можна не вирізати всі зварні шви на смузі і тим самим отримувати рулони протравленої штаби більшої маси (50-100 т), що необхідно для підвищення продуктивності наступних агрегатів (стану холодної прокатки, очищення, відпалу, оцинкування, лудіння, різання і т.д.). Рулони протравленою штаби прокатують на стані холодної прокатки.

Для зняття внутрішніх напружень у наклепаному холоднокатаному матеріалі штаби, отримання необхідної структури металу і необхідних механічних властивостей після холодної прокатки застосовують відпал (рулонів або штаб). У деяких випадках (головним чином для тонких листів і жерсті) для отримання високоякісної поверхні перед відпалом штабу піддають електролітичному очищенню в лужних розчинах (для видалення залишків масла і забруднень на поверхні після холодної прокатки).

Для отримання гладкої поверхні, деякого підвищення механічних властивостей і поліпшення штампуємості відпалюють штаби (в рулонах) і листи піддають дресируванню (холодної прокатці з невеликим обтисненням). Після дресирування рулони надходять на агрегати різання штаби на листи мірної довжини або на агрегати покриття (лудіння, оцинкування).

Розглянемо більш детально, як виконуються перераховані вище технологічні операції і яке для цього застосовують обладнання.

1.2 Технічна характеристика стану безперервної прокатки

Еволюція станів холодної прокатки до 1971 р досить докладно викладена в монографії О.І. Целікова і В.І. Зюзіна [5]. Удосконалення безперервних станів холодної прокатки йшло по шляху збільшення клітей, довжини бочки валків, маси рулонів до 54-50 т, підвищення рівня автоматизації технологічних операцій. Ці заходи дозволили рівномірно підвищувати якість своєї продукції і продуктивність станів. Удосконалення конструкції станів спрямоване на зниження пауз і підвищення безперервності процесу прокатки. Послідовність модернізації станів, логічним завершенням якого стало створення повністю безперервних станів, показана на рис. 1.2.

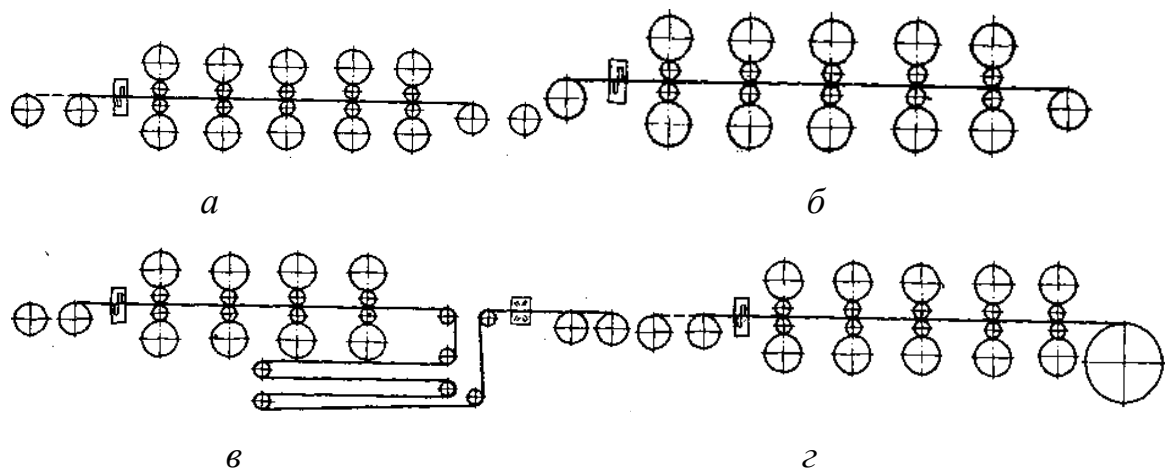


Рисунок 1.2 – Схема еволюції обладнання безперервних станів холодної прокатки: *а* - з однією моталкою і з одним розмотувачем; *б* - з двома моталками і двома розмотувачем; *в* - з збільшеним рулоном (до 60 т) на вході, ножицями і двома моталками на виході; *г* - стан повністю безперервної (нескінченної) прокатки.

Оснащення станів двома моталками і двома розмотувачами дозволило підвищити час використання стану за рахунок скорочення пауз на час встановлення чергового рулону на розмотувач і зняття попереднього з моталки. Застосування збільшених рулонів на вході стану, підготовлених

на окремо стоячих установках зі стикосварочною машиною, дозволило скоротити час, що витрачається на заправку, випуск штаби і супроводжуючі її режими розгону і гальмування.

У сімдесятих роках в конструкції станів холодної прокатки відбулися істотні зміни, що дозволяють різко збільшити їх продуктивність. Це пов'язано з нескінченною схемою прокатки, що дозволила усунути паузи, необхідні для здійснення випуску штаби зі стану, зміни рулонів і заправки штаби до стану. Крім того, при нескінченній схемі прокатки забезпечується підвищення якості штаби, зокрема збільшується вихід придатного за рахунок зменшення тривалості перехідних режимів розгону і уповільнення стану з полоси у валках.

За оцінками фахівців [6], перехід на нескінченну схему прокатки дозволяє підвищити продуктивність стану на 50-70%, причому (рис.1.3) найбільший приріст продуктивності досягається в товщинах 0,5-1,5 мм, що користуються найбільшим попитом автотракторної промисловості.



Рисунок 1.3 – Приріст річної продуктивності при використанні нескінченної прокатки по відношенню до порулонної

Необхідність забезпечення нескінченної схеми прокатки зазнала суттєвого підвищення рівня автоматизації виконання операцій з обробки штаби і переходу до повної автоматизації технологічної лінії, починаючи від завантаження гарячекатаних травлених рулонів на приймальний транспортер

стана і закінчуючи зняттям рулонів холоднокатаної штаби з розвантажувального транспортера.

Для забезпечення належної якості регулювання товщини штаби і, що найголовніше, для забезпечення динамічної перебудови знадобилося значно збільшити швидкодію виконавчих механізмів стану, зокрема натискних пристроїв, і перейти від електромеханічних до гідравлічних нажимних пристроїв.

Сучасний п'ятикільтовий стан, що використовує принцип нескінченної холодної прокатки, має такі відмінні особливості обладнання. Для реалізації нескінченного принципу прокатки на вході стану передбачено два розмотувача, правильні машини, автоматизована стикосварочна машина, петлеве влаштування горизонтального типу ємністю 600-800 м³ штаби, на виході - летючі ножиці і дві моталки. Перевалка робочих валків здійснюється автоматично без видалення штаби зі стану. Передбачені необхідні пристрої для автоматичної заправки штаби в усі механізми лінії стану. Стан обладнаний пристроями для нанесення та ідентифікації міток зварного шву. Зміна міжвалкового зазору здійснюється високошвидкісними гідравлічними пристроями. Системи електроприводу забезпечують високу точність підтримки заданої швидкості в статичному і динамічному режимах, а також завдяки тиристорному управлінню високу швидкодію. Для зниження коливань товщини штаби при зміні швидкості прокатки (придушення так званого ефекту швидкості, пов'язаного із зміною товщини масляного шару в ПРТ) застосовуються гідростатичні системи високого тиску для подачі мастила ПРТ в зону низьких швидкостей.

Управління стану здійснюється від керуючих обчислювальних машин, які розраховують режими прокатки і перебудови стану, забезпечують адаптацію моделей, слідкування за просуванням штаб по лінії стану та обробку інформації планово-економічного характеру. Всі механізми стану обладнані позиціонуючими пристроями та локальними системами

управління, що спільно з УВМ дозволяє автоматизувати всі технологічні операції.

Для отримання відомостей про протікання технологічного процесу прокатки стан обладнаний необхідною вимірною-реєструючою апаратурою, що дозволяє контролювати зусилля прокатки, товщини і натяги штаби у всіх міжклітьових проміжках, на вході і виході стану, площинність штаби на виході стана, струм, напруга, швидкість і температуру приводних двигунів, температуру і кількість емульсії, мастила і т.д. Завдяки застосуванню систем автоматизації, високоякісної емульсії і чистих масел для технологічної мастила істотно зростає середня швидкість прокатки, що забезпечує, додаткове зростання продуктивності стану. При застосуванні для змащення чистих масел швидкість прокатки смуг товщиною 0,4-0,5 мм досягає 30 м/с.

1.3 Технологічний процес холодної прокатки штаб з вуглецевої сталі

Холодна прокатка рулонної штаби здійснюється на безперервних чотирьохвалкових станах (рис.1.4). На безперервному стані кліті розташовані як можна ближче одна до іншої (практично відстань між осями клітей дорівнює 4,5 - 5,0 м). Робочі валки кожної кліті забезпечені приводом від електродвигуна (одного чи двох) постійного струму потужністю 3-5 тис. кВт з регулюванням швидкості в широких межах через шестерню кліть, або без неї, і універсальні шпинделі. Рулони протравленою штаби встановлюють за допомогою мостового крана або електрокара (з важільним зачепленням) на транспортер і по черзі подають їх до розмотувача 1. Валки всіх клітей обертаються з так званої заправної швидкістю (0,5-1 м/с). Передній кінець штаби на рулоні відгинається (магнітним або скребковим отгібателем), через проводковий (роликівий або плоский) стіл подається послідовно у валки

кожній кліті і заправляється в щілину барабана моталки 5. При прокатці тонкої штаби (до 0,5 мм) кінець її в щілину барабана не заправляється, а намотується на барабан (перші 2-3 витка) за допомогою заправника.

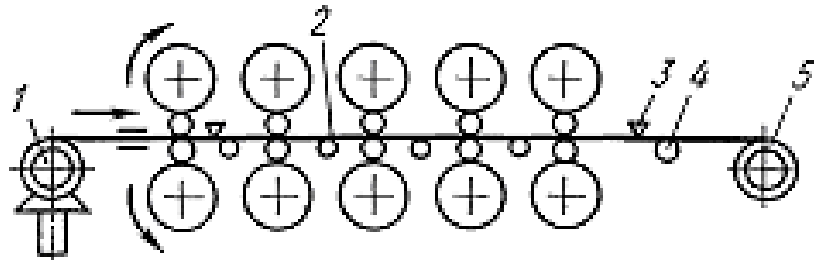


Рисунок 1.4 – Схема п'ятиклітьового безперервного стану холодної прокатки

З метою автоматичного регулювання товщини штаби встановлені ролики 2 для вимірювання натягу штаби і летючі мікрометри (товщиноміри 3 за першої та останньої клітьми). Між останньою клітью і моталкою передбачено направляючий ролик 4. Після заправки переднього кінця штаби на барабан моталки швидкість валків всіх клітей збільшується до максимальної робочої швидкості. Процес прокатки рулону триває 5-10 хв залежно від маси рулону. Так, при масі рулону 25 т, товщині штаби 0,25 мм, ширині 1000 мм і швидкості прокатки (в останній кліті) 20 м/с машинний час прокатки складе близько 10 хв (при довжині штаби в рулоні близько 12 км).

Перед закінченням прокатки швидкість валків зменшується: рулон прокатої штаби стикається з барабана моталки і прямує на відпал або електролітичну очистку. Для зменшення тиску металу на валки при прокатці і можливості «викочування» тонкої штаби у валках щодо великого діаметру в процесі прокатки на штабу подається мастило (при прокатці жерсті - пальмове масло або його замітники; при прокатці більш товстих штаб - масляна емульсія). Як правило, прокатка штаби на безперервному стані здійснюється за один прохід. У деяких випадках (наприклад, при прокатці кременистої трансформаторної сталі) для отримання необхідних товщини готової штаби та її властивостей (магнітних, механічних) після першого

проходу рулон піддають відпалу і потім прокочують вдруге на цьому ж стані [7].

П'ятикільтєві безперервні чотиривалкові стани застосовують для холодної прокатки тонкої (0,5-1 мм) штаби шириною 1500-2350мм з гарячекатаної штаби товщиною 4-6 мм у рулонах масою 40-80 т і більше. Готова продукція у вигляді листів призначається в основному для автомобільної промисловості. На цих станах прокочують також тонку штабу з електротехнічної та легованої сталей. Залежно від сортаменту і якості штаб швидкість прокатки на цих станах становить 10-25 м/с. Такі стани застосовують також для прокатки вузької штаби (стрічки).

Відповідно з шириною штаби довжина бочки валків дорівнює 1700-2500 мм; діаметри валків: робочих 500-600 мм, опорних 1300-1500 мм. Продуктивність станів 1-1,5 млн. т/рік.

Як зазначено вище, при холодній прокатці штаби її кінець заправляється в щілину барабана моталки. Однак при намотування на барабан тонкої штаби (до 0,3 мм) з великою натягом на перших внутрішніх витках рулону утворюються поздовжні вм'ятини в місці розташування щілини на барабані моталки. Крім того, операція заправки кінця штаби вимагає деякого часу і іноді здійснюється за участю робітника.

Щоб уникнути вм'ятин на внутрішніх витках рулонів необхідно, щоб щілина на барабані моталки була мінімальною. Однак заправити тонку сталеву штабу в таку щілину дуже важко. Але для намотування тонкої штаби та створення натягу не обов'язково заправляти її передній кінець у щілину барабана моталки. Достатньо таким способом щільно намотати на нього перші 2-3 витка штаби. Для цієї мети, а також для механізації і прискорення заправки переднього кінця штаби на барабан моталки застосовують так звані захлестувачі (змотувачі).

На моталці безперервного п'ятикільтєвого чотирьовалкового стана для прокатки тонкої жерсті (див. рис1.4) застосований захлестувач представлений на рис.1.5. Захлестувач складається з пневматичного циліндру

1, візки 2 і направляючих 3. За допомогою пневматичного циліндра візок переміщається по направляючим. Візок складається з зварної С-подібної рами 4, встановленої на ковзанках.

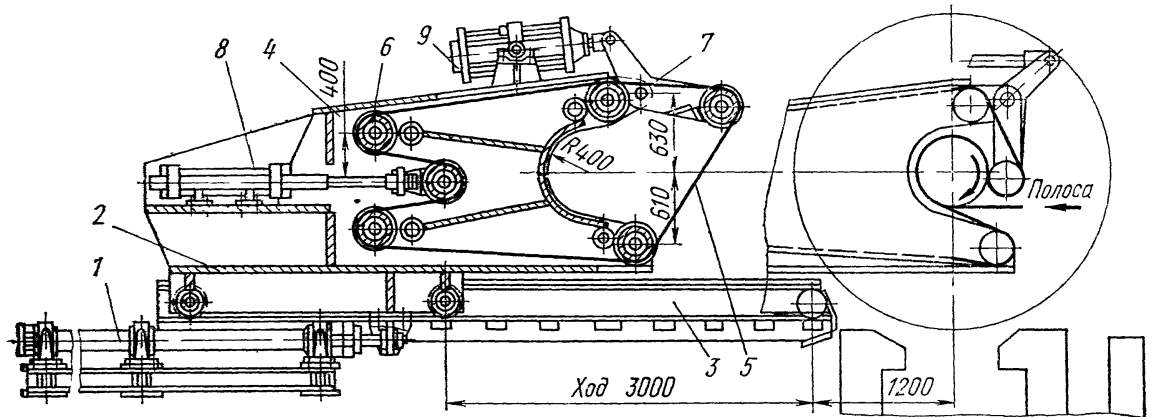


Рисунок 1.5 – Автоматичний захлестувач переднього кінця штаби навколо барабана

Робочим органом захлестувача є нескінчений ремінь 5 (або два ременя залежно від ширини штаби), що спирається на шість холостих роликів 6 чотири в С-подібної рами, один на шарнірному важелі 7 і один у шарніра пневмоциліндра 8. Перед заправкою переднього кінця штаби візок переміщається до обертання барабану моталки. При цьому натягнутий ремінь обігне барабан, піднімаючи шарнірний важіль, з'єднаний з пневмоциліндром 9. Кінець штаби входить в зів між рухомим (за холостим роликама) ременем і обертовим барабаном, захоплюється ними, і утворює кілька витків. Після цього візок відводиться і триває намотування штаби з натягом (без пробуксовки перших щільних витків по барабану).

1.4 Класифікація прокатних станів 1680 та 1700

Прокатним станом називається комплекс машин й агрегатів, призначених для здійснення пластичної деформації металу у валках (власне прокатки), подальшої його обробки й транспортування.

Залежно від призначення (тобто від виду продукції, що випускається) прокатні стани можна розділити на наступні групи.

Стани гарячої прокатки: обтискні, заготовочні, рейк-балкові, крупносортні, середньосортні, дрібносортні, дротові, товстолистові, середньолистові, тонколистові, широкоштабові й штрипсові (випускаючі штрипс-заготівлю для труб у вигляді штаби шириною до 400 мм).

Стани холодної прокатки: листові, жерстепрокатні й стани для прокатки тонкої й найтоншої штаби.

Холодну прокатку рулонної штаби здійснюють на станах різного типу: безперервних чотиривалкових (трьох-, чотирьох-, п'яти- і шестиклітьових), і реверсивних чотиривалкових і багатовалкових.

Неперервні стани складаються із трьох - шести клітей. Звичайна відстань між осями клітей 4,5 - 5 м. Трьох-, чотиріклітьові неперервні стани застосовують для холодної прокатки аркушів товщиною 0,6 - 2,5, шириною 1300 - 1800 мм із гарячекатаної штаби товщиною 3-8 мм у рулонах масою 25-50 т. Відповідно до ширини штаби довжина бочки валків 1500 - 2000, діаметр робочих валків 500 - 600, опорних 1300 - 1500 мм. Залежно від сортаменту і якості листової сталі швидкість прокатки на цих станах 5-12 м/с.

П'ятиклітьові неперервні стани застосовують для холодної прокатки тонкої (0,5 - 1,0 мм) штаби шириною 1500 - 2350 мм із гарячекатаних штаб товщиною 4-6 мм у рулонах масою 20 - 30 т і більше. Швидкість прокатки на цих станах 10-25 м/с. Ширина бочки валків 1700 - 2500 мм при тих же діаметрах, що й для чотиріклітьових станів.

Шести- і п'ятиклітьові неперервні стани застосовують для холодної прокатки тонкої жерсті товщиною 0,15 - 0,35, шириною до 1200 мм; довжина бочки валків 1200 - 1400, діаметр робочих валків 500 - 550, опорних 1300 - 1500 мм. На сучасних станах максимальна швидкість при прокатці (в останній кліті) найменшої товщини досягає: на шестиклітьових станах близько 40 м/с і на п'ятиклітьових станах 30 м/с. Як правило, прокатка штаби на безперервному стані здійснюється за один прохід. У деяких випадках для

одержання необхідної товщини готової штаби і її властивостей після першого проходу рулон піддають відпалу й потім прокочують удруге.

В Україні два металургійні комбінати, на яких організовано холоднокатаних штаб: металургійний комбінат «Запоріжсталь» (м.Запоріжжя) та металургійний комбінат в м.Маріуполі. На меткомбінаті «Запоріжсталь» працюють неперервний широкоштабовий стан (ШСХП) 1680. На Маріупольському металургійному комбінаті працює неперервний чотирьохкільтовий ШСХП 1700. Технічна характеристика ШСХП 1680 і 1700 представлена в табл. 1.2.

Розглянемо докладніше технологічний процес виробництва штаб в цеху холодної прокатки меткомбінату «Запоріжсталь». Гарячекатані рулони з цеху гарячої прокатки тонких штаб по підземному конвеєру 33 надходять на склад до неперервним травильним агрегатів (НТА) 1-3, в яких виробляють стикове зварювання штаб суміжних рулонів в нескінченну нитку. У процесі руху штаби в НТА послідовно виконуються механічне злом окалини і її подальше видалення в ваннах з сірнікислотним (солянокислотного) розчином, промивка гарячою і холодною водою. Після цих операцій слід сушка поверхні штаби і її промаслювання емульсією високоефективної синтетичної мастила.

Підготовлену до прокатування гарячекатану штаби ріжуть на довжини для утворення укрупнених (подвійних) рулонів масою $\sim G = 11 - 15$ т.

В результаті сумарної деформації штаб в межах $\varepsilon = 60 - 70\%$ метал зміцнюється і практично втрачає свої пластичні властивості. Тому рулони холоднокатаних штаб передають в термічне відділення, де виробляють відпал рекристалізації в колпакових печах 7. Відпал рулонів виконують в захисній атмосфері, що запобігає окисленню поверхні штаб. Тривалість і температурний режим відпалу обумовлені товщиною і хімічним складом матеріалу штаб. З метою запобігання злипання (зварювання) витків рулонів при відпалі на поверхню штаб в чистової кліті неперервного стану насіченими валками наносять шорсткість. Після відпалу при температурах $t =$

670-710 °С напруга течії стали марок 08кп знижується з $\sigma_T = 700-750 \text{ Н/мм}^2$ до $\sigma_T = 220-240 \text{ Н / мм}^2$, а відносне подовження збільшується з $\sigma = 1,5\%$ до $\sigma = 35-40\%$.

Таблиця 1.2 – Характеристика ШСХП 1680 и 1700

Показники	Неперервний ШСХП	
	1680	1700
Кількість клітей, шт.	4	4
Маса рулону (одинарного), т.	5.5-7,5	10-15
Товщина підкату	2-4	1,8-4,0
Товщина готової штаби, мм	0,5-2,0	0,45-2,0
Ширина штаби, мм	1000-1500	1000-1500
<u>Діаметр валків, мм:</u>		
Робочих	510	500
Опорних	1300	1300
Потужність головних двигунів		
Кожної кліті, кВт	3300	4800
Швидкість прокатки, м/с	5-10	6-12
Матеріал валків (сталь):		
Робочих	9Х2МФ	-
Опорних (бочка)	60Х2МФ	-
Опорних (ось)	9ХФ40ХН2МА	-
Твердість поверхні		
валків (по Шору), HSD:		
Робочих	90-96	90-96
Опорних	75-85	75-85

Наступною операцією у виробництві холоднокатаних штаб є дресирування - процес прокатки з обтисненням 0,8-1,5%. Дресирують проводять, як правило, на одноклітьових чотирьохвалковому стані (500/1300/1700 мм) зі швидкістю до 20 м/с (8,9). Призначення дресирування металу - зміцнення поверхневого шару штаби і додання її поверхні певної шорсткості або мікрорельєфу, що забезпечують хороше адгезірування покриття (фарби). Готові рулони після дресирування передають на агрегати поперечного різання (поз. 10-13), сортування і пакування листів виконують на агрегатах 17-19. Річне виробництво прокату на станах цеху холодної прокатки складає 1,0-1,2 млн. т. прокату.

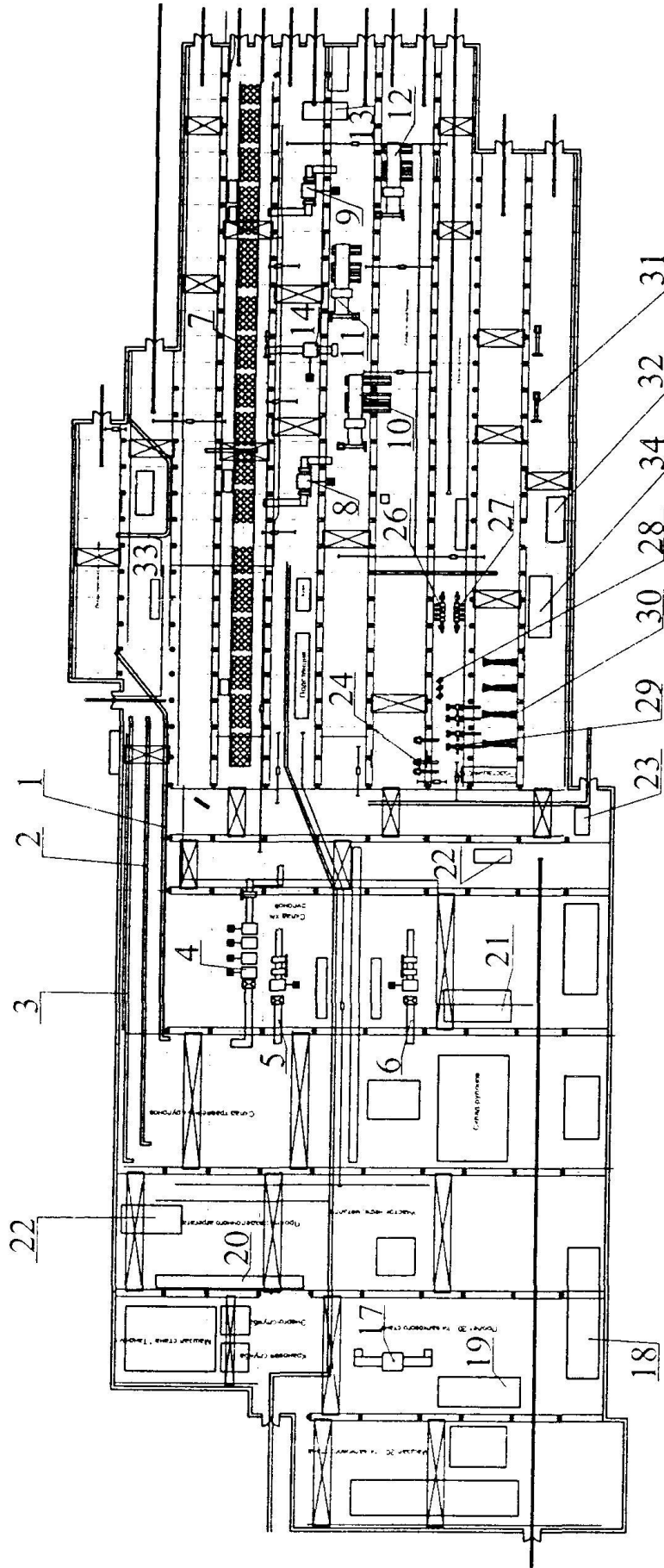


Рис. 1.6 - Схема розміщення обладнання цеху холодної прокатки №1 з безперервним чотирихкльовим станом 1680:1 - травильних ліній № 1; 2 - травильних ліній №2; 3 - травильних ліній № 3; 4 - неперервний чотирихкльовий стан 1680; 5 - реверсивний стан 1 680; 6 - реверсивний стан 1200; 7 - ковпакові одностопів печі; 8 - дрессіровочний стан 1700 № 1; 9 - дрессіровочний стан 1700 № 2; 10 - агрегат поперечної різання №1; 11 - агрегат поперечної різання № 2; 12 - агрегат поперечної різання №3; 13 - агрегат поперечної різання № 4; 14 - кліть кварто; 17 - 20 - валковий стан; 18 - механічна майстерня; 19 - В / ш. майстерня 20-ти валкового стану; 20 - агрегат шліфування штаби; 21 - В / Ш. ділянку; 22 - агрегат різання; 23 - комора; 24 - агрегат мийки; 26 - 4-х клітьовою стан 450 ОБЖ; 27 - 4-х клітьовою стан 650 ОБЖ; 28 - агрегат розпуску ОБЖ; 29 - стан дуо №1,2,3,4 ОБЖ; 30 - агрегати гарячого лудіння ОБЖ; 31 - агрегат різання; 32 - майстерня енергетиків; 33 - підземний конвеєр; 34 - склад запчастин механослужби.

1.5 Розробка сучасного цеху холодної прокатки з безперервним п'ятиквіттьовим чотирьохвалковим станом 1700 та нові технічні удосконалення

Мета дипломного проекту – проект сучасного цеху холодної прокатки зі станом 1700 в умовах Придніпров'я.

Планується, що цех буде випускати тонкі холоднокатані листи в пачках і штаби в рулонах з вуглецевої низьколегованої сталі. Товщина листів і штаб, згідно завдання роботи бакалавра, повине складати 0,4-1,5 мм, ширина листів 900-1600 мм, ширина штаб в рулонах 500-1600 мм; продуктивність цеху 2,5 млн. т. на рік, з них 0,5 млн. т. на рік оцинкованих листів і штаб. Крім того, цех може випускати близько 300 тис. т. на рік травлених гарячекатаних листів та штаби в рулонах.

У цеху необхідно встановити наступне обладнання: конвеєр гарячекатаних рулонів, два безперервних травильних агрегата (БТА), безперервний п'ятиквіттьовий чотирьохвалковий стан з довжиною бочки валків 1700 мм, агрегат електролітичного очищення штаби, агрегати відпалу, два одноквіттьових дресирувальних станів 1700, три агрегати поперечного різання штаб на листи, два агрегати поздовжнього різання широкої штаби на більш вузькі штаби, два агрегати гарячого цинкування штаби, агрегат електролітичного цинкування штаби, агрегат покриття штаби полімерами, агрегат профілювання оцинкованих штаб, агрегати упаковки пачок листів і рулонів, агрегат різання некондиційних листів, гільйотинні ножиці та ін.

Вихідним підкатом є гарячекатана штаба товщиною 1,8-6 мм, шириною 900-1650 мм в рулонах масою до 45 т, що надходять по підземному транспортеру від безперервного широкоштабового стану гарячої прокатки, розташованого в сусідньому цеху. З міжцехового транспортера рулони надходять на підйомно-поворотний стіл і далі переміщуються внутрішньоцеховим транспортером, що складається з похилого транспортера, що піднімає рулони з підземного тунелю; проміжного

транспортера, на якому здійснюється здвоювання рулонів, і завантажувального транспортера; прибирання рулонів на склад з розвантажувального транспортера здійснюється мостовим краном за допомогою спеціальних вантажозахватних пристроїв. Конвеєр гарячекатаних рулонів працює в автоматичному режимі; середня швидкість транспортування рулонів 4-8 м/хв; ритм надходження рулонів в цех 60-70 с; рулони знімаються з розвантажувального транспортера при температурі 200-300 ° С і мостовим краном укладаються у вертикальному положенні в кілька ярусів на складі для охолодження.

Зі складу рулони мостовим краном встановлюються у вертикальному положенні на приймальний транспортер безперервного травильного агрегату, в якому здійснюється видалення окалини з поверхні штаби шляхом механічного руйнування окалини і травлення штаби в розчині соляної кислоти; швидкість руху штаби в середній технологічній частині БТА становить 1-6 м/с (в залежності від марки сталі штаби і хімічного складу окаліни). Наприкінці травильного агрегату протравлена штаба промаслюється і змотується в рулон барабанною моталкою. Так як в головній частині БТА мається електростикозварювальна машина для зварювання кінців штаб вхідних рулонів, то на барабані моталки є можливість отримувати рулони масою в 2-3 рази більше вихідних рулонів (для цього на ножицях перед моталкою вирізаються не всі зварні шви); такі обтяжені рулони необхідні для підвищення продуктивності стану 1700 при подальшій їх холодній прокатці.

Від моталок рулони надходять на розвантажувальний і прибиральний транспортери, зважуються, обв'язуються стрічкою по окружності і направляються на склад стану холодної прокатки.

Безперервний стан складається з п'яти робочих клітей з діаметром валків: робочих 500 мм, опорних 1300 мм і з довжиною бочки валків 1700 мм. Стан призначений для холодної прокатки протравленою штаби (що має межу міцності до 650 МПа) товщиною 1,8-6 мм, шириною до 1650 мм у

рулонах масою до 50 т; товщина штаби після прокатки 0,4-1,5 мм; заправна швидкість штаби 1 м/с; максимальна швидкість прокатки тонкої штаби в останній (п'ятій) кліті 20 м/с.

Робочі валки кожній кліті мають індивідуальний привід від електродвигунів постійного струму через комбіновані редуктори і шпинделі зубчастого типу. В спеціальній частині проведемо розрахунок необхідної потуженості головного приводу стана.

На стані можлива прокатка за двома схемами: порулонної і так званої «нескінченної» прокатки штаби, одержуваної шляхом стикового зварювання кінців попереднього і наступного рулонів.

Всі робочі кліті мають однакову конструкцію; робочі валки встановлені на роликівих конічних чотирирядкових підшипниках, опорні валки - на ПРТ (у комбінації з роликівими конічними дворядними підшипниками з боку приводу); максимальне зусилля на валки при прокатці 30 МН, максимальний момент прокатки 400 кН · м . Діаметр натискного гвинту 560 мм, крок 24 мм, робоча швидкість переміщення гвинту 0,45 мм/с. Маса робочих валків з подушками 17 т, опорних валків з подушками 150 т. Всі кліті мають пристрої для гідромеханічного регулювання профілю робочих валків (та штаби, що прокочується). З боку входу штаби в кожену кліть встановлені плоскі проводкові стілці; на вихідній стороні є проводки для підтримки кінця штаби при заправці. Між клітями розташовані пристрої для захисту робочих валків від «оковування» штабою і зонти витяжної вентиляції для видалення парів емульсії і масла.

Консольний барабан моталки має додаткову опору, шарнірно з'єднану зі станиною п'ятої кліті. Барабан моталки змінний: при прокатці тонкої штаби встановлюється барабан без щілини, заправка штаби здійснюється за допомогою захлестувача; при прокатці штаби товщиною понад 1,5 мм застосовується барабан зі щілиною для заправки і затиску переднього кінця штаби.

На стані є наступні прилади технологічного контролю: месدوزи для вимірювання тиску на валки, вимірювачі натягу штаби, вимірювачі товщини штаби, вимірювачі температури валків, вимірювачі тиску масла в системах гідроприводів, вимірювачі швидкості прокатки та ін.

Готові рулони холоднокатаної штаби обв'язуються стрічкою по окружності, зважуються і передаються у відділення відпалу або до агрегату електролітичного очищення. Після відпалу рулони транспортують до одноклітьового дресирувального чотирьохвалкового стану 1700 для прокатки-дресирування з невеликим обтиском (1-5%) з метою підвищення штампуємості листового металу. Рулони встановлюють на кроковий транспортер (на 6 рулонів), передній кінець штаби відгинається і відрізається на гільйотинних ножицях; потім рулон центрується на барабані розмотувача, штаба на заправній швидкості пропускається через валки стану, передній кінець її заправляється на барабан моталки, проводиться установка валків нажимними гвинтами і створюється необхідне переднє і заднє натягіння штаби, після чого стан прискорюється до робочої швидкості (15-20 м/с). Тонка штаба (до 0,8 мм) при дресируванні пропускається через ролики натяжного пристрою.

Робоча кліть дресирувального стану аналогічна робочої кліті безперервного п'ятиклітьового стана; максимальний тиск на валки при дресируванні 1,5 МН. Робочі валки мають привід від двух'якорного електродвигуна постійного струму потужністю 2×1000 кВт (330/800 об/хв); ролики натяжного пристрою наводяться кожен електродвигуном 300 кВт (750 об/хв); моталка має безредукторний привід від двох електродвигунів потужністю 2×1000 кВт (270/1040 об/хв). Перед моталкою встановлені гільйотинні ножиці (для вирізки проб і для отримання рулону зменшеної маси) і промаслюється пристрій, який використовується в тому випадку, якщо рулони після дресирування відвантажують замовнику - споживачеві штаби.

Після дресирування рулони надходять на три агрегати поперечного різання штаби товщиною 0,4-1,2; 0,4-1,5 і 0,6-2 мм на листи довжиною до 6 м і на два агрегати поздовжнього різання (розпуску) штаби на вузькі штаби. На цих же агрегатах готові листи укладаються в пачки масою до 10 т, а вузькі штаби змотуються в рулони [13-16].

Для пакування та обв'язки пачок листів і рулонів в цеху є відповідні механізовані пакувальні агрегати.

Для охолодження валків і технологічного змащення застосовується водомасляна емульсія, яка готується у трьох емульсійних циркуляційних системах окремо для клітей 1, 2-4 та 5; витрата емульсії близько 500 л/с.

При прокатці тонкої штаби, крім емульсії, на штабу подається технологічне мастило (перед кліттю № 2 - № 5) від двох спеціальних станцій продуктивністю 550 л/хв. Крім того, є самостійна станція для приготування миючого розчину (5%-ний водний розчин уайт-спіриту) продуктивністю 1000 л/хв, що подається до валків по окремих трубопроводах.

Для змащування машин і механізмів стану (підшипників, зубчастих зачеплень редукторів і т. д.) в дев'яти підвалах цеху встановлені 30 систем рідкої циркуляційної мастила, 20 централізованих систем густого змащування кінцевого типу та 11 станцій для подачі рідкого мастила до промаслюваних машин. Для подачі мастила до ПРТ опорних валків є три окремі циркуляційні станції.

Для подачі робочої рідини (масла) до механізмів і пристроїв, що мають гідропривід, є три гідравлічні системи:

1) вантажні акумулятори на тиск 10 МПа для циліндрів врівноваження та перевалки валків;

2) пневмогідравлічна насосно-акумуляторна станція (НАС) на тиск до 6,3 МПа для гідроприводу інших гідромеханізмів (газ-наповнювач у балонах - азот, який є вибухобезпечним, що не окисляє масло і не розчиняється в ньому);

3) спеціальна станція з насосом високого тиску (32 МПа) і мультиплікатором, порожнину низького тиску якого з'єднана з основною НАС на тиск 6,3 МПа; ця станція живить систему регулювання профілю валків шляхом їх гідромеханічного вигину.

Обладнання цеху розташоване в будівлі, що складається з 10 прольотів, довжиною до 550 м, шириною 30-42 м і висотою (до будівельних ферм) 18 м. У цих прольотах встановлені 40 мостових електричних кранів вантажопідйомністю від 15/3 т до 100/20 т ; загальна маса кранів близько-1300 т.

У порівнянні з раніше встановленими чотирьохклітьовими станами 1700 для холодної прокатки штаби на новому п'ятиклітьовому стані 1700 плануються наступні технічні удосконалення:

1) у безперервних травильних агрегатах (БТА):

а) застосовано травлення штаби в розчині соляної (замість сірчаної) кислоти, що покращує якість травлення і знижує витрати на травлення;

б) з метою усунення пошкодження поверхні штаби замість петльових ям застосовані петльові станції з натяжними роликами;

в) для отримання щільних рулонів протравлених штаб замість роликів змотувальних машин встановлені барабанні моталки, що працюють з натягом штаби;

2) на п'ятиклітьовому стані жорсткість робочих клітей підвищена з 7 до 12 МН/мм і застосовані гідромеханічні пристрої для регулювання профілю валків; ці заходи значно зменшують подовжню і поперечну разнотовщинність готової штаби;

3) застосовані нові і вдосконалені агрегати для покриття штаби (цинком, полімерами) і агрегати поздовжнього і поперечного різання, правки і упаковки;

4) всі технологічні операції механізовані і мають локальні системи автоматизації.

На стані передбачена можливість «нескінченної» безперервної прокатки штаби. На рис. 1.7. представлено план розташування устаткування сучасного цеху холодної прокатки з безперервним п'ятикільтьовим станом 1700: I - склад гарячекатаних рулонів, II - електромашини приміщення; III - приміщення приготування та регенерації кислотних розчинів, IV - бойлерна, V - склад готової продукції (гарячекатаних листів); VI - приміщення очищення емульсії, VII - майстерня гартування валків; VIII - майстерня ревізії підшипників; IX - вальцешлифовальна майстерня; X - електростанція; XI - приміщення трансформаторів; XII - приміщення вентиляторів; XIII - відділення відпалу рулонів; XIV - склад готової продукції (листів); XV - майстерня виготовлення тари; XVI - склад оцинкованих листів; XVII - склад оцинкованих рулонів; XVIII - склад листів, покритих цинком і полімерами; XIX - склад рулонів, покритих цинком і полімерами; XX - склад гнутих профілів; 1 - транспортер гарячекатаних рулонів; 2 - безперервні травильні агрегати; 3 - комбінований агрегат різання гарячекатаної штаби; 4 - безперервний п'ятикільтьовий стан 1700 холодної (нескінченної) прокатки; 5 - агрегат електролітичного очищення штаби; 6 - ковпакові печі для відпалу; 7 - однокільтьові дресирувальні стани; 8 - комбінований агрегат різання холоднокатаної штаби; 9, 22 - агрегати поперечного різання; 10, 23 - агрегати поздовжнього різання 1050 мм; 11 - агрегат подовжнього різання 1850 мм; 12 - агрегат упаковки широких рулонів; 13 - агрегат упаковки вузьких рулонів; 14 - агрегат упаковки пачок листів завдовжки 2500 мм; 15 - агрегат упаковки пачок листів завдовжки 4000 мм; 16 - агрегат безперервного відпалу; 17 - агрегат гарячого цинкування штаби; 18 - агрегат електролітичного цинкування штаби; 19 - агрегат нанесення полімерних покриттів; 20 - профілегибочний агрегат; 21 - агрегат покриття свинцем; 24 - агрегат упаковки рулонів; 25 - агрегат упаковки пачок листів; 26 - ножиці листові; 27 - ваги; 28 - передавальні візки; 29 - транспортер гарячекатаних травлених рулонів.

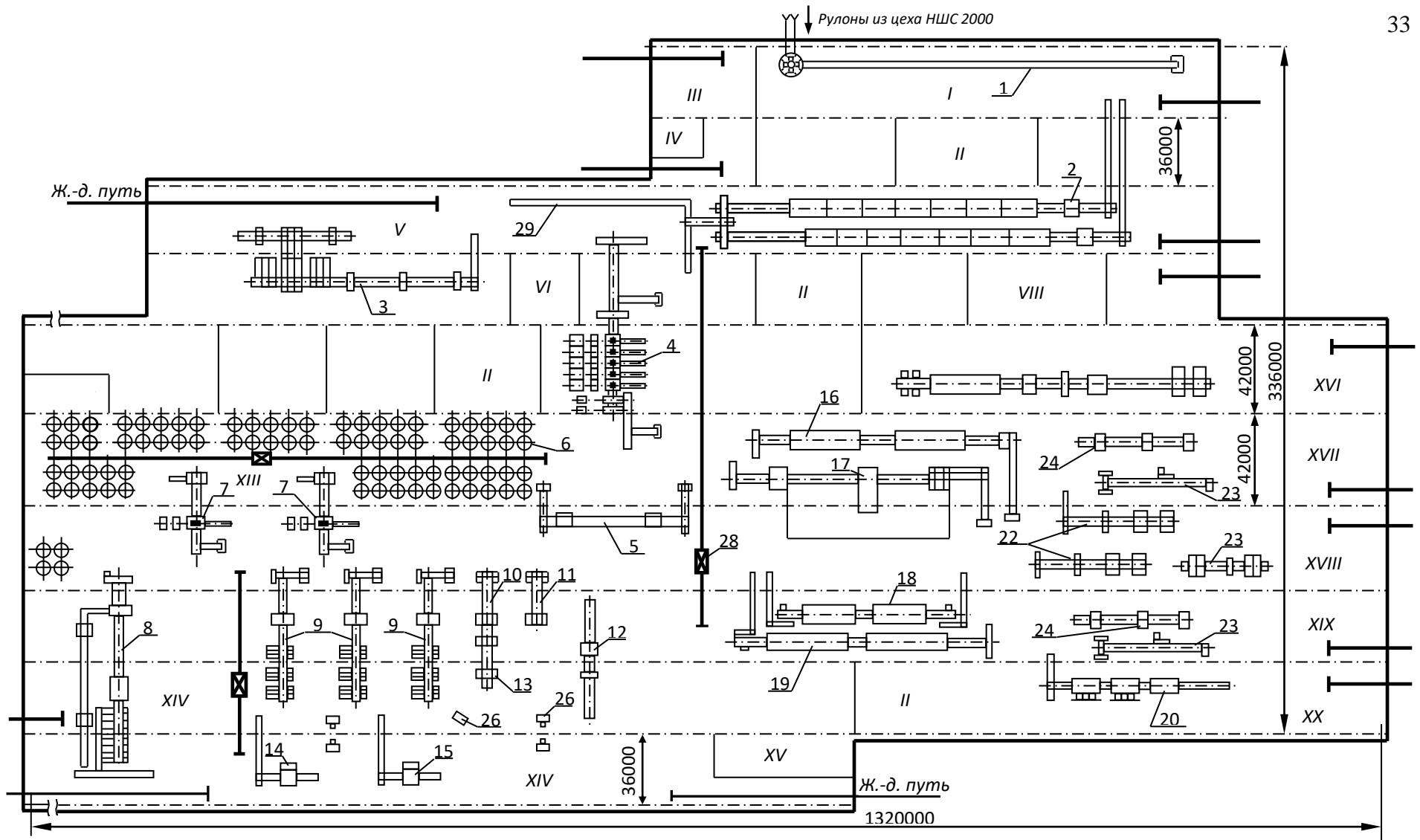


Рисунок 1.7 – План розташування устаткування сучасного цеху холодної прокатки з безперервним п'ятикільтовим станом 1700

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Визначення товщини вихідного підкату

Товщина вихідного підкату визначається по формулі:

$$h_{\max} = \frac{h_k}{1 - \varepsilon_{\Sigma}}$$

де $h_k = 0,4$ мм – товщина листа після останнього проходу.

ε_{Σ} – сумарний обтиск в частках одиниць.

Найкращі механічні властивості холоднокатаної сталі виходять при відносному обтиску близько 0,5-75 % [5]. При виробництві тонких холоднокатаних листів на практиці прийнято приймати $\varepsilon_{\Sigma} = 0,75$.

Тоді:

$$h_{\max} = \frac{0,4}{1 - 0,75} = 1,6 \text{ мм}$$

Ширина вихідного підкату (із завдання дипломного проекту) $b = 1030$ мм.
З обліком вищесказаного, як вихідний підкат приймаємо гарячекатану протравлену штабу перетином 2×1030 . Марка сталі – 08 кп.

Хімічний склад маловуглецевої сталі 08 кп (ДСТ 19904 - 90):

C – (0,05 ÷ 0,11) %

Si – 0,03 %

Mn – (0,25 ÷ 0,5) %

Cr – 0.1 %

2.2 Вибір схеми прокатки

Розрахунок виконуємо по методу проф. Ніколаєва В.О. [1-4].

Намічаючи розподіл обтисків по проходах, будемо орієнтуватися з послідовним зменшенням відносних обтисків від першого до останнього проходу.

При такому розподілі обтисків удається забезпечити приблизно рівномірне завантаження кліті по силі прокатки, оскільки зниження обтисків компенсує ріст контактних тисків у зв'язку з наклепом металу і зменшенням його товщини.

Приймаємо згідно роботи [3] наступну схему прокатки:

Вихідна і кінцева товщина штаби	№ проходу	Товщина штаби, мм		Обтиск за пропуск		Сумарний обтиск		
		до	після	Δh , мм	ϵ , %	Δh , мм	ϵ , %	
1,6 – 0,4	0	перемотування						
	1	1,6	1,06	0,54	33,75	0,54	33,75	
	2	1,06	0,74	0,32	30,19	0,86	53,75	
	3	0,74	0,55	0,19	25,68	1,05	65,625	
	4	0,55	0,45	0,10	18,18	1,15	71,825	
	5	0,45	0,4	0,05	11,11	1,2	75	

Швидкість прокатки в останньому проході приймаємо рівної 20 м/с.

Швидкість прокатки в попередніх прокатах v_i визначаємо по залежності:

$$v_i = \frac{v_k \cdot h_k}{h_i} \quad (2.1)$$

де $v_k = 20$ м/с – швидкість прокатки в останньому проході.

$$v_1 = \frac{20 \cdot 0,4}{1,06} = 7,55 \text{ м/с,}$$

$$v_2 = \frac{20 \cdot 0,4}{0,74} = 10,81 \text{ м/с,}$$

$$v_3 = \frac{20 \cdot 0,4}{0,55} = 14,55 \text{ м/с,}$$

$$v_3 = \frac{20 \cdot 0,4}{0,45} = 17,78 \text{ м/с}$$

Прохід 1

Визначимо коефіцієнти тертя при температурі деформації $t = 25$ °С .

Коефіцієнт тертя дорівнює

$$f = f_0 \cdot k_d \cdot k_p \cdot k_{cm} \cdot k_t, \quad (2.2)$$

де f_0 – базовий коефіцієнт тертя;

k_d , k_p , k_{cm} – поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно величину обтиску, шорсткість поверхні штаби, тип технологічного змащення й температуру штаби.

Базовий коефіцієнт тертя дорівнює:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019V + 0,031(R_a - 0,6)[(1,07 - 0,14V)^3 + 0,054V - 0,26]; \quad (2.3)$$

Коефіцієнт k_d дорівнює

$$k_d = 0,5 + 1,77\varepsilon + 0,165R_a(1 - 3,33\varepsilon), \quad (2.4)$$

Коефіцієнт k_n дорівнює

$$k_n = 1,09 - 0,05R_a, \quad (2.5)$$

Коефіцієнт k_t визначаємо по формулі:

$$k_t = a + c(1,11 - 0,0044 \cdot t_n)^n, \quad (2.6)$$

де t_n – температура металу перед осередком деформації;

a , c , n – коефіцієнти рівні:

$$\left. \begin{aligned} a &= 0,31 + 1,7\varepsilon, \\ c &= 1,2 - 2,8\varepsilon, \\ n &= 3,84 - 5,7\varepsilon \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

Для наведених вихідних даних по формулах ($k_{cm} = 1$; $k_v \approx 1$; $R_a = 2,5$ мкм) отримаємо:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 \cdot 7,55 + 0,031(2,5 - 0,6)[(1,07 - 0,14 \cdot 7,55)^3 + 0,054 \cdot 7,55 - 0,26] = 0,07$$

$$k_d = 0,5 + 1,77 \cdot 0,3375 + 0,165 \cdot 2,5 (1 - 3,33 \cdot 0,3375) = 1,05$$

$$k_{\pi} = 1,09 - 0,05 \cdot 2,5 = 0,97$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,3375 = 0,88$$

$$c = 1,20 - 2,8 \cdot 0,3375 = 0,26$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,3375 = 1,92$$

$$k_t = 0,88 + 0,26(1,11 - 0,0044 \cdot 25)^{1,92} = 1,14$$

$$f = 1,07 \cdot 1,05 \cdot 0,97 \cdot 1,14 = 0,08$$

показник тертя з виразу дорівнює

$$f_{\pi} = 1,6 \cdot 0,08 - 0,018 = 0,11.$$

Розраховуємо границю текучості металу. Сталь марки Ст. 3пс містить наступні хімічні елементи (%): (0,14-0,22)C; (0,05-0,17)Si; (0,40-0,65)Mn. Вуглецевий еквівалент для вуглецевої сталі в загальному випадку дорівнює

$$C_{\Sigma} = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5}; \quad (2.8)$$

Базовий (вихідний після відпалу) границя текучості й збільшення границі текучості відповідно рівні:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{т0} &= 210 + 263C_{\Sigma}; \\ \Delta\sigma_{т} &= 209 + 460C_{\Sigma}. \end{aligned} \right\}; \quad (2.9)$$

Коефіцієнт, що враховує обтиск дорівнює:

$$k_{\varepsilon} = 1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_{\Sigma}}{0,4}\right)^{1,65}, \quad (2.10)$$

Границя текучості металу після проходу визначаємо за виразом:

$$\sigma_{т1} = \sigma_{т0} + \Delta\sigma_{т} \cdot k_{\varepsilon}. \quad (2.11)$$

Границя текучості розраховуємо при максимальному вмісту хімічних елементів:

$$C_{\Sigma} = 0,11 + 0,03/24 + 0,5/6 + 0,1/5 = 0,215;$$

$$\sigma_{т0} = 210 + 263 \cdot 0,215 = 266 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\Delta\sigma_T = 209 + 460 \cdot 0,215 = 308 \text{ Н/мм}^2;$$

$$k_\varepsilon = 1 - \left(1 - \frac{0,3375}{0,4}\right)^{1,65} = 0,95$$

$$\sigma_{T1} = 266 + 308 \cdot 0,95 = 560 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma'_{T1} = n_u \cdot n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_\varepsilon; \quad (2.12)$$

границя текучості металу на міжклітьовому проміжку (перед наступною кліттю) визначимо по формулі:

$$\sigma_{T(i-1)} = n_t \cdot \sigma_{T0} + \Delta\sigma_T \cdot k_{\varepsilon(i-1)}; \quad (2.13)$$

Середній опір металу у осередку деформації дорівнює:

$$\sigma_\phi = 1,15[\sigma_{T(i-1)} + 0,67(\sigma'_{T1} - \sigma_{T(i-1)})]; \quad (2.14)$$

n_u і n_t визначаємо з виразу:

$$\left. \begin{aligned} n_u &= 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{\ln u}{13,8}\right)^2; \\ n_t &= 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{\ln t}{300}\right)^2 \end{aligned} \right\} \quad (2.15)$$

Швидкість деформації визначаємо з виразу:

$$u = V \cdot \varepsilon / l_c$$

Оскільки довжина дуги l_c поки невідома, попередньо застосуємо l_c/l_d :

прохід 1,2 – (1,3-1,4).

Для проходу 1 маємо

$$l_c = 1,4 \sqrt{250 \cdot 0,54} = 16,27 \text{ мм.}$$

$$u = 755 \cdot 0,3375 / 16,27 = 157 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 5,05$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{5,05}{13,8} \right)^2 = 1,29;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{25}{300} \right)^2 = 0,99.$$

$$\sigma'_{\tau l} = 1,29 \cdot 0,99 \cdot 266 + 308 \cdot 0,95 = 633 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{\tau(i-1)} = \sigma_{\tau 0} = 266 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [266 + 0,67(633 - 266)] = 589 \text{ Н/мм}^2.$$

Довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби дорівнює:

$$l'_c = \frac{c + \sqrt{c^2 + 4R\Lambda h \left(1 - c \frac{fn}{2hsp}\right)}}{2 \left(1 - c \frac{fn}{2hsp}\right)}; \quad (2.16)$$

$$\left. \begin{aligned} c &= n_{cp} \cdot \sigma \phi \frac{R}{47500} \\ x_2 &= n_1 \cdot \sigma \phi \frac{R}{95000} \end{aligned} \right\}; \quad (2.17)$$

$$l_c = l'_c + x_2; \quad (2.18)$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{\sigma n + \sigma z}{2\sigma \phi}; \quad n_1 = 1 - \frac{\sigma n}{\sigma_{cp1}}, \quad (2.19)$$

Напруга, натяг змінюються в широких межах. Для неперервного стану перед проходом 1 напруга σ_2 дорівнює 20-30 Н/мм². На проміжних ділянках

$$\sigma_{II} = (0,1-0,2) \sigma_{II}, \text{ а } \sigma_2 = (0,1-0,2) \sigma_{T(i-1)}$$

Тому що розрахунок виконуємо для проходу 1, то приймаємо $\sigma_2 = 25$ Н/мм², а $\sigma_{II} = 0,15 \cdot 633 = 95$ Н/мм². З виразу знайдемо:

$$n_{cp} = 1 - \frac{25 + 95}{2 \cdot 633} = 0,90; \quad n_1 = 1 - \frac{95}{633} = 0,84.$$

З виразу знаходимо параметри С и x_2 :

Складова дуги контакту з виразу дорівнює:

$$c = 0,90 \cdot 589 \cdot \frac{250}{47500} = 2,39 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,84 \cdot 589 \cdot \frac{250}{95000} = 1,12 \text{ мм.}$$

$$l'_c = \frac{2,39 + \sqrt{2,39^2 + 4 \cdot 250 \cdot 0,54 \left(1 - 2,39 \frac{0,11}{2 \cdot 1,33}\right)}}{2 \left(1 - 2,39 \frac{0,11}{2 \cdot 1,33}\right)} = 12,79 \text{ мм.}$$

Повна довжина дуги контакту дорівнює:

$$l_c = 12,79 + 1,1 = 13,89 \text{ мм.}$$

Знаходимо енергосилові параметри прокатки:

$$p'_{cp} = \sigma_{cp} (1 + 0,48 \cdot f_n \cdot l_c / h_{cp}); \quad (2.20)$$

І з урахуванням натягу

$$p_{cp} = p'_{cp} \left(1 - \frac{\sigma_n + \sigma_3}{2p'_{cp}}\right); \quad (2.21)$$

Всі параметри відомі, то одержимо:

$$p'_{cp} = 589(1 + 0,48 \cdot 0,11 \cdot 13,89/1,35) = 864 \text{ Н/мм}^2;$$

$$p_{\text{cp}} = 864 \left(1 - \frac{25 + 95}{2 \cdot 864} \right) = 804 \text{ Н/мм}^2.$$

Сила прокатки:

$$P = 804 \cdot 0,01389 \cdot 1,03 = 11,5 \text{ МН.}$$

Момент прокатки з урахуванням впливу натягу дорівнює (на двох валках):

$$M = 2\psi \cdot P \cdot l_c + H \cdot B \cdot R \cdot \sigma_2 \cdot 10^{-6} \left(1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{b}{B} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \right); \quad (2.22)$$

$$\Psi = 0,48(l_d/l_c)^2; \quad (2.23)$$

$$\Psi = 0,48 \left(\frac{11,62}{13,89} \right)^2 = 0,34$$

Крутний момент на двох валках

$$M = 2 \cdot 0,34 \cdot 11,5 \cdot 0,01389 + 1,6 \cdot 1030 \cdot 0,250 \cdot 25 \cdot 10^{-6} \cdot \left(1 - \frac{1,06 \cdot 95}{1,6 \cdot 25} \right) = 0,116 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

Потужність на бочку валків

$$N = 960 \cdot 0,116 \cdot 7,55/0,250 = 3368 \text{ кВт}$$

Визначимо температуру t_k штаби після проходу:

$$t_k = \varphi t_H + \Delta t, \quad (2.24)$$

де Δt - переміщення температури у осередку деформації:

$$\Delta t = 0,05 m \cdot (p_{cp} + \sigma_\phi) \ln H/h, \quad (2.25)$$

де m - коефіцієнт, рівний для низьковуглецевої сталі,

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{t_H}{480} - 0,042 \right)^{1,4} \quad (2.26)$$

для наших умов одержимо:

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{25}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,2;$$

$$\Delta t = 0,05 \cdot 2,2 \cdot (804 + 589) \ln 1,6/0,4 = 63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_k = 1 \cdot 25 + 63 = 88 \text{ }^\circ\text{C}$$

Прохід 2

Інші параметри визначимо за алгоритмом розрахунку для проходу 2:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 \cdot 10,81 + 0,031(2,5 - 0,6)[(1,07 - 0,14 \cdot 10,81)^3 + 0,054 \cdot 10,81 - 0,26] = 0,069$$

Коефіцієнт k_d дорівнює

$$k_d = 0,5 + 1,77 \cdot 0,3019 + 0,165 \cdot 2,5 (1 - 3,33 \cdot 0,3019) = 1,03$$

Коефіцієнт k_n дорівнює

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 2,5 = 0,97$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,3019 = 0,82$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,3019 = 0,35$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,3019 = 2,12$$

$$k_t = 0,82 + 0,35(1,11 - 0,0044 \cdot 88)^{2,12} = 1,00;$$

$$f = 0,0069 \cdot 1,03 \cdot 0,97 \cdot 1,00 = 0,07;$$

$$f_n = 1,6 \cdot 0,07 - 0,018 = 0,09.$$

Визначимо коефіцієнт зміцнення металу k_e :

$$k_{\varepsilon} = 1 + 0,87(0,5375 - 0,4)^{0,5} = 1,32;$$

$$l_c = 1,4 \cdot \sqrt{250 \cdot 0,32} = 12,48 \text{ мм}$$

$$u = 1081 \cdot 0,3019 / 12,48 = 261 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 5,56$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{5,56}{13,8} \right)^2 = 1,31;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{88}{300} \right)^2 = 0,99.$$

$$\sigma'_{\tau 2} = 1,31 \cdot 0,99 \cdot 266 + 308 \cdot 1,32 = 726 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{\tau(i-1)} = 0,99 \cdot 266 + 308 \cdot 0,97 = 537 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [537 + 0,67(726 - 537)] = 763 \text{ Н/мм}^2.$$

Задній і передній натяг штаби в проході 2 і інші параметри рівні:

$$\sigma_2 = 0,15 \cdot 537 = 81 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\pi} = 0,15 \cdot 726 = 109 \text{ Н/мм}^2.$$

$$n_{\text{ср}} = 1 - \frac{81 + 109}{2 \cdot 763} = 0,88;$$

$$n_1 = 1 - \frac{109}{763} = 0,86.$$

Допоміжні параметри й довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$c = 0,88 \cdot 763 \frac{250}{47500} = 3,03 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,86 \cdot 763 \frac{250}{95000} = 1,48 \text{ мм}^2.$$

$$h_{cp} = 0,9 \text{ мм};$$

$$l'_c = \frac{3,03 + \sqrt{3,03^2 + 4 \cdot 250 \cdot 0,32 \left(1 - 3,03 \frac{0,09}{2 \cdot 0,9}\right)}}{2 \left(1 - 3,03 \frac{0,09}{2 \cdot 1,09}\right)} = 11,00 \text{ мм};$$

$$l_c = 11,00 + 1,48 = 12,48 \text{ мм};$$

Знаходимо енергосилові параметри:

$$p'_{cp} = \sigma_{\phi} (1 + C_H \cdot f_{II} \cdot l_c / h_{cp});$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,08) = 0,47;$$

$$p'_{cp} = 763(1 + 0,47 \cdot 0,08 \cdot 12,48 / 0,9) = 1094 \text{ Н/мм}^2$$

$$p_{cp} = 999 \text{ Н/мм}^2 \text{ (з врахуванням натягу)}$$

$$P = 999 \cdot 0,1248 \cdot 1,03 = 12,85 \text{ МН.}$$

$$\psi = 0,48 \left(\frac{9,84}{12,22} \right)^2 = 0,23$$

$$M = 2 \cdot 0,24 \cdot 12,85 \cdot 0,01258 + 0,005 = 0,096 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot 0,096 \cdot 10,81 / 0,250 = 3979 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{88}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,15;$$

$$\Delta t = 68 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$t_k = 0,7 \cdot 93 + 68 = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Прохід 3

Інші параметри визначимо за алгоритмом розрахунку для проходу 3:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 \cdot 14,55 + 0,031(2,5 - 0,6) [(1,07 - 0,14 \cdot 14,55)^3 + 0,054 \cdot 14,55 - 0,26] = 0,026$$

Коефіцієнт k_d дорівнює

$$k_d = 0,5 + 1,77 \cdot 0,2568 + 0,165 \cdot 2,5 (1 - 3,33 \cdot 0,2568) = 1,01$$

Коефіцієнт k_n дорівнює

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 2,5 = 0,97$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,2568 = 0,75$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,2568 = 0,48$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,2568 = 2,38$$

$$k_t = 0,75 + 0,48(1,11 - 0,0044 \cdot 130)^{2,38} = 0,86;$$

$$f = 0,026 \cdot 1,01 \cdot 0,97 \cdot 0,86 = 0,02;$$

$$f_{\Pi} = 1,6 \cdot 0,02 - 0,018 = 0,02.$$

Визначимо коефіцієнт зміцнення металу k_{ϵ} :

$$k_{\epsilon} = 1 + 0,87(0,65625 - 0,4)^{0,5} = 1,44;$$

$$l_c = 1,5 \cdot \sqrt{250 \cdot 0,19} = 9,59 \text{ мм}$$

$$u = 14550 \cdot 0,2568 / 9,59 = 390 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 5,96$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{5,96}{13,8} \right)^2 = 1,33;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{130}{300} \right)^2 = 0,87.$$

$$\sigma'_{T3} = 1,33 \cdot 0,87 \cdot 266 + 308 \cdot 1,44 = 753 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = 0,87 \cdot 266 + 308 \cdot 1,38 = 640 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [640 + 0,67(753 - 640)] = 823 \text{ Н/мм}^2.$$

Задній і передній натяг штаби в проході 3 і інші параметри рівні:

$$\sigma_2 = 0,15 \cdot 640 = 96 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\Pi} = 0,15 \cdot 753 = 113 \text{ Н/мм}^2.$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{96 + 113}{2 \cdot 823} = 0,87;$$

$$n_1 = 1 - \frac{113}{823} = 0,86.$$

Допоміжні параметри й довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$c = 0,87 \cdot 823 \frac{250}{47500} = 3,25 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,86 \cdot 823 \frac{250}{95000} = 1,61 \text{ мм}^2.$$

$$h_{cp} = 0,645 \text{ мм};$$

$$l'_c = \frac{3,25 + \sqrt{3,25^2 + 4 \cdot 250 \cdot 0,19 \left(1 - 3,25 \frac{0,09}{2 \cdot 0,645}\right)}}{2 \left(1 - 3,25 \frac{0,09}{2 \cdot 0,645}\right)} = 8,45 \text{ мм};$$

$$l_c = 8,46 + 1,6 = 10,06 \text{ мм};$$

Знаходимо енергосилові параметри:

$$p'_{cp} = \sigma_{\phi} (1 + C_H \cdot f_{\Pi} \cdot l_c / h_{cp});$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,02) = 0,22;$$

$$p'_{cp} = 823(1 + 0,22 \cdot 0,02 \cdot 10,06 / 0,645) = 877 \text{ Н/мм}^2$$

$$p_{cp} = 773 \text{ Н/мм}^2 \text{ (з врахуванням натягу)}$$

$$P = 991 \cdot 0,01006 \cdot 1,03 = 8,01 \text{ МН.}$$

$$\psi = 0,48 \left(\frac{6,39}{9,95} \right)^2 = 0,19$$

$$M = 2 \cdot 0,19 \cdot 8,01 \cdot 0,00959 + 0,005 = 0,047 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot 0,047 \cdot 14,55 / 0,250 = 2622 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{130}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,12;$$

$$\Delta t = 50 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_k = 1 \cdot 130 + 50 = 170 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Прохід 4

Інші параметри визначимо за алгоритмом розрахунку для проходу 4:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 \cdot 17,78 + 0,031(2,5 - 0,6) [(1,07 - 0,14 \cdot 17,78)^3 + 0,054 \cdot 17,78 - 0,26] = 0,022$$

Коефіцієнт k_d дорівнює

$$k_d = 0,5 + 1,77 \cdot 0,1818 + 0,165 \cdot 2,5 (1 - 3,33 \cdot 0,1818) = 0,98$$

Коефіцієнт k_n дорівнює

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 2,5 = 0,97$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,1818 = 0,62$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,1818 = 0,69$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,1818 = 2,80$$

$$k_t = 0,62 + 0,69(1,11 - 0,0044 \cdot 180)^{2,80} = 0,65;$$

$$f = 0,071 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,63 = 0,04;$$

$$f_{\pi} = 1,6 \cdot 0,01 - 0,018 = 0.$$

Визначимо коефіцієнт зміцнення металу k_{ϵ} :

$$k_{\epsilon} = 1 + 0,87(0,71875 - 0,4)^{0,5} = 1,49;$$

$$l_c = 1,5 \cdot \sqrt{250 \cdot 0,1} = 6,96 \text{ мм}$$

$$u = 17780 \cdot 0,1818 / 6,96 = 465 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 6,14$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{6,14}{13,8} \right)^2 = 1,34;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{180}{300} \right)^2 = 0,84.$$

$$\sigma'_{T4} = 1,34 \cdot 0,84 \cdot 266 + 308 \cdot 1,49 = 757 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = 0,84 \cdot 266 + 308 \cdot 1,49 = 666 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [679 + 0,67(757 - 666)] = 836 \text{ Н/мм}^2.$$

Задній і передній натяг штаби в проході 3 і інші параметри рівні:

$$\sigma_2 = 0,15 \cdot 666 = 100 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{II} = 0,15 \cdot 757 = 114 \text{ Н/мм}^2.$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{100 + 114}{2 \cdot 836} = 0,87;$$

$$n_1 = 1 - \frac{114}{836} = 0,86.$$

Допоміжні параметри й довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$c = 0,87 \cdot 836 \frac{250}{47500} = 3,3 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,87 \cdot 836 \frac{250}{95000} = 1,64 \text{ мм}^2.$$

$$h_{cp} = 0,50 \text{ мм};$$

$$l'_c = \frac{3,3 + \sqrt{3,3^2 + 4 \cdot 250 \cdot 0,1 \left(1 - 3,3 \frac{0}{2 \cdot 0,50}\right)}}{2 \left(1 - 3,3 \frac{0}{2 \cdot 0,50}\right)} = 6,63 \text{ мм};$$

$$l_c = 6,63 + 1,64 = 8,27 \text{ мм};$$

$$p'_{cp} = \sigma_{\phi} (1 + C_H \cdot f_{II} \cdot l_c / h_{cp});$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,01) = 0,19;$$

$$p'_{cp} = 836(1 + 0,19 \cdot 0 \cdot 8,27 / 0,50) = 843 \text{ Н/мм}^2$$

$$p_{cp} = 736 \text{ Н/мм}^2 \text{ (з врахуванням натягу)}$$

$$P = 812 \cdot 0,00826 \cdot 1,03 = 6,27 \text{ МН.}$$

$$\psi = 0,48 \left(\frac{4,64}{8,26} \right)^2 = 0,15$$

$$M = 2 \cdot 0,15 \cdot 6,27 \cdot 0,00826 + 0,003 = 0,028 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot 0,028 \cdot 17,78 / 0,250 = 1900 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{180}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,06;$$

$$\Delta t = 33 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_k = 1,0 \cdot 180 + 33 = 213 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Прохід 5

Інші параметри визначимо за алгоритмом розрахунку для проходу 4:

$$f_0 = 0,076 - 0,0019 \cdot 20,00 + 0,031(2,5 - 0,6) [(1,07 - 0,14 \cdot 20,00)^3 + 0,054 \cdot 20,00 - 0,26] = 0,020$$

Коефіцієнт k_d дорівнює

$$k_d = 0,5 + 1,77 \cdot 0,1111 + 0,165 \cdot 2,5 (1 - 3,33 \cdot 0,1111) = 0,96$$

Коефіцієнт k_n дорівнює

$$k_n = 1,09 - 0,05 \cdot 2,5 = 0,97$$

$$a = 0,31 + 1,7 \cdot 0,1111 = 0,50$$

$$c = 1,2 - 2,8 \cdot 0,1111 = 0,89$$

$$n = 3,84 - 5,7 \cdot 0,1111 = 3,21$$

$$k_t = 0,50 + 0,89(1,11 - 0,0044 \cdot 213)^{3,21} = 0,50;$$

$$f = 0,02 \cdot 0,98 \cdot 0,97 \cdot 0,50 = 0,01;$$

$$f_{\pi} = 1,6 \cdot 0,01 - 0,018 = 0,02.$$

Визначимо коефіцієнт зміцнення металу k_{ε} :

$$k_{\varepsilon} = 1 + 0,87(0,75 - 0,4)^{0,5} = 1,65;$$

$$l_c = 1,5 \cdot \sqrt{250 \cdot 0,05} = 2,94 \text{ мм}$$

$$u = 20000 \cdot 0,1111 / 2,94 = 757 \text{ с}^{-1}$$

$$\ln u = 6,63$$

$$n_u = 1 + 0,38 \left(0,5 + \frac{6,63}{13,8} \right)^2 = 1,37;$$

$$n_t = 0,8 + 0,23 \left(1 - \frac{213}{300} \right)^2 = 0,82.$$

$$\sigma'_{T5} = 1,37 \cdot 0,82 \cdot 266 + 308 \cdot 1,65 = 806 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{T(i-1)} = 0,82 \cdot 266 + 308 \cdot 1,65 = 677 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\phi} = 1,15 [679 + 0,67(806 - 677)] = 878 \text{ Н/мм}^2.$$

Задній і передній натяг штаби в проході 3 і інші параметри рівні:

$$\sigma_2 = 0,15 \cdot 677 = 102 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\Pi} = 0,15 \cdot 806 = 121 \text{ Н/мм}^2.$$

$$n_{cp} = 1 - \frac{102 + 121}{2 \cdot 878} = 0,87;$$

$$n_1 = 1 - \frac{121}{878} = 0,86.$$

Допоміжні параметри й довжина дуги контакту з урахуванням пружних деформацій валків і штаби:

$$c = 0,87 \cdot 878 \frac{250}{47500} = 3,47 \text{ мм};$$

$$x_2 = 0,87 \cdot 878 \frac{250}{95000} = 1,71 \text{ мм}^2.$$

$$h_{cp} = 0,425 \text{ мм};$$

$$l'_c = \frac{3,47 + \sqrt{3,47^2 + 4 \cdot 250 \cdot 0,1(1 - 3,47 \frac{0,02}{2 \cdot 0,425})}}{2(1 - 3,47 \frac{0,02}{2 \cdot 0,425})} = 5,80 \text{ мм};$$

$$l_c = 5,80 + 1,71 = 7,51 \text{ мм};$$

$$p'_{cp} = \sigma_{\phi}(1 + C_H \cdot f_{\Pi} \cdot l_c / h_{cp});$$

$$C_H = 0,17(1 + 14,7 \cdot 0,01) = 0,19;$$

$$p'_{cp} = 878(1 + 0,19 \cdot 0,02 \cdot 7,51 / 0,425) = 919 \text{ Н/мм}^2$$

$$p_{cp} = 808 \text{ Н/мм}^2 \text{ (з врахуванням натягу)}$$

$$P = 808 \cdot 0,00751 \cdot 1,03 = 6,25 \text{ МН.}$$

$$\psi = 0,48 \left(\frac{2,10}{7,51} \right)^2 = 0,11$$

$$M=2 \cdot 0,15 \cdot 6,27 \cdot 0,00826 + 0,003 = 0,02 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$N = 960 \cdot 0,02 \cdot 20 / 0,250 = 1571 \text{ кВт}$$

$$m = 2,2 - 0,65 \left(\frac{213}{480} - 0,042 \right)^{1,4} = 2,02;$$

$$\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_k = 0,7 \cdot 213 + 20 = 220 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Результати розрахунку деформаційних та енергосилових параметрів прокатки штаби 0,4x 1030 мм представлені в таблиці 2.1 і рис. 2.1-2.2.

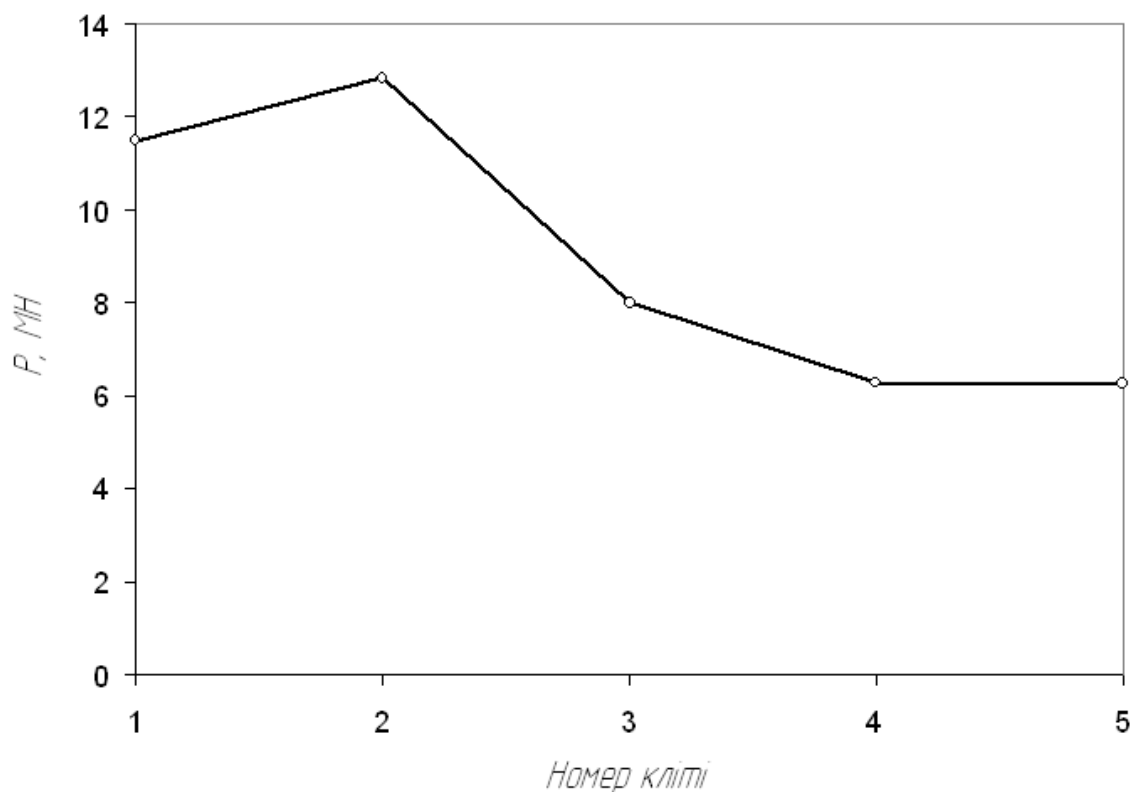


Рисунок 2.1 – Розподіл сили прокатки за проходами при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700

Максимальні зусилля при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700 не перевищує показника в 14 МН. Максимальний показник сили прокатки припадає на кліть 2, що пов'язано з високим ступенем деформації і зміцненням металу після першого проходу.

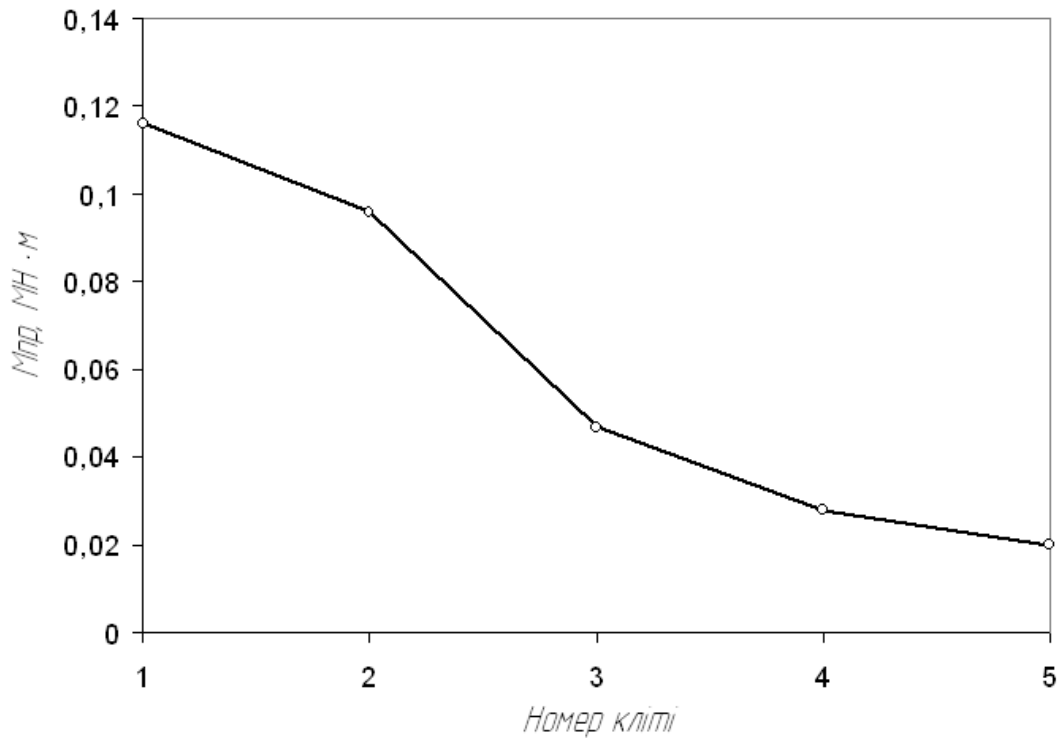


Рисунок 2.2 – Розподіл моменту прокатки за проходами при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700

Максимальний момент при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700 не перевищує показника в 0,116 МН. Максимальний показник сили прокатки припадає на кліть 1, що пов'язано з високим ступенем деформації, показника дуги контакту, а також зростанням сили прокатки в першому проході.

Таблиця 2.1 – Розрахункові параметри прокатки штаби 0,4x1030 мм

№ проходу	h, мм	Δh , мм	ϵ , %	ϵ_{Σ} , %	σ_T , Н/мм ²	l_c , мм	ρ_{cp} , Н/мм ²	P, МН	ψ	M, МН·м	N, кВт	V, м/с	t_k , °C	f_{II}
1	1,6	0,54	0,3375	0,3375	633	13,89	804	11,50	0,34	0,116	3368	7,55	88	0,11
2	1,06	0,32	0,3019	0,5375	726	12,48	999	12,85	0,24	0,096	3979	10,81	130	0,09
3	0,74	0,19	0,2568	0,65625	753	10,06	773	8,01	0,19	0,047	2622	14,55	180	0,02
4	0,55	0,1	0,1818	0,71875	757	8,26	736	6,27	0,15	0,028	1900	17,78	213	0,02
5	0,45	0,05	0,1111	0,75	806	7,51	808	6,25	0,11	0,020	1571	20,00	220	0,02

2.3 Розрахунок необхідної подужності головного приводу стану

Потужність двигуна прокатного стану $W_{\text{де}}$, що витрачається на здійснення процесу прокатки, складається з чотирьох частин:

$$W_{\text{де}} = W_{\text{пр}} + W_{\text{тр}} + W_{\text{хол}} \pm W_{\text{дин}} \quad (1)$$

де $W_{\text{пр}}$ – потужність прокатки, тобто потужність, що підводиться до бочок валків і витрачається безпосередньо на здійснення пластичної деформації металу при прокатці;

$W_{\text{тр}}$ – потужність, що витрачається на подолання опору сил тертя в підшипниках валків і в передовальних механізмах головної лінії стану;

$W_{\text{хол}}$ – потужність холостого ходу, тобто потужність, що витрачається на обертання валків при холостому ході;

$W_{\text{дин}}$ – динамічна потужність, що витрачається на подолання сил інерції валків, що виникають при нерівномірному обертанні (при прискоренні входять із знаком плюс, при уповільненні – зі знаком мінус).

Складові потужності, що входять в рівняння (1), визначають по значеннях відповідних крутних моментів, приведених до валу двигуна прокатного стану:

$$M_{\text{де}} = 2M'_{\text{пр}} + M'_{\text{тр}} + M'_{\text{хол}} + M'_{\text{дин}} \quad (2)$$

Момент прокатки на бочці одного валка M'_{np} , приведений до валу двигуна дорівнює:

$$M'_{np} = \frac{M_{np}}{i} \quad (3)$$

де i – передаточне число від двигуна валків.

Момент сил тертя M_{mp} є сумою двох моментів: моменту сил тертя в підшипниках валків (M_{mp1}) і моменту сил тертя в передаточних механізмах (M_{mp2}):

$$M_{mp} = M_{mp1} + M_{mp2} \quad (4)$$

Момент сил тертя, приведений до валу двигуна M'_{mp} , дорівнює:

$$M'_{mp} = \frac{M_{mp}}{i} \quad (5)$$

При прокатці на стані, оснащеному двохвалковою кліттю, момент тертя, що виникає в чотирьох підшипниках валків, складає:

$$M_{mp1} = 2Pf_n\rho_n \quad (6)$$

де f_n, ρ_n – коефіцієнти тертя і радіус цапфи в підшипниках валків.

На стані, оснащеному чотирьохвалковою кліттю сила прокатки, що діє на бочки робочих валків, передається на неприводні опорні валки, тому втрати на тертя виникають тільки в підшипниках опорних валків. Момент тертя в підшипниках опорних валків до осі обертання робочих валків, визначається по формулі:

$$M'_{mpl} = 2Pf_n\rho_{on} \frac{D_p}{D_{on}} \quad (7)$$

де ρ_{on} – радіус цапфи в підшипниках опорних валків;

D_p, D_{on} – діаметри бочок робочих і опорних валків.

В залежності від конструкції підшипників і умов їхньої роботи коефіцієнт тертя f_n змінюється від 0,003 до 0,03. Для підшипників рідинного тертя він складає 0,003.

Для станів, оснащених чотирьохвалковими клітями повний момент сил тертя, приведений до валу двигуна, дорівнює:

$$M'_{mp} = \frac{2Pf_n\rho_{on}}{i\eta} \frac{D_p}{D_{on}} + \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) \frac{2M_{np}}{i} \quad (8)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД) передачі від двигуна до валків.

Момент холостого ходу $M_{хол}$ – це момент, необхідний для обертання головної лінії стану під час паузи і дорівнюючий сумі моментів M_j , необхідних для обертання кожної окремої деталі:

$$M_{хол} = \sum M_j \quad (9)$$

Зазвичай момент холостого ходу складає 2-5% від номінального моменту двигуна ($M_{хол} = 0,02 - 0,05 M_{ном}$).

Динамічний момент $M_{дин}$ виникає тільки при прискоренні і гальмуванні приводу. Якщо швидкість обертання валків постійна, то динамічний момент дорівнює нулю.

Після підстановки M'_{np} , $M'_{тр}$, $M'_{хол}$ і $M'_{дин}$ в рівняння (2) знаходимо момент на валу двигуна $M_{де}$. Знаючи момент на валу двигуна можна визначити потужність останнього.

Розрахунок проводимо для першої кліті, яка має найбільший показник моменту прокатки $M'_{np} = 0,116$ МН·м. Для розрахунку використовуємо наступні початкові дані: $P = 11,5$ МН, $D_p = 500$ мм, $D_{он} = 1300$ мм, $f_n = 0,003$ (підшипники рідинного тертя), $\rho_{он} = 470$ мм, $\eta = 0,98$, $i = 1,6$, $M'_{хол} = 0,005$ МН·м, процес прокатки сталей ($M'_{дин} = 0$).

Повний момент сил тертя складає:

$$M'_{тр} = \frac{2 \cdot 11,5 \cdot 0,003 \cdot 0,470}{1,6 \cdot 0,98} \cdot \frac{0,5}{1,3} + \left(\frac{1}{0,98} - 1 \right) \frac{2 \cdot 0,116}{1,6} = 0,009 \text{ МН·м.}$$

Момент на валу двигуна:

$$M_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot 0,116}{1,6} + 0,009 + 0,005 = 0,159 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Необхідна потужність двигуна:

$$W_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \frac{V_1}{R},$$

$$W_{\text{дв}} = 0,159 \cdot \frac{7,55}{0,25} = 4,8 \text{ МВт} = 4800 \text{ кВт.}$$

Таким чином, розрахунок необхідної потужності головного приводу показав, що потужність двигуна повина складати не менше 4800 кВт (рис. 2.3).

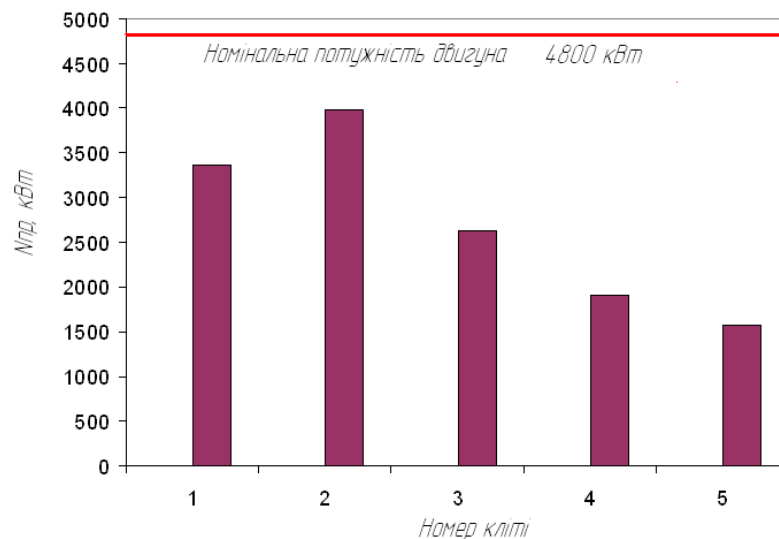


Рисунок 2.3 – Розподіл потужності прокатки за проходами при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700

За результатами розрахунку потужності двигуна рекомендується встановити двох'якорні електродвигуни типу 2МП6500-200 з наступними характеристиками: потужність 2х2400 кВт, напруга 750 В, кутова швидкість 260/500 об/хв. Характеристика рекомендованих двигунів для встановлення на НСХП 1700 представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика двигунів НСХП 1700

Марка двигуна	Місце встановлення	Потужність, кВт	Кутова швидкість, об/хв	Передаточне відношення редуктора
П133-4К	Розмотувач	1000	300/1500	5,08
2МП6500-200	Кліть 1	2×2400	260/500	1,608
2МП6500-200	Кліть 2	2×2400	260/500	1,608
2МП6500-200	Кліть 3	2×2400	260/500	1,608
2МП6500-200	Кліть 4	2×2400	260/500	1,608
2МП6500-200	Кліть 5	2×2400	330/600	1,608
3МП4000-2Ю	Моталка	3×1000	300/1500	5,08

Таким чином, в дипломному проекті для основних клітей п'ятиклітьового стану холодної прокатки 1700 рекомендується встановити двох'якорні електродвигуни типу 2МП6500-200, потужність 2х2400 кВт, 750 В, 260/500 об/хв. Застосовані рішення й технічні засоби можуть бути використані при реконструкції головних приводів стану холодної прокатки 1700.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок робочих і опорних валків на міцність

У стані кварту встановлена чотири валки: два робочі (меншого діаметра) і два опорних (більші діаметри). При прокатці тиск металу з робочих валків передається на опорні і сприймається їхніми підшипниками.

Виконати розрахунок робочих, опорних валків стана кварту безперервної прокатки для холодної прокатки штаби.

Для опорного валка: діаметр бочки валка 1300 мм, довжина бочки 1700 мм, довжина валка 3395 мм, діаметр шийки валка 734 мм, довжина шийки опорного валка 1695 мм.

Для робочого валка: діаметр бочки валка 500 мм, довжина бочки валка 1700 мм, довжина валка 2550 мм, довжина шийки валка 850 мм, діаметр шийки 260 мм. Максимальна сила прокатки – 12,85 МН. Максимальний крутний момент на одному робочому валку $M_{кр} = 0,096 \text{ МН} \cdot \text{м}$. Схема до розрахунку наведена на рис. 3.1.

Визначаємо розмірні параметри валків і виконуємо ескіз валкового вузла й схему його навантаження (рис. 3.1) [31].

Робочі валки мають циліндричні шийки, тому $D_{БР} = 500 \text{ мм}$, а після останньої перешліфовки:

$$D_{БР \text{ min}} = D_{БР} - k_{Гр} \cdot D_{БР} , \quad (3.1)$$

де $k_{лр}$ - коефіцієнт переточування.

$$D_{БР \min} = 500 - 0,040 \cdot 500 = 480 \text{ мм.}$$

$$a' = l_{БР} + 2 \frac{l_{лр}}{2} = 1700 + 2 \cdot \frac{850}{2} = 2550 \text{ мм.}$$

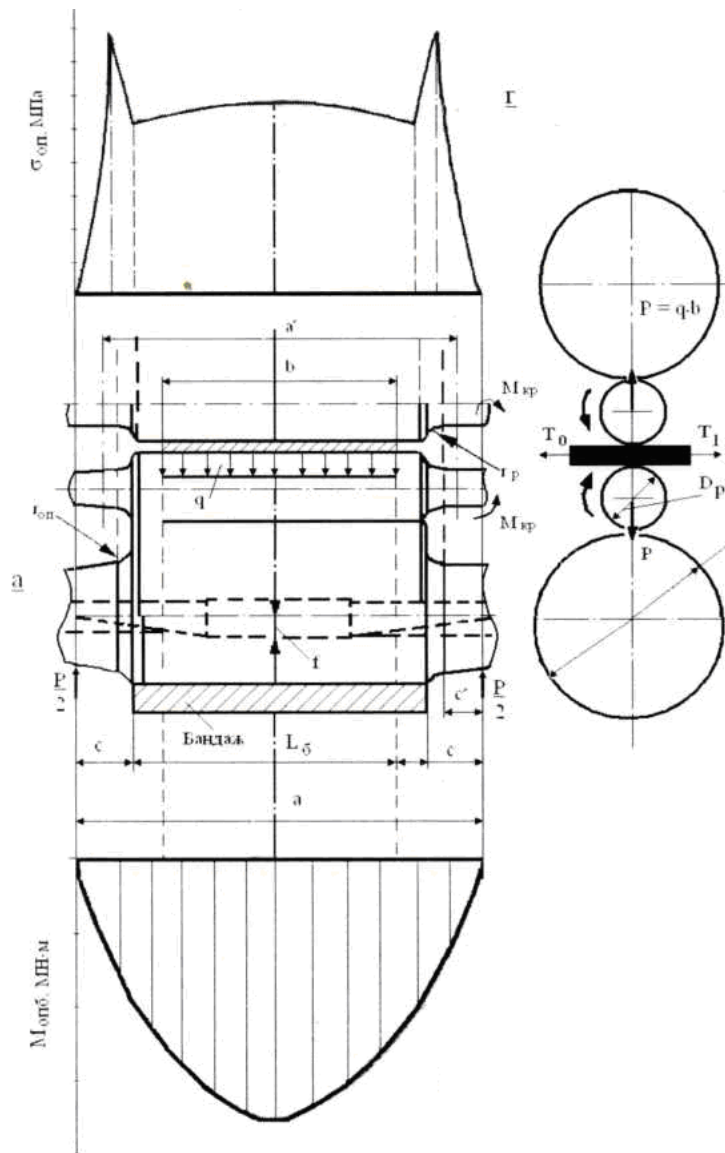


Рисунок 3.3 – Валки до розрахунку чотирьохвалкового стана [31]

Опорні валки мають конічні шийки, тому розраховуємо за аналогією з робочими валками:

$$D_{BO \min} = 1300 - 0,060 \cdot 1370 = 1222 \text{ мм};$$

$$L_{BO} = 1700 \text{ мм}; l_{uo} = 1695 \text{ мм}; d_{uo} = 734 \text{ мм}; r = 130 \text{ мм}.$$

$$\left. \begin{aligned} c &= \frac{l_{uo}}{2} = \frac{1695}{2} = 848 \text{ мм}; \\ c' &= c - r = 848 - 130 = 718 \text{ мм}; \\ a &= L_{BO} + 2 \frac{l_{uo}}{2} = 1700 + 1695 = 3395 \text{ мм}. \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Визначаємо розподіл зусилля між робочими і опорними валками по формулах:

$$\frac{P_{on}}{P_p} = \left(\frac{D_{on}}{D_p} \right)^4, \quad (3.3)$$

$$P_p = P \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{D_{on}}{D_p} \right)^4}, \quad (3.4)$$

$$P_{on} = P - P_p, \quad (3.5)$$

Визначаємо розподіл зусилля між робочими і опорними валками по формулах (3.3) – (3.5):

$$\left(\frac{D_{on}}{D_p} \right)^4 = \left(\frac{1300}{500} \right)^4 = 45,7;$$

$$P_p = 12,85 \cdot \frac{1}{1 + 45,7} = 0,28 \text{ МН};$$

$$P_{on} = 12,85 - 0,28 = 12,57 \text{ МН} .$$

Таким чином, робочі валки сприймають тільки $\frac{0,28}{12,85} \cdot 100 = 2,18\%$ від загального тиску на валки при прокатці.

Напруга робочого валка вигину:

$$M_p = \frac{P_p}{4} \left(a' - \frac{b}{2} \right), \quad (3.6)$$

Максимальна напруга вигину посередині бочки валка:

$$\sigma_p = \frac{M_p}{0,1 D_{BP \text{ min}}^3}, \quad (3.7)$$

Напруга крутіння в шийці приводного валка:

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{0,2 D_{BP \text{ min}}^3}, \quad (3.8)$$

Робочі валки куті з легованої сталі, тому еквівалентна напруга визначається по формулі:

$$\sigma_A = \sqrt{\sigma_{Bp}^2 + 3 \cdot \tau_{Bp}^2}, \quad (3.9)$$

Визначимо максимальний згинальний момент посередині бочки по формулі (3.6):

$$M_p = \frac{0,28}{4} \cdot \left(2,55 - \frac{1,03}{2} \right) = 0,142 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Визначимо максимальна напруга вигину з виразу (3.7):

$$\sigma_p = \frac{0,142}{0,1 \cdot 0,48^3} = 12,84 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

Напруга крутіння в шийці приводного валка визначимо по формулі (3.8):

$$\tau_p = \frac{M_{кр}}{0,2 D_{БП}^3 \text{ min}},$$

$$\tau_{Bp} = \frac{0,096}{0,2 \cdot 0,48^3} = 4,34 \text{ Н} / \text{мм}^2;$$

Еквівалентна напруга по формулі (3.9):

$$\sigma_a = \sqrt{12,84^2 + 3 \cdot 4,34^2} = 14,88 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

Напруга в шийці робочого валка вигину:

$$\sigma_{pш} = \frac{P_p l_{pш}}{0,4 d_{pш}^3}, \quad (3.10)$$

Напруга крутіння в шийці робочого валка:

$$\tau_{pш} = \frac{M_{кр} \psi}{0,2 d_{pш}^3}, \quad (3.11)$$

Запас міцності бочки й шийки робочого валка при спільній дії напруг вигину й крутіння, тобто по еквівалентних напругах:

$$n_{pб} = \frac{\sigma_б}{\sigma_{е\delta}}, \quad (3.12)$$

Напруга в шийці робочого валка вигину знаходимо з виразу (3.10):

$$\sigma_{pш} = \frac{0,28 \cdot 0,85}{0,4 \cdot 0,26^3} = 33,85 \text{ Н / мм}^2.$$

Напруги крутіння в шийці валка по формулі (3.11):

$$\tau_{pш} = \frac{0,096 \cdot 0,32}{0,2 \cdot 0,23^3} = 12,62 \text{ Н / мм}^2.$$

Еквівалентна напруга:

$$\sigma_e = \sqrt{33,85^2 + 3 \cdot 12,62^2} = 40,3 \text{ Н / мм}^2.$$

Запас міцності бочки й шийки робочого валка з вираження (3.12):

$$n_{\text{пр}} = \frac{750}{40,3} = 18,6 \gg [n] = 5.$$

Опорні валки розраховуємо на міцність тільки по напругах вигину.

Момент і напруга вигину по середині бочки по:

$$M_{\text{онБ}} = \frac{P_{\text{он}}}{4} \left(a - \frac{b}{2} \right), \quad (3.13)$$

$$\sigma_{\text{онБ}} = \frac{M_{\text{онБ}}}{0,1 D_{\text{онБ}}^3}, \quad (3.14)$$

Напруга в шийці: у перетині 2 - 2 по:

$$\sigma_{\text{онш2}} = \frac{P_{\text{он}} \cdot l_{\text{шон}}}{0,4 (d_{\text{шон}} + r_{\text{он}})^3}, \quad (3.15)$$

у перетині 1 - 1:

$$\sigma_{onul} = \frac{P_{on2} \left(\frac{l_{uon}}{2} - r \right) \psi}{0,1 d_{uon}^3}, \quad (3.16)$$

Момент і напруга вигину по середині бочки визначаємо з формул (3.13) – (3.16):

$$M_{onB} = \frac{12,57}{4} \left(3,395 - \frac{1,03}{2} \right) = 9,05 \text{ MN} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{onB} = \frac{9,05}{0,1 \cdot 1,222^3} = 50 \text{ H} / \text{мм}^2.$$

Напруга в шийці:

Перетин 2 - 2:

$$\sigma_{onu2} = \frac{12,57 \cdot 1,69}{0,4(0,73 + 0,13)^3} = 83,5 \text{ H} / \text{мм}^2.$$

Перетин 1 - 1:

$$\sigma_{onul} = \frac{\frac{12,57}{2} \left(\frac{1,69}{2} - 0,13 \right) \cdot 0,24}{0,1 \cdot 0,73^3} = 27,7 \text{ H} / \text{мм}^2.$$

Запас міцності шийки опорного валка визначаємо по перетині 2 - 2:

$$n_{\text{ону}} = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\text{онд}}} = \frac{750}{83,5} = 8,98 > [n] = 5.$$

3.2 Розрахунок на міцність станини робочої кліті

Станини робочої кліті – відповідальні деталі прокатного стана. У них монтують подушки валків, а також інші пристрої і механізми, що забезпечують задану точність прокатки і продуктивність стана. Весь тиск металу на валки, що виникає при прокатці, сприймається станинами. Тому при конструюванні і виготовленні станин особливу увагу приділяють їхній міцності [29].

По конструкції станини бувають закритого і відкритого типу. Станина закритого типу використовується на безперервному 5-ти клітьовому стані холодної прокатки 1700 (рис. 3.2), являє собою литу масивну жорстку раму; у середині її зроблене вікно для установки в ньому подушок валків; унизу станина має припливи (лабети). У припливах передбачені отвори для болтів, якими станини кріплять до плитовин.

На рис. 3.2 представлений загальний вид п'ятивалкової кліті безперервного стана 1700 для холодної прокатки штаби (шириною до 1650 мм товщиною до 0,4 мм) [29].

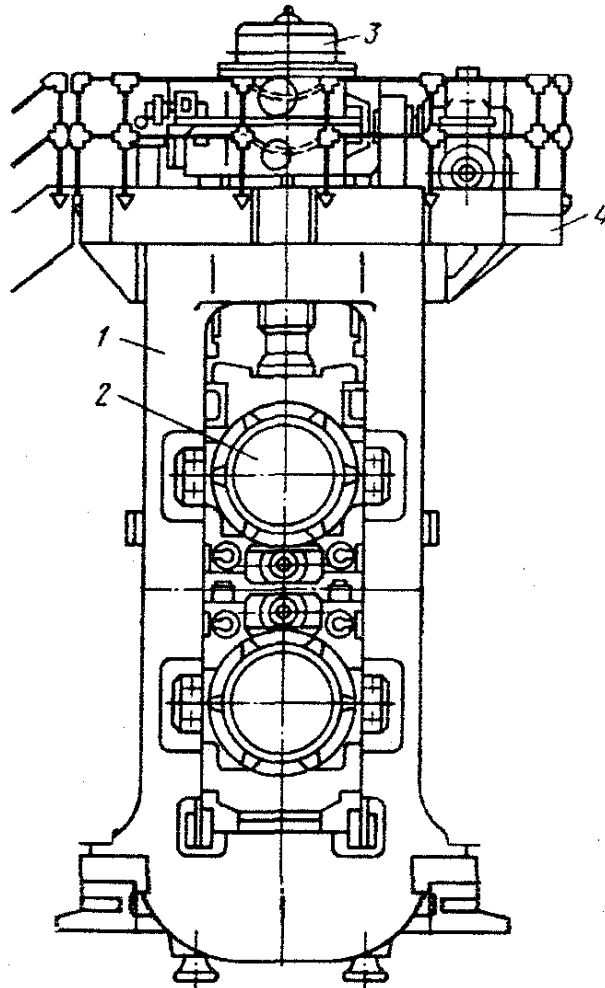


Рисунок 3.2 – Загальний вид робочої кліті прокатного стана

Робоча кліть складається із двох сталевих литих станин 1 масою кожна 98 т, що характеризується великою твердістю; валків з подушками 2, гідравлічного пристрою для зрівноважування верхніх валків, натискного механізму 3, плоского провідного стола, і площадки натискного пристрою 4.

Станини з'єднані між собою і установлені на плитовини. Робочі валки обертаються на чотирирядних конічних роликівих підшипниках 260/400×255 мм. На станині гідравлічні циліндри між подушками (діаметром 120 мм при тиску рідини 10 МПа) розраховані не тільки на зрівноважування верхнього робочого валка, але і на вибір зазорів підшипниках верхнього робітника і опорного валків. Опорні валки встановлені на підшипниках рідинного тертя діаметром 900 (ПРТ - 900) [29].

Виконати розрахунок на міцність і визначити твердість станини робочої кліті стана кварта для холодної прокатки штаби. Максимальне зусилля на натискний гвинт.

Побудова нейтральної лінії станини, що проходить через центри ваги основних розрахункових перетинів станини [31].

Перетин А - А верхньої поперечки. Площа перетину:

$$F = F_1 - F_2 - F_3 = BH - b_1h_1 - b_2h_2, \quad (3.17)$$

де F - площа поперечного переріза;

B - ширина стійки;

H - висота стійки.

Статичний момент перетину щодо осі X - X:

$$S = F_1 \frac{H}{2} - F_2 \frac{h}{2} - F_3 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right), \quad (3.18)$$

Визначимо центр ваги:

$$y_c = \frac{S}{F}, \quad (3.19)$$

Момент інерції перетину щодо осі $x_1 - x_1$, що проходить через центр ваги, тому що середній перетин верхньої поперечки ослаблено отвором для натискної гайки і натискного гвинта і при розточенні на верстаті цього отвору в перетині виникають концентратори напруг, то для забезпечення необхідного запасу міцності станини конструктивно приймають розміри цього перетину такими, щоб момент інерції перетину верхньої поперечки I_1 був більше моменту інерції перетину нижньої поперечки I_3 [31].

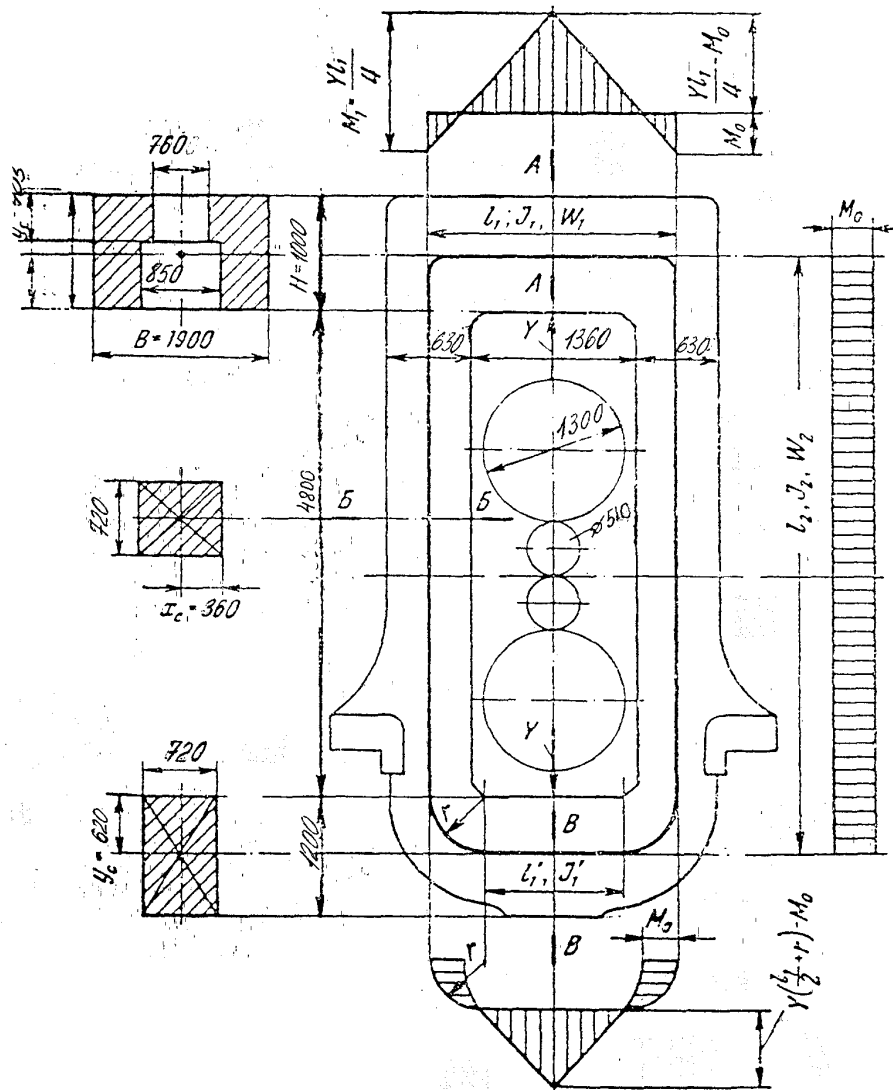


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку станини п'ятивалкового стана 1700

Момент інерції перетину щодо осі $x_1 - x_1$ проходить через центр ваги:

$$I_A = I_1 - I_2 - I_3, \quad (3.20)$$

$$I_1 = \frac{BH^3}{12} + a^2 F = BH \frac{H^2}{12} + BH \left(y_c - \frac{H}{2} \right)^2 + BH \left[\frac{H^2}{12} + \left(y_c - \frac{H}{2} \right)^2 \right], \quad (3.21)$$

$$I_2 = \frac{b_1 h_1^3}{12} + a_1^2 F_1, \quad (3.22)$$

$$I_3 = \frac{b_2 h_2^3}{12} + a_2^2 F_2, \quad (3.23)$$

Мінімальний момент опору перетину:

$$W_A = \frac{I_A}{I_C}, \quad (3.24)$$

Перетин Б - Б стійки станини:

$$F = BH, \quad (3.25)$$

$$W_B = \frac{I_B}{X_C}, \quad (3.26)$$

Перетин А - А розраховуємо по формулах (3.17) – (3.24):

$$F = 1,51 \cdot 1,3 - 0,85 \cdot 0,65 - 0,74 \cdot 0,65 = 0,93 \text{ м}^3;$$

$$S = \frac{1,963}{0,65} - 0,552 \cdot 0,375 - 0,481(0,65 + 0,375) = 0,628 \text{ м}^3;$$

$$y_c = \frac{0,628}{0,93} = 0,62 \text{ м} = 620 \text{ мм};$$

$$I_1 = 1,963 \left[\frac{1,3^2}{12} + \left(0,67 - \frac{1,3}{2} \right)^2 \right] = 0,277 \text{ м}^4;$$

$$I_2 = 0,85 \cdot 0,65 \left(\frac{0,65}{12} + \left(0,65 - \frac{0,65^2}{2} \right) \right) = 0,085 \text{ м}^2;$$

$$I_3 = 0,481 \left(\frac{0,65^2}{12} + \left(0,67 - \frac{0,65^2}{2} \right) \right) = 0,074 \text{ м}^2;$$

$$I_A = 0,277 - 0,085 - 0,074 = 0,117 \text{ м}^4;$$

$$W_A = \frac{0,117}{0,62} = 0,17 \text{ м}^3.$$

Перетин Б - Б розраховуємо по формулах (3.25) – (3.26):

$$F = 0,74 \cdot 0,775 = 0,558 \text{ м}^2;$$

$$x_c = 0,63 \text{ мм} = 630 \text{ м};$$

$$W_B = \frac{0,028}{0,63} = 0,044 \text{ м}^3.$$

Перетин В - В нижньої поперечки:

$$F = 0,74 \cdot 1,2 = 0,96 \text{ м}^2;$$

$$I = \frac{0,96^3}{12} = 0,115 \text{ м}^4;$$

$$W_B = \frac{0,96^2}{6} = 0,192 \text{ м}^3.$$

Знаючи положення центрів ваги перетину, будемо нейтральні лінії поперечин і стійок, з'єднуємо їхнім закругленням у кутах і в такий спосіб одержуємо тверду раму, навантажену вертикальними силами Y .

Статично невизначений момент у кутах рами:

$$k_1 = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_B}{I_Б}, \quad (3.27)$$

$$k_2 = \frac{l_2}{l_1}, \quad (3.28)$$

$$k_3 = \frac{I_1}{I_3}, \quad (3.29)$$

$$M_1 = \frac{Yl_1}{4}, \quad (3.30)$$

Статичний невизначений момент у кутах рами визначаємо з формул (3.27) – (3.30):

$$k_1 = \frac{0,115}{0,028} = 4,11;$$

$$k_2 = \frac{6,31}{2,28} = 2,76;$$

$$k_3 = \frac{0,115}{0,062} = 1,8;$$

$$M_1 = \frac{10,8 \cdot 2,285}{4} = 6,1 \text{MH} \cdot \text{м};$$

$$M_o = 6,1 \frac{1 + 4 \cdot 0,262(1,15 \cdot 1,8 \cdot 0,262 + 1)}{2(1 + 4,11 \cdot 2,76 + 17 \cdot 1,8 \cdot 0,262)} = 0,3 \text{MH} \cdot \text{м};$$

Таким чином, з обліком закруглення в кутах рами M_o майже у два рази більше, однак в обох випадках M_o значно менше M_1 .

Момент, що згинає, у поперечці визначаємо по формулі:

$$M_n = M_1 - M_o = 6,1 - 0,3 = 5,8 \text{MH} \cdot \text{м}, \quad (3.31)$$

Напруга вигину в середині поперечки, верхньої - перетин А - А по формулі:

$$\sigma_A = \frac{M_n}{W_A} = \frac{5,8 \cdot 10^9}{0,17 \cdot 10^9} = 24 \text{Н} / \text{мм}^2, \quad (3.32)$$

Нижній, перетин В - В по формулі:

$$\sigma_B = \frac{M_n}{W_B} = \frac{5,8 \cdot 10^9}{0,192 \cdot 10^9} = 30 \text{Н} / \text{мм}^2, \quad (3.33)$$

Напруга розтягання в стійці, перетин Б - Б:

$$\sigma_B = \frac{0,3 \cdot 10^9}{0,071 \cdot 10^9} + \frac{10,8 \cdot 10^6}{2 \cdot 0,558 \cdot 10^6} = 18 \text{ Н / мм}^2.$$

Станина виготовлена зі сталі марки 35Л и після виливка має $\sigma_B = 500 \text{ Н / мм}^2$

Запас міцності з вираження:

$$n = \frac{\sigma_B}{\sigma_{MAX}} = \frac{500}{30} = 17, \quad (3.34)$$

З урахуванням наявності концентрації напруг у розточенні під натискну гайку, приймаючи коефіцієнт концентрацій $k = 2,8$ запас по втомленої міцності буде дорівнювати:

$$n_f = \frac{1}{2k} \cdot \frac{\sigma_B}{\sigma} = \frac{1}{5,6} \cdot \frac{500}{30} = 3,0, \quad (3.35)$$

Припустимий мінімальний запас для станини по втомленої міцності $[n_f] = 1,5 < 3,0$. Деформація станини у вертикальному положенні, приймаємо $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Н / мм}^2$: [31].

- розтягання кожної стійки силою $Y/2$ з вираження:

$$f_1 = \frac{Yl_2}{2EF_2} = \frac{10,8 \cdot 10^6 \cdot 6310}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,555 \cdot 10^6} = 0,242 \text{ мм}, \quad (3.36)$$

- прогин двох поперечин від вигину по формулі:

$$f_2 = \left(\frac{Yl_1}{6} - M_o \right) \frac{l_1^2}{4EI_1} = \left(\frac{10,8 \cdot 10^6 \cdot 2,285}{6} - 0,48 \cdot 10^6 \right) \frac{2,285}{4 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,117 \cdot 10^{12}} = 0,18 \text{ мм},$$

- деформація двох поперечин від дії поперечних сил по формулі:

$$f_3 = 1,2 \frac{Yl_1}{2GF_1} = \frac{10,8 \cdot 10^6 \cdot 2,285}{2 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,96 \cdot 10^5} \cdot 1,2 = 0,17 \text{ мм}.$$

Сумарна деформація станини у вертикальному напрямку в площині осі натискного гвинта:

$$\Sigma f_{CT} = 0,242 + 0,18 + 0,17 = 0,592 \text{ мм}.$$

3.3 Розрахунок на міцність натискного гвинта та гайки

Натискний гвинт має завзяте різьблення УП 440 x 48мм, $d = d - 1,75 = 358$ мм, середній $d_2 = d - 0,755 = 440 - 0,75 \cdot 48 = 358$ мм, $L = 2^0 \cdot 10^1$.

Напруження стиску в перетині нижнього опорного гвинта, що має $d_{и} = 350$ [29]

$$\sigma_{\text{CT}} = 4Y / \pi d_n^2, \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{CT}} = 4 \cdot 10,8 \cdot 10^6 / 3,14 \cdot 350^2 = 112 \text{ Н/мм}^2.$$

Матеріал гвинта сталь 40ХН. Натискна гайка висотою $H = 460\text{мм}$ і зовнішнім діаметром $D = 670\text{мм}$, кількість витків:

$$\Gamma = H / S = 460 / 48 = 10.$$

а) напруга стиску між витками гвинта й гайки

$$\sigma_{\text{CM}} = 4Y / \pi(d^2 - d_1^2) / 2, \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{CM}} = 4 \cdot 10,8 \cdot 10^6 / 3,14 \cdot (440^2 - 358^2) = 34,1$$

$$\sigma_{\text{CM}} = 34,1 \ll [\sigma] \approx 80$$

Напруга зняття по площі зіткнення гайки зі станиною.

$$\sigma_{\text{CM}} = 4Y / \pi(D^2 - d_{\text{отв}}^2), \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{\text{CM}} = 4 \cdot 10,8 \cdot 10^6 / 3,14 \cdot (670^2 - 440^2) = 53,9 \text{ Н/мм}^2 \approx [\sigma] \approx 80$$

Матеріал гайки БРАЖ9 – 41 $[\sigma] \approx 80\text{Н/мм}^2$ [29].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих процесів виробництва

Прокатне виробництво характеризується складністю і розмаїтістю механічного устаткування, що має високу виробництво. Унаслідок цього обробка металу відбувається з високими швидкостями й у великих кількостях. Холодну прокатку на стані 1700 можна віднести до 3-4 класу, робити як стосовну до металургійних підприємств без гарячих цехів і процесу металообробки [14-17].

Технологічний процес прокатки в умовах цеху жерсті і проектного цеху стана холодної прокати 1700 відноситься до 2 групи процесів, що протікають в умовах з напруженою фізичною роботою і виділенням пилу і пар олій.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу стану в проектному цеху стана холодної прокати 1700 широко застосовується механізація й автоматизація виробничого процесу.

У процесі холодної прокатки тонкого листа виникають різні небезпечні (метал, що рухається обертається частинами механізмів стану й ін.) і шкідливі фактори, зв'язані з умовами прокатки (використання металу після травлення, застосування мастильних рідин і ін.) [14]

Перелік цих шкідливих і небезпечних виробничих факторів приведений у таблиці 4.2. Відповідно до санітарно-гігієнічної класифікації слюсар має право на молоко і додаткову відпустку - 7 днів.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого і трудового процесу слюсар-механіка [14].

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	Шкідливі і небезпечні умови, характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ безпеки 1 клас безпеки 2 клас безпеки 3 - 4 класи (SO ₂ - сірчистий ангідрид)	– – 5	– – 12,3	– – 2,4 6	– – –	– – –	– – 80
2.	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	10	–	2,5	–	85
3.	Вібрація (загальна і локальна), дБ	–	–	–	–	–	–
4.	Шум, дБ	80	94	–	14	–	–
5	Неіонізуючі випромінювання: - радіочастотний діапазон, в/м - діапазон промислової частоти, в/м - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м ³	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –	– – –
6	Мікроклімат у приміщенні в теплий період року: - температура повітря, ° С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	18-27 0,2- 0,4 40-60 – –	23 0,27 55 – –	– – – – –	– – – – –	– – – – –	100 – – – –
7	Атмосферний тиск	760	760	760			100
8	Вага і напруженість праці	2	2	2			100

Роботи на стані зв'язані з поруч шкідливих і виробничих факторів. На ділянці прокатного стану - це, такі як шум при роботі клітей, а також при змотуванні штаб на моталках.

Для захисту від шумових навантажень на організм людини застосовуються спеціальні вставки в уші, беруши і противошумні навушники.

Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничого середовища і робочих місць приведені в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Перелік технічних і санітарно-гігієнічних мір захисту виробничого середовища і робочих місць

№ п\п	Небезпечні чи шкідливі фактори.	Захисний пристрій	Принцип дії і призначення	Місце установки
1	2	3	4	5
1.	Підвищений рівень шуму	Звукоізолюючі кабінки і перегородки, засоби СІЗ	Звукпоглинання й огороження, ізоляція органів слуху	Біля джерел шуму в приміщенні оператора на робочому місці
2.	Парові розподіли токсичної дії	Витяжна вентиляція	Примусовий механічний отсос пар олій, що утворилися	Над станом
3.	Небезпечний рівень і напруга	1) Ізоляція й огороження струмоведучих частин 2) Заземлення, занулення, блокування 3) запобіжники плавкі, дистанційні, магнітні пускачі	Захист від дотику до струмоведучих частин Захист від дотику до металевих частин устаткування Захист від високих рівнів струму, керування двигунами на відстані.	Навколо струмоведучих частин Біля корпусів електродвигунів На пультах керування. У ел. схемах і лінії приводу.
4.	Частини механізмів, що рухаються	Запобіжні пристрої, сітки, кожухи	Відключення і розривши ланцюга при	Навколо устаткування

1	2	3	4	5
			перевантаженнях. Захист від зіткнення з частинами, що рухаються.	
5	Метал, що переміщається	1)Огородження і розмітка небезпечної зони 2)Засобу звукової і світлової сигналізації 3)Знаки безпеки	Захист від травм при падінні металу і його переміщенні	-На території небезпечної зони - На мостовому крані На огороженні небезпечної зони
6	Пальні речовини	Герметизація і витяжна вентиляція	Захист від опіків при пожежі	Над місцем утворення пар і витоків

4.2 Технологічні рішення з виробничої санітарії

Об'ємно-планові рішення будинків і споруджень

Площадка, на якій розташований прокатний цех, обрана з умов забезпечення прямого влучення сонячних променів, природного провітрювання і відводу стічних і поверхневих вод.

Рівень ґрунтових вод на площадці повинний бути нижче рівня підлоги підземних споруджень цеху. Щодо житлового селища завод розташовують з підвітряної сторони до вітрів переважного напрямку. Аналогічно розташовують спорудження цехів зі шкідливими виділеннями стосовно інших споруджень.

Між житловою зоною і заводами передбачається санітарна зона, розміри, який залежать від потужності технологічного процесу, характеру і кількості виділюваних у навколишнє середовище шкідливих речовин, видаваних шуму, вібрації й інших шкідливих факторів.

Передбачають заходи, що зменшують їхній несприятливий вплив на навколишнє середовище і забезпечує дотримання вимог у відношенні шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, робочої зони приміщень.

Для металургійного заводу ширина санітарно-захисної зони визначається обсягом випуску сталі. Якщо останній складає більш 1 млн. тонн у рік, ширину зони приймають 1000м. Таким чином, ширина захисної зони навколо комбінату "Запоріжсталь" складає 1000м. Відповідно до санітарної класифікації його відносять до першого типу виробництв. Обсяг виробничих приміщень на один робітника повинний складати не менш 15м³, площа приміщень - не менш 4,5м², фактичний обсяг-16,3м³, а площа-4,6м² на один працюючого [15-17, 24].

Опалення та вентиляція

Характер роботи в цеху холодної прокатки не зв'язаний з надлишковими тепловиділеннями. Тому основні труднощі підтримки необхідного мікроклімату пов'язані: узимку й у перехідній період року з необхідністю опалення в приміщенні цеху, створення повітряних завіс на залізничних і автомобільних в'їздах у виробничий будинок, остеклювання ліхтарів і світлових прорізів. У літній період, особливо в жаркі місяця року, необхідно забезпечувати приплив охолодженого повітря природною чи механічною вентиляцією.

Освітлення

В приміщенні прокатного цеху передбачене природне і штучне висвітлення. Природне висвітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в причілках і ліхтарі (комбіноване висвітлення).

Згідно СНіП II-4-79 роботи, виконувані робочим персоналом при холодної прокатки, відносять до 3 розряду зорових робіт, коефіцієнт природної освітленості (КПО) дорівнює 7% [15-17, 24].

У виробничих приміщеннях прокатного цеху для загального штучного висвітлення застосовують, як правило, газорозрядні лампи (люмінесцентні ЛУБ - 80, ртутні високого тиски з виправленою кольоровістю ДРИ-400). Типи світильників вибирають у залежності від умов їхньої роботи і вимог до якості висвітлення.

У прокатному цеху для загального висвітлення застосовують світильники прямого світла типу "Універсаль" для місцевого - світильники типу "Альфа". У місцях підвищеної небезпеки, де освітленість при системі загального висвітлення складає 150лк і менш, норму освітленості збільшують на один розряд [15-17, 24]..

У випадку виходу з ладу робочого висвітлення використовують аварійне висвітлення, що забезпечує можливість продовження чи роботи евакуацію персоналу. У прокатному цеху установка аварійного висвітлення обов'язкова на посаді керування прокатним станом, пунктах керування систем водопостачання, вентиляції і каналізації, у машинному залі і диспетчерському пункті.

Найменша освітленість робочих поверхонь потребуючих обслуговування при аварійних режимах складає 5% освітленості, нормованої для загального робочого висвітлення, але не менш 2лк. Аварійне висвітлення для евакуації персоналу проходів і сходинок сход не менш 0,5лк [15-17, 24]..

Прийняті значення освітленості указані в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Прийняті значення освітленості

Найменування ділянки	Розряд зорової роботи	Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу			Аварійне освітлення	
		Система комбіновано го висвітлення	Система загального висвітлення	Коефіцієнт запасу	Для робіт	Для евакуації
Ковпакові печі	IV	400	200	1,3	10	4
Прокатний стан	III	750	300	1,5	15	5

Санітарно-побутові приміщення

Контору цеху, гардеробні, медпункт, їдальні, душові, умивальники і туалети розташовують уздовж торцевої стінки цеху у виді прибудови. Ширина прибудови дорівнює 9м. Будівля побутових приміщень триповерхове без підвалів. Висота поверхів 3 м. Відношення площі вікон до площі підлоги складає 1:6-1:9, що забезпечує достатню освітленість приміщень [15-17, 24]..

Площі адміністративно-конторських приміщенні приймають наступних розмірів: для робочих кімнат контор 3,25м² на один працюючого, для конструкторського бюро 5м на один стіл, для залів нарад місткістю до 100 чоловік по 0,9м² на кожне місце, що відповідає нормам [15-17, 24]..

Робочий і чистий одяг зберігається в закритих одинарних шафах розміром 50х25 см. Висота шаф 1,65м. Ширина проходів між шафами не менш 1м [15-17, 24]..

Душові кабінки мають розмір 0,9 х 0,9м, ширина проходів між рядами кабін не менш 1,м, між кабінами і стіною не менш 0,9м [15-17, 24]..

Площа душових складає 6,8м² на одну душову установку, на одну душову сітку приходить 5 чоловік (при нормі 6) [15-17, 24]..

4.3 Заходи техніки безпеки

На ділянці стану основними потенційно небезпечними виробничими факторами є: пересування електромостових кранів і транспортерного візка з чи вантажем без нього, що обертаються частини механізмів кліті, рух штаби й аркушів по лінії стану, пересування рулонів по конвеєрах.

Пересування по території стану дозволяється тільки по встановлених переходах, перехідним місткам. При чи пересуванні виконанні робіт працюючі повинні бути уважні до сигналів електромостових кранів, до роботи світлової сигналізації, не знаходитися під піднятим вантажем і на шляху руху передатних візків.

Працюючому на стані необхідно: прийняти і здати зміну на робочому місці і докласти старшому майстру, працювати в чистій, виправленій і правильно одягненому спецодязі і спец. взуття, покладеної по нормах для кожної професії. Користатися відповідними засобами захисту і запобіжних пристосувань, виконувати доручену роботу з дотриманням усіх вимог інструкцій з техніки безпеки і промислової санітарії, виконувати вказівки бригадира і майстра, виконувати вимоги попереджувальних написів і плакатів ТБ. Не приступати до роботи, якщо умови її виконання суперечать інструкції з техніки безпеки чи іншому документу, що регламентує безпечне ведення робіт, а також без інструктажу з техніки безпеки при тимчасовому перекладі на іншу роботу. Під час роботи бути уважним, не відволікатися і не відволікати інших, не допускати на робоче місце облич, що не має відносини до роботи, виконувати правила пожежної безпеки, промислової санітарії й особистої гігієни, не залишатися байдужим до порушень інструкцій іншими робітниками - цим кожний охоронить себе й інших від нещасливих випадків.

При одержанні навіть незначної травми негайно звернутися в медпункт і сповістити про це майстру, а при його відсутності - бригадиру, старшому чи робітнику товаришу по роботі, надати першу допомогу потерпілим.

При виявленні порушень, що можуть привести до чи аварій нещасливим випадкам, негайно припинити роботу і сповістити про це чи майстру бригадиру.

Працюючим на стані забороняється [15-17, 24].:

- працювати на механізмах, що не має огороження обертових частин;
- обслуговувати на ходу і доторкатися до обертового частинам механізмів, заходити за огороження частин механізмів, що рухаються;
- доторкатися до електропроводів, рубильникам і моторам щоб уникнути поразки електричним струмом;
- виконувати роботу в місцях, де немає габариту.

4.4 Електробезпека

Широке використання електричного струму для найрізноманітніших цілей додає питанням захисту від його впливу на людський організм важливе значення.

Електробезпека - це комплекс мір, спрямованих на запобігання поразки людини електричним струмом.

Вплив електричного струму на організм може викликати небезпечні для здоров'я наслідки і навіть привести до смерті. Небезпека збільшується тим, що наявність електричної напруги не може бути безпечно виявлене за допомогою наших органів почуттів. Імовірність смертельного результату при поразках електричним струмом велика. Великий вплив робить зовнішнє середовище.

У металургійних цехах вага поразки збільшується, тому що, спостерігається середовище з підвищеною температурою, що веде до перегріву організму і зниженню його опору. Зниження атмосферного збільшує небезпека впливу електричного струму. При збільшенні змісту вуглекислого газу в повітрі чутливість організму до впливу струму збільшується.

Стан навколишньої повітряного середовища, а також навколишнє оточення можуть чи підсилювати послабляти небезпеку поразки струмом. Так струмопровідний пил, що утвориться в цеху, руйнує діє на ізоляцію електроустановок, різко знижуючи її опір і створюючи погрозу переходу напруги на корпуси, станини, і тому подібні не струмоведучі металеві частини електроустаткування, до яких може доторкатися людина.

Становий проліт відповідно до вимог ПУЕ СНіП 111-33-76 відноситься до зони класу В - 16 - це зони, розташовані в приміщеннях, у яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші паливних чи газів пар ЛВЖ із повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті чи аварій несправностей [15-17, 24]..

Небезпека поразки електричним струмом виникає при експлуатації несправних електроустановок, порушенні ізоляції на силових і контрольних кабелях, електродвигунах, командо-апаратах, кінцевих вимикачах.

Фактичне значення струму на ділянці $I = 5.9\text{A}$, напруги відповідно $U = 220, 380\text{В}$ [15-17, 24]..

Вибір роду струму, величини напругою і струму електроприводів виробляються по основним техніко-економічних показникам.

При цьому враховуються будівельні витрати, первісна вартість устаткування, витрати на експлуатацію і ремонт, ступінь виконання необхідних умов пуску, гальмування реверса, глибини і плавності регулювання швидкості чи обертання інших параметрів надійності системи і простоти обслуговування, ККД, а також вимог зв'язаних з виконанням технологічного процесу.

Однієї з основних причин поразки електричним струмом є пробій ізоляції.

При ушкодженні ізоляції електроустаткування напруга може випадково з'явитися на металевих частинах (на корпусі, кожусі, станині: на броні кабелю і т.д.), що у нормальному положенні не знаходяться під напругою. При сполученні з металевими конструкціями, під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.

Нещасливі випадки можливі також при впливі електричного струму через дугу; безпосереднім зіткненні з відкритими струмоведучими частинами і приводами: випадковому, не викликаному виробничою необхідністю, чи вплив при помилкової подачі напруги під час ремонтів і оглядів; при дотику до металевих частин устаткування, випадково під напругою: при торканні струмоведучих частин за допомогою предметів з низьким опором ізоляції; при зіткненні з будівельними деталями конструкцією, випадково знаходяться під напругою; при впливі крокових напруг і др.

Небезпека електричних поразок створює різноманітне устаткування: електричний привід (включаючи пускорегулюючу апаратуру),

електроустаткування підйомно-транспортних пристроїв, електрифікований внутрішньозаводський транспорт, зварювальні апарати, високочастотні й освітлювальні установки, переносні інструменти і т.д.

Заходи захисту від поразки електричним струмом

Існують наступні заходи захисту від поразки електричним струмом:

- а) захист від дотику до струмоведучих частин;
- б) захист від дотику до устаткування, випадково потрапившому під напругою;
- в) захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У першому випадку, найбільш розповсюдженому, конструктивно простій і дуже ефективним заходом захисту є захисне заземлення. Захисні функції пристрою, що заземлює, складаються в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, потрапивших випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки доторкнувшогося до них людини.

Приєднання корпусів і інших конструктивних металевих частин електроустаткування до нульового проводу, що заземлює; називається захисним зануленням. Ціль захисного занулення - перетворити пробій на корпус у коротке замикання між фазним і нульовим проводами, викликати тим самим протікання більшого струму через захист і швидко відключити ушкоджене устаткування від мережі [15-17, 24].

Пристрій, що автоматично відключає електроустановку за час не більш 0,2сек. при виникненні в ній струмів великої сили, у тому числі з появою напруги на корпусі й інших металевих частинах, називається захисним відключенням [15-17, 24].

При обслуговуванні електроустановок застосовують основні і додаткові захисні засоби. До основного відносяться захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки і при користуванні якими

допускається безпосередній дотик до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою. До додаткового відносяться засоби захисту, що підсилюють дію основних засобів і забезпечують безпеку при напрузі дотику і кроковій напрузі. До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, що ізолюють кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, що ізолюють підставки й ін. Для забезпечення безпечної, безаварійної і високопродуктивної роботи електроустановок необхідно поряд зі зробленим їхнім оснащенням засобами захисту так організувати їхню експлуатацію, щоб була виключена всяка можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу [15-17, 24].

Вибір схеми мережі

Систематично повинні проводитися огляди електроустановок. У деяких випадках (у випадках необхідності) виробляються переключення в електроустановках.

Схема мережі, а отже і режим нейтралі джерела струму, що харчує цю мережу, вибираються по технологічних вимогах, а також за умовами безпеки.

По технологічних вимогах і за умовами безпеки самої оптимальної є чотирьохпровідна мережа глухозаземленої нейтралі, тому що вона дозволяє використовувати два робітників напруги - лінійне і фазне. Від чотирьох провідної мережі 380В можна жити як силове навантаження - трифазну чи однофазну, включаючи її між фазними проводами на лінійну напругу 380В, струм і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим проводами, тобто на фазну напругу 220В [15-17, 24].

4.5 Пожежна та техногенна безпеки

До числа заходів для попередження пожеж і обмеженню поширення вогню відносять [15-17, 24].:

1. Правильний вибір ступеня вогнестійкості будівель і межі вогнестійкості, окремих його елементів;
2. Прийняття відповідно до норм величин площі між протипожежними перешкодами;
3. Дотримання протипожежних розривів між будинками.

Для успішної евакуації людей і цінностей передбачені шляхи евакуації й евакуаційні виходи припустимої довжини і ширини, розміри дверних прорізів, що забезпечують достатню пропускну здатність, необхідне число сходових кліток і зовнішніх пожежних сход.

Швидка локалізація і гасіння пожеж досягається пристроєм відповідних засобів зв'язку з пожежною сигналізацією, наявністю надійних джерел протипожежного впливу, під'їздів і доріг до будинків.

Прокатний цех відноситься до категорій В и Г, пожежонебезпеки (ДСТ 12.1004-81), тому що в ньому обробляють неспалені речовини (метал), але є пальні масла. По вогнестійкості прокатний цех відносять до I та II ступенів. Необхідний ступінь вогнестійкості виробничих будинків промислових підприємств визначається СНіП 2.09.02-85 у залежності від категорії вибухонебезпечності виробництва, площі і висоти будинку. Необхідний ступінь вогнестійкості суспільних будинків визначається СНіП 2.08.01-85 у залежності від площі і числа поверхів будинку [15-17, 24]..

Будівельні матеріали і конструкції по займистості поділяють на три групи: неспалені, важкоспалені і спаленні. Протипожежні стіни в цеху є неспаленими [15-17, 24].

Для забезпечення безпечної евакуації в будинку цеху розташовані евакуаційні виходи, що ведуть з першого поверху назовні, у коридор, вестибюль. Їхнє число повинне бути не менш двох і розташовані в протилежних місцях будинку.

Найбільша відстань, що допускається, від найбільш вилученого робочого місця до евакуаційного виходу для виробництва з категорією пожежонебезпеки Г і I та II ступенем вогнестійкості не нормується. Ширина

шляхів евакуації визначається з розрахунку 0,6м на 100 чоловік. Ширина проходів дорівнює 1м, ширина коридорів не менш 1,4м. Ширина дверей складає від 0,8 до 2,4м. Марші і площадки сход відповідно рівні 1,75 і 2,4м [15-17, 24].

Для гасіння пожеж у прокатному цеху застосовують тверді, рідкі і газоподібні речовини: воду, інертні гази, хімічну, повітряно-механічну піни, тверду вуглекислоту, пісок, (вогнегасники типу ОХП-5, ВВ-10) [15-17, 24].

Протипожежне водопостачання включає комплекс пристроїв, призначених для одержання, збереження і подачі води для гасіння пожеж (водопровід, природні і штучні водойми). Витрата води на зовнішнє пожежогасіння через гідрант для прокатного цеху категорії Г при обсязі будинку 2000- 4000м³ складає 10 л/с. У виробничих будинках I та II ступенів вогнестійкості категорії Г внутрішнє протипожежне водопостачання не передбачають [15-17, 24].

У розділі "Охорона праці" мною були проаналізовані шкідливі і небезпечні фактори, що впливають на людину, що присутні в процесі прокатки, а також існуючі міри захисту від вище перерахованих факторів. Забезпечення здорових і безпечних умов праці є однією з головних передумов підвищення продуктивності праці на виробництві.

ВИСНОВКИ

1. У загальній частині проекту розглянуто технологічний процес виробництва прокату на широкоштабовому стані холодної прокатки. На підставі проведеного огляду й аналізу технічної й патентної літератури встановлено, що найбільш ефективним способом виготовлення тонких штаб з вуглецевих сталей є холодна прокатка на повністю неперервних п'ятиклітьових станах, але проектування й виготовлення встаткування таких агрегатів вимагає дуже великих інвестицій.

2. У розрахунковій частині наведено розрахунок режиму деформації штаби 0,4x1030 мм. За результатами розрахунку енергосилових параметрів прокатки встановлено, що максимальний момент при прокатці штаби 0,4x1030 мм на НСХП 1700 не перевищує показника в 0,116 МН. Максимальний показник сили прокатки припадає на кліть 1. Для забезпечення стабільного процесу прокатки в роботі бакалавра для основних клітей п'ятиклітьового стану холодної прокатки 1700 рекомендується встановити двох'якорні електродвигуни типу 2МП6500-200, потужність 2x2400 кВт, 750 В, 260/500 об/хв. Застосовані рішення й технічні засоби можуть бути використані при реконструкції головних приводів стану холодної прокатки 1700.

3. У механічній частині виконані розрахунки на міцність деталей, найбільшу навантажену кліть, що вказують на достатню працездатність і надійність робочих клітей стана. Запас міцності для валків складає 8,89 разів, станини 17 разів, сумарна деформація станини не перевищує 0,6 мм.

4. Для забезпечення безпечних умов праці й охорони навколишнього середовища, розроблені відповідні заходи, які задовольняють вимоги нормативно – технічної документації по охороні праці й навколишнього середовища.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Николаев В.А. Технология прокатки полос и листов. Учебное пособие. В 2 –х частях. Часть I. Запорожье, ЗГИА, 2003. – 158 с.
2. Николаев В.А. Валки прокатных станов.- Запорожье: ЗГИА,2002.- 176 с.
3. Николаев В. А. Профилирование и износостойкость листовых валков. – Киев: Техника, 1992. – 160 с.
4. Полухин П.И., Федосов Н.М., Королев А.А., Матвеев Ю.М. Прокатное оборудование.-М.: Металлургия, 1968.-676 с.
5. Целиков А.И., Зюзин В.И., Современное развитие прокатных станов. – М.:Металлургия,1972.-399 с.
6. Чекмарев А.П., Нефедов А.А., Николаев В.А. Теория продольной прокатки .-Харьков:ХПИ,1965.-212с.
7. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов.-М.:Металлургия,1969.-461 с.
8. Королев А.А. Прокатные станы и оборудование прокатных цехов. Атлас. Изд. 2-ое.М.:Металлургия,1981.-200с.
9. Грудев А.П., Тилик В.Т. Технологические смазки в прокатном производстве.-М.:Металлургия,1975.-368с
10. Третьяков А.В. Теория, расчет и исследования станов холодной прокатки.-М.:Металлургия,1966.-255с.
11. Полухин П.И. Качество листа и режимы непрерывной прокатки./П.И. Полухин, Д.Н. Загольников, М.А. Тылкин, В.П. Полухин и др.-Алма-Ата, Найка, 1974.-399с.
12. Николаев В.О., Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату.- Запоріжжя, ЗДІА,2010.-320 с.
13. Чекмарев А.П. Теория прокатки крупных слитков/Чекмарев А.П., Павлов В.Л.,Мелешко В.И., Токарев В.А.-М.:Металлургия,1968.-252 с.

14. Франценюк И.В. Современное цех холодной прокатки углеродистых сталей/ Франценюк И.В., Железнов Ю.Д., Кузнецов Л.А., Камышев В.Г.-М.:Металлургия, 1984.-154 с.

15. Николаев В.А. Методика расчета режима деформации на непрерывном стане холодной прокатки //металлургическая промышленность.2004.№6.-С 47-52.

16. Королев А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов.- М.:Металлургия,1987.-479 с.

17. Полухин П.И., Николаев В.А., Полухин В.П., Зиновьев А.В., Косаримов Е.Н. Контактное взаимодействие металла и инструмента при прокатке.-М.:Металлургия,1974.-200с.

18. *Гуляев, А.П.* Металловедение. 5-е издание / А.П. Гуляев. – М.:Металлургия, 1977. – 664 с.

19. *Лахтин, Ю.М.* Металловедение и термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин. – М.:Металлургия, 1979. – 368 с.

20. *Иващенко, О.В.* Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту / О.В. Иващенко. – Запоріжжя: Вид. ЗДІА, 2004. – 31 с.

21. *Чепчунов, Ю.П.* Себестоимость проката и пути ее снижения / Ю.П. Чепчунов. – М.:Металлургия, 1985. – 57 с.

22. *Панасейко, С.П.* Методические указания к выполнению раздела "Охрана труда" в дипломных проектах для студентов всех специальностей / С.П. Панасейко, В.К. Тарасов, Ю.П. Павленко. – Запорожье: изд-во ЗГИА, 2002. – 56 с.

23. *Жидецкий, В.Ц.* Основы охраны труда / В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, А.В. Мельников. – Львов: Афиша, 2000. – 351 с.

24. *Бринза, В.Н.* Охрана труда. Охрана труда в черной металлургии / В.Н. Бринза, М.М. Зиньковский. – М.:Металлургия, 1982. – 336 с.