ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проєкт

Перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів штаби 1,8 × 1300 мм із сталі 08кп на ШСГП 1700**

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1362-омт-с
спеціальність 136 Металургія
(код , назва спеціальність)
освітньої програми Обробка металів тиском
(код і назва освітньої програми)
О.Ю. Ковтун
(ініціали та прізвище)

Керівник
доц. каф. МТЕТБ,доц., к.т.н. Ю.В. Бондаренко

Рецензент
доц. каф. МТЕТБ, доц., к.т.н. Т.М.Нестеренко

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально – науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)рівень
Спеціальність 136«Металургія»
(код та назва)
Освітньо-професійна програма Обробка металів тиском
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. Бєлоконь

“ 20 ” 01 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Ковтуну Олегу Юрійовичу
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів штаби 1,8 × 1300 мм із сталі 08кп на ШСГП 1700**

керівник роботи (проекту) Бондаренко Юлія Володимирівна, к.т.н., доц.,
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “27” 12 24 р. № 2031-с

2. Строк подання студентом роботи 16 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали переддипломної практики, курсові проекти, технічна документація , літературні джерела, інтернет-ресурси

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат. Вступ. Загальна частина. Технологічна частина. Механічна частина. Охорона праці. Висновки. Перелік джерел, посилання

Мета кваліфікаційної роботи – розробка режиму прокатки штаби розмірами 1,8×1300мм на ШГСП 1700.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація виконана в програмі Power Point на 14 слайдах.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	*Бондаренко Ю.В. к.т.н. доцент*		
2	*Бондаренко Ю.В. к.т.н. доцент*		
3	*Бондаренко Ю.В. к.т.н. доцент*		
4	*Бондаренко Ю.В. к.т.н. доцент*		
Нормоконтроль	*Карпенко Г.В. к.т.н. доцент*		

7. Дата видачі завдання 20.01.2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	21.01.25 – 14.03.25	
2.	Розділи 2 - 3	17.03.25 – 18.04.25	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення кваліфікаційної роботи, креслень, підготовка доповіді і презентації.	21.04.25 – 23.05.25	

Студент _____ **Ковтун О.Ю.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ **Карпенко Г.В.**
(підпис) (прізвище та ініціал

Реферат

Кваліфікаційна робота містить: _67_ с., _12_ рис., _9_ табл.; використано літературних джерела _14_.

ПРОКАТКА, ШИРОКОШТАБОВИЙ СТАН, ДЕФОРМАЦІЯ, ШТАБА, РЕЖИМ ОБТИСКУ, СТАЛЬ 08КП, ЯКІСТЬ ПРОКАТУ, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ВАЛКИ, МІЦНІСТЬ, ЗУСИЛЛЯ ПРОКАТКИ

Об'єкт дослідження – широкоштабовий стан гарячої прокатки 1700..

Метою роботи є розробка режиму прокатки штаби розмірами 1,8×1300мм на ШГСП 1700

Методи розрахунків – стандартні методики розрахунків у програмних комплексах Excel. Розрахунки, а також аналіз роботи стану на основі реальних виробничих даних.

Матеріал дослідження – сталь 08кп.

Проаналізовано виробництво гарячекатаних штаб на стані гарячого прокатування1700. На даний момент на ринку чорних металів є великий попит на листову і рулонну сталь з високою точністю прокату і високою чистотою поверхні, а також на рулони з масою до 16 тонн і більш.

Результати досліджень можуть бути використані у листопрокатних цехах металургійних підприємств для підвищення ефективності виробництва.

ЗМІСТ

ВСТУП……6

1. Загальна частина ……8

1.1 Літературний огляд ……...8

1.2 Технологічний процес прокатки на стані ШСГП 1680……..10

1.3 Опис технологічного процесу та технічна характеристика обладнання стана ШСГП 1700……15

1.3.1 Підготовка металу до прокатки…….....17

1.3.2 Обладнання та технологія прокатки……....19

1.3.3 Обладнання і технологія оброблення готового прокату……..…..22

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ ДЕФОРМАЦІЇ ШТАБИ ТА ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТКИ НА ШСГП 1700…….26

3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА……...…42

3.1 Робочі кліті…….42

3.2 Шестеренні кліті……...… 44

3.3 Розрахунок шийки робочого валка на крутіння……46

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА…….54

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища…….....54

4.2 Заходи з поліпшення умов праці……..57

4.3 Заходи з електробезпеки……...62

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……65

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ……...66

ВСТУП

Обробка металу тиском є завершальною ланкою в металургійному циклі. Приблизно 90% усього виплавлюваного в сталеплавильних агрегатах металу піддається прокатці, куванню, штампуванню, пресуванню й іншим видам пластичної обробки. Найбільша питома вага в операціях обробки тиском має поздовжня прокатка, за допомогою якої роблять велику кількість різноманітних профілів, широко застосовуваних у народному господарстві.

За останні роки відбулися істотні зміни в технології й устаткуванні листопрокатного виробництва, спря1мовані на скорочення витрати металу й підвищення якості продукції. В області виробництва слябів повністю відмовляються від виробництва їх на слябінгах і блюмінгах, замість них впроваджують машини неперервного лиття заготівель (МНЛЗ).

Для прокатки тонколистової сталі в гарячому стані застосовують неперервні стани з новими конструкціями клітей, що забезпечують безпрограмний процес виробництва штаби, пристрої й системи контролю й регулювання точності поперечного й поздовжнього профілів перетинів. На багатьох сучасних широкоштабовий станах гарячої прокатки освоєна прокатка штаби товщиною (1,0-1,5 мм), які дешевше подібних штаб, отриманих на станах холодної прокатки. Застосовують лінійно-прокатні агрегати (ЛПК) і агрегати прямого виливка тонких штаб.

Основне виробництво гарячекатаної штабової сталі зосереджено на неперервних широкоштабових станах. Частина продукції широкоштабових станів споживається цехами, які випускають холоднокатані штаби, гнуті профілі, зварні труби. Друга частина гарячекатаного металу - товарний продукт спрямовується безпосередньо на машинобудівні заводи, в будівництво та інші галузі народного господарства.

На широкоштабових станах (ШСГП) прокатують штаби товщиною від 0,8 до 20 мм із слябів вагою 5...60 т. Матеріал штаб: маловуглецева,

низьколегована і легована марки сталі. Незважаючи на відмінність конструкцій станів, спільними для них є наступні основні технологічні операції:

- нагрів слябів у методичних печах;
- пряма (транзитна) прокатка слябів;
- прокатка на стані з інтенсивним деформуванням металу;
- охолодження прокатаної штаби в душируючих пристроях для поліпшення механічних властивостей і зниження окалиноутворення;
- змотка штаби у рулон;
- охолодження рулонів;
- дресирування (поперечне і поздовжнє);
- упаковка листів і відвантаження споживачеві.

1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Літературний огляд

В Україні встановлено і працюють два неперервних широкоштабових стана (стан 1680 у м. Запоріжжя і стан 1700 в м. Маріуполі), на яких вдосконалюється технологія виробництва штаб, забезпечується отримання сталі з високою якістю поперечного профілю і механічними властивостями металу.

Для прокатки продукції із гарячекатаних штаб використовують реверсивні, напівбезперервні і неперервні стани різного типу. У певних умовах можуть застосовувати і напівбезперервні стани з одного - двома реверсивними клітями в чорновій групі. Сляби для прокатки штаб отримують зі слябінга або з МНЛЗ.

Частина продукції широкоштабових станів використовується в цехах холодної прокатки для одержання штаб товщиною 0,4 ... 2 мм.

Відмітимо основні недоліки виробництва штаб з мало вуглецевої сталі на ШСГП з розливкою в виливниці і прокаткою із злитків товстих слябів:

- втрати металу в кінцеву обрізь при прокатці слябів (9…12%)

- витрати додаткової енергії для нагріву слябів перед ШСГП або втрати тепла при транзитній прокатці слябів на ШСГП;

- витрата металу в окалину і обріз при прокатці до 2,5 ... 3,0%;

- великі втрати тепла при транспортуванні розкату по проміжному рольгангу ШСГП (50 ... 100^0 С);

- наявність потовщених кінцевих ділянок штаб при прокатці їх на ШСГП без натягу;

- втрати метала в обріз кінцевих ділянок гарячекатаної штаби перед стиковим зварюванням у лінії НТА (НСХП) (до1,5%).

У разі використання товстих литих слябів з МНЛЗ втрати металу на ділянці до ШСГП практично виключаються, істотно скорочуються енергетичні витрати, особливо при транзитному прокатуванні на ШСГП.

Кардинальне поліпшення техніко-економічних показників виробництва штаб досягається на ЛПА в лінії, яких застосовують неперервно литі тонкі заготовки (сляби).[1]

Тим не менш, створені останнім часом прогресивні технологічні процеси виробництва широкоштабової сталі, на наш погляд, так само мають деякі недоліки. Наприклад, процес прокатки тонкої штаби з проміжного розкату H_p=15..35 мм (після чорнової кліті) на неперервному штабовому стані ШСГП у складі ЛПА, що складається з 5-7 клітей містить, як правило, три етапи:

- при прокатці полос товщиною $h \leq 1{,}0$ передній кінець полоси випускають товщиною 1,5…2,0 мм при швидкості v_1=10…15 м/с (до захоплення переднього кінця штаби моталкою), а потім зменшують товщину штаби до вимагаємого розміру;

- прискорення оберту валків і швидкості полоси до $v_2 \geq 20$ м/с;

- прокатка полоси зі швидкістю $v_3 \geq 20$ м/с до виходу з чистової кліті.

Недоліками даної технології при використанні ШСГП є необхідність прискорення обертання валків всіх 5-7 клітей після захвату штаби моталкою, на що затрачується значна кількість електроенергії , необхідність оперативного регулювання деформаційно-температурного режиму прокатки штаб в кліті 5-7, для отримання необхідних механічних властивостей, при прокатці штаб при кінцевих температурах 750…800^{0}С задіяні всі 5-7 клітей, що призводить до додаткових витрат електроенергії при деформації металу.

Ці зауваження в повній мірі відносяться і до технології прокатки штаб на ШСГП з традиційним використанням товстих слябів (Н=160…300 мм) для отримання тонких штаб.[1]

1.2 Технологічний процес прокатки на стані ШСГП 1680

На цьому стані прокатують штаби товщиною 1,5 - 8 мм, шириною 1000 - 1500мм з маловуглецевих марок сталі. З нержавіючих і легованих марок сталей прокатують також штаби товщиною h> 3,5 мм і шириною В <1300 мм. Заготовкою для стана служать сляби товщиною 120 - 165 мм, масою G = 5,5 т і довжиною $L_{СЛ}$ = 4,5 - 4,7 м, з яких прокатують штаби товщиною h <2,5 мм (В 1000 мм), а з слябів масою G <15 т і довжиною Lсл = 9 - 9,3 м прокатують штаби товщиною h> 2,5 мм.

На стані встановлено п'ять методичних чотирьохзонних печей з глісажними трубами, з торцевою посадкою і видачею слябів. Печі опалюються сумішшю доменного, коксового та природного газів, калорійністю 1070 - 1350 ккал/м^3. Проте в зв'язку з переходом на транзитну (пряму) прокатку слябів використовуються періодично 1 - 2 печі для прокатки зворотніх або легованих (нержавіючих) слябів. Довжина печей 31,5 м, ширина 5,22 м. Холодні сляби надходять зі складу на стіл і по рольгангу до печей. Посадка слябів в печі виконується штовхачами . Одночасно з печей видаються нагріті сляби на нижній пічний рольганг. На поверхні сляба завжди є товстий (4 - 6 мм) шар пічної окалини, злом якої виробляється в двухвалковому окалиноломачі при стисненні сляба на 20 - 25 мм.[2]

В чорновій групі встановлено чотири кліті: кліть 1 з робочими валками діаметром 940 мм і опорними 1320 мм; кліть 2 - з робочими валками діаметром 850 мм і опорними - 1240 мм; кліті 3, 4 - з валками діаметром відповідно 580 - 590 і 1240 мм. Всі опорні валки і робочі валки клітей 1 і 2 виготовлені зі сталі марки 9ХФ. У клітях 3 і 4 використовують робочі валки, виготовлені з чавуну з вибіленою поверхнею.

Потужність двигуна клітей з горизонтальними валками дорівнює (кВт): кліть 1 - 6300; 2 - 4 - по 4000 кВт, а окружна швидкість робочих валків клітей: 1 - 0,9 - 1,09; 2 - 1,04 - 1,14; 3 - 0 - 1,84; 4 - v4 = 2,53 м/с. В чорновій групі застосовується неперервна прокатка слябів довжиною 9 - 9,5 м по

такому режиму: окалиноломач - кліть 1, кліті 2 - 3 і кліті 3 - 4. Розкат виходить повністю з кліті 1 і тільки потім прокочується в групі клітей 2 - 3. В клітях 3- 4 розкат прокочують після виходу з кліті 2. При вході в кліть 1 температура розкату більше 1150 – 1180° С, а в міру прокатки температура переднього кінця розкату зменшується і за кліттю 4 становить 1080 - 1130^{0}С (розкат подвійної маси). Перепад температури по довжині розкату 10-15^{o}С.

Максимальні величини обтиснень в кожній кліті встановлюють з урахуванням допускаємих кутів захоплення розкату валками, міцності валків і допускаємого крутного моменту. Відповідно до зазначених умова в клітях чорнової групи допускаються відносні обтиски для вуглецевих і низьколегованих марок сталей рівні (%):[2]

Кліть	[ε]	Кліть	[ε]
1	35-37	3	37-40
2	37-40	4	37-40

Менші величини ε відносяться для штаб з шириною В > 1250 мм. У клітях з вертикальними валками усувають лише розширення металу в попередній кліті. Розкат, який вийшов з кліті 4, по проміжному рольгангу довжиною 65м проходить летючі ножиці, які відрізають дефектний передній кінець, чистовий окалиноломач для виламування вторинної (повітряної) окалини і захоплюється робочими валками кліті 5 чистової групи. В чистову групу надходять розкати товщиною 28мм (розкати довжиною 9 - 9,5м) і товщиною 20-23мм (розкати довжиною 4-4,7 м). При роботі проміжного перемотувального пристрою (ППУ) розкат змотують в рулон, а потім передній кінець рулону задають в першу кліть чистової групи. У цьому випадку перед чистовим окалиноломачем температура розкату складає 1020-

1050 ^{0}C, а заднього 920-970 ^{0}C. Після окалиноломача температура розкату знижується на 15-20^{0}C.

В чистовій групі встановлено шість однотипних чотирьохвалкових клітей (кліті 5 - 10) з вихідними діаметрами робочих валків 620 мм (двошарові чавунні валки з вибіленим шаром марок ЛПХНд - (70 - 73) (литі прокатні хромонікелеєві з твердістю 70 - 73 HSD - по Шору). Опорні валки з кованої сталі марки 9 ХФ з твердістю поверхні 35-40 HSD. Між клітями встановлені ролики петлетримачей, працюючі в період прокатки в клітях переднього кінця штаби. Робочі валки клітей приводяться від двигунів потужністю 7000 кВт з тиристорним керуванням. Максимальна практична швидкість прокатки в кліті 10 складає v10 <9,2 м / с, а в попередніх клітях окружні швидкості відповідно до закону сталості секундних об'ємів металу визначають за виразами:

$$v9= v10\ h10/ h9;\ v8= v10\ h10/ h8\ ;\ v7= v10h10/h7$$ і т. д.

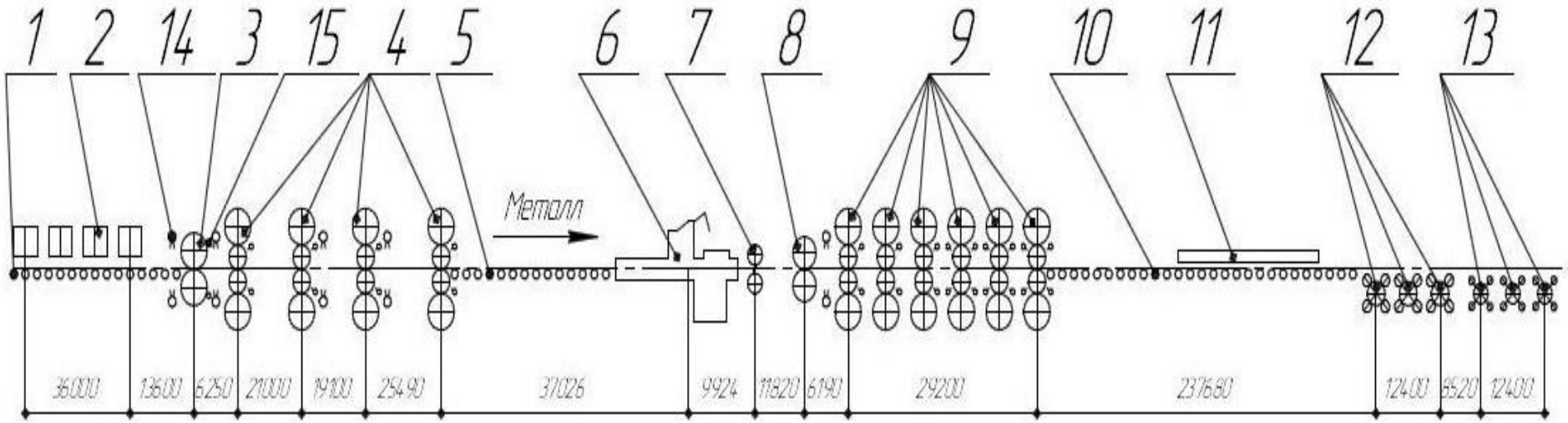
Після захоплення валками кліті 5 передній кінець прокатують в подальших клітях, а після виходу заднього кінця з кліті 5 штаба послідовно виходить з клітей чистової групи. Таким чином, кінцеві ділянки штаби прокатують на стані без натягу, тоді як в сталому процесі (штаба знаходиться у всіх клітях стана) штаба прокатується з невеликим натягом ($\sigma_н$ = 10-30 Н / мм^2), що менше напруження течії металу при відповідних температурах. У разі якщо напруга натягу досягне напруження течії, відбувається утяжка штаби по ширині.

У процесі проходження штаби від кліті до кліті, температура металу знижується за рахунок відбору тепла навколишнім середовищем, водою і валками. Інтенсивність зниження температури по клітям чистової групи тим більше, чим менше товщина штаби. Мінімальна температура штаби товщиною h = 2 мм за кліттю 10 дорівнює 850^{0}C, а штаби товщиною h = 1.5 мм- 800-825^{0}C. При вході підкату в кліть 5 температура його переднього

кінця максимальна, а температура заднього кінця, який входить до кліть 5 пізніше (через 50-60с), виявляється нижче на 60 – 90^{0}С (без Койлбокс). Отже, відсутність натягу кінців при прокатці і наявності температурного клину по довжині обумовлює зміну товщини штаби по довжині. При цьому товщина кінцевих ділянок буде більше, ніж товщина в середній частині довжини, а товщина заднього кінця - більше переднього кінця, внаслідок меншої температури металу. Для зменшення товщини заднього кінця в клітях 5-9 необхідно виконувати додаткове обтиснення кінцевої ділянки в межах 0,05-0,5 мм (більше обтиснення в кліті 5).

На деяких ділянках зміна товщини (високочастотна різнотовщинність) виникає внаслідок биття робочих і опорних валків, що мають діаметральний ексцентриситет, а на інших ділянках (глісажні мітки) - виникає внаслідок охолодження сляба на глісажних трубах методичних печей, якщо сляби піддаються в них нагріванню. Орієнтовна різнотовщинність на ділянках штаби (проти номінальної товщини) становить (δh, мм): 1 - 0,05 - 0,08; 2 - 0,03; 3 - 0,04 - 0,05; 4 - 0,1 - 0,2. При транзитній (прямий) прокатці слябів зі слябінга ділянки з різнотовщинності відсутні, а при наявності Койлбокс товщина переднього і заднього кінців штаби зменшуються.

При прокатуванні штаб застосовують інтенсивні режими деформації. Відносні і абсолютні обтиски максимальні у чорновій групі клітей і в деяких клітях близькі до максимальних. Середнє нормальне напруження $p_{ср}$ зростає від 86,7 Н/мм^2 (кліть 1) до 409 Н/мм^2 в кліті 8, що обумовлено зменшенням товщини і температури штаби (Ст. 08кп). Максимальна сила прокатки має місце в кліті 5 і становить Р = 16,7 МН, але не перевищує допустимого значення [Р] = 23 МН по шийці опорного валка.[2]



1 - рольганг пічний нижній; 2 - методичні печі №1,2,3,4; 3 - кліть ДУО; 4 - чорнові кліті; 5 - проміжний рольганг; 6 - ППУ Коіл-Бокс; 7 - летючі ножиці; 8 - чистовий окалиноломач; 9 - чистові кліті; 10 - рольганг за чистовими клітями; 11 - установка охолодження штаби; 12 – моталки №1,2,3; 13 – моталки №4,5,6; 14 – система гідросбиву окалини; 15 - система охолодження валків.

Рисунок 1.1 - Схема розташування обладнання ШСГП 1680.

Товщина штаби після кліті 10 контролюється рентгенівським мікрометром, а площинність візуально. На рольганзі за кліттю 10 штаби, які направляють на холодну прокатку інтенсивно охолоджуються водою в душируючих пристроях, що забезпечує отримання структури металу з рівномірними равновісними зернами і високу пластичність.

Частину рулонів по підземному конвеєру направляють в цех холодної прокатки, а інша частина - для дресирування та оброблення на листи у відділенні цеху гарячої прокатки.

1.3 Опис технологічного процесу та технічна характеристика обладнання стана ШСГП 1700

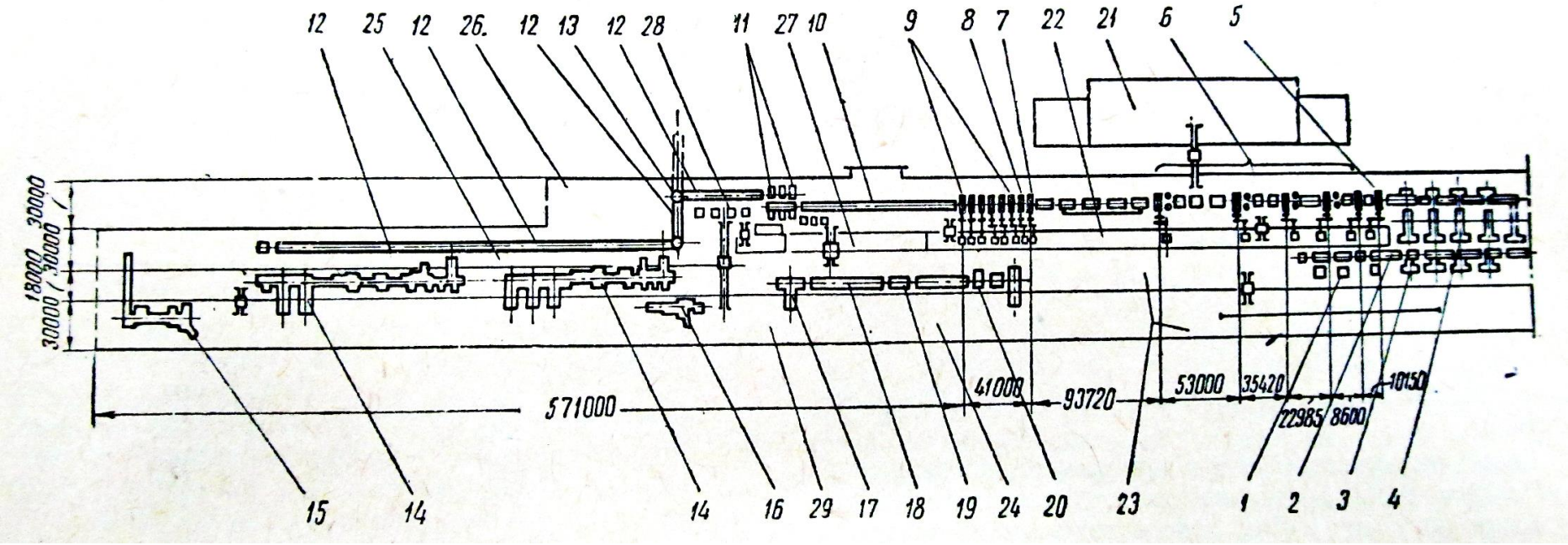
Неперервний стан гарячої прокатки 1700 встановлений в 1960 р, призначений для прокатки штаб товщиною 2-10 мм, шириною < 1550 мм.

На стані виробляють гарячекатані листи звичайної якості (ГОСТ 380-71), якісні конструкційні (ГОСТ 1677-70), низьколеговані конструкційні (ГОСТ 18282-71).

Сортамент стана приведений у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Сортамент стана 1700

H, мм	2,0-2,2	2,5-2,8	3,0-3,2	≥ 3,5
B, мм	≤ 1250	≤ 1300	≤ 1400	≥ 1500



1 - підйомні столи для слябів і зіштовхувачі; 2 - завантажувальний пічний рольганг; 3 - штовхальники; 4 - печі; 5 - окалиноломач; 6 - чорнова група клітей; 7 - летючі ножиці; 8 - окалиноломач; 9 - чистова група клітей; 10 - рольганг, що відводить, з системою охолодження штаби; 11 - моталки з кантувальниками рулонів; 12 - конвеєр для рулонів з рольгангом; 13 - поворотні столи; 14 - агрегати поперечного різання; 15 - агрегат поздовжнього різання; 16 – гільотинні ножиці; 17 - кран-листорозкладчик з рольгангами; 18 - термічна піч з роликовим подом; 19 - гартівна машина; 20 - правильна машина; 21 - вальцешліфувальна майстерня; 22 - машинний зал; 23 - склад слябів; 24 - склад готової продукції; 25 - склад гарячекатаних рулонів; 26 - склад устаткування; 27 - ремонтні майстерні; 28 - стенди для валків.

Рисунок 1.2 - Схема основного технологічного обладнання стана гарячої прокатки 1700 [3]

1.3.1 Підготовка металу до прокатки

Сляби з цеху надходять на склад заготовки закритого типу площею 6000м^2, ємністю 48000т. Склад обслуговують мостові крани вантажопідйомністю 100/20, 75/20, 50/10, 30/5, 10/10 , використовувані і для обслуговування складу готової продукції в цьому ж прольоті. Зачищають сляби з вуглецевої киплячої, полуспокійної і низьколегованої сталей газовими різаками, що працюють на суміші природного газу з киснем. Середня продуктивність одного різака 17 т/г.

До завантажувального рольгангу сляби подаються 15-т мостовим магнітним краном. Швидкість завантажувального рольганга 1,52 м/с.

Для нагріву металу в цеху встановлено п`ять чотирьохзонних методичних печей з двостороннім нагріванням. Печі обладнані автоматичними приладами регулювання температуру і тиску в робочому просторі. Витрата і тиск газу, температура газу і повітря регулюється автоматично.

Характеристика печей: довжина 29960 мм, ширина 6700 мм, висота 720/2554 мм, спосіб завантаження і видачі торцевий, продуктивність при холодному посаді 110-150 т/г. Паливо - суміш природного та доменного газів теплотою згорання 7,5 МДж/м^3. Корисна площа поду 183 м^2.

Печі обладнані інжекційними пальниками, що працюють на підігрітому газі і повітрі. Усього встановлено 28 пальників (по сім пальників в кожній зоні). Повітря підігрівається до 450°С в керамічному рекуператорі, обсяг рекуператора 290 м^3. Газ підігрівається до 250-350 °С в металевому трубчастому рекуператорі з поверхнею нагріву 1000м^2.

Печі обладнані штабелюючими столами вантажопідйомністю 30 т, зіштовхувачами слябів зусиллям 50 кН, пічними штовхачами зусиллям на штангу 1,2 МН, які опускаються упорами і буферами.

Режим нагрівання металу наведено в таблиці 1.2

Злитки видаються зіштовхувачем на подаючий рольганг. Швидкість транспортування заготовки до першої кліті стану 1,52 м/с. Довжина рольганга 11,25 м, діаметр роликів 35 см, шаг 75см.

Таблиця 1.2 - Режими нагріву

Сталі	t, °С по зонам			$H_{сл}$, мм	$T_{нагр}^{max}$, год - хв
	Томильна	Зварювальна	Нижче зварювальної		
МСт.0, МСт.1, МСт.2, МСт.3, КСт0, Ст.1 - КСт.2, КСт.3, 08кп, 10кп, 15кп.	1260-1300	1300-1350	1250-1350	Холодний всад	
				100-120	1-20
				125	1-30
				130	1-35
				135	1-40
					1-45
				140	1-50
				145	1-55
				150	2-00
				155 -160	2-10
МСт.5кп, Ст5сп, МСт.4кп, МСт.4сп, 20кп, 25кп, 20, 25, 45	1240-1300	1300-1350	1250-1350	Горячий всад	
				110	0-55
				120-125	1-05
				130-135	1-10
				140-160	1-25
				Теплий всад	
				110	1-05
				120-125	1-15
				130-135	1-25
				140-145	1-40
Низьколеговані: 09Г2Т, 09Г2, 14Г, 10Г2С, 16ГС, 12ГС	1250-1300	1300-1350	1250-1320	Холодний всад	
				125-130	1-50
				140-160	2-00+ +2-20
				Горячий всад	
				125-130	1-15+ +1-20
				140-160	1-30+ +1-50
15ГСТЮ	1280-1300	1300-1320	1180-1200	Холодний всад	
				125-135	2-00

1.3.2 Обладнання та технологія прокатки

Стан складається з 11 робочих клітей зі станинами закритого типу, двох окалиноломачей і ряду допоміжних механізмів. Характеристика стану наведена в таблиці 1.3. [3]

Таблиця 1.3 - Характеристика робочих клітей

№ клітей і їх тип	Діаметри бочок валків		Швидкість прокатки, м/с	Відстань поміж клітями, м	Максимальний допустимий обтиск, %	Допустимі зусилля, мН	Допустимі моменти, кМм	Потужність двигунів, кВт
	робочих	опорних						
1 кв.	950..900	1350...1250	1,25	10,15	30	25	150	4000
2 кв.	950...900	1350...1250	1,25	18,6	35	25	150	4000
3 кв.	850...800	1250...1170	2,27	22,98	30	25	110	4000
4 кв.	850...800	1250...1170	2,27	35,42	35	25	110	4000
5 кв.	850...800	1250...1170	2,8	53	40	25	90	4000
6 кв.	650...615	1300...1280	1,32...2,5	105,72	50	20	85	5000
7 кв.	650...615	1300...1280	1,9...3,6	5,8	50	20	70	5000
8 кв.	650...615	1300...1280	3,75...8,15	5,8	45	20	70	7000
9 кв.	650...615	1300...1280	3,75...8,15	5,8	40	20	70	5000
10 кв.	630...615	1300...1280	5,95...9,5	5,8	30	20	70	7000
11 кв.	650...615	1300...1280	5,95...9,5	5,8	20	20	70	5000

Максимальна швидкість прокатки останньої кліті 12,5 м/с. Привід клітей індивідуальний через редуктор і шестеренну кліть для клітей № 1-№ 6 і тільки через шестеренних кліть для клітей № 7-№ 10.,

Характеристика клітей № 2-№ 4 та № 4а з вертикальними валками: діаметр валка 700- 800 мм, довжина 250 мм. Максимальний розтвір валків 1550 мм, мінімальний 600 мм. Швидкість установки валків 8 мм/с. Привід валків здійснюється від 300-кВт електродвигуна (750 + 1000 об/хв), натискного пристрою - від 15-кВт електродвигуна (685 об/хв).

Валки охолоджуються водою тиском 0,3-05 МПа. Допустима температура нагріву робочих валків при прокатці 75-80 °С. Опорні валки клітей № 1, № 2 змінюють за допомогою перевалочних машин, а клітей № 3-№ 10 - з використанням перевалочної скоби. Чорновий окаліноломач міняють два-три рази на місяць, робочі валки клітей № 1, № 2 - через п'ять діб, кліті № 3 - через дві доби, кліті № 4 - через п'ять змін, кліті № 4а - через чотири зміни, клітей № 5-№ 10 - не рідше разу на зміну, опорні валки - через 20- 30 діб, чистовий окаліноломач - не рідше разу на місяць, вертикальні валки - раз на три місяці.

Перед і за чорновим окаліноломачем, а також за клітями № 2-№ 4 і чистовим окаліноломачем встановлені колектори води високого тиску, якою збивається окалина з розкату. Тиск води $\geq$ 8 МПа при роботі всіх колекторів.

Швидкість прокатки, м/с: в чорновому окаліноломачі - 0,99, в клітях № 1 і № 2 - 1,25, в клітях № 3 та № 4 - 2,27, в кліті № 4а - 2,8.

При виході з чорнової групи штаба транспортується рольгангом до чистової групи клітей. [3]

Перед і за чистовий групою клітей встановлені летючі ножиці із зусиллям різу 78,5 кН (максимально розрізаємий перетин 28×1550 мм). Проектна швидкість прокатки, м/с: в чистовому окаліноломачі 0,8-1,22, в кліті №5 1,32 -2,5, в кліті № 6 1,9 -3,6, в клітях № 7 та № 8 3,75 - 8,15, в кліті № 9 5,95 - 11,2, в кліті № 10 5,95 - 12,5.

Приблизний режим максимальних допустимих обтиснень штаб наведено в таблиці 1.4.

За чистовою групою робочих клітей розташовано душируючий пристрій загальною довжиною 60 м.

Таблиця 1.4 - Режими максимально допустимих обтиснень

Кліті	ε_{max}, % штаб шириною, мм	
	≤1250	>1250
Чорновий окалиноломач	15,8	15,3
№1	30,0	28,7
№2	37,6	36,8
№3	27,5	25,5
№4	33,3	29,3
№4а	35,7	31,1
№5	45	42
№6	45	40
№7	40	35
№8	40	32
№9	25	20
№10	16	12

Стан обладнаний п'ятьма моталками: трьома - для змотування штаб товщиною 1,2- 10,0 мм, шириною 700-1500 мм і двома - для змотування штаб товщиною 4-14 мм, шириною - 800-1540 мм.

Характеристика трьох перших моталок: швидкість намотування штаби 6,25-12,5 м/с, максимальна маса рулону 8,5 т, максимальний зовнішній діаметр рулону 1300 мм, діаметр барабана моталок 700 мм, довжина барабана 2350 мм, діаметр тягнучих роликів 900/500 мм, довжина бочки 1700 мм, діаметр формуючих роликів 300 мм, довжина бочки 1700 мм, максимальний хід роликів 350 мм. Привід барабана моталок здійснюється від 180-кВт електродвигуна (750/1500 об/хв), передавальне число редуктора приводу обертання барабана i = 4,38.

Характеристика двох останніх моталок: швидкість намотування штаби 6,25-15 м/с, максимальна маса рулонів 15 т, максимальний зовнішній діаметр рулону 1650 мм, діаметр барабана моталок 350 мм.

У комплекс кожної моталки входить кантувач, який призначений для зняття рулонів з барабана моталки і подачі їх на приймач конвеєра у моталок. Час кантування 15 с. Характеристика конвеєра рулонів у моталок: швидкість руху ланцюга 0,05- 0,1 м / с, привід від 16-кВт електродвигуна (690/1320 об/хв).

1.3.3 Обладнання і технологія оброблення готового прокату

Рулони від моталок передаються по конвеєру на склад рулонів. На конвеєрі встановлені 10-т ваги. У конвеєра рулони знімаються 30/15- або 10/10-т мостовими кранами і вкладаються поплавочно на складі де охолоджуються до < 200 °С.

Штаби розрізають на листи на агрегатах поперечного різання № 1 та № 2 сортують в лінії агрегатів різання або на стелажах в залежності від вимог замовлення і стану поверхні. Агрегат поперечного різання № 1 призначений для порізки на листи (1,2 -4,0) × (600-1500) × (1500 -6000) мм; агрегат № 2 - для порізки на листи (3 -8) × (700 -1500) × (2000-7000) мм.

У комплект кожного агрегату входять наступні однакові пристрої і машини:

- приймальний роликовий конвеєр з індивідуальним приводом від 75-кВт електродвигуна МТКВ 22-Б (900 об/хв);

- кантувач для кантування рулонів з вертикального положення в горизонтальне і передачі до поворотного столу з приводом від 16-кВт електродвигуна МТ-42-8 (720 об/хв) і швидкістю обертання барабана 2,5 об/хв;

- поворотний стіл з гідравлічним механізмом підйому для розвороту рулону і передачі на скидач, кут повороту столу 180°, привід від 7,5-кВт електродвигуна МТК-22-Б (905 об/хв);

- скидач рулонів з поворотного столу на приймальний стіл розмотувача; привід пневматичний, робочий тиск в циліндрі 5 МПа, швидкість підйому 0,2 м/с, робочий хід 1м;

- розмотувач рулонів з відгиначем кінця штаби, заправна швидкість 0,5 м/с, швидкість розмотування штаби 0,5-2,5 м/с;

- правильна машина з вигиначем штаби, забезпечена п'ятьма робочими роликами діаметром 215 мм, довжиною 1700 мм, що приводиться від 400-кВт електродвигуна МПС-540-1000 (1000 об/хв); діаметри роликів, мм: малих тягнучих вигинача 350, гибочних 100-150, головних тягнучих 480, правильних 215; привід вигинача від 3,5-кВт електродвигуна МТК-1М (875 об/хв);

- гільйотинні ножиці з нижнім різом, зусиллям різання 294 кН; перетин розрізаючої штаби (1,2 - 8,0) × 1550мм, 15 різів на хвилину.

Головна лінія дрессирувальної кліті. Діаметр робочих валків 450 мм, опорних 1200 мм, довжина бочки валків 1700 мм, окружна швидкість валків 0,5-2,5 м/с. Привід здійснюється від 400-кВт електродвигуна МПС-540-1000 (1000 об/хв).

Тягнучі ролики подають штаби до дискових ножиць. Тягнуче зусилля регулюється в межах 9,8-39 кН, діаметр роликів 350 мм, довжина бочки 1700 мм.

У агрегат поперечного різання № 1 також входять:

- стіл петлевий довжиною 6900 мм, шириною 3090 мм; дискові ножиці зі швидкістю різання 1,25-2,5 м/с;

- 17-ролікова правильна машина (діаметр роликів 120 мм, максимальний перетин штаби для правки 4,0×1500 мм, швидкість правки 1,6-3,2 м/с, привід здійснюється від 130-кВт електродвигуна МП-32А (875 об/хв);

- летючі ножиці з максимальним зусиллям різу 98 кН, максимальні розміри розрізаємої штаби 4,0×1500×6000 мм. Швидкість руху штаби 1,25-2,0 м/с;

- транспортний рольганг для подачі листів до 17-роликової правильній машини, швидкість руху листа 1,25-3,0 м/с;

- листоправильна машина і машина, встановлена перед ножицями, мають однакову характеристику;

- листовкладальник шнековий для дисків розмірами (1,2-4)×1500×6000 мм з підйомним столом і транспортером. Максимальна маса пакета 15 т, швидкість укладання листів 1,6-3,2 м/с, швидкість транспортування пакету 0,5 м/с.

В агрегат поперечного різання № 2 входять;

- 11-роликова правильна машина (діаметр робочих і опорних роликів 150 мм, довжина бочки робочих роликів 1700 мм, опорних 280 мм, привід від 400-кВт електродвигуна МПС -540-1000 (1000 об/хв);

- летючі ножиці з максимальним зусиллям різу 981 кН, максимальна товщина розрізаємої штаби 8 мм;

- машина для промаслювання листів з двома насосами продуктивністю по 12 л/хв (робоча рідина - індустріальне масло).

Агрегат розпуску рулонів № 3 складається з:

- конвеєра для приймання рулонів і подачі їх до кантувача з довжиною рольганга 12,38м, шириною 2,36 м і швидкістю транспортування 9 м/хв;

- кантувача для кантування рулонів з вертикального положення в горизонтальне зі швидкістю обертання барабана 2,5 об/хв;

- рольганга з ланцюговим подавачем для транспортування рулону в горизонтальному положенні до скидувача з довжиною рольганга 20,2 м, шириною 2,8 м, ухилом рольганга 4%, швидкістю транспортування 6,5 м/хв;

- зкидача рулонів з подаючого рольганга для передачі в розмотувач зі швидкістю підйому зкидача 0,2 м / с;

- розмотувача з заправної швидкістю 0,5 м/с, швидкістю розмотування штаби 0,5-2,5 м/с;

- тягнучих роликів для задачі штаби в правильну машину з тягнучим зусиллям 14,7-19,6 кН, швидкістю руху штаби 1,25-2,5 м/с, приводом від 32-кВт електродвигуна ДП-32 (760 об/хв);

- 11-роликової правильної машини з діаметром опорних і робочих роликів 150 мм, шагом роликів 160 мм, приводом від 400-кВт електродвигуна МПС-540-1000 (1000 об/хв);

- ножиць з нижнім різом для обрізки переднього і заднього кінців штаби , зусиллям різу 294 кН (максимальний перетин розрізаємої штаби 8,0×1550 мм), 15 різів за хвилину;

- дискових ножиць з кромкокрошітелем для розпуску штаби, швидкістю проходження 0,5-2,5 м/с, діаметром дискових ножів 650-575 мм (ширина штаб після розпуску 100 - 1480 мм);

- пристрої для завдання штаб в моталку для розділення розрізаних штаб перед змотуванням їх на барабан моталки і створення додаткового натягу, що забезпечує більш щільне змотування рулонів (максимальне число задаваємих штаб 15, швидкість руху штаб 1,7-2,5 м/с)

- намотувального пристрою для змотування зі швидкістю 0,7-2,5 м/с окремих штаб в рулони і знімання намотаних рулонів з барабана діаметром 750 мм.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. РЕЖИМУ ДЕФОРМАЦІЇ ШТАБИ ТА ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОКАТКИ НА ШСГП 1700

Розрахунок режиму деформації штаби та енергосилових параметрів прокатки на ШСГП 1700

Розрахунок режиму деформації та енергосилові параметри прокатки.

Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів штаби 1,8х1300 мм із сталі 08кп.

Для прокатки штаб з розмірами 1,8х1300 мм товщину проміжного розкату приймаємо $h_{пр}$=30 мм (товщина розкату після чорнової групи). Розподіл обтисків Δh_i по чорновим клітям стану попередньо встановити з умови, що в чорновій групі сумарний обтиск знаходиться в межах $\varepsilon_{\Sigma чр}$=(0,86…0,875).

Величина сумарного обтиску в чорновій групі клітей дорівнює[9]:

$$\Delta h_{\Sigma}=H_{сл} - h_{пр}, \quad (2.1)$$

$$\Delta h_{\Sigma}=190 - 30 = 160 \text{ мм};$$

Обтиск у першій кліті дорівнює:

$$\Delta h_1 = 0{,}082 + 0{,}08(5 - n_i)^{0{,}68} \cdot \Delta h_{\Sigma}. \quad (2.2)$$

5 – кількість клітей в чорновій групі;

n_i – номер кліті чорнової групи.

$$\Delta h_1 = 0{,}082 + 0{,}08(5 - 1)^{0{,}68} \cdot 160 = 46\,мм.$$

$$h_1 = H_{сл} - \Delta h_1\ ; \quad (2.3)$$

$$h_1 = 190 - 46 = 144\,мм.$$

$H_2 = h_1$= 144 мм

Відносний обтиск дорівнює:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta h_1}{h_1} \cdot 100\%; \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_1 = \frac{46}{144} \cdot 100\% = 32\%.$$

Температура до першої кліті чорнової групи дорівнює 1180° С. Щоб визначити температуру в 1-5 клітях чорнової групи треба визначити падіння температури.

Падіння температури в клітях чорнової групи визначається за формулою (по М. Крейдлину)[6]:

$$\Delta t \approx 0{,}0021 \cdot \left(\frac{t_{i-1}+273}{100}\right)^4 \cdot \frac{\tau_{i-1}}{h_{i-1}} \quad (2.5)$$

t_{i-1} – температура метала в попередньому проході, ^{0}C;

τ_{i-1} – машинний час прокатки в попередньому проході та час паузи;

h_{i-1} – товщина розкату перед кліттю, мм.

$$\tau_{i-1} = \frac{L_{i-1}}{v_{i-1}} \quad (2.6)$$

L_{i-1} – відстань між окалиноломачем і кліттю; v_{i-1} – окружна швидкість валків вертикального окалиноломача.

$$\tau_1 = \frac{10{,}15}{1{,}25} = 8{,}12\,c$$

$$\Delta t_1 \approx 0{,}0021 \cdot \left(\frac{1180+273}{100}\right)^4 \cdot \frac{8{,}12}{190} \approx 4°C$$

В результаті охолодження сляба на гидрозбиві, його температура знижується на 10^0C, тоді:

$$t_1 = t_1 - \Delta t_1; \quad (2.7)$$

$$t_1 = 1180 - 14 = 1166°C.$$

$$\Delta t_2 \approx 0{,}0021 \cdot \left(\frac{1166 + 273}{100}\right)^4 \cdot \frac{7{,}2}{144} \approx 9°C$$

Тобто температура в послідуючій кліті дорівнює:

$$t_2 = t_1 - \Delta t_1; \quad (2.8)$$

$$t_2 = 1166 - 9 = 1157°C.$$

Для інших клітей чорнової групи розрахунок усіх параметрів проводиться аналогічно.

Розрахуємо швидкісний режим прокатки для чорнової групи.

Перші дві кліті чорнової групи прокатують розкат в періодичному режимі. Окружна швидкість в клітях 1 і 2 вказана у відповідності з характеристикою стану: v_1=1,25 м/с, v_2=1,25 м/с. А в останній четвертій кліті чорнової групи v_4=3 м/с. На підставі закону сталості секундних об´ємів металу (при випереджені S=const) визначаємо швидкість в попередніх клітях за формулою (розширення Δb=0).

$$v_{i-1} = v_i \cdot \frac{h_i}{h_{i-1}} \quad (2.9)$$

де – v_i та h_i - час прокатки і товщина полоси в даній кліті неперервної групи; v_{i-1} та h_{i-1} – швидкість та товщина полоси в попередній кліті неперервної групи.

Для третьої кліті чорнової швидкість розраховується:

$$v_3 = 2{,}11 \cdot \frac{44}{70} = 1{,}33 \frac{м}{с}.$$

В чистовій групі кінцеву швидкість прокатки приймаємо: v_{12}=20 м/с

Тоді в інших клітях чистової групи швидкість прокатки визначаємо так:

$$v_{11} = 20 \cdot \frac{1,8}{2,41} = 14,9 \frac{м}{с}.$$

Всі параметри режиму деформації чорнової та чистової груп представлені в таблиці (2.1).

Таблиця 2.1 Режим деформації полоси 1,8х1300 мм із ст.08КП:

№ клети	H, мм	h мм	Δh мм	ε %	v м/с	t^0C перед. кінець
Чорнова група						
1	190	144	46	32	1,25	1166
2	144	104	40	38	1,25	1157
3	104	70	34	49	1,33	1142
4	70	44	26	59	2,11	1122
5	44	31	13	42	3	1090
Чистова група						
6	31	18	13	42	2	981
7	18	9,92	8,08	45	3,6	965
8	9,92	5,89	4,03	41	6,1	955
9	5,89	4,08	1,81	31	8,8	949
10	4,08	3,17	0,91	22	11,4	944
11	3,17	2,41	0,76	24	14,9	941
12	2,41	1,8	0,61	13	20	938

Розрахунок енергосилових параметрів прокатки [9].

Кліть 1. Довжина дуги контакту, фактор форми осередок деформації та швидкість деформації дорівнюють:

$$l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h_1} \qquad (2.10)$$

де R – радіус валків.

В чорновій групі діаметр валків дорівнює 900 мм, тобто R=D/2=450 мм.

$$l_{d_1} = \sqrt{450 \cdot 46} = 144 \text{ мм};$$

$$h_{ср_1} = 0{,}5 \cdot (H_1 + h_1); \quad (2.11)$$

$$h_{ср_1} = 0{,}5 \cdot (190 + 144) = 167 \text{ мм};$$

$$\frac{l_{d_1}}{h_{ср_1}} = \frac{144}{167} = 0{,}86;$$

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d}; \quad (2.12)$$

$$u_1 = \frac{1250 \cdot 0{,}32}{144} = 2{,}78c^{-1}$$

Напруга течії металу (сталь марки ст.08КП) визначаємо за величиною вуглецевого еквіваленту в залежності від швидкості деформації і групи марки сталі.

Таблиця 2.2 Хімічний склад сталі 08КП

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,005-0,12	0,03	0,25-0,5	до 0,3	0,04	0,035	до 0,1	до 0,3	0,08

А вуглецевий еквівалент дорівнює:

N=0,1+0,03+0,3+0,3+0,04+0,035+0,1+0,3+0,08=1,285

Базова напруга течії дорівнює:

$$\sigma_{T_\delta} = 80 + 25\left[1 - \left\{\frac{5 - N_1}{4{,}5}\right\}^{1{,}8}\right] \quad (2.13)$$

$$\sigma_{T_\delta} = 80 + 25\left[1 - \left\{\frac{5 - 1{,}285}{4{,}5}\right\}^{1{,}8}\right] = 104{,}2 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_{t_1} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{t}{400} - 2\right)^{0{,}7} \quad (2.14)$$

$$k_{t_1} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1166}{400} - 2\right)^{0{,}7} = 0{,}626$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0{,}43 \cdot [1 - 6{,}3 \cdot (0{,}5 - \varepsilon)^2]; \quad (2.15)$$

$$k_{\varepsilon 1} = 1 + 0{,}43 \cdot [1 - 6{,}3 \cdot (0{,}5 - 0{,}32)^2] = 1{,}34.$$

$$k_u = 0{,}22 + 0{,}072 \cdot (7 + lnu) \quad (2.16)$$

$$k_{u_1} = 0{,}22 + 0{,}072 \cdot (7 + ln2{,}78) = 0{,}798.$$

Напруження течії:

$$\sigma_\text{T} = \sigma_{\text{T}_\delta} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u \quad (2.17)$$

$$\sigma_{\text{T}_1} = 104{,}2 \cdot 0{,}626 \cdot 1{,}342 \cdot 0{,}798 = 69{,}9 \text{ Н/мм}^2$$

Температура розкату в кліті 1 t=1166^{0}C, твердість валків 45 HSD, швидкість прокатки v_1=1,25 м/с и v_2=1,25 м/с. Коефіцієнт тертя розрахуємо за формулою (2.28) при $k_{ОК}$=1,0; $k_в$=1,1; $k_м$=1,0; $k_{см}$= 1,0: (валки зношені, полоси зі сталі 0,8КП, охолоджена водою):

$$f = f_0 \cdot k_\text{В} \cdot k_\text{Т} \cdot k_\text{м} \cdot k_\text{см} \cdot k_\text{е} \cdot k_v \cdot k_\text{ОК} \quad (2.18)$$

Коефіцієнти f_0, $k_т$, k_v, k_e в першій кліті розраховуються за формулами:

$$f_0 = 0{,}27 - 0{,}1\left[\left(\frac{t}{400}\right) - 2\right]^2 ; \quad (2.19)$$

$$f_{01} = 0{,}27 - 0{,}1\left[\left(\frac{1166}{400}\right) - 2\right]^2 = 0{,}186$$

$$k_\text{т} = 1 + 0{,}43\left(1 - \frac{HSD}{65}\right)^2 ; \quad (2.20)$$

$$k_{\text{т}1} = 1 + 0{,}43\left(1 - \frac{45}{65}\right)^2 = 1{,}04;$$

$$k_v = 0{,}76 + 0{,}82(1 - 0{,}1v)^2 ; \quad (2.21)$$

$$k_{v1} = 0{,}76 + 0{,}82(1 - 0{,}1 \cdot 1{,}25)^2 = 1{,}39;$$

$$k_e = 0{,}85 + 0{,}5 \cdot \varepsilon; \quad (2.22)$$

$$k_e = 0{,}85 + 0{,}5 \cdot 0{,}32 = 1{,}01;$$

$$f_1 = 0{,}186 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}04 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}01 \cdot 1{,}39 \cdot 1 = 0{,}28.$$

Показник тертя знаходимо з формули:

$$f_{\text{п}} = f \cdot (0{,}92 + 1{,}27 \cdot \varepsilon); \quad (2.23)$$

$$f_{\text{п}} = 0{,}28 \cdot (0{,}92 + 1{,}27 \cdot 0{,}32) = 0{,}37.$$

Середнє нормальне напруження в очазі деформації розраховується за формулою:

$$\text{p}_{\text{ср}} = 1{,}15 \cdot \sigma_{\text{T}} \left(1 + 0{,}145 \cdot \frac{l_d}{h_{\text{ср}}}\right)\left[1 + (1{,}1 - \frac{l_d}{h_{\text{ср}}})^2\right]; \quad (2.24)$$

$$\text{p}_{\text{ср}} = 1{,}15 \cdot 69{,}9(1 + 0{,}145 \cdot 0{,}86)[1 + (1{,}1 - 0{,}86)^2] = 95{,}5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}.$$

Сила прокатки дорівнює:

$$\text{P} = \text{p}_{\text{ср}} \cdot l_d \cdot B; \quad (2.25)$$

$$\text{P} = 95{,}5 \cdot 0{,}144 \cdot 1{,}3 = 17{,}9\text{МН}.$$

Визначимо крутний момент прокатки на одному валку і знаходимо коефіцієнт положення рівнодіючій по формулі:

$$\text{M} = \psi \cdot \text{P} \cdot l_d; \quad (2.26)$$

$$\psi = 0{,}51 \cdot (\frac{l_d}{h_{\text{ср}}})^{-0{,}10} \text{ – при } l_{\text{d}}/\text{h}_{\text{ср}} \leq 3{,}5;$$

$$\psi = 0{,}51 \cdot 0{,}86^{-0{,}10} \approx 0{,}518;$$

$$\text{M} = 0{,}518 \cdot 17{,}9 \cdot 0{,}144 = 1{,}33 \text{ Мн} \cdot \text{м}.$$

Момент тертя в шийці валків кліті дуо дорівнює:

$$M_{тр1} = P \cdot f_п \cdot d_ш; \quad (2.27)$$

$f_п$ – коефіцієнт тертя в підшипниках (в підшипниках рідкого тертя =0,003);

$d_ш$ – діаметр шийки=1000мм.

$$M_{тр1} = 17,9 \cdot 0,003 \cdot 1 = 0,053 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Момент тертя в деталях головної лінії стана визначаємо з виразу:

$$M_{тр2} = \left(\frac{1}{\eta\sum} - 1\right) \cdot (2M + M_{тр1}), \quad (2.28)$$

$\eta\sum$ - сумарний коефіцієнт корисної дії передачі двигун – валки ($\eta\sum$=0,9).

Маємо:

$$M_{тр2} = \left(\frac{1}{0,9} - 1\right) \cdot (2,66 + 0,053) = 0,30 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент діючий, при прокатці розкату, дорівнює (на два валки):

$$M_{пр} = 2M + M_{тр1} + M_{тр2}, \quad (2.29)$$

$$M_{пр} = 2,66 + 0,053 + 0,3 = 3,02 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

Момент приведений до валу двигуна

$$М_{ДВ} = \frac{М_{пр}}{i}, \quad (2.30)$$

де i – передаточне відношення передачі двигун – валки (i=13)

$$М_{ДВ} = \frac{3,02}{13} = 0,23\ МН \cdot м.$$

Номінальний момент на валу двигуна визначимо з виразу:

$$М_{ном} = 0,975\frac{N_{ДВ} \cdot \eta\Sigma}{n \cdot 10^2}, \quad (2.31)$$

Число обертів двигуна знаходимо з формули:

$$n_{ДВ} = 60 \cdot v_1 \cdot \frac{i}{\pi \cdot D}; \quad (2.32)$$

$$n_{ДВ} = 60 \cdot 1,25 \cdot \frac{13}{3,14 \cdot 0,90} = 345\frac{об}{хв};$$

$$М_{ном} = 0,975\frac{5000 \cdot 0,9}{345 \cdot 10^2} \approx 0,102\ МН \cdot мм.$$

Кофіцієнт перевантаження двигуна за моментом складе:

$$k_п = \frac{М_{ДВ}}{М_{ном}}; \quad (2.33)$$

$$k_п = \frac{0,23}{0,102} = 2,28.$$

Фактична необхідна розрахункова потужність на валу двигуна для двох валків з формули дорівнює:

$$N_{\text{дв}} = 960 \cdot \text{М}_{\text{пр}} \cdot \frac{V}{R}; \quad (2.34)$$

$$N_{\text{дв}} = 960 \cdot 3{,}02 \cdot \frac{1{,}25}{0{,}45} = 8044 \text{ кВт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для всіх клітей чорнової групи.

Проводиммо розрахунок для чистової групи.

Кліть 6. В чистові групі діаметр валків дорівнює 800 мм, тобто R=D/2=400 мм.

Довжина дуги контакту, фактор форми очага деформації та швидкість деформації дорівнюють:

$$l_{d_6} = \sqrt{400 \cdot 13} = 72 \text{ мм};$$

$$h_{\text{ср6}} = 0{,}5 \cdot (31 + 18) = 24{,}5;$$

$$\frac{l_{d_6}}{h_{\text{ср}_6}} = \frac{72}{24{,}5} = 2{,}94;$$

$$u_6 = \frac{2000 \cdot 0{,}42}{72} = 11{,}65c^{-1}$$

А вуглецевий еквівалент дорівнює:

N=0,1+0,03+0,3+0,3+0,04+0,035+0,1+0,3+0,08=1,285

Базова напруга течії дорівнює:

$$\sigma_{\text{Т}_\delta} = 80 + 25\left[1 - \left\{\frac{5-1{,}285}{4{,}5}\right\}^{1{,}8}\right] = 104{,}2.$$

$$k_{t_6} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{981}{400} - 2\right)^{0{,}7} = 1{,}028.$$

Кофіцієнт k_ε залежить від відносного обсягу. Дивлячись з розрахунків з таблиці (2.1) ε>0,1, то k_ε розраховується за формулою:

$$k_\varepsilon = 1 + 0{,}43 \cdot [1 - 6{,}3 \cdot (0{,}5 - 0{,}42)^2] = 1{,}413.$$

$$k_u = 1{,}03 + 0{,}1 \cdot (lnu - 2.3)^{1.5};$$

$$k_{u_б} = 1{,}03 + 0{,}1 \cdot (ln11{,}65 - 2{,}3)^{1{,}5} = 1{,}036.$$

Напруження течії:

$$\sigma_{тб} = 104{,}2 \cdot 1{,}028 \cdot 1{,}413 \cdot 1{,}036 = 156{,}8 \text{ Н/мм}^2.$$

Приймаємо орієнтовно температуру розкату в кліті 6 приблизно t= 981^0C, твердість валків чистової групи 65 HSD, швидкість прокатки в кожній кліті чистової групи записано в таблиці (2.1) Коефіцієнт тертя розрахуємо при $k_{ОК}$=1,0; $k_в$=1,1; $k_м$=1,0; $k_{см}$= 1,0: (валки зношені, полоси зі сталі 0,8КП, охолоджена водою):

Коефіцієнти f_0, $k_т$, k_v, k_e та коефіцієнт тертя в першій кліті чистової групи розраховуємо аналогічно до клітей чорнової групи.

Показник тертя знаходимо з формули:

$$f_п = 0{,}35 \cdot (0{,}92 + 1{,}27 \cdot 0{,}42) = 0{,}51.$$

Середнє нормальне напруження в очазі деформації дорівнює:

$$p_{ср} = 156{,}8(1 + 0{,}48 \cdot 0{,}51 \cdot 2{,}94) = 269{,}1 \text{ Н/мм}^2$$

Сила прокатки дорівнює:

$$P_б = 269{,}1 \cdot 0{,}072 \cdot 1{,}3 = 25{,}2 \text{ МН}.$$

Визначимо крутний момент прокатки на одному валку і знаходимо коефіцієнт положення рівнодіючій по формулі:

$$M = \psi \cdot P \cdot l_d;$$

$$\psi = 0{,}51 \cdot \left(\frac{l_d}{h_{ср}}\right)^{-0{,}10}$$

$$\psi = 0{,}51 \cdot 2{,}94^{-0{,}1} \approx 0{,}458;$$

$$M_6 = 0{,}458 \cdot 25{,}2 \cdot 0{,}072 = 0{,}831 \text{ Мн} \cdot \text{м}.$$

Момент тертя дорівнює:

$$M_{тр1} = 25{,}2 \cdot 0{,}003 \cdot 1 = 0{,}047 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Момент тертя в деталях головної лінії стана визначаємо з виразу:

$$M_{тр2} = \left(\frac{1}{0{,}9} - 1\right) \cdot (1{,}66 + 0{,}047) = 0{,}188 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент діючий, при прокатці розкату, дорівнює (на два валки):

$$M_{пр} = 2M + M_{тр1} + M_{тр2},$$

$$M_{пр} = 1{,}66 + 0{,}047 + 0{,}188 = 1{,}8 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_{ДВ} = \frac{M_{пр}}{i},$$

$$M_{ДВ} = \frac{1{,}8}{15{,}5} = 0{,}12 \text{ МН} \cdot \text{м}.;$$

$$n_{ДВ6} = 60 \cdot 2 \cdot \frac{15{,}5}{3{,}14 \cdot 0{,}8} = 740 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

$$M_{ном} = 0{,}975 \frac{4000 \cdot 0{,}9}{740 \cdot 10^2} \approx 0{,}059 \text{ МН} \cdot \text{мм}.$$

$$N_{дв} = 960 \cdot 1{,}8 \cdot \frac{2}{0{,}800} = 9113 \text{ кВт.}$$

Аналогічно проводимо розрахунок для всіх клітей чистової групи. Данні заносимо до таблиці (2.3).

Таблиця 2.3 Геометричні та силові параметри прокатки.

Розрахунок енеросилових параметрів прокатки								Розрахунок (для двух валків)	
№ клітей	ℓd, мм	ℓd/hcp	σф, Н/мм^2	f	pcp, Н/мм^2	P, МН	ψ	M∑, МН*м	N, кВт
чорнова група									
1	144	0,86	69,9	0,28	95,5	17,9	0,518	3,02	8044
2	134	1,08	76,2	0,29	92,1	16,1	0,506	2,46	6552
3	117	1,34	85,1	0,29	110,1	16,7	0,495	2,18	6972
4	102	1,79	94,9	0,28	133,4	17,7	0,481	1,97	9964
5	72	2,09	107,0	0,27	149,9	14,1	0,474	1,10	7891
чистова група									
6	72	2,94	156,8	0,35	269,1	25,2	0,458	1,8	9113
7	57	4,07	180,4	0,3	339,0	25,1	0,443	1,16	10035
8	40	5,08	205,0	0,25	381,6	19,9	0,434	0,65	9586
9	27	5,4	213,0	0,21	368,8	12,9	0,431	0,29	6040
10	19	5,26	205,5	0,22	340,6	12,0	0,432	0,2	5406
11	17	6,25	228,6	0,27	453,8	10,3	0,425	0,16	5619
12	11	5,37	264,4	0,44	434,8	6,4	0,431	0,07	3577

Для порівняння енергосилових параметрів збудуємо графік залежностей параметрів наведених в таблицях:

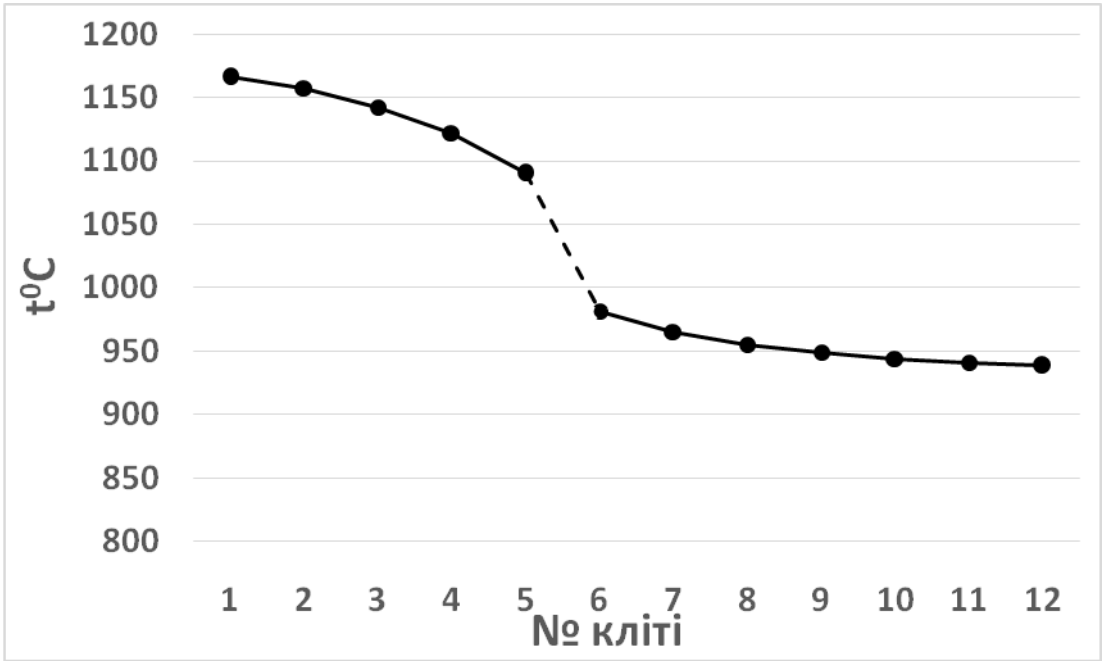


Рис 2.1 Розподіл температури по клітям для переднього кінця.

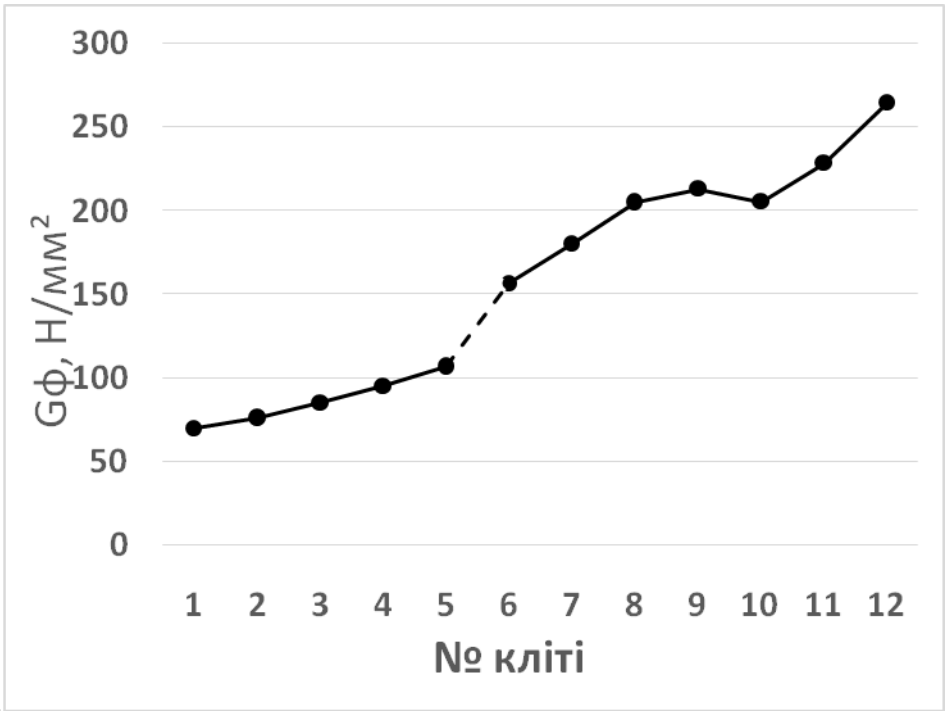


Рис. 2.2 Розподіл опору метала деформації по клітям для переднього кінця.

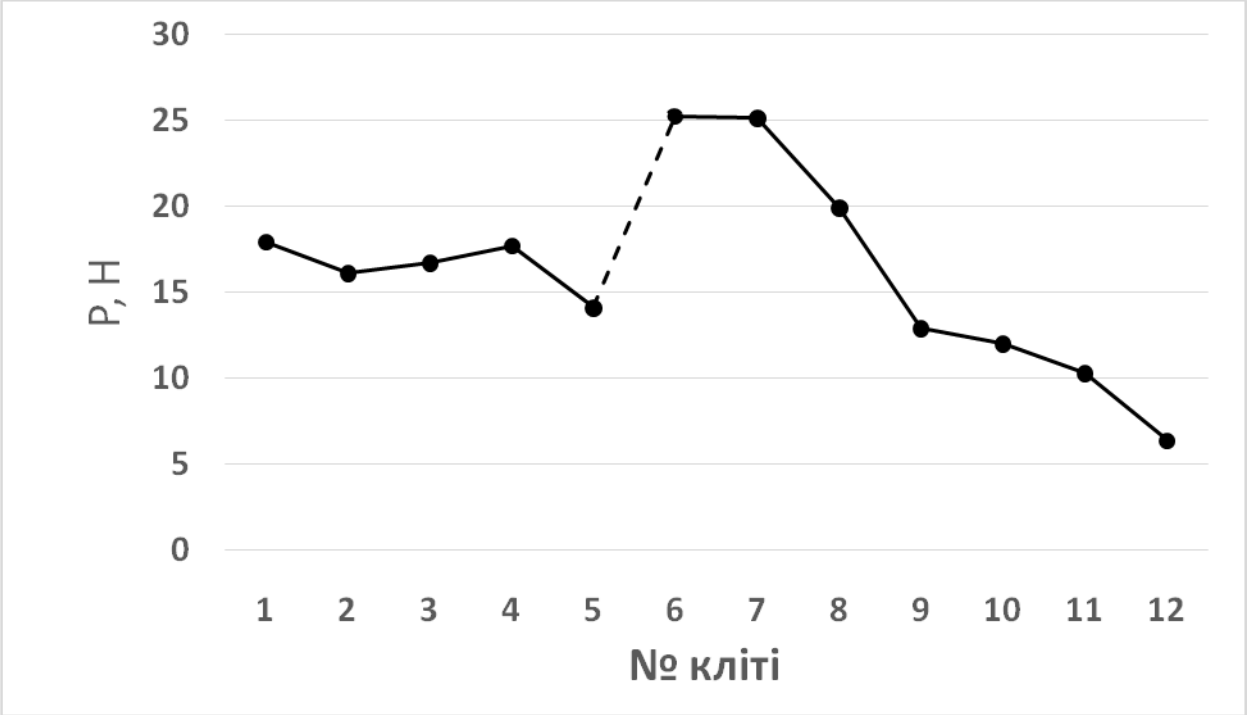


Рисунок 2.3 Розподіл сили прокатки за номером кліті для переднього кінця.

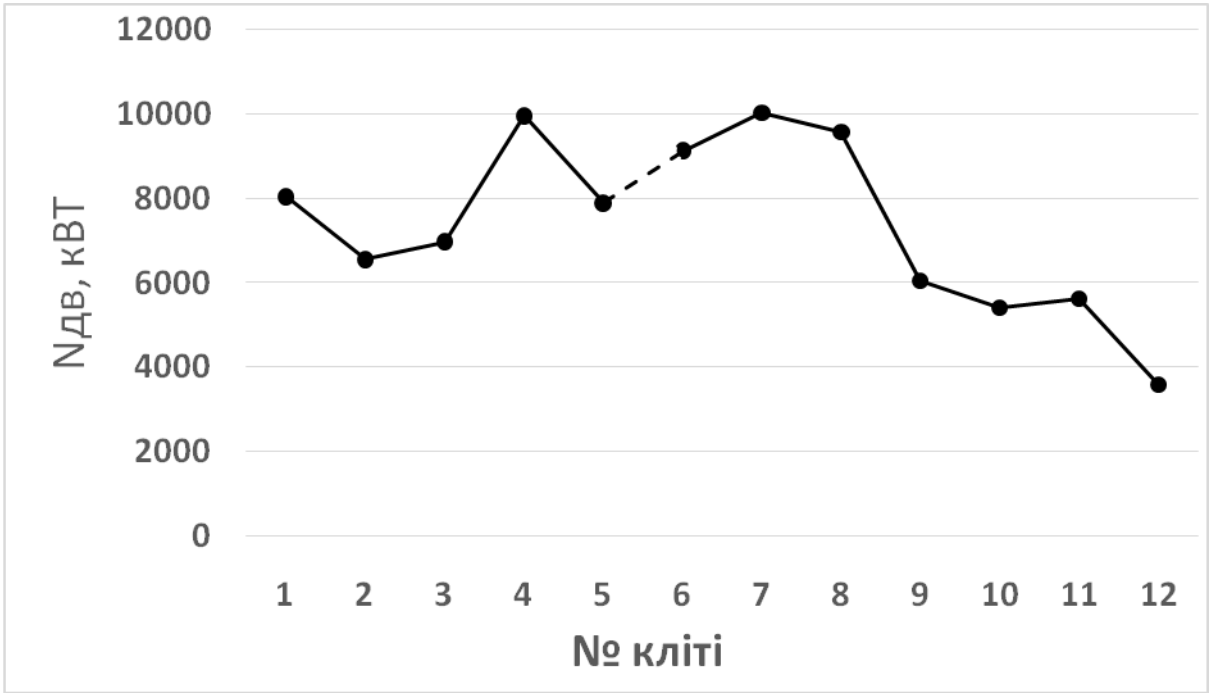


Рисунок 2.4 Розподіл потужності двигуна по клітям для переднього кінця.

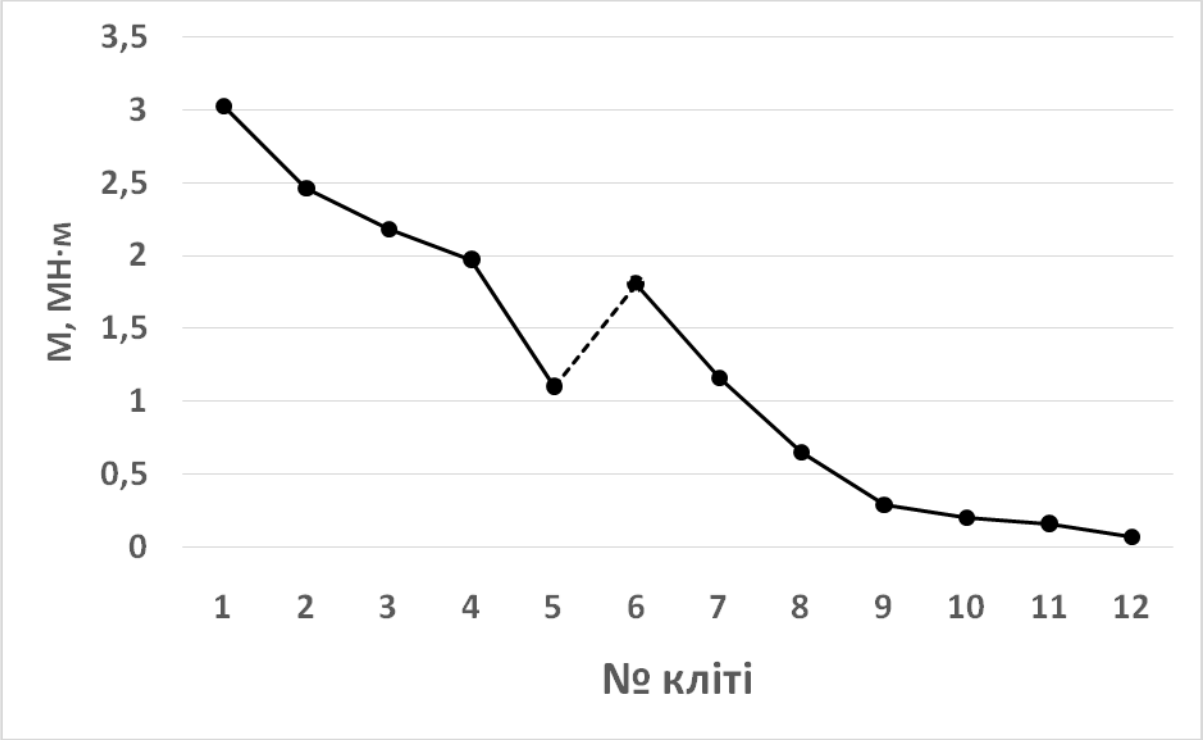


Рис. 2.5 Розподіл моменту прокатки по клітям для переднього кінця.

Проаналізувавши рисунки 2.1-2.5 можна побачити що температура в кожній кліті знижується, це обумовлено тим що при прокатці затрачується час на прохід штаби по клітям і під впливом зовнішніх факторів знижується температура прокатки. На рис 2.2 видно що опір метала деформації збільшується. Це через те що при зменшенні температури розкату зменшується і пластичні властивості метала, а через те метал важче піддається деформації. Сила прокатки зменшується через те що зменшується температура прокатки. На рис 2.5 момент прокатки зменшується через те що момент тертя в шийці валків кліті та момент тертя в деталях головної лінії стана зменшується. На рис 2.4 можна побачити яка фактична необхідна розрахункова потужність на валу двигуна.

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Робочі кліті

Основним робочим органом (інструментом) кожного прокатного стану є валки, що обертаються в підшипниках, встановлених в робочих клітях. Привід валків здійснюється від електродвигуна через проміжні передавальні механізми та пристрої. Механізми та пристрої, призначені, для передачі обертання валками і сприйняття виникають при пластичній деформації (обтисненні) металу зусиль і крутних моментів, складають головну лінію робочої кліті (рис 3.1).

Обладнання, яке входить в головну лінію, складається з робочої кліті 1, передаточних механізмів 2,3,4,5,6 та 7 і головного електродвигуна 3.

Робоча кліть складається з двох масивних сталевих литих станин 12, встановлених на плітовіни 13, прикріплені до фундаменту анкерними болтами 14. У станинах змонтовані подушки з підшипниками і валками 9,10,11, а так само пристрої для переміщення верхнього валка по висоті і його осьової фіксації, направляючі проводки для металу і т.д.[16].

Валки прокатних станів виконують основну операцію прокатки - пластичну деформацію (обтиснення) металу. У процесі деформації металу при обертанні валки сприймають тиск, що виникає при стисненні металу, і передають цей тиск на підшипники.

Валок складається з кількох елементів (рис 3.2): бочки (діаметром D і довжиною L), яка при прокатці безпосередньо стикається з металом, що прокатується; шийок (цапф діаметром d і довгою *l*), розміщених з обох сторін бочки і спираються на підшипники, і кінцевих частин.

Основні розміри валків - їх діаметр і довжину бочки вибирають на підставі практичних даних (залежно від типу і призначення прокатного

стана) і уточнюють відповідним теоретичним аналізом з урахуванням міцності валків на вигин і допустимого прогину при прокатці.

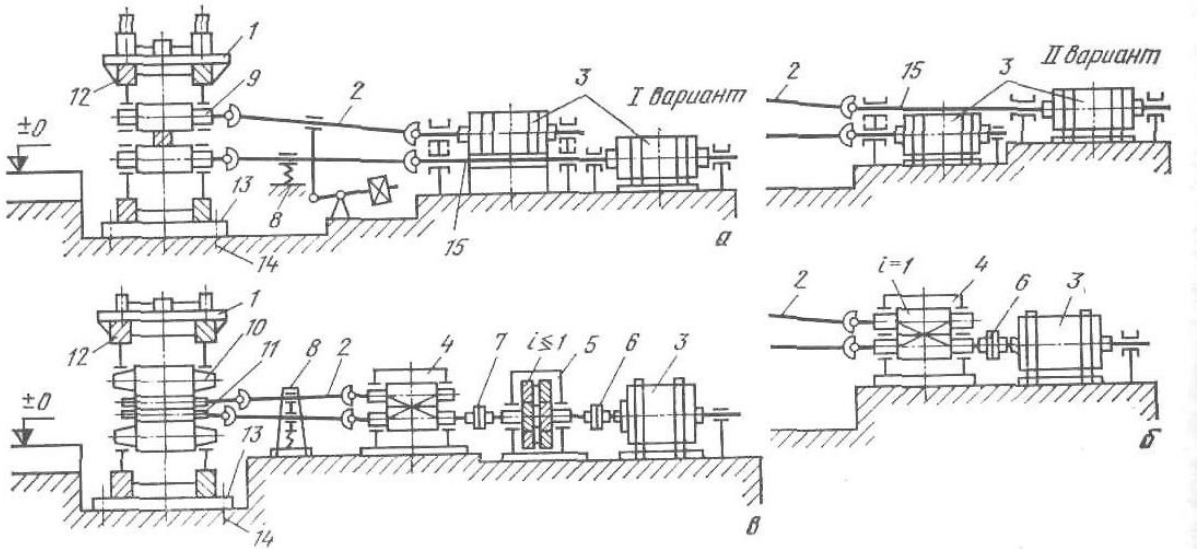


Рис 3.1 Схеми головних ліній прокатних станів

а - безпосередньо індивідуальний привід валків від головних електродвигунів; б- привід валків від електродвигуна через шестеренну кліть; в - привід валків від електродвигуна через редуктор і шестеренну кліть

Для станів гарячої прокатки застосовують валки з вибіленого чавуну і зі сталі марок 50Х і 50ХН.

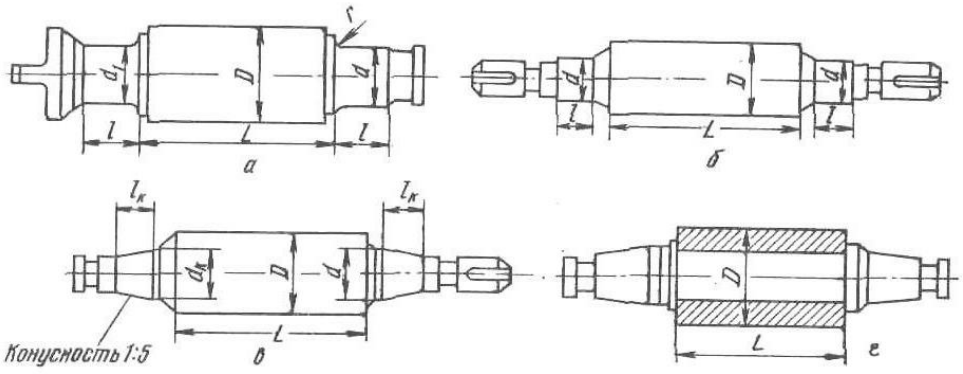


Рис 3.2 Форма валків прокатних станів (калібри умовно не показані)

а - валок з циліндричними шийками для текстолітових підшипників ковзання; б- валок з циліндричними шийками для підшипників кочення; в - валок з конічними шийками для підшипників рідинного тертя; г - валок з бандажованою бочкою.

3.2 Шестеренні кліті

Шестеренні кліті призначені для поділу крутного моменатa та передачі оберту валками стана через універсальні шпинделі. Шестеренні кліті передбачені в усіх прокатних станах, за винятком станів з індивідуальним приводом валків, здійснюваним безпосередньо від двох двигунів (великі блюмінги, слябінги і в деяких випадках товстолистові стани кварто).

У всіх шестеренних клітях приводною від головного двигуна є нижня шестерня (за винятком середньолистових і сортових станів тріо, в яких приводною іноді роблять середню шестерню).

У шестеренних клітях застосовують шестерні з шевронним зубом, без доріжки або з доріжкою в середині, що пояснюється наступним:

а) шестерні працюють, як правило, з досить високими окружними швидкостями 5-20 м/сек і застосування прямих зуб`їв в цьому випадку не рекомендується внаслідок малої плавності їх ходу;

б) застосування косих зуб´їв внесло б ускладнення в конструкцію кліті, так як знадобився б пристрій для сприйняття осьових навантажень;

в) застосування шевронних зуб´їв з доріжкою в середині (для виходу черв'ячної фрези при нарізанні зуб´їв) небажано, оскільки доріжка зменшує корисну ширину шестерні і, отже, зменшує і величину переданого крутного моменту. Однак шестерні з доріжкою простіші і дешевші у виготовленні.

Навантаження шевронних зуб´їв здійснюють або за допомогою спеціальних косозубих долбяків, або пальцевими фрезами. Обробку зуб´їв зазвичай виконують по другому або третьому класу точності. Кут нахилу шевронних зуб´їв на ділильному целиндрі шестерні зазвичай приймають рівним $\beta \approx 30^0$; профільний кут евольвенти в торцевому перерізі $\alpha = 20^0$ [16].

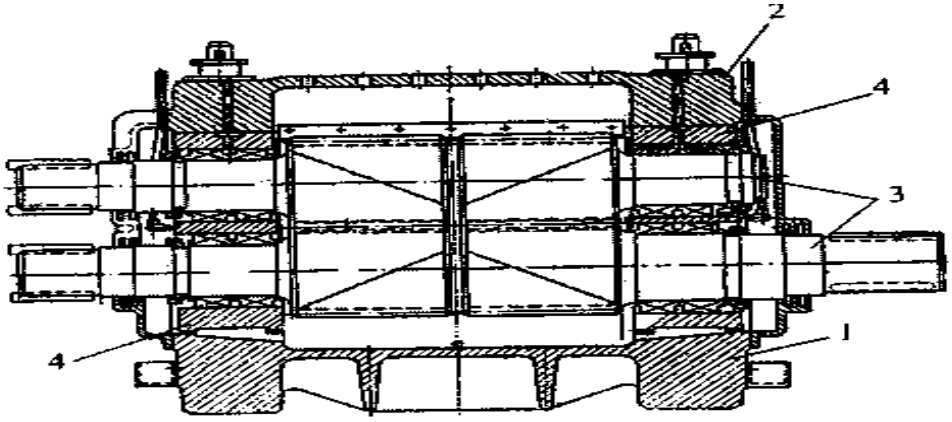
У шестеренних клітях передаточне число зацеплення дорівнює одиниці (i= 1), тому діаметр початкової окружності шестерні d_0 дорівнює міжосьовій відстані шестерень шестерневої кліті А.

Число зуб´їв z = 18 ÷ 29. Перевищення цієї межі не припустимо, оскільки воно тягне за собою зменшення модуля, тобто зменшення міцності зуб´їв на вигин. Зазвичай зуб’я шестерінних валків піддають поверховій закалці ацітіленовим полум'ям для поліпшення їх опору зносу, тому для кращого підведення пальника (або індуктора при зкалці струмом високої або низької частоти) до зуб´їв не рекомендується приймати модуль зуб´їв менше 8-10 мм.

Оскільки шестерні одного і того ж діаметру призначені для передачі різних зусиль і крутних моментів (в залежності від призначення прокатного стану), на практиці їх виготовляють різної ширини.

При ширині шестерні шестеренних клітей підрозділяють на три типи: вузькі при відношенні B/A = 1,6; середні 2,0 і широкі 2,4. Застосування більш широких шестерень (B/A 2,4) небажано, оскільки при цьому збільшується прогин шестеренних валків і погіршуються умови передачі навантаження зуб’ями.

Зазвичай шестерні шестеренних клітей виготовляють із сталей 45, 40ХН, 60Х2МФ з поверхневою закалкою до твердості 450-570 НВ[17].



1 – станина; 2 – кришка; 3 – шестерінні валки; 4 – подушки з підшипникам

Рисунок 3.3 Шестеренна кліть

3.3 Розрахунок шийки робочого валка на крутіння.

Щоб розрахувати шийку робочого та шестеренного валка використовуємо формулу [15,16]:

$$\tau_{ш} = \frac{M_{кр\,ш}}{0{,}2d^3} \qquad (3.1)$$

де d – діаметр шийки валка,

$M_{кр\ ш}$ – крутний момент, який прикладається до валу (шийці) з боку привода

$$M_{кр\ ш}=M_{пр}$$

де $M_{пр}$ – момент діючий при прокатці розкату

Діаметр шийки робочого валка дорівнює:

$$d_{ш(рв)} = 0{,}5 \cdot D_р \qquad (3.2)$$

$D_р$ – діаметр робочих валків, який дорівнює в чистовій групі 700 мм.

Діаметр шийки робочого валка дорівнює:

$$d_{ш(рв)} = 0{,}5 \cdot 800 = 400 \text{ мм}$$

А діаметр шийки шестеренної кліті розраховується за формулою:

$$d_{ш(шв)} = 0{,}55 \cdot D_р \qquad (3.3)$$

$$d_{ш(шв)} = 0{,}55 \cdot 800 = 440 \text{ мм}$$

Отже крутний момент для шийки робочого та шестеренного валка в чистовій групі дорівнює:

$$M_{кр\ ш6}=1,8\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш7}=1,16\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш8}=0,65\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш9}=0,29\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш10}=0,2\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш11}=0,16\ МН\cdot м$$

$$M_{кр\ ш12}=0,07\ МН\cdot м$$

Спершу за формулою 3.1 розрахуємо шийку робочого валка на крутіння в кожній кліті чистової групи:

$$\tau_{шр6}=\frac{1,8\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=140,62\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр7}=\frac{1,16\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=90,63\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр8}=\frac{0,65\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=50,78\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр9}=\frac{0,29\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=22,66\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр10}=\frac{0,2\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=15,63\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр11}=\frac{0,16\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=12,5\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шр12}=\frac{0,07\cdot 10^9}{0,2\cdot 400^3}=5,5\ Н/мм^2$$

Далі за формулою 3.1 розрахуємо шийку шестеренної кліті на крутіння в кожній кліті чистової групи:

$$\tau_{шш5} = \frac{1{,}8 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440} = 105{,}65\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш6} = \frac{1{,}16 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 68{,}09\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш7} = \frac{0{,}65 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 38{,}15\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш8} = \frac{0{,}29 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 17{,}02\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш9} = \frac{0{,}2 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 11{,}74\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш10} = \frac{0{,}16 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 9{,}4\ Н/мм^2$$

$$\tau_{шш10} = \frac{0{,}07 \cdot 10^9}{0{,}2 \cdot 440^3} = 4{,}11\ Н/мм^2$$

Результати розрахунків представимо в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Результати розрахунку шийки робочого та шестеренного валка на крутіння в чистовій групі існуючого прокатного стана.

№ кліті чистової групи	$\tau_{ш(рв)}$, Н/мм^2	$\tau_{ш(шв)}$, Н/мм^2
6	140,62	105,65
7	90,63	68,09
8	50,78	38,15
9	22,66	17,02
10	15,63	11,74
11	12,5	9,4
12	5,5	4,11

Далі розрахуємо зуб’я шестеренної кліті для чистової групи прокатного стана.

Розрахунковим навантаженням є переданий зубчастим зачепленням максимальний крутний момент і визначається з урахуванням (коефіцієнт *k*)

якості виготовлення зачеплення, концентрації напруг і характеру навантаження, який визначається за формулою:

$$M_{розр} = M_{зац} \cdot k \quad (3.4)$$

де $M_{зац}$ - максимальний момент, переданий зубчастим зачепленням, Н·м;

k – розрахунковий коефіцієнт.

$M_{зац}$ для чистової групи прокатного стана дорівнює:

$$M_{зац6}=0{,}675\cdot10^6 \text{ Н·м};$$
$$M_{зац7}=0{,}327\cdot10^6 \text{ Н·м};$$
$$M_{зац8}=0{,}146\cdot10^6 \text{ Н·м};$$
$$M_{зац9}=0{,}111\cdot10^6 \text{ Н·м};$$
$$M_{зац10}=0{,}072\cdot10^6 \text{ Н·м};$$
$$M_{зац11}=0{,}031\cdot10^6 \text{ Н·м}$$
$$M_{зац12}=0{,}019\cdot10^6 \text{ Н·м}$$

Розрахунковий коефіцієнт визначається наступним чином:

$$k=k_1\cdot k_2\cdot k_3 \quad (3.5)$$

де k_1 – коефіцієнт ширини шестерні; k_2 – коефіцієнт концентрації; k_3 – коефіцієнт якості.

k_2 визначається за формулою:

$$k_2=1+0{,}1\cdot i \quad (3.6)$$

де i =1 - передавальне число;

$$k_2=1+0,1\cdot1=1,1$$

З роботи [16] k_1 приймаємо 1,4, k_3=1,2;

Визначаємо розрахунковий коефіцієнт:

$$k=1,4\cdot1,1\cdot1,2=1,85$$

Далі визначаємо розрахункове навантаження, яким є переданий зубчастим зачепленням максимальний крутний момент, який визначається за формулою 3.4:

$$M_{розр6} = 0,675\cdot 1,85 = 1,247\cdot 10^9\ Н\cdot мм;$$

$$M_{розр7} = 0,327\cdot 1,85 = 0,603\cdot 10^9\ Н\cdot мм;$$

$$M_{розр8} = 0,146\cdot 1,85 = 0,270\cdot 10^9\ Н\cdot мм;$$

$$M_{розр9} = 0,111\cdot 1,85 = 0,205\cdot 10^9\ Н\cdot мм;$$

$$M_{розр10} = 0,072\cdot 1,85 = 0,133\cdot 10^9\ Н\cdot мм;$$

$$M_{розр11} = 0,031\cdot 1,85 = 0,057\cdot 10^9\ Н\cdot мм.$$

$$M_{розр12} = 0,019,\cdot 1,85 = 0,035\cdot 10^9\ Н\cdot мм.$$

Перевірочне визначення контактного напруження зсуву в поверхневому шарі зуб´їв шестерні (при куті евольвенти $\alpha=20^0$, куті нахилу зуб´їв $\beta\approx30^0$ та перекриття $\varepsilon\approx1,35$) виконують за формулою:

$$\tau_ш = \frac{80}{A}\sqrt{\frac{M_{розр}}{B}\cdot\frac{(i+1)^3}{i}} \qquad (3.7)$$

А=700 мм – міжосьова відстань шестерень шестеренної кліті;

В=1200 мм – довжина бочки шестерні;

Розрахуємо перевірочне визначення контактної напружеги зсуву в поверхневому шарі зуб´їв шестерні:

$$\tau_{ш6} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{1{,}247 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 330\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш7} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}603 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 229\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш8} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}270 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 153\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш9} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}205 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 134\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш10} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}133 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 108\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш11} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}057 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 71\ \text{Н/мм}^2$$

$$\tau_{ш12} = \frac{80}{700}\sqrt{\frac{0{,}035 \cdot 10^9}{1200} \cdot \frac{(1+1)^3}{1}} = 42\ \text{Н/мм}^2$$

Напруга вигину біля основи зуб´їв шестерні з числом зуб´їв z і нормальним модулем $m_н$:

$$\sigma_ш = \frac{0{,}45 \cdot M_{розр} \cdot \psi}{y \cdot m_y \cdot z \cdot B} \qquad (3.8)$$

ψ=1,8 – коефіцієнт концентрації напруг біля основи зуб´їв при нарізці шестерні дисковою фрезою;

y – коефіцієнт форми зуб´їв шестерні , який визначається від кількості зуб´їв;

z =30 – кількість зуб´їв;

З роботи [16] визначаємо, що для *z* =30, *y* знаходиться в межах 0,11-0,13. Отже приймаємо *y*=0,11.

$m_{н=}8$ – нормальний модуль;

Тоді напруга вигину біля основи зуб´їв дорівнює:

$$\sigma_{ш6} = \frac{0{,}45 \cdot 1{,}247 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 399 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш7} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}603 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 193 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш8} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}270 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 86 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш9} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}205 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 66 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш10} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}133 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 43 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш11} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}057 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 18 \text{ Н/мм}^2$$

$$\sigma_{ш12} = \frac{0{,}45 \cdot 0{,}035 \cdot 10^9 \cdot 1{,}8}{0{,}11 \cdot 8^2 \cdot 30 \cdot 1200} = 8 \text{ Н/мм}^2$$

Допустимі напруги для матеріалів зубчастих шестерень твердістю 200-350НВ:

а) на здвиг поверхневого шару зуб´їв:

$$[\tau]=0{,}2(\sigma_b+\sigma_s)+30 \text{ Н/мм}^2$$

σ_b=750 Н/мм^2 – межа міцності; σ_s=450 Н/мм^2 – межа текучості;

$$[\tau]=0,2(750+450)+30=270 \text{ Н/мм}^2$$

б) на вигин у небезпечному перерізі у ніжки зуба:

$$[\sigma]=0,17(\sigma_b+\sigma_s)+35 \text{ Н/мм}^2$$
$$[\sigma]=0,17(750+450)+35=239 \text{ Н/мм}^2$$

Всі розрахунки заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Результати розрахунка зуб´їв шестеренної кліті на існуючому стані (без встановлення індукційної печі) $[\tau]=270$ Н/мм^2, $[\sigma]=239$ Н/мм^2.

№кліті	$M_{розр}\cdot 10^9$, Н·мм	$\tau_ш$, Н/мм^2	$\sigma_ш$, Н/мм^2
6	1,247	330	399
7	0,603	229	193
8	0,270	153	86
9	0,205	134	66
10	0,133	108	43
11	0,057	71	18
12	0,035	42	8

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища

Прокатний цех оснащений різноманітним механічним і електричним підйомно-транспортним устаткуванням, обслуговування якого вимагає чіткого дотримання правил техніки безпеки й норм виробничої санітарії. Прокатне виробництво відрізняється від інших металургійних виробництв високою швидкістю технологічних операцій, інтенсивністю вантажопотоків і розмаїтістю метеорологічних умов на різних ділянках.

Одним з основних ділянок цеху є стан гарячої прокатки, на якому проводять гарячу обробку металу тиском. Стан гарячої прокатки має ділянки: пічна, чорнова і чистова група клітей, хвостова частина.

Технологічний процес на стані 1700 механізований і автоматизований, операції з металом здійснюються без особистої участі обслуговуючого персоналу.

На виробництві застосовуються наступні технічні засоби забезпечення безпеки праці:

- огороджувальні пристрої, що створюють перешкоду між людиною й небезпечним фактором, що надійно охороняють працюючого незалежно від правильності або неправильності його дій; запобіжні пристрої на випадок аварійних режимів - відключення устаткування при порушенні контролюючого параметра (температури, переміщення, величини струму або напруги, зусилля);

- гальмові пристрої для швидкої зупинки частин, що рухаються, машин і устаткування; блокувальні пристрої, що забезпечують фіксацію частин механізму в певному стані; сигналізація перед наступаючою небезпекою (світлова, звукова).

Умови праці характеризуються наявністю таких шкідливих факторів, як запиленість, загазованість, тепловипромінювання й шум. Багато основних і допоміжних технологічних операцій супроводжуються виділенням значних кількостей пилу. Вміст різних елементів у пилу пропорційно хімічному вмісту сталі. Найбільш високий вміст пилу спостерігається в становому прольоті й на складі готової продукції.

При прокаті зливків на стані виділяється пил, що містить окисли заліза. У зв'язку із цим проводиться пиловловлення. Для цих цілей установлені скрубери. Основними джерелами виділення шкідливих газів служать нагрівальні пристрої, прокатні стани й інше технологічне встаткування.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, що випромінюється нагрітими заготовками й устаткуванням стана. Більша інтенсивність теплового випромінювання має місце на робочих місцях у нагрівальних печей, у прокатного стана, на ділянці ножиців гарячого різання, а так само в штабелів гарячого металу на складах готової продукції.

Виділення тепла на деяких ділянках досягає 411 Вт/м^2. Інтенсивне інфрачервоне випромінювання, крім прямого впливу на робітників, нагріває навколишні поверхні і предмети, які стають додатковими потужними джерелами тепловиділення. В результаті повітря цеху в теплий період року значно нагрівається до 37^{o}С. У холодний період року тепловиділення, створюючи сильний тепловий напір, сприяє інтенсивному повітрообміну, за рахунок якого повітря робочої зони нерідко значно переохолоджується.

У технологічних процесах цеху основними потенційними небезпеками є ураження електричним струмом, рухомі машини і механізми. Джерелами прихованої небезпеки дії електричного струму служать електроустановки. Робота електротермічного устаткування створює небезпеку теплового ураження персоналу.

Для робочого місця вальцювальника відповідно до гігієнічної класифікації дана характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища, яка представлена в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого й трудового процесу вальцювальника

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Норм. знач. (ГДК, ГДУ)	Факт. знач.	III клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії фактора за зміну, %
				I ст.	II ст.	III ст.	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3 1 клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,06			6,0	90
	Оксид марганцю	0,05	0,39			7,8	90
	II клас небезпеки						90
	Акролеїн	0,2	0,66		3,3		
	III клас небезпеки						90
	Ангідрид сірчистий	10	6,83	1,63			90
	Вуглецю оксид	20	25	1,25			90
	Масла мінеральні	5	6,78	1,36			
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м^3	4,0	26,3			6,58	90
3	Вібрація (загальна й локальна) дБ.	92	95	3			90
4	Шум, дБА	80	87	7			100
5	Інфразвук дБ						
6	Ультразвук дБ						
7	Іонізуюче випромінювання: - радіочастотний діапазон, В/м; - діапазон промислової частоти, кв/м; - оптичний діапазон (лазерне випромінювання), вт/м^2						
8	Мікроклімат у приміщенні:						
	- температура повітря^{0}С;	13-27	37			10	90
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,3-0,5	0,6				

	- відносна вологість повітря, %;	40-60	45				
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	140	411			411	83
9	Температура навколишнього повітря(під час роботи на відкритому повітрі), ^{0}С: - улітку - узимку						
10	Атмосферний тиск						
11	Тяжкість і напруженість праці	Категорія робіт - важка, III напружена					

Таким чином, проведений аналіз умов праці дозволяє зробити висновок, що умови праці відносяться до III класу 3 ступеня. Робоче місце має в наявності 5 чинників I ступеня, 1 чинник II ступеня і 5 чинників III ступеня. За показниками робоче місце слід вважати з особливо шкідливими і особливо важкими умовами праці.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

Пил виявляє шкідливу дію на організм людини, подразнюючи шкіру, очі, ясна, вуха. Проникаючи в легені, пил може викликати специфічні професійні захворювання, такі як силікоз, силікатоз, антракоз та ін. [17].

Найбільш ефективними засобами боротьби з пилом є механізація виробничих процесів з аспірацією пилу з місць її утворення, а також зрошування водою при різних робочих операціях, пов'язаних з пилоутворенням. Також необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратора ШБ-2 «Лепесток», який усуває дію пилу на організм працюючих. [18].

Одному з основних заходів по попередженню можливого отруєння оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, оксидом марганцю і іншими

газами є своєчасне виявлення місць їх виділення або скупчення. Ці місця є газонебезпечними. Перелік таких місць і ділянок складається заздалегіть і затверджується головним інженером заводу. Працівники санітарно-технічних лабораторій і газорятувальні служби щодоби по встановленому графіку контролюють склад повітряного середовища в усіх газонебезпечних місцях. При виявленні виділень або скупчень газу негайно приймають заходи по припиненню допуску в газонебезпечні зони людей і локалізації джерела виділення газу. [18].

Основними заходами щодо боротьби з пилом у прокатному виробництві є:

- впровадження раціональних технологічних процесів і вдосконалення устаткування;

- застосування ефективної герметизації всіх пиловиділяючих джерел, зволоження пилу водою або парою;

- пристрій спеціальної пиловловлювальної вентиляції від місць пилоутворення з очищенням повітря перед викидом його в атмосферу через систему фільтрів, регулярне збирання пилу з робочих місць спеціальними пилососами, застосування індивідуальних засобів захисту (респіраторів, окулярів, спецодягу й ін.).

Заходами щодо зменшення загазованості є: забезпечення постійного нагляду за дотриманням технологічних інструкцій і інструкцій з техніки безпеки; дотримання затверджених технологічних режимів; проведення регулярних профілактичних оглядів устаткування й газових комунікацій для своєчасного згоряння газу й справності системи видалення продуктів згоряння.

Для поліпшення мікроклімату на робочих місцях передбачена природна і механічна подача повітря душируючими установками з обробкою повітря на типових кондиціонерах до постійних робочих місць.

Також потрібна витяжна вентиляція за допомогою місцевих відсмоктувань і механічної вентиляції з верхньої зони, і природна

загальнообмінна вентиляція з верхньої зони [18].

Для обігріву цеху в зимову пору року уздовж стін на ділянках, де працюють люди, установлене водяне опалення. Для перемішування повітря встановлені калорифери типу СТД-300. Вони розташовані так, щоб від них струмінь примусової подачі повітря сковзав уздовж прольоту.

Для огородження припливу холодного повітря ззовні під час в'їзду й виїзду транспорту над воротами встановлені пристрої для створення завіси з теплого повітря. Всі обігрівальні установки забезпечують температуру повітря в приміщенні в межах 16-20^{0}С.

Вентиляція виробничих приміщень забезпечує потрібні гігієнічні якості повітря. У цеху спостерігається зайве теплове виділення від нагрітого металу.

З метою забезпечення нормального повітрообміну в стінах цеху передбачені три ряди отворів для природної вентиляції: 1 ряд - на рівні 1,5 м від підлоги; 2 ряд - на рівні 4,5 м від підлоги.

У прокатному цеху застосовується природне й штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в бічних стінах і ліхтарі.

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 роботи, що виконуються персоналом, відносяться до 8 розряду зорових робіт. У приміщеннях цеху для освітлення застосовують, як правило, газорозрядні лампи. Типи світильників вибирають залежно від умов їхньої роботи й вимог до якості освітлення.

Для загального освітлення застосовують світильники «Альфа». У місцях підвищеної небезпеки, де освітленість при системі загального освітлення становить 150 лк і менш, норму освітленості збільшують на 1 розряд.

У випадку виходу з ладу робочого освітлення використовують аварійне, яке забезпечує можливість продовження роботи або евакуації персоналу.

У прокатному цеху установка аварійного освітлення обов'язкова на пості керування прокатним станом; пунктах керування системами

водопостачання, вентиляції й каналізації, у машинному залі й диспетчерському пункті.

Найменша освітленість робочих поверхонь, потребуючі обслуговування при аварійних режимах, становить 5 % освітленості, нормованої дня загального робочого освітлення, але не менш 2 лк. Аварійне освітлення для евакуації персоналу, проходів і сходів не менш 0,5 лк.

Окремі ручні операції в прокатних цехах сполучені зі шкідливим впливом вібрації на організм людини. Особливо небезпечними є ручна вирубка пороків на поверхні металу пневматичними зубилами, наждакове зачищення поверхні, ручне таврування металу за допомогою пневмоінструменту. Нормами визначена маса вібруючого устаткування й сила натиску на нього працюючого.

Маса вібруючого устаткування і його частин, що утримується руками в різних положеннях у процесі роботи, не повинна перевищувати 10 кг. Сила натиску працюючого на вібруюче устаткування і його частини не повинна перевищувати 20 кгс.

Всі робітники, зайняті на роботах з вібруючим устаткуванням, повинні проходити один раз у рік медичний огляд. Санітарними нормами й правилами заборонений допуск до роботи з вібрацією осіб молодше 18 років і жінок у період вагітності.

Надмірний шум негативно позначається на продуктивності праці. Тривала дія шуму може привести до зниження слуху, а іноді до глухоти. Шум негативно впливає на серцево-судинну і центральну нервову систему.

Для захисту виробничого персоналу від шуму устаткування його повністю закривають герметично звукоізолюючим кожухом, який виготовляють зазвичай із сталевих листів товщиною 2-3 мм, а внутрішні поверхні облицьовували звукопоглинальними матеріалами. Якщо це не зробити, то за рахунок хорошої відбивної здатності сталевих листів рівень шуму усередині кожуха різко підвищиться і його фактична звукоізоляція виявиться зменшеною на 18-20 дБА. Звукоізолюючий кожух встановлюють

на пружних прокладеннях, а машину ретельно віброізолюють від фундаменту, не допускаючи жорстких контактів між машиною і кожухом. Отвори для циркуляції повітря і проходу комунікацій забезпечуються глушниками шуму або герметизуються сальниками.

Для захисту від шумових навантажень на організм людини застосовуються спеціальні вставки у вуха «беруши» і противошумові навушники.

У процесі прокатки виділяється значна кількість тепла, випромінюваного нагрітими заготівлями й устаткуванням стана. Більша інтенсивність теплового випромінювання має місце на робочих місцях у нагрівальних печей, у прокатного стана, на ділянці ножиців і пив гарячого різання, а так само в штабелів гарячого металу на складах готової продукції.

Підвищена теплова дія на організм людини призводить до перенапруження його терморегуляторних функцій і може викликати порушення теплового балансу організму. Посилене потовиділення при напруженій м'язовій роботі в умовах підвищеного температурного режиму призводить до втрати кров'ю хлористого натрію, що є основним елементом що утримує в крові воду. Вимивання з'єднань хлору з організму призводить до пониження кислотності шлункового соку і виникнення шлунково-кишкових захворювань.

Для зниження шкідливої дії тепла на організм людини стінки і колони мають бути теплоізольовані, а над печами мають бути влаштовані зонти з витяжними трубами. З боків електропечей для захисту від променистого тепла мають бути влаштовані екрани у вигляді щитів з металевих листів і азбесту або сіток, безперервно зрошуваних водою. Також використовують спеціальний одяг для запобігання працюючих у гарячому цеху від впливу теплового випромінювання й опіків.

4.3 Заходи з електробезпеки

На ділянках стана й нагрівальних колодязів потенційно небезпечними виробничими факторами є: пересування електромостових кранів і транспортерного візка з вантажем або без нього, частини механізмів клітей, що обертаються, рух злитків і слябів по лінії стана [19].

Пересування по території стана й нагрівальних колодязів дозволяється тільки по встановлених переходах. При пересуванні або виконанні робіт працівники повинні бути уважні до сигналів операторів електромостових кранів, і до роботи світлової сигналізації, не перебувати під піднятим вантажем і на шляху руху передатних візків.

Працюючим на стані й на колодязях необхідно [19]:

- прийняти й здати зміну на робочому місці, доповісти старшому майстрові;

- працювати в чистому, справному спецодязі й спецвзутті, покладеної по нормах для кожної професії;

- користуватися відповідними засобами захисту й запобіжними пристосуваннями;

- виконувати доручену роботу з дотриманням всіх вимог інструкції з техніки безпеки й промислової санітарії;

- виконувати вказівки бригадира й майстра;

- виконувати вимоги попереджувальних написів і плакатів ТБ;

-не приступати до роботи, якщо умови її виконання суперечать інструкціям з техніки безпеки або 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 й не відволікати інших;

- не допускати на робоче місце осіб, що не мають відносини до роботи; виконувати правила пожежної безпеки й промислової санітарії й особистої гігієни;

- не залишатися байдужим до порушення інструкцій іншими робітниками.

При одержанні навіть незначної травми негайно звернутися в медпункт і сповістити про це майстрові, а при його відсутності бригадирові, старшому робітникові або товаришеві по роботі, надати першу допомогу потерпілому.

При виявленні порушень, які можуть привести до аварій і нещасних випадків, негайно припинити роботу сповістити про це майстрові або бригадирові.

Працюючим на стані й на колодязях забороняється [19]:

- працювати на механізмах, що не мають огородження обертових частин;

- обслуговувати на ходу й заходити за огородження частин, що рухаються;

- доторкатися до електропроводів, рубильників і моторам, щоб уникнути поразки електричним струмом.

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

Становий проліт відповідно до вимог ПУЕ СНіП III-33-76 відноситься до зони класу В-I б - це зони, розташовані в приміщеннях, у яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або пар ЛЗР із повітрям не утворюються, а можливі тільки в результаті аварій або несправностей.

Фактичне значення струму на ділянці I=5,9 А, напруги - U= 220, 380 В.

Однією 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, броні кабелю й т.д.), які в нормальному положенні не перебувають під напругою. При сполученні з металевими конструкціями, які оказались під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.

У цеху з підвищеною температурою повітря використають наступні міри захисту від поразки електричним струмом:

- захист від дотику до струмоведучих частин;

- захист від дотику до устаткування, що випадково оказалися під напругою;

- захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У цеху застосовують огородження й ізоляцію струмоведучих частин, розміщають їх на недоступній висоті, використають знижену напругу [19] .

Також застосовують захисне заземлення. Захисні функції заземлюючого пристрою складаються в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частинах, які опинилися випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку поразки людини.

При обслуговуванні електроустановок застосовують захисні засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу установки й при користуванні яким допускається безпосередній дотик до струмоведучих частин, що перебуває під напругою.

Також застосовують засоби захисту, що підсилюють дії основних засобів і які забезпечують безпеку при напрузі дотику й кроковій напрузі.

До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, ізолюючі підставки й ін.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1. Проаналізовано виробництво гарячекатаних штаб на стані гарячого прокатування1700. На даний момент на ринку чорних металів є великий попит на листову і рулонну сталь з високою точністю прокату і високою чистотою поверхні, а також на рулони з масою до 16 тонн і більш.
- 2. Визначено, що температура в кожній кліті знижується, це обумовлено тим що при прокатці затрачується час на прохід штаби по клітям і під впливом зовнішніх факторів знижується температура прокатки. Опір метала деформації збільшується. Це через те що при зменшенні температури розкату зменшується і пластичні властивості метала, а через те метал важче піддається деформації. Сила прокатки зменшується через те що зменшується температура прокатки. Момент прокатки зменшується через те що момент тертя в шийці валків кліті та момент тертя в деталях головної лінії стана зменшується
- 3.Запас міцності валків і станини знаходиться в допустимих межах. Отже, робота кліті проходитиме без перевантажень, а власне технологічний процес прокатування без збоїв і поломок.
- 4. Розглянуті питання охорони праці. У цеху найшкідливішим і небезпечним вважається шум, вібрація, запорошена і загазованість. Складена карта умов праці. Запропоновані заходи по зниженню впливу шкідливих чинників виробничого процесу.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Василев, Я. Д, Мінаєв О. А Теорія поздовжньої прокатки. *Підручник*. Донецьк : УНІТЕХ, 2009. 488 с.

2. Ніколаєв, В.О. Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 320 с.

3. Ніколаєв В. О. Мазур В. Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя : ЗДІА 2010. 320 с.

4. Ніколаєв В. А. Холодна прокатка штаб. Запоріжжя : ЗНТУ 2011. 126 с.

5. Николаев, В.А. Горяча прокатка листів и штаб. Запорожье : ЗДІА, 2013. 169 с.Київ : Освіта України 2009. 268 с.

6. Васильєв Я. Д. Саф'ян А. М. Виробництво штабової та листової сталі. Київ : Вища школа 1976. 192 с.

7. Мазур В. Л. Саф'ян А. М. Приходько І. Ю. та ін. Управління якістю тонколистового прокату. Київ : Техніка 1997. 384 с.

8. Клименко, П.Л. Упрочнение стали и цветных металлов при холодной и горячей деформации. Днепропетровск : Пороги, 2011. 187 с. ISBN 978-617-518-133-1.

9. Cook, P.M. The real curves, stress rate of deformation for the steels by reduction. *The Institution of Mechanion Engineer*. 1957. P. 75-77.

10. Laasraoui A. Jonas J. Prediction of steel flow stresses at high temperature and strain ratesi. Metall. Trans. A, 1991. No. 22. P. 1545-1558.

11. Moreira, A., Junior J., Balancin O. Prediction of Steel Flow Stresses under Hot Working Conditions . *Materials Research*, 2005. Vol. 8, No. 3. P. 309-315.

12. Скороходов В. М. Настич В. П. Чернов П. П. та ін. Досвід застосування опорних валків зі спіральними канавками на стані 1400 холодної прокатки. Виробництво прокату. 1999. № 10. С. 50–54.

13. Абракітов В. Є. Охорона праці в галузі та цивільний захист Конспект лекцій для студентів 1 5 курсу усіх форм навчання. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова 2020. 105 с.

14 Манідіна Є. А. Охорона праці та техногенна безпека Метод. вказівки до виконання розділу диплом. робіт проєктів для студентів. Запоріжжя : ЗДІА 2012. 32 с.