

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Кваліфікаційна робота / проект

Перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Розробка технології прокатки штаби 0,8x1100 мм зі сталі 10Г2
на реверсивному стані 1680

Виконав: студент IV курсу, групи 6.1361-омт
спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Обробка металів тиском

(код і назва освітньої програми)

Б.А.Вандрашек

(ініціали та прізвище)

Керівник

проф. каф. МТЕТБ, д.т.н. Ю. О. Белоконь

Рецензент

доц. каф. МТЕТБ, доц., к.т.н. Д.О. Кругляк

Запоріжжя – 2024 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. Белоконь
“ 12 ” 02 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ / ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Вандрашек Богдан Андрійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) **Розробка технології прокатки штаби 0,8x1100 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680**

керівник роботи (проекту) Белоконь Юрій Олександрович, д.т.н., проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “26” 12. 23 р. № 2215-с

2. Строк подання студентом роботи 10 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Матеріали виробничої (переддипломної) практики, курсові проекти, технічна документація ПАТ «Запоріжсталь», літературні джерела, інтернет-ресурси. Розміри штаби 0,8x1100 мм, сталь – 10Г2

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

Мета кваліфікаційної роботи – розробка режиму прокатки штаб 0,8x1100 мм зі сталі 10Г2 шляхом заміни бандажованих опорних валків на цільнолиті валки на реверсивному стані холодної прокатки 1680 ПАТ “Запоріжсталь”.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація до 15 слайдів (графіки залежностей, схем деформацій, схеми розміщення устаткування та обладнання тощо).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
1 Загальна частина	Белоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
2 Технологічна частина	Белоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
3 Механічна частина	Белоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	
4 Охорона праці та техногенної безпеки	Белоконь Ю.О., проф. каф. МТЕТБ	

7. Дата видачі завдання 26.12.2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Реферат, вступ, розділ 1.	12.02.24 – 13.03.24	
2.	Розділи 2 - 3	16.03.24 – 17.04.24	
3.	Охорона праці (розділ 4), висновки, оформлення ПЗ і креслень, підготовка доповіді і презентації.	20.04.24 – 24.05.24	

Студент

_____ (підпис)

Б.А.Вандрашек

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Ю. О. Белоконь

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

_____ (підпис)

Ю. О. Белоконь

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра: 66 с., 8 табл., 17 джерел.

ВІДНОСНИЙ ОБТИСК, РЕЖИМ ОБТИСКУ, ПРОКАТНІ ВАЛКИ, РУЛОН, ВУЗЛИ, ЗВАРНІ ШВИ, РОБОЧА ШВИДКІСТЬ, ЗАПРАВНА ШВИДКІСТЬ, РОЗГІН ШТАБИ, ПРОДУКТИВНІСТЬ, МІЦНІСТЬ, ЗУСИЛЛЯ ПРОКАТКИ, ЕМУЛЬСІЯ, ВАЛЬЦЮВАЛЬНИК, ОПЕРАТОР, НАТИСКНІ ГВИНТИ, ШУМ, ВЕНТИЛЯЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ, УМОВИ ПРАЦІ.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технології прокатки штаб 0,8x1100 мм зі сталі 10Г2 на реверсивному стані 1680.

У роботі розглянуте основне і допоміжне обладнання, технологічний процес прокатки на реверсивному стані 1680, проаналізовані недоліки роботи устаткування. Запропоновані шляхи вирішення недоліків, наприклад впровадження емульсійно – повітряного охолодження валків, замінити похилий рольганг на ланцюговий, встановити моталку плаваючого типу.

Також в роботі описані статистика, що показує переваги та недоліки заміни бандажованих валків на цільнолиті валки. В результаті середня виробленість зменшилася на 6%.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Загальна частина	
1.1 Характеристика цеху.....	9
1.2 Технічна характеристика обладнання цеха.....	12
1.3 Сортамент стана і марки сталі.....	13
1.4 Технологічний процес прокатки.....	15
1.5 Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення	21
2. Технологічна частина	
2.1 Розрахунок режиму обтисків.....	22
2.2 Розрахунок зусиль прокатки.....	27
2.3 Розрахунок продуктивності стана.....	37
3. Механічна частина	
3.1 Розрахунок валків на міцність	40
3.2 Розрахунок вузлів прокатного обладнання на міцність	44
4. Охорона праці та техногенна безпека	
4.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації реверсивного стану 1680.....	50
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	52
4.3 Протипожежна безпека	55
4.4 Заходи щодо охорони навколишнього середовища.....	60
Висновок.....	64
7. Перелік посилань.....	65

ВСТУП

Відповідно програми розвитку прокатного виробництва, випуск конструкційних холоднокатаних виробів з вуглецевої сталі збільшиться до 1.5 млн. тон рік при розширенні сортаменту випускаємої продукції.

Здійснення програми розраховано на 5-7 років і буде виконуватися етапами.

На першому етапі планується освоїти виробництво 450-500тис. тонн в рік високо якісного конструкційного холоднокатаного прокату товщиною 0,35-2,50 мм. Початок виробництва цього виду продукції, які будуть відповідати вищим сучасним потребам по точності, службовим властивостям, механічним і технологічним властивостям, якості поверхні допоможе підвищати виробничо-експортні можливості підприємства, покращити техніко-економічні показники і підійме конкурентоспроможність готової продукції, що випускається.

Працюючі зараз прокатні стани вважаються застарілими. Тому основне і допоміжне обладнання цеху холодної прокатки треба планувати докорінно модернізувати та оновити, побудувавши новий стан в тому числі.

Через обмеження, нічого не починали робити, для початку треба вирішити такі обмеження:

- модернізація старого і побудова нового обляднання, повинна виконуватися без зменшення виробництва продукції, та зупинки технологічного процесу ;

- при будівництві нового стану, треба робити стан який буде випускати продукцію товщиною 0,35-2,5мм, високоякісний прокат в тому числі лист для автомобілебудівництва, після цього починати модернізацію діючих станів.

При виборі типу і складу устаткування нового стану холодної прокатки виходили з обсягу (800тис. т в рік), структури сортаменту (0,35-2,5) і вимог, які потрібний мати метал що випускається, також передбачати:

- стану і тенденції зміни структури міжнародного ринку тонколистової металопродукції;

-стану і тенденції розвитку широко штабних агрегатів гарячої і холодної прокатки, і можливість зміни сорту прокатуємої продукції.

Дослідження виробленої і спожитої конструкційної продукції в світі, демонструє що холоднокатана продукція і на далі залишається найпотербуючою продукцією, з усіх металевих. Тому велика частина тонколистового прокату, виробленого в світі випускається у вигляді холоднокатаних штаб-ів, листів, стрічок. В країнах індустріально розвинених, відсоток холодного прокату складає 60-70% . Також посилюються вимоги до металу, такі як точність, ознаки та поверхнева якість продукції, швидкість виконання замовлення, та кількість продукції.

Сучасні стани по випуску холоднокатаного продукту, перш за все сучасні стани холодної прокатки, мають бути достатньо мобільні, більш ширшими технічними можливостями і мати збільшене виробництво тонкого листового продукту, з високою якістю, та меншими тратами. Для поліпшення якості підготовки робочого інструмента прокатних і дресирувальних станів передбачається оснащення вальцешліфувальними станами і новим обладнанням для насічки.

Основним недоліком стану - є збільшена кількість кінцевого обрізу металу. Реалізація перерахованих технічних рішень дозволить дещо скоротити відносну кількість технологічного обрізу на станах, покращить якість металу, точність готової продукції, і підвищить техніко-економічні показники роботи обладнання.

Також важливе значення для комбінату має програма енергозбереження.

Програма по модернізації обладнання повинна включати в себе заміну газових нагрівальних печей на печі фірми EBNER. Часткова заміна природного газу коксодоменою сумішшю в нагрівальних печах і колодязях. В 2006-2011 році була розпочата програма, яка була найбільш ефективна по досягненню результатів в економії на підприємстві.

Неодмінно розділом програми повинен бути перелік робіт науково-дослідного і дослідно конструкторського характеру, які дозволяють забезпечити перспективу вдосконалення споживання енергоресурсів на наступні 5-10 років.

Двоклітьові реверсивні стани - це новий тип компактних високопродуктивних станів холодної прокатки. Досягненням яких було б отримання високої продуктивності на цих станах, це б стало можливим в результаті зменшення товщини і збільшення маси рулонів гарячекатаного підкату, тобто до 1,5-1,8мм і вагою 20-28т, поліпшення динамічних характеристик приводних двигунів реверсивних станів, підвищенню ефективності роботи системи управління і регулювання технологічних параметрів.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика цеху

В цеху розташовані такі технологічні відділення: травильне, прокатне, термічне, відділення обробки холоднокатаного металу, відділення по виробництву жерсті, і має в своєму складі таке основне технологічне обладнання.

Безперервний чотирьох клітьовий стан холодної прокатки 1680;

Реверсивні стани холодної прокатки 1680 та 1200;

Ковпакові печі для відпалу холоднокатаного прокату в середовищі HNx - газу;

Два агрегати поздовжнього різання (АПР- 4,5);

Блок ковпакових печей фірми «Ебнер» для відпалу в середовищі сухого водню;

Три агрегати поперечного різання (АПР-1,2,3)

Два дресирувальних стани 1700-1 і 1700-2;

В травильному відділенні розташований безперервний травильний агрегат в якому здійснюється травлення гарячої штаби в хлорній кислоті.

Відділення прокатки має такі агрегати як: безперервний стан 1680, реверсивний стан 1680, реверсивний стан 1200.

Реверсивний стан 1680

Підкатом для стану служать гарячекатані травлені штаби в рулонах, що поставляються відповідно до СТП 226.05.02-2014 «Прокат гарячекатаний в рулонах з углеродных,низколегированных,легированных и нержавеющей марок стали для ЦХП-1»

Внутрішній діаметр гарячекатаного травленого рулону - від 710 до 730 мм. Зовнішній діаметр рулонів - від 1150 до 1800 мм.

Максимальна маса рулону - 15 т.

Змотування травлених рулонів повинне бути рівним і щільним, внутрішній виток в рулоні не повинен відставати. Телескопичність не допускається.

Виступ окремих витків не повинен перевищувати: на необрізаному металі - 10 мм, на обрізаному металі - 5 мм.

Травлені штаби повинні бути промасленні згідно ТІ 226.-П.ХЛ1-01-2014.

Рулони повинні бути замаркіровані швидковисихаючим лаком. На зовнішньому витку рулону повинні бути вказані номер плавки, марка сталі, перетин штаби, номер рулону, номер бригади травильної лінії, в разі виявлення дефекту - вид дефекту (недоліки) і місце його розташування. Маркування рулонів лаком повинне бути чітким.

З метою попередження утворення корозії на поверхні металу час між травленням і холодної прокаткою гарячекатаних травлених рулонів повинен бути мінімальним

Безперервний стан 1680

-Підкатом для стану служать гарячекатані травлені штаби в рулонах, що поставляються відповідно до СТП 226.05.02-2014. «Прокат гарячекатаний в рулонах з углеродных,низколегированных,легированных и нержавеющей марок стали для ЦХП-1».

-Внутрішній діаметр гарячекатаного травленого рулону - від 710 до 740 мм. Зовнішній діаметр рулонів - від 1150 до 1600 мм.Максимальна маса рулона – 15 т.

-Змотування травленого рулону повинне бути рівним і щільним, внутрішній виток в рулоні не повинен відставати. Телескопичність не допускається.

-Виступ окремих витків не повинен перевищувати: на необрізаному металі - 10мм, на обрізаному металі - 5 мм.

-Травлені штаби повинні бути промаслені згідно з ГОСТу ТИ 226-П.ХЛ1-01-2014.

Рулони повинні бути замаркіровані швидковисихаючим лаком. На зовнішньому витку рулону повинні бути вказані номер плавки, марка сталі, перетин штаби, номер рулону, номер бригади травильної лінії, в разі виявлення дефекту - вид дефекту (нестачі) і місце його розташування. Маркування рулонів лаком повинне бути чітким.

-З метою попередження утворення корозії на поверхні металу, час між травленням і холодною прокаткою гарячекатаних травлених рулонів повинне бути мінімальним.

Реверсивний стан 1200

-Підкатом для стану служить гарячекатані травлені штаби в рулонах, що поставляються у відповідності з СТП 226.05.02-2014. «Прокат гарячекатаний в рулонах з вуглецевих, низколегованих, легованих и нержавеющих марок стали для ЦХП-1».

-Внутрішній діаметр гарячекатаного травленого рулону - від 720 до 740 мм. Зовнішній діаметр рулонів - від 1150 до 1600 мм. Максимальна маса рулона – 12 т.

-Змотування травлених рулонів повинно бути рівним і щільним, внутрішній виток в рулоні не повинен відставати. Телескопичність не допускається.

- Виступ окремих витків не повинен бути промасленим згідно ТИ 226-П.ХЛ1-01-2014.

-Травлені штаби повинні бути замаркіровані швидковисихаючим лаком. На зовнішньому витку рулону повинні бути вказані номер плавки, марка сталі, перетин штаби, номер рулону, номер бригади травильної лінії, в разі виявлення дефекту - вид дефекту (недоліки) і місце його розташування. Маркування рулонів лаком повинне бути чітким.

1.2. Технічна характеристика обладнання стану.

Реверсивний стан 1680 складається з кліті «кварто» і обслуговуючого її обладнання: роликового похилого конвеєра, поворотного столу, перекидача рулонів, розмотувача, роликової прес-проводки, двох моталок барабанного типу і знімача рулонів.

Швидкість прокатки:

— заправна — до 0,5м/с;

— максимальна робоча — до 4,74м/с.

Привід натискних гвинтів - від двох електродвигунів по 59,9 кВт., через два редуктори з передавальним числом 1100.

Швидкість переміщення натискних гвинтів - 9,96мм / хв.

Натискні гвинти з'єднанні електромагнітною муфтою для спільної або роздільної роботи, приводяться в рух електродвигунами. Переміщення гвинтів вказуються на продуктометрах, розташованих на постах №22 і 23.

Таблиця 1.1 - Розміри валків

Назва валків	Розміри						Вага, т
	бочки		шийки		трефа		
	діаметр	довжин	діаметр	довжина	діаметр	довжин	
Робочий	510/470	1680	260	250	250	260	3,32
Опорний	1420/ 1370	1680	890/ 734 (конус.)	780			31,65

б) матеріал робочих валків:- сталь 60Х2СМФ, опорних - бочка 9ХФ, серцевина - 40ХН2МА.

Робочі валки - цільноковані з загартованою поверхнею бочки, опорні валки - з насадними бандажами.

в) твердість поверхні валків по Шору (ОСТ 24.01 3 20-90):

- робочих (бочка) - від 90 до 98од.;
- опорних (бочка) - від 70 до 85од.

Робочі валки приводяться в рух від електродвигуна потужністю 2250л.с. (1650кВт), з регульованим числом обертів 300 - 600 в хвилину через комбінований з шестеренною кліттю редуктор, з передавальним числом 3,21. Число обертів робочих валків - 93,5 - 187 в хвилину.

З передньої та задньої сторін кліті встановлені моталки барабанного виду, діаметр барабанів дорівнює 760мм. Привід кожної моталки від двигуна 440 кВт, число оборотів барабана моталки в хвилину: мінімальне - 28,5, максимальна - 104,37.

Роликова прес-проводка складається з 7 роликів діаметром 180мм. Переміщення верхнього столу прес-проводки в вертикальній площині проводиться від пневмоциліндра діаметром 400мм.

Реверсивний стан 1680 оснащений двома радіоізотопними товщиномірами « РІУС ВТХ - 3 », встановленими з лівої і правої сторін за робочою кліттю.

Тиск масла в гідросистемі високого тиску реверсивного стану 1680 має бути в межах 125атм.

1.3. Сортамент стану і марки сталі

Таблиця 1.2 — Розміри штаб з вуглецевих і низьколегованих марок сталі

Марка сталі	Розміри холоднокатаних смуг, мм			документ, що регламентує хімсклад сталі
	товщина	ширина,	товщина підката	
08КП, 08ПС (для пакувального листа)	0,6	Від 1000 до 1220	2,0	ДСТУ 7809:2015
	0,7	Від 1220 до 1250	2,5	
08КП, 08ПС (підкат для жерсті)	0,5	Від 1000 до 1050	2,0	СТП 226.06.01-14
08КП, 08ПС, 10КП, 10ПС	0,5; 0,55; 0,6	Від 1000 до 1230	2,5	ДСТУ 7809:2015 EN 10130:2006 EN 10346:2015
Ст1КП, Ст1ПС, 08КП, 08ПС DC01, DX51D	0,8-0,9	Від 1000 до 1250	2,5	ДСТУ 2651:2005 (ГОСТ 380-2005); ГОСТ 9045-93; EN 10130:2006; EN 10346:2015
	0,8-0,9	Від 1000 до 1250	2,7	
	1,0-1,3	Від 1000 до 1250	3,0	
	1,4-1,6	Від 1000 до 1250	3,5	
	0,8-0,9	Від 1000 до 1250	3,8	
15КП, 15ПС, Ст2КП, Ст2ПС, Ст3КП, Ст3ПС	0,5	Від 1000 до 1050	2,5	ДСТУ 7809:2015 ДСТУ 2651:2015 (ГОСТ 380-2005)
	0,8-0,9	Від 1000 до 1250	2,5	
	1,0-1,3	Від 1000 до 1400	2,7	
60Г, 65Г, 70Г	0,8 – 2,0	До 1050	2,7	ГОСТ 14959-79
		До 1250	2,7	
		До 1250	3,2	
45, 55		До 1080	2,7	ДСТУ 7809:2015
09Г2Д, 09Г2	1,0 – 1,2	До 1000	2,7	ДСТУ 8514:2015

Конструкційна легована сталь 10Г2 для зварних конструкцій

Сортовий прокат, в тому числі фасонний, калібрований пруток, шліфований пруток та сребрянкa, лист товстий, полоса, поковки и ковані заготовки, труби

Застосовують у промисловості: кріпленні та інші деталі, робочі при температурі від -70°C під тиском.

Марка 10Г2 – хімічний склад:

Таблиця 1.3-Масова частка елементів, %:

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,07 - 0,15	0,17 - 0,37	1,2 - 1,6	до 0,3	до 0,035	до 0,035	до 0,3	до 0,3	~97

Таблиця 1.4-Механічні властивості сталі 10Г2

ГОСТ	Стан поставки, режим термообробки	Січення, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)
ГОСТ 4543-71	Пруток. Нормалізація 920°C	25	245	420	22
ГОСТ 8479-70	Поковці. Нормалізація	До 100	215	430	24
		100-300		430	20
		300-500		430	18

1.4. Технологічний процес прокатки

Перед початком прокатки після простою стану (ремонт, перевалка опорних валків, відсутність металу і ін.) Персонал бригади повинен:

Перевірити стан технологічного обладнання і контрольно-вимірювальних приладів табору, прокатку починати тільки при повній справності всього

устаткування і приладів табору, перед заміною емульсії зробити мийку гарячою водою прес-проводки за станом; після ремонту обладнання табору промити гарячою водою з відміткою про це в книзі рапортів майстрів змін; відібрати пробу емульсії для визначення концентрації; перевірити візуальним оглядом стан відбійника емульсії.

Рулони за допомогою скоби по одному подаються електромостовим краном на приймальний похилий цепний конвеєр перед станом. Рулони встановлюються таким чином, щоб зовнішній виток був притиснутий тілом рулону до конвеєра.

Категорично забороняється проштовхувати рулони по конвеєру ударами кранової скоби або рулоном що перебуває на скобі, щоб уникнути пошкодження крайок і поверхні рулонів.

По похилому приймальному рольгангу рулони подаються на поворотний стіл, який повертається на 90 градусів нахилиється і скочує рулон на перекидувач.

Нахилом перекидувача рулон скочується на опорні ролики люльки розмотувача і поворотом люльки рулон налаштовують щоб захопити відгибачем передній кінець рулону, після чого затискається бічними напрямними. Потім кінець зовнішнього витка рулону піднімається відгибачем в крайнє верхнє положення для заправки в ролики.

Налаштування стану має забезпечити: отримання необхідної на замовлення товщини і площинності, рівномірної по довжині штаби; оптимальний натяг; дотримання режимів обтискнень, передбачених інструкцією.

Установка валків в горизонтальній площині.

Після перевалки опорних або робочих валків, а також після довготривалого простою обладнання, вальцювальник включає натискний пристрій, щоб уникнути перекошення валків, стежить за показаннями

продуктометрів, щоб опускання обох подушок верхнього опорного валка було однаковим.

У разі відставання однієї з подушок, необхідно вимкнути натискний пристрій, з'ясувати і усунути причину освіти перекосу, після чого продовжувати опускання опорного валка.

Коли навантаження на двигун натискного пристрою досягне 20+40А, проводиться перевірка робочих валків і опорних валків на обертання. Якщо один з опорних валків не обертається, натискний пристрій включається знову, і валки додатково притискаються до того моменту, поки вони повністю не зіткнуться.

Запуск стану розпочинається як тільки опорні валки починають обертатися, при цьому валки, обертаючись, поливаються емульсією по всій довжині бочки.

Валки вважаються встановленими без перекосу, якщо відстані по краях бочки в місцях проходження емульсії рівні.

Контроль за правильною установкою валків в кліті, в процесі прокатки, здійснюється у напрямку переднього обтискного кінця штаби на виході його з кліті. Напрямок переднього кінця штаби після виходу його з кліті по осі прокатки свідчить про відсутність перекосу валків.

За допомогою натискних гвинтів регулюємо та усуваємо зсув штаби; при зміщенні штаби вправо від осі прокатки необхідно підняти лівий або опустити правий гвинт; при зміщенні штаби вліво - підняти правий або опустити лівий гвинт.

Разом з переднім кінцем зовнішнього витка рулону відгибач піднімається у верхнє положення. Одночасно під низ штаби підводяться два розводні ролика і притискають штабу до приводного валку, що дає натягіння. Передній кінець штаби подається на стаціонарний стіл, заправляється в роликову пресспроводку і за допомогою роликів задається в валки стану, після чого люлька розмотувача опускається в крайнє нижнє положення.

При завданні штаби в стан, перемотуванні, або прокатці з обтисненням в першому проході, бічні вертикальні розсувні проводки (після розмотувача і перед кліттю) повинні бути зведені на ширину штаби.

Прокатка штаби з обтисненням в першому пропуску.

Передній кінець протискають через підняту прес-проводку і задають в розведені валки. Після виходу переднього кінця штаби з валків на 100 + 150 мм валки опускаються за допомогою натискних гвинтів на потрібне обтиснення, верхній стіл преспроводки опускається, і штаба на заправній швидкості проштовхується до зіву моталки.

Передній кінець штаби заводиться в зів барабана моталки, встановлюється необхідний передній натяг і починається прокат штаби на заправній швидкості. В цей час оператор головного посту заводить на штаби ізотопний товщиномір, і за показаннями товщиноміру налаштовується стан на потрібну товщину. Потім вальцювальник переводить стан на робочу швидкість, і протягом прокатки стежить за товщиною штаби.

На останніх десятих витках стан переводиться на заправну швидкість, на якій працюють до моменту, доки задній кінець штаби увійде в роликову прес-проводку. Перед тим як реверсують обладнання, стан зупиняється з таким розрахунком, щоб задній кінець штаби не дійшов на 1,0 + 1, 2м до осі робочих валків.

У момент зупинки стану (перед реверсуванням) бічні проводки обов'язково роз'єднуються, щоб мати можливість приймати штабу на задаючу моталку при другому (зворотному) пропуску штаби через валки; роликовий преспроводка піднімається. Всі механізми стану реверсують на мінімальній швидкості поштовхами, і передній кінець штаби (колишній задній кінець) задається в зів задаючої моталки.

Після захоплення заднього кінця штаби правої моталкою і утворенням натягу, ручним мікрометром старший вальцювальник вимірює товщину штаби, і налаштовує стан на необхідну товщину. Для вимірювання товщини штаби

ручним мікрометром стан зупиняється, налаштовується на задану товщину, потім працює на мінімальній швидкості; після корегування товщини з ізотопного товщиноміру переключається на робочу швидкість, на якій працює до моменту, доки на розмотувачі моталці залишається 10 + 15 витків. В решті стан на задаючій швидкості прокатує штабу до того моменту як (на барабані моталки залишається 1,5 витка рулону), після чого стан і моталку реверсують, і прокатка ведеться в зворотному напрямку (на розмотувачі моталуи також залишаються 1,5 витка). В кінці кожного пропуску, перед реверсуванням, необхідно робити додатковий запас не обтискненої штаби довжиною 100 + 150 мм, для запобігання потрапляння товстої ділянки штаби в валки.

Уповільнення і зупинка стану проводиться автоматично за допомогою безконтактної системи точної зупинки. При ручному управлінні оператори постів після кожного пропуску здійснюють за показаннями продуктометрів записи відліків довжини штаби, по яких здійснюють уповільнення стану.

Цей порядок дій повторюється стільки пропусків, скільки необхідно для отримання потрібної товщини. Число пропусків повинно бути непарне, так як транспортування рулонів зі стану проводиться з лівої моталки.

Після прокатки на остаточну товщину стан зупиняється, зів барабана правої моталки відкривається, звільняється задній кінець штаби, валки розлучаються на величину, достатню для вільного виходу заднього не обтискненого кінця штаби.

Прокатка штаби з перемотуванням в першому пропуску.

Передній кінець штаби пропускається на заправній швидкості через підняту прес-проводку в розведені валки, подається до барабана моталки, заводиться в зів барабана і починається перемотування. Штаба перемотується в розведених валках з притиснутою прес-проводкою. Після закінчення перемотування задній кінець штаби не доводиться до осі валків на, 0 + 1, 2м. Стан зупиняється, преспроводка піднімається, валки встановлюються на

заданий обтиснення. Задній кінець штаби на заправній швидкості подається до моталки і заводиться в зів її барабана.

При прокатці необхідно звертати особливу увагу на натяг штаби між кліттю і моталками. Натяг контролюється за показаннями амперметрів, що знаходяться на постах управління. Натяг на барабані при розмотуванні і намотуванні моталоки має бути максимальним, але не більше 800А.

При прокатці штаби товщиною від 0,5 до 0,7 мм в останньому пропуску, щоб уникнути розриву штаби, натяг необхідно зменшити до $300 + 450a$

Таблиця 1.5-Величина натягу штаби між кліттю і намотуючою моталкою в останньому пропуску (для всього діапазону швидкостей).

Товщина штаби, мм	натяг (А) для штаби шириною не більше	
	от 1000 до 1250 вкл.	от 1251 до 1500
от 0,5 до 0,6	300	350
от 0,6 до 0,7	400	400
от 0,7 до 0,8	450	450
от 0,9 до 1,1	500	500
от 1,1 до 1,3	500	550
от 1,4 до 1,6	500	600
от 1,7 до 2,0	600	700

Прокатаний рулон знімається з барабана лівої моталки, після чого упаковується гарячекатаної сталеву стрічкою таким способом:

а) Змотаний рулон оператор стану затримує на підйомному столі знімача рулонів в такому положенні, щоб кінець штаби був притиснутий тілом рулону до столу знімача;

б) Вальцювальник або його підручний просмикує під рулон через спеціальну проводку пакувальну стрічку, заправляє обидва кінці стрічки в

замок, натягує стрічку за допомогою пакувальної машини, потім загинає «вушка» замку молотком (цим самим закріплюються кінці стрічки в замку);

в) оператор головного посту, особисто переконавшись, що рулон упакований і в приймку приймального стелажа відсутні люди, нахилом столу скидає рулон на приймальний стелаж;

г) лінійки для скочування рулонів повинні бути чистими, без слідів масла.

1.5. Перспективи розвитку виробництва та пропозиції щодо його вдосконалення.

Використання цільнолитих валків замість бандажованих з метою збільшення стійкості валків.

По природньому зношуванню наробіток на цільнолитих валках склав 120514 т, що більше на 11941 т, тобто на 11%, ніж на бандажованих валках 108573 т.

Середнє знімання по природньому зношуванню на цільнолитих валках склало 0,32 мм, що на 0,061 мм менше, тобто на 16%, ніж на бандажованих валках 0,381 мм.

Коефіцієнт використання робочого слою на цільнолитих валках склав 0,79 мм, що на 13,2% менше, ніж на бандажованих валках 0,89 мм, це зниження пов'язане зі збільшеним відсотком виходу валків з експлуатації з інших причин.

Відсоток виходу з ладу цільнолитих валків з інших причин склав 36,7% , проти бандажованих валків 47,7% від загальної кількості списаних валків. Середнє знімання за 1 перешліфовку цільнолитих валків склало 0,335 мм, що менше на 0,031 мм, тобто на 8,5%, чим на бандажованих валках.

Зниження видаткового коефіцієнта пов'язане зі зменшенням кількості списаних цільнолитих валків на 42,9% і зі зменшенням х/к придатного прокату на 45760т, тобто на 7,9%, ніж бандажованих валків.

Наробіток на цільнолитих опорних валках склав 719013т, що менше на 380004т, тобто на 34,6%, ніж на бандажованих валках, списано 3 опорних валка проти 7 валків, тобто на 4 валки менше, бандажованих.

Видатковий коефіцієнт по списаних цільнолитих опорних валках склав 0,143кг/т, що на 0,163 кг/т, тобто на 53,3% менше, ніж бандажованих валків.

Опорних валків надійшло – 8 шт., уведено 6 шт., списано 3 шт.

Таблиця 6 – експлуатаційні дані робочих і опорних валків цеху холодної прокатки, списаних за 9 місяців.

Кіль-ть валків	Причин-а виходу	Д, мм	%вик-ня слою	Кіль-ть пере-вало к, шт	Прокат на валок т/валок	Прокат за 1 встановк у т/вст	Прок т На 1 мм знім., т/мм	Сер. знім., мм	У ділн. витр., К
3	По ін.прич .	43, 0	-	25	719013	29149	16721	1,74	0,143

Основним недоліком стану - є велика кількість обрізу металу. Реалізація перерахованих технічних рішень дозволить дещо скоротити відносну кількість технологічних відходів металу, підвищити якість, перш за все точність продукції, і поліпшити техніко-економічні показники роботи станів.

Неодмінно розділом програми повинен бути перелік робіт науково-дослідного і дослідно конструкторського характеру, які дозволяють забезпечити перспективу вдосконалення споживання енергоресурсів на наступні 5-10 років.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Розрахунок режиму обтисків

Початкові дані

$$h_0 \times b_0 = 2,3 \times 1100 \text{ мм.}$$

$$h_4 \times b_4 = 0,8 \times 1100 \text{ мм.}$$

Марка сталі – 10Г2.

Визначаємо загальний коефіцієнт обтисків.

$$\eta_{\text{заг.}} = \frac{h_4}{h_0}; \quad (2.1)$$

де h_4 – кінцева товщина штаби, мм;

h_0 – початкова товщина штаби, мм.

$$\eta_{\text{общ.}} = \frac{0,8}{2,3} = 0,348.$$

Визначаємо середній коефіцієнт обтисків.

$$\eta_{\text{ср.}} = \sqrt[n]{\eta_{\text{общ.}}}; \quad (2.2)$$

де n – кількість проходів.

$$\eta_{\text{ср.}} = \sqrt[4]{0,348} = 0,768.$$

Розподіляємо обтиски по проходах таким чином, щоб виконалась рівність.

$$\eta_{\text{заг.}} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 ; \quad (2.3)$$

$$\eta_{\text{заг.}} = 0,725 \cdot 0,76 \cdot 0,78 \cdot 0,81 = 0,348.$$

Визначаємо товщину металу по проходах.

$$h_i = \frac{h_{i-1}}{\eta} \text{ мм} ; \quad (2.4)$$

де i - номер проходу;

h_{i-1} - товщина металу до проходу, мм;

h_i - товщина металу після проходу, мм;

η_i - обтиснення в проході.

$$h_1 = 2,3 \cdot 0,725 = 1,67 \text{ мм}$$

$$h_2 = 1,67 \cdot 0,76 = 1,27 \text{ мм}$$

$$h_3 = 1,27 \cdot 0,78 = 0,99 \text{ мм}$$

$$h_4 = 0,99 \cdot 0,81 = 0,8 \text{ мм.}$$

Визначаємо абсолютне обтиснення за прохід

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1 ; \quad (2.5)$$

$$\Delta h_1 = 2,3 - 1,67 = 0,63 \text{ мм}$$

$$\Delta h_2 = 1,67 - 1,27 = 0,4 \text{ мм}$$

$$\Delta h_3 = 1,27 - 0,99 = 0,28 \text{ мм}$$

$$\Delta h_4 = 0,99 - 0,8 = 0,19 \text{ мм.}$$

Визначаємо відносне обтиснення за прохід.

$$\varepsilon_{hi} = \frac{\Delta h}{h_{i-1}} \cdot 100\% \quad ; \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_{h1} = \frac{0,63}{2,3} \cdot 100\% = 27,39\%$$

$$\varepsilon_{h2} = \frac{0,4}{1,67} \cdot 100\% = 23,95\%$$

$$\varepsilon_{h3} = \frac{0,28}{1,27} \cdot 100\% = 22,05\%$$

$$\varepsilon_{h4} = \frac{0,19}{0,99} \cdot 100\% = 19,19\%.$$

Визначаємо сумарне відносне обтиснення по проходах.

$$\sum \varepsilon_h = \frac{h_0 - h_{i-1}}{h_0} \cdot 100\%; \quad (2.7)$$

$$\sum \varepsilon_{h1} = \frac{h_0 - h_{1,1}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{2,3 - 1,67}{2,3} \cdot 100\% = 27,39 \%$$

$$\sum \varepsilon_{h2} = \frac{h_0 - h_{1,1}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{2,3 - 1,27}{2,3} \cdot 100\% = 44,78 \%$$

$$\sum \varepsilon_{h3} = \frac{h_0 - h_{1,1}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{2,3 - 0,99}{2,3} \cdot 100\% = 56,96 \%$$

$$\sum \varepsilon_{h4} = \frac{h_0 - h_{1,1}}{h_0} \cdot 100\% = \frac{2,3 - 0,8}{2,3} \cdot 100\% = 65,22 \%.$$

Визначаємо кути захоплення.

$$\alpha_i = \sqrt{\frac{\Delta h_i}{R}} \cdot 57,3 \text{ , град} ; \quad (2.8)$$

де R – радіус робочих валків.

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{0,63}{245}} \cdot 57,3 = 2,91^\circ$$

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{0,4}{245}} \cdot 57,3 = 2,32^\circ$$

$$\alpha_3 = \sqrt{\frac{0,28}{245}} \cdot 57,3 = 1,94^\circ$$

$$\alpha_4 = \sqrt{\frac{0,19}{245}} \cdot 57,3 = 1,6^\circ.$$

Визначаємо швидкості прокатки:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}; \quad (2.9)$$

$$V = \frac{\pi \cdot 0,49 \cdot 156}{60} = 4 \text{ м/с.}$$

Визначаємо довжину штаби по проходах.

$$L_n = \frac{G}{h \cdot b \cdot \rho}; \quad (2.10)$$

де G – маса рулона (т), згідно заводських даних маса рулону становить 12;

ρ – щільність сталі, $\rho = 7,8 \text{ т/м}^3$.

$$l_1 = \frac{12}{7,8 \cdot 0,00167 \cdot 1,1} = 752 \text{ м}$$

$$l_2 = \frac{12}{7,8 \cdot 0,00127 \cdot 1,1} = 964,5 \text{ м}$$

$$l_3 = \frac{12}{7,8 \cdot 0,00099 \cdot 1,1} = 1371,5 \text{ м}$$

$$l_4 = \frac{12}{7,8 \cdot 0,0008 \cdot 1,1} = 1748,3 \text{ м.}$$

Складаємо підсумкову таблицю.

Таблиця 2.1 Розрахункові дані.

№ прох.	поч. товщ. h_0 , мм	кінц. товщ. h_1 , мм	абс. обт. Δh , мм	відн. обт. ε_h , %	сумм. відн.об $\sum \varepsilon_h$, %	кут. захв α , °	швид. Прок. v , м/с	довж. полос l , м
1	2,3	1,67	0,63	27,39	27,39	2,91	4	752
2	1,67	1,27	0,4	23,95	44,78	2,32	4	964,5
3	1,27	0,99	0,28	22,05	56,96	1,94	4	1371,5
4	0,99	0,8	0,19	19,19	65,22	1,6	4	1748,3

2.2. Розрахунок зусиль прокатки.

Розрахунок зусилля прокатки виконуємо за методом М. Стоуна

$$P = p_{\text{ср.}} \cdot F ; \quad (2.11)$$

де: $p_{\text{ср.}}$ – контактний тиск, МН/м²;

F – площа контактної поверхні, мм²;

Визначення контактного тиску виробляємо за формулою.

$$p_{\text{ср.}} = k \cdot n_b \cdot n'_{\sigma} \cdot n''_{\sigma} \cdot n'''_{\sigma}; \quad (2.12)$$

де: k – опір деформації в умовах лінійного стиснення з урахуванням ступеня наклепу (МН/м²);

n_b – коефіцієнт, що враховує вплив ширини штаби;

$n_{\sigma'}$ – коефіцієнт, що враховує вплив зовнішнього тертя;

$n_{\sigma''}$ – коефіцієнт, що враховує вплив зовнішніх зон

$n_{\sigma'''}$ – коефіцієнт, що враховує вплив натягу;

Визначаємо довжину осередку деформації для кожного проходу. Дані для визначення осередку деформації приймаємо з попереднього розрахунку і заводських даних.

$$l = \sqrt{R \cdot \Delta h} \text{ , мм;} \quad (2.13)$$

де R – радіус робочих валків, $R = 245$ мм;

Δh – абсолютне обтиснення, мм.

$$l_1 = \sqrt{245 \cdot 0,63} = 12,42 \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{245 \cdot 0,4} = 9,9 \text{ мм}$$

$$l_3 = \sqrt{245 \cdot 0,28} = 8,28 \text{ мм}$$

$$l_4 = \sqrt{245 \cdot 0,19} = 6,82 \text{ мм.}$$

Визначаємо середню висоту осередка деформації. Дані для розрахунку приймаємо з попереднього розрахунку.

$$h_{c_i} = \frac{h_{i-1} + h_i}{2} ; \quad (2.14)$$

$$h_{c_1} = \frac{2,3 + 1,67}{2} = 1,985 \text{ мм}$$

$$h_{c_2} = \frac{1,67 + 1,27}{2} = 1,47 \text{ мм}$$

$$h_{c_3} = \frac{1,27 + 0,99}{2} = 1,23 \text{ мм}$$

$$h_{c_4} = \frac{0,99 + 0,8}{2} = 0,895 \text{ мм.}$$

Визначаємо коефіцієнт тертя при сталому процесі прокатки.

$$f_{y_i} = K_{n_i} \cdot K_{f_i} \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot v_i^2}{3 \cdot v_i^2 + 2 \cdot v_i + 2}\right); \quad (2.15)$$

де K_{f_i} - коефіцієнт, що враховує вплив мастила. Як мастило, використовується емульсія, концентрацією 2-4%

$$K_{f_i} = 1$$

K_{n_i} - коефіцієнт, що враховує стан поверхні валків

$$K_{n1} = K_{n3} = K_{n4} = 1,0 - \text{для валків насічених}$$

$$K_{n2} = 0,8 - \text{для шліфованих валків}$$

$$f_{y1} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 4^2}{3 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4 + 2}\right) = 0,042$$

$$f_{y2} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 4^2}{3 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4 + 2}\right) = 0,042$$

$$f_{y3} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 4^2}{3 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4 + 2}\right) = 0,042$$

$$f_{y4} = 1 \cdot 1 \cdot \left(0,07 - \frac{0,1 \cdot 4^2}{3 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4 + 2}\right) = 0,042.$$

Визначаємо першу номографічну величину.

$$\delta_i = \left(\frac{f_{y_i} \cdot l_i}{h_{ci}}\right)^2; \quad (2.16)$$

де f_{y_i} - коефіцієнт тертя;

l_i - довжина осередку деформації;

h_{ci} - товщина штаби, приймаємо з попереднього розрахунку.

$$\delta_1 = \left(\frac{0,042 \cdot 0,017483}{1,985 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 0,137$$

$$\delta_2 = \left(\frac{0,042 \cdot 0,013715}{1,47 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 0,154$$

$$\delta_3 = \left(\frac{0,042 \cdot 0,009645}{1,23 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 0,108$$

$$\delta_4 = \left(\frac{0,042 \cdot 0,00752}{0,895 \cdot 10^{-3}} \right)^2 = 0,125.$$

За графіком залежності межу текучості від ступеня деформації визначаємо за межою плинності наклепаного металу

$$\delta_{i0} = 230 \text{ МН/м}^2 \text{ при } \sum \varepsilon = 0\%;$$

$$\delta_{i1} = 510 \text{ МН/м}^2 \quad \sum \varepsilon_{h1} = 27,39 \%$$

$$\delta_{i2} = 570 \text{ МН/м}^2 \quad \sum \varepsilon_{h2} = 44,78 \%$$

$$\delta_{i3} = 610 \text{ МН/м}^2 \quad \sum \varepsilon_{h3} = 56,96\%$$

$$\delta_{i4} = 650 \text{ МН/м}^2 \quad \sum \varepsilon_{h4} = 65,22\%.$$

$$\delta_i = (0,3 \div 0,35) \delta_{ii};$$

$$\delta_0 = 0,3 \cdot 230 = 69 \text{ Н/м}$$

$$\delta_1 = 0,3 \cdot 510 = 153 \text{ Н/м}$$

$$\delta_2 = 0,3 \cdot 570 = 171 \text{ Н/м}$$

$$\delta_3 = 0,3 \cdot 610 = 183 \text{ Н/м}$$

$$\delta_4 = 0,3 \cdot 650 = 195 \text{ Н/м}.$$

Середній натяг переднього і заднього кінця смуги визначаємо за формулою.

$$\delta_{cpi} = \frac{\delta_{i-1} + \delta_i}{2}; \quad (2.17)$$

де δ_{i-1}, δ_i - відповідно натяг переднього і заднього кінця штаби.

$$\delta_{cp1} = \frac{69 + 153}{2} = 111 \text{ Н/м}$$

$$\delta_{cp2} = \frac{153 + 171}{2} = 162 \text{ Н/м}$$

$$\delta_{cp3} = \frac{171 + 183}{2} = 177 \text{ Н/м}$$

$$\delta_{cp4} = \frac{183 + 195}{2} = 189 \text{ Н/м} .$$

Визначаємо другу номографічну величину.

$$2 \cdot \frac{R}{93000} \cdot \frac{f_{yi}}{h_{ci}} \cdot (1,15 \cdot \delta_{ii} - \delta_{cpi}); \quad (2.18)$$

де δ_{cp} - натяг кінця штаби;

δ_{ii} - межа плинності;

R – радіус робочого валка відповідно до технічної характеристики обладнання

R = 275 мм;

f_{yi} - коефіцієнт тертя.

h_{ci} - середня товщина осередку деформації, мм.

$$2 \cdot \frac{245}{93000} \cdot \frac{0,042}{1,985} \cdot (1,15 \cdot 510 - 111) = 0,053$$

$$2 \cdot \frac{245}{93000} \cdot \frac{0,042}{1,47} \cdot (1,15 \cdot 570 - 162) = 0,0743$$

$$2 \cdot \frac{245}{93000} \cdot \frac{0,042}{1,23} \cdot (1,15 \cdot 610 - 177) = 0,094$$

$$2 \cdot \frac{245}{93000} \cdot \frac{0,042}{0,895} \cdot (1,15 \cdot 650 - 189) = 0,138.$$

За номограмою М.Стоуна визначаємо значення X .

$$X_1 = 0,27 \quad X_3 = 0,3$$

$$X_2 = 0,29 \quad X_4 = 0,33.$$

Згідно отриманого значення X знаходимо по таблиці значення функції n'_σ

$$n'_{\sigma.1} = \frac{e^x - 1}{x_1} = 1,148$$

$$n'_{\sigma.3} = \frac{e^x - 1}{x_3} = 1,166$$

$$n'_{\sigma.2} = \frac{e^x - 1}{x_2} = 1,160$$

$$n'_{\sigma.4} = \frac{e^x - 1}{x_4} = 1,185.$$

Знаходимо довжину осередка деформації з урахуванням сплющування валків

$$l_{cn.} = \frac{x_i \times h_{ci.}}{f_{yi.}}, \text{ мм}; \quad (2.19)$$

де h_{ci} - середня висота осередка деформації, мм;

f_{yi} - коефіцієнт тертя.

$$l_{cn.1} = \frac{0,27 \cdot 1,985}{0,042} = 12,76 \text{ мм}$$

$$l_{\text{cn.2}} = \frac{0,29 \cdot 1,47}{0,042} = 10,15 \text{ мм}$$

$$l_{\text{cn.3}} = \frac{0,3 \cdot 1,23}{0,042} = 8,79 \text{ мм}$$

$$l_{\text{cn.4}} = \frac{0,33 \cdot 0,895}{0,042} = 7,03 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив натягу, визначається за формулою.

$$k = \frac{\delta_{i-1} + \delta_{ii}}{2}; \quad (2.20)$$

де k - опір деформації.

$$k_1 = \frac{230 + 510}{2} = 370 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_2 = \frac{510 + 570}{2} = 540 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_3 = \frac{570 + 610}{2} = 590 \text{ Н/мм}^2$$

$$k_4 = \frac{610 + 650}{2} = 630 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо коефіцієнт, що враховує вплив натягу ширини штаби.

$$n_{\delta 1} = 1 - \frac{\delta_0 + \delta_1}{2k \circ n_b}; \quad (2.21)$$

де n_{δ} - коефіцієнт, який враховує вплив ширини штаби.

Приймаємо $n_{\delta i} = 1,15$, т.к. $\frac{b}{l_c} > 5$.

$$n''_{\delta 1} = 1 - \frac{69 + 153}{2 \cdot 370 \cdot 1,15} = 0,739$$

$$n''_{\delta 2} = 1 - \frac{153 + 171}{2 \cdot 540 \cdot 1,15} = 0,739$$

$$n''_{\delta 3} = 1 - \frac{171 + 183}{2 \cdot 590 \cdot 1,15} = 0,739$$

$$n''_{\delta 4} = 1 - \frac{183 + 195}{2 \cdot 630 \cdot 1,15} = 0,739.$$

Приймаємо коефіцієнт, який враховує вплив зовнішніх зон

$$n'''_{\delta} = 1,0.$$

Визначаємо контактний тиск по проходах.

$$\rho_{cpi} = k_i \cdot nb_i \cdot n'_i \cdot n''_i \cdot n'''_i ; \quad (2.22)$$

$$\rho_{cp1} = 370 \cdot 1,15 \cdot 1,148 \cdot 0,739 \cdot 1 = 361 \text{ МН/м}^2$$

$$\rho_{cp2} = 540 \cdot 1,15 \cdot 1,160 \cdot 0,739 \cdot 1 = 532,35 \text{ МН/м}^2$$

$$\rho_{cp3} = 590 \cdot 1,15 \cdot 1,166 \cdot 0,739 \cdot 1 = 584,65 \text{ МН/м}^2$$

$$\rho_{cp4} = 630 \cdot 1,15 \cdot 1,185 \cdot 0,739 \cdot 1 = 634,46 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо повний тиск металу на валки.

$$P = \rho_{cpi} \cdot F_i ; \quad (2.23)$$

де F – площа контактної поверхні.

Визначаємо площу контактної поверхні.

$$F_i = b_i \cdot l_{cn}; \quad (2.24)$$

де b – ширина полоси.

$$F_1 = 1100 \cdot 12,76 = 14036 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 1100 \cdot 10,15 = 11165 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 1100 \cdot 8,79 = 9669 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 1100 \cdot 7,03 = 7733 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо зусилля прокатки для кожного проходу.

$$P_1 = 361 \cdot 14036 = 5,07 \text{ МН}$$

$$P_2 = 532,35 \cdot 11165 = 5,94 \text{ МН}$$

$$P_3 = 584,65 \cdot 9669 = 5,65 \text{ МН}$$

$$P_4 = 634,46 \cdot 7733 = 4,91 \text{ МН}.$$

Таблиця 2.2 Підсумки розрахунку зусиль прокатки

№ про-хода	σ_T , МН/м ²	опір. дефо рм. k, Н/мм ²	довж очагу дефор м l, мм	$\sigma_{ср}$, МН/м ²	n'_σ	n''_σ	площ. КОНТАКТ поверхн . F, мм ²	h_c , мм	f_y	I – а номог . вел – на	II – а номог . вел – на	X	$l_{сп.}$, мм	КОНТА КТ. давл. $\rho_{ср}$. Н/мм ²	зуси л Р, МН
1	510	370	12,42	111	1,148	0,739	14036	1,985	0,042	0,137	0,053	0,27	12,76	361	5,07
2	570	540	9,9	162	1,166	0,739	11165	1,47	0,042	0,154	0,074	0,29	10,15	532,3	5,94
3	610	590	8,28	177	1,160	0,739	9669	1,23	0,042	0,108	0,094	0,3	8,79	584,6	5,65
4	650	630	6,82	189	1,185	0,739	7733	0,895	0,042	0,125	0,138	0,33	7,03	634,4	4,91

2.3. Розрахунок продуктивності стану.

Визначення годинної продуктивності стану виробляємо за формулою.

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T \cdot k_1} \cdot k_2; \quad (2.25)$$

де G – маса рулона (т), згідно заводських даних маса рулону дорівнює 10 тонн;

T – ритм прокатки, с;

k_1 - витратний коефіцієнт металу;

k_2 – коефіцієнт використання стану.

Ритм прокатки визначаємо за формулою:

$$T = t_m + t_p;$$

де t_m – машинний час прокатки, с;

t_p – час пауз, с.

Визначаємо машинний час прокатки

$$t_{m.4} = \frac{l_4}{V_4}; \quad (2.26)$$

де l_4 – довжина штаби після 4-го проходу (м), згідно попереднього розрахунку

довжина штаби після 4-го проходу дорівнює $l_4 = 1748,3$ м;

V_4 - швидкість прокатки в 4-му проході, (м / с); згідно попереднього

розрахунку швидкість прокатки на 4-ому проході становить 4 м/с.

$$t_{m.1} = \frac{752}{4} = 188 \text{ с}$$

$$t_{m.2} = \frac{964,5}{4} = 241 \text{ с}$$

$$t_{m.3} = \frac{1371,5}{4} = 343 \text{ с}$$

$$t_{m.4} = \frac{1748,3}{4} = 437 \text{ с.}$$

$$\sum_{m=1}^4 t_{m.1} + t_{m.2} + t_{m.3} + t_{m.4};$$

$$\sum_{m=1}^4 188 + 241 + 343 + 437 = 1209 \text{ с.}$$

Визначаємо час пауз згідно з хронометражем, сумарний час перекриття під час котрого виробляються такі операції як :

- Подача рулону в розмотувач становить-10 секунд
- Подача переднього кінця штаби до кліті становить-20 секунд
- Прокатка заднього кінця штаби становить-70 секунд
- Паузи для реверсування стану становлять-15 секунд
- Зняття рулону з барабана моталки становить-20 секунд

Виходячи з часу перекриття, сумарний час пауз становить:

$$\sum t_{п.} = 135 \text{ с.}$$

Визначаємо ритм прокатки.

$$T = t_{m.4} + \sum t_{п.};$$

$$T = 1209 + 135 = 1344 \text{ с.}$$

Згідно заводських даних, видатковий коефіцієнт металу становить:

$$k_1 = 1,18;$$

Коефіцієнт використання стану, згідно заводських даних становить:

$$k_2 = 0,8$$

Визначаємо годинну продуктивність стану.

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T \cdot k_1} \cdot k_2 = \frac{3600 \cdot 12}{1344 \cdot 1,18} \cdot 0,8 = 21,8 \text{ т/р}$$

Визначаємо середньочасову продуктивність стану.

$$A_{\text{ср}} = A \cdot \frac{k_{\text{мп.}}}{k_{\text{мп.ср.}}} ; \quad (2.27)$$

де $k_{\text{тр.}}$ – коефіцієнт складності по стану згідно з прокатуною маркою сталі і розмірами штаб, згідно заводських даних $k_{\text{тр.}} = 1,065$;

$k_{\text{тр.ср.}}$ – середній коефіцієнт труднощі на стані, згідно заводських даних $k_{\text{тр.ср.}} = 1,006$.

$$A_{\text{ср.}} = A \cdot \frac{k_{\text{мп.}}}{k_{\text{мп.ср.}}} = 21,8 \cdot \frac{1,065}{1,006} = 23 \text{ т/р.}$$

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок валків на міцність

Розрахунок валків на міцність виробляємо по максимальному зусиллю прокатки згідно попереднього розрахунку.

Визначаємо розподіл зусилля між опорними і робочими валками, враховуючи, що відповідно до заводських даних мінімальний діаметр валків після перешліфовки складає

$$D_{оп.} = 1370 \text{ мм}, D_{р.} = 470 \text{ мм}$$

$$P_{р.} = \frac{P_{мак.}}{1 + \left(\frac{D_{оп.}}{D_{р.}} \right)^4}; \quad (3.1)$$

де $P_{мак.}$ – максимальне зусилля прокатки, $P_{мак.} = P_4 = 5,94 \text{ МН}$.

$$P_{р.} = \frac{5,94}{1 + \left(\frac{1370}{470} \right)^4} = 0,08 \text{ МН.}$$

$$P_{оп.} = P_{мак.} - P_{р.}, \text{ МН}; \quad (3.2)$$

де $P_{р.}$ – зусилля прокатки на робочих валках, $P_{р.} = 0,08 \text{ МН}$.

$$P_{оп.} = 5,94 - 0,08 = 5,86 \text{ МН.}$$

Визначаємо максимальний згибаючий момент в середині бочки опорного валка.

$$M_{изг.оп.} = \frac{P_{оп.}}{4} \cdot \left(a - \frac{b}{2} \right), \text{ МН} \cdot \text{м}; \quad (3.3)$$

де: $P_{оп.}$ – тиск металу на опорних валках, МН;

b – ширина прокатуємої штаби, мм.

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп.1}}{2} + \frac{l_{ш.оп.2}}{2}; \quad (3.4)$$

де $l_{б.оп.}$ – довжина бочки опорного валка, мм;

$l_{ш.}$ – довжина шийки опорного валка, мм.

Дані для визначення повної довжини опорного валка приймаємо з технічної характеристики устаткування стану

$$a = l_{б.оп.} + \frac{l_{ш.оп.1}}{2} + \frac{l_{ш.оп.2}}{2} = 1,68 + \frac{0,78}{2} + \frac{0,78}{2} = 2,46 \text{ м.} \quad (3.5)$$

$$M_{зг.оп.} = \frac{6,15}{4} \cdot \left(2,46 - \frac{1,1}{2} \right) = 3,98 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо напругу вигину в бочці опорного валка.

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{P_{оп.} \cdot l.}{0,1 \cdot d^3}, \text{ МН/м}^2; \quad (3.6)$$

де $P_{оп.}$ – тиск металу на опорних валках, МН;

$l_{б.}$ – довжина бочки опорного валка, мм;

$d_{оп.}$ – діаметр бочки опорного валка, мм.

Дані для визначення напруги вигину в бочці опорного валка приймаємо з технічної характеристики устаткування стану, при цьому отримані дані переводимо в метри.

$$\sigma_{б.оп.} = \frac{5,86 \cdot 1,68}{0,1 \cdot 1,37^3} = 38,28 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо напруження кручення на шийці робочого валка. Робочі валки розраховують з умов міцності шийки тільки на крутіння, так як значна частина тиску прокатки передається на опорні валки ($\approx 90\%$)

$$\tau_{\text{ш.р.}} = \frac{M_{\text{кр.ш.}}}{0,2 \cdot d^3}; \quad (3.7)$$

де $M_{\text{кр.ш.}}$ – крутний момент, прикладений до валку (шийці) з боку приводу, МН·м;

$d_{\text{ш.р.}}$ – діаметр шийки робочого валка, згідно з технічною характеристикою устаткування стану $d_{\text{ш.р.}} = 260$ мм (0,26 м).

При визначенні $\tau_{\text{ш.р.}}$ діаметр шийки робочого валка переводимо в метри. Крутний момент знаходимо за формулою

$$M_{\text{кр}} = F \cdot r; \quad (3.8)$$

де F - зусилля прокатки, яке приходиться на робочі валки, МН

R – Радіус шийки опорного валка

$$M_{\text{кр}} = 0,39 \cdot 0,09 = 0,0351 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$\tau_{\text{ш.р.}} = 0,0351 / (0,2 \cdot 0,26^3) = 10 \text{ МН} / \text{м}^2.$$

Визначаємо результуючі напруження для сталевих валків по четвертій теорії міцності.

$$\sigma_{\text{рез.}} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}; \quad (3.9)$$

де σ – напруження згибу в шийці робочого валку, МПа;

τ – напруження кручення на шийці робочого валку, МПа.

$$\sigma_{рез.} = \sqrt{38,28^2 + 3 \cdot 10^2} = 43,01 \text{ МН/м}^2.$$

Визначаємо запас міцності робочих валків.

Результуюча напруга не повинна перевищувати допустимого. Допустиму напругу в валках приймаємо виходячи з п'ятикратного запасу міцності.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\delta}}{5}; \quad (3.10)$$

де σ_{δ} - межа міцності матеріалу валка на вигин, МПа.

На підставі викладеного допустимого напруження для кованих валків з вуглецевої сталі приймаємо наступне:

$$\sigma_{в.} = 500 \div 600 \text{ МН/м}^2.$$

Умови запасу міцності.

$$\sigma_{\delta} = 43,01 \text{ МН/м}^2$$

$$n \text{ роб.} = \frac{\sigma_{\delta}}{\sigma_{рез.}}; \quad (3.11)$$

$$[n] \text{ роб.} = 600/43,01 = 13,95 > 5.$$

Умови міцності валків розрахунком підтверджено, результуюча напруга не перевищує допустимого.

Висновок:

Результати розрахунків показали, що запас міцності валків забезпечений.

Устаткування працює в нормальних умовах.

3.2 Розрахунок вузлів прокатного обладнання на міцність

Визначаємо міцність натискного гвинта та різьблення.

Визначаємо момент на натискному гвинті при обертанні його під час прокатки (натискання валків) $\mu_p=0,1$ и $\varphi=5^\circ43'$,

$$M_B = 17,5 \left[\frac{0,535}{3} \times 0,1 \times \frac{0,535}{3} \operatorname{tg} (0^\circ24' + 5^\circ43') \right]; \quad (3.12)$$

$$M_B = 17,5(0,018 \times 0,276 \times 0,106) = 830 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Статичний момент обертання двох натискних гвинтів, приведений до валу електродвигунів; передаточне число двох глобоїдних черв'якових пар між електродвигуном та натискним гвинтом $i=25,5 \cdot 41=1100$; ККД редукторів $\eta=0,7 \times 0,72=0,5$;

$$M_{ст} = \frac{2M_B}{i\eta}; \quad (3.13)$$

$$M_{ст} = \frac{2 \cdot 830}{1100 \cdot 0,5} = 3,02 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Для приводу натискних гвинтів встановлені два електродвигуни загальною потужністю $2 \times 120=240$ кВт при 500 об/хв; номінальний момент електродвигунів

$$M_H = 9,56 \frac{N_H}{n_H}; \quad (3.14)$$

$$M_H = 9,56 \frac{2 \cdot 120}{500} = 4,58 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Таким чином, $M_H > M_{ст}$, крім того, є значний запас по моменту

$$\frac{4,58-3,02}{4,58} 100 = 34\%$$

Пружна деформація натискного гвинта

$$f_B = Y_h / (FE) = 4Y_h / (\pi d E); \quad (3.15)$$

h - найбільша деформована довжина гвинта від підп'ятника до натискної гайки;

$$h = 600 \text{ мм}; E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$f_B = \frac{4 \cdot 17,5 \cdot 10^6 \cdot 600}{\pi \cdot 545^2 \cdot 2,15 \cdot 10^5} = 0,21 \text{ мм.}$$

Пружна деформація натискної гайки: висота гайки $H = 760$ мм, зовнішній діаметр $D = 860$ мм, $E = 1 \cdot 10^5$ МПа

$$f_r = \frac{4YH}{\pi(D-d)E}; \quad (3.16)$$

$$f_r = \frac{4 \cdot 17,5 \cdot 10^6 \cdot 760}{\pi(860^2 - 560^2) \cdot 1 \cdot 10^5} = 0,19 \text{ мм.}$$

Сумарна пружна деформація системи натискний гвинт-гайка

$$f_{BG} = k(f_B + f_r); \quad (3.17)$$

$$f_{BG} = 1,1 (0,21 + 0,19) = 0,44 \text{ мм.}$$

де $k = 1,1$ - враховує деформацію підп'ятника (10%).

Перевіримо міцність зубчастого зачеплення глобоїдної пари приводу натискного гвинта

Момент на черв'ячному колесі, дорівнює моменту на нажимному гвинті, $M_k = M_b = 830$ кН·м; міжосьова відстань $A = 1000$ мм; черв'як глобоїдний однозахідний $Z_q = 1$; черв'ячне колесо $Z_k = 44$; передавальне число $i = 44$; модуль $m = 36,5$ мм; число модулів у ділільному діаметрі черв'яка $q = 11$; профільний кут западин черв'яка $\alpha = 23^\circ$; кут підйому витку черв'яка $\lambda = 5^\circ 17' 32''$; ширина колеса $b = 320$ мм; поділільний діаметр черв'яка

$d_q = 394$ мм; $k = 1,4$ - коефіцієнт різновтовщиності зубів колеса

Напруга вигину біля основи зубів колеса

$$\sigma_k = \frac{1,8 M_k \cos \lambda}{Z_k m^2 b \left(\frac{k}{1+k} + 0,6 \operatorname{tg} \alpha \right)^2} ; \quad (3.18)$$

$$\sigma_k = \frac{1,8 \cdot 830 \cdot 10^5 \cdot 0,996}{44 \cdot 36,5^2 \cdot 320 \left(\frac{1,4}{2,4} + 0,6 \cdot 0,42 \right)^2} = 115 \text{ МПа.}$$

Напруга зсуву в поверхневому шарі зубів черв'ячного колеса при коефіцієнті перекриття зубів $e = 1,9$

$$\tau_k = \sqrt{\frac{M_k \left(i + \frac{q}{z} \right)^3 \sin \lambda}{A^3 i^2 e \sin 2\alpha}} ; \quad (3.19)$$

$$\tau_k = \sqrt{\frac{830 \cdot 10^6 (44 + 11)^3 0,092}{1000^3 \cdot 44^2 \cdot 1,9 \cdot 0,72}} = 57,2,14 = 125 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга вінця черв'ячного колеса $[\sigma] = 110$ (t) = 120 МПа.

Допустима напруга для бронзового вінця черв'ячного колеса;

$$M_{\text{ч}} = M_{\text{к}} / (i\eta) ; \quad (3.20)$$

$$M_{\text{ч}} = 830 / (44 \cdot 0,72) = 26 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Окружне зусилля на черв'яку

$$P_{\text{ч}} = 2M_{\text{ч}} / d_{\text{ч}} ; \quad (3.21)$$

$$P_{\text{ч}} = 2 \cdot 26 / 0,394 = 132 \text{ кН}.$$

Осьове зусилля на черв'яку, що дорівнює окружному зусиллю на черв'ячному колесі, що має $d_{\text{к}} = 1606 \text{ мм}$:

$$A_{\text{ч}} = 2M_{\text{к}} / d_{\text{к}} ; \quad (3.22)$$

$$A_{\text{ч}} = 2 \cdot 830 / 1,606 = 1000 \text{ кН}.$$

Радіальне зусилля, що розсуває черв'як та колесо

$$P_{\text{ч}} = A_{\text{ч}} \text{ tga} ; \quad (3.23)$$

$$P_{\text{ч}} = 1000 \cdot 0,42 = 420 \text{ кН}.$$

Згибачий момент від сили $P_{\text{ч}}$ у площині її дії (при відстані між опорами черв'яка $l = 1270 \text{ мм}$

$$M_1 = P_{\text{ч}} l / 4 ; \quad (3.24)$$

$$M_1 = 132 \cdot 1,27 / 4 = 42 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Згибаючий момент від сил $A_{\text{ч}}$ та $R_{\text{ч}}$ у середній площині

$$M_2 = \frac{R_{\text{ч}}l}{4} + \frac{A_{\text{ч}}d_{\text{ч}}}{4}; \quad (3.25)$$

$$M_2 = \frac{420 \cdot 1,27}{4} + \frac{1000 \cdot 0,394}{4} = 133 + 98 = 231 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Результуючий згинальний момент посередині черв'яка

$$M_{3\Gamma} = \sqrt{42^2 + 231^2} = 235 \text{ кН}\cdot\text{м.}$$

Нормальна напруга в перерізі посередині черв'яка при $d_{\text{вн}} = 340 \text{ мм}$

$$\sigma = \frac{235 \cdot 10^6}{0,1 \cdot 340^3} = 60 \text{ МПа.}$$

Запас міцності по нагину при $\sigma_t = 600 \text{ МПа}$

$$n_{\sigma} = 600 / 60 = 10.$$

Напруга кручення у цьому ж січенні

$$T = \frac{M_{\text{ч}}}{0,2 d_{\text{вн}}^3}; \quad (3.26)$$

$$T = \frac{26 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 340^3} = 3,2 \text{ МПа.}$$

Запас міцності по крученням $[t] = 300 \text{ МПа}$

$$n_t = 300 / 3,2 = 93.$$

Наведений запас міцності у цьому перерізі

$$n = n_{\sigma} n_t / \sqrt{n_{\sigma}^2 + n_t^2} \approx 10;$$

Мінімальний допустимий запас міцності $[n]=2,5$. Напряга кручення на ведучому кінці черв'яка, що має $d=200$ мм та ослаблений шпоночним пазом (коефіцієнт концентрації напруг $k_t=-2$):

$$T = k_t \frac{M_{\text{ч}}}{0,2d^3}; \quad (3.27)$$

$$T = 2 \frac{26 \cdot 10^6}{0,2 \cdot 200^3} = 16,3 \text{ МПа.}$$

Запас міцності незначний, черв'ячна передача з глобоїдним черв'яком має в 1,5-2 рази більшу вантажопідємність і більшим коефіцієнтом корисної дії в порівнянні зі звичайною передачею чорнової (з циліндричним черв'яком). Однак ці переваги глобоїдної передачі можуть бути отримані тільки при точному виготовленні глобоїдного зачеплення, високій твердості та чистоті поверхні черв'яка, безперервному підведенні мастила в зачеплення і великій жорсткості черв'яка.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації реверсивного стану 1680

Основними небезпечними факторами при обслуговуванні реверсивного стану 1680 є наступні ризики:

1. Ураження працівників електричним струмом та опіки електричною дугою.
2. Затягування одягу і частин тіла в обертаючийся валки, шпинделями, муфтами.
3. Порізи робочих гострими крайками металу.
4. Удари і садна внаслідок обриву металу.
5. Відліт частинок металу.

Для захисту робітників від ураження електричним струмом відкриті струмопровідні частини двигунів (колектори, кільця, щітки) покривають кожухами. Підводи до обмоток статора електродвигунів ізолюють і захищають від механічних пошкоджень. Кожухи електроутаткування, а також корпуси щитів управління обладнуються заземленням. Управління електродвигунами на прокатному стані здійснюється пультів управління.

Для зменшення ризику травм при прокатці металу необхідно максимально механізувати і автоматизувати процеси на прокатному стані. Для запобігання травмуванню робітників сполучні шпинделі і муфти потрібно захищати не лише збоку, але й зверху. Для запобігання виходу гуркотів у бік прокатного поля рекомендується встановлювати міцні суцільні борти з нахилом.

У зв'язку з ризиком відколювання та відльоту уламків металу від валків під час прокатки, а також можливим розривом прокатуємої штаби, рекомендується встановлювати запобіжні металеві сітки збоку клітей..

Підлогу біля стану необхідно періодично очищати від емульсії і масла, а також обсипати тирсою. На робочих місцях вальцювальників підлога повинна мати рифлену поверхню або хоча б точкову антискользящу обробку.

Запобіжні кожухи прокатного стану повинні мати блокування, яке перешкоджає включенню стану в разі їх відсутності.

Моталка стану має бути огорожена захисними парканами. Конструкція, установка та огороження моталки повинні бути спроектовані таким чином, щоб уникнути вибивання металу під час змотування. Прорізи прокатних клітей з боку обслуговування стану мають бути захищені знімними щитами.

Вентилі, які регулюють кількість подаваної емульсії, повинні бути винесені в сторону від клітей на безпечну відстань. На клітках слід встановити відбивні щитки, які запобігають розбризкуванню емульсії на робочі місця.

При використанні мастила необхідно вжити заходів, які виключають присутність шкідливих речовин у робочій зоні. Прокатка рулонів з загорнутими кромками штаби, рванинами, складками та іншими дефектами забороняється. У процесі прокатки забороняється знімати рулони з конусів розмотування без зняття напруги, а також відключення насосів гідравліки.

При прокатці вимір натягу штаби має вимірюватися спеціальними приладами. Для запобігання травмуванню, визначати натяг штаби рукою або брусом забороняється.

Для захисту робітників від відлітаючих осколків стан має бути оснащений спеціальними екранами.

Для переходу через сполучні вали кожної кліті повинен бути встановлений пристрій одного суцільного містка уздовж всіх клітей зі спуском до кожної з них.

Головний пост управління стану має бути оснащений переговорним зв'язком і сигналізацією з машинним залом та пультами управління.

Щоб запобігти травмуванню працівників і обслуговуючого персоналу стану, пуск стану має здійснюватися після подачі відповідного сигналу, який

повинен бути чутний на всіх робочих місцях стану та його огорожувальних і запобіжних пристроях.

Пуск стану забороняється, якщо він несправний або відсутні чи несправні огорожувальні та запобіжні пристрої.

Щоб уникнути травмування робити заміну механізмів або деталей табору за прокатки металу забороняється.

Під час роботи стану замір профілю металу дозволяється виконувати лише дистанційно за допомогою відповідних вимірювальних приладів.

Збір недокатів і браку, а також заміна пошкоджених валків повинні здійснюватися спеціальними пристосуваннями відповідно до розроблених схем зачіпки і стропування при розібраних електросхемах механізмів і відключених головних двигунів стану під керівництвом майстра, а при його відсутності - старшого вальцювальника.

Шліфування і видалення дефектів з поаерхні робочих валків, а також роликів рольгангів, травильних машин, моталок і інш. повинні виконуватися при зупиненій процесі прокатки за допомогою спеціального пристрою з боку, протилежного напрямку обертання.

Для запобігання травмування працівників бокові поверхні підйомно-гойдаючих столів мають бути обтягнуті листовим металом. Обшивка не повинна виступати вище настилу робочого місця у верхньому положенні столу.

Ходити по рольгангу стану забороняється. Дозволяється переходити через них лише за допомогою перехідних мостків, які повинні мати таку висоту і конструкцію, щоб забезпечити безпечний прохід людей над прокатним полем.

4.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

Гігієна праці - наука, яка вивчає вплив робочого процесу і навколишнього середовища на організм людини. Людина постійно перебуває у взаємозв'язку з навколишнім середовищем; у міру можливості він пристосовується до неї доступними засобами і доступними засобами пристосовує її до себе.

На ділянці стану на здоров'я робітників впливають шкідливі хімічні і психологічні чинники технологічного процесу: підвищені рівні шуму, запиленість, загазованість, низька освітленість, випари емульсії і т.д.

Виробнича санітарія являє собою систему організаційних, гігієнічних та санітарно - технічних заходів і засобів, які запобігають впливу у робітників шкідливих виробничих факторів. Вимоги виробничої санітарії враховуються при проектуванні, будівництві та експлуатації споруд і приміщень в чорній металургії.

Основні вимоги до проектування нових і реконструкції діючих підприємств чорної металургії розробляються відповідно до "Санітарні норми проектування промислових підприємств» (СН 245 - 71).

Санітарні вимоги до забруднення повітря робочої зони, випромінювань, освітленості, забезпечення спецодягом та засобами індивідуального захисту, забезпечення побутовими приміщеннями та спеціальними службами, які утворюють нормальні умови для праці та інші відомості наводяться в нормативних документах, ГОСТ, ДНАОП, санітарних нормах, будівельних нормах і правилах та інших нормативних документах, які є обов'язковими для виконання всіма підприємствами, установами і організаціями України.

"Карта умов праці" реверсивного стану «1680» в ЦХП відповідно до вимірів "Лабораторії охорони навколишнього середовища" представлена в таблиці.

Під час праці людина витрачає енергію, яку накопичував організм за рахунок харчування. Інтенсивність витрат енергії залежить від характеру і інтенсивності праці, а також від параметрів навколишнього середовища і, в першу чергу, від стану повітря в приміщенні. Стан повітря робочої зони в виробничому приміщенні називають мікрокліматом або метеорологічними умовами. Метеорологічні умови впливають на перебіг життєвих процесів в організмі людини.

Мікроклімат визначається такими параметрами, як температурою повітря в приміщенні, відносною вологістю повітря, рухливістю повітря.

Здатність організму людини змінювати температуру шкіри (під одягом її середня температура 30 - 34 °С, а на окремих відкритих ділянках вона може знижуватися до 20 °С і нижче), а також зволожувати за рахунок дії потових залоз, забезпечує регуляцію теплообміну між тілом людини і навколишнім середовищем. Ця здатність організму і є терморегуляцією.

Кількість тепла, яке виробляє людський організм змінюється від 40 - 50 кДж / хв в стані спокою до 3340 кДж / хв - при виконанні важкої роботи. Нормальне теплове самопочуття виникає за умови, що тепловиділення повністю сприймаються навколишнім середовищем, тобто має місце тепловий баланс.

Температура повітря 18 – 20 °С прийнятна, якщо людина виконує легку роботу, якщо б людина виконує фізичну роботу, то для створення комфорту температури навколишнього повітря повинна бути близько 14 - 17 °С.

Температура повітря в цеху в літню пору року не повинна перевищувати на 5 °С температуру зовнішнього повітря, в той же час не повинна бути більше 28 °С. Вимірювання мікроклімату на реверсивному стані «1680» наводяться в таблиці.

При температурі повітря понад 30 °С порушується терморегуляція організму, що може привести до його перегріву. Підвищується температура тіла, настає слабкість, головний біль, шум у голові. Як наслідок може статися тепловий удар, якщо роботи проводяться на ділянці, які опромінюється сонцем, або іншим джерелом тепла.

Робота при високій температурі повітря (від 31 °С) при вологості 80 - 90% призводить до зниження працездатності на 60% після 5 годин безперервного праці.

Основним і найбільш діючим оздоровчим заходом в виробничих цехах є аерація. Високу ефективність аерації є можливість пропустити через цех протягом години велика кількість свіжого повітря. Необхідно тільки правильно здійснити аерацію, щоб створити в цеху максимальний повітрообмін і тим

самим забезпечити енергійне провітрювання всієї робочої зони свіжим зовнішнім повітрям, не допускаючи утворення застійних ділянок.

Для здійснення аерації необхідно в самій верхній частині цеху розташувати витяжні отвори, а отвори для потоку свіжого повітря - в нижній частині, в стінах цеху.

Регулювання аерації варто робити в залежності від пори року. У теплий період (травень - жовтень) припливні і витяжні отвори відкривають повністю. У перехідні періоди року розміри вентиляційних отворів зменшують, щоб температура повітря робочої зони задовольняла встановленим нормам (17-19°C).

Одним з основних заходів щодо створення оптимальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях є впровадження нових технологій і обладнання, робота яких не сприяє підвищенню (зниженню) мікроклімату робочої зони.

Також основні джерела тепла бажано розміщувати безпосередньо під аераційним ліхтарем, біля зовнішніх стін цеху в один ряд на такій відстані один від іншого, щоб теплові потоки від них не перехрещувалися на робочі місця. Автоматизація та дистанційне управління технологічним процесом дозволяють у багатьох випадках вивести людину з виробничих зон, в яких діють несприятливі фактори.

4.3. Протипожежна безпека

Основними законами в галузі пожежної безпеки є Конституція України, Закон України «Про пожежну безпеку» та інших законах України.

Закон України «Про пожежну безпеку» прийнятий 17 грудня 1993 року, визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

Відповідно до закону, забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців, всього населення України. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій, інструкціях.

Технічні рішення системи запобігання пожеж

Система запобігання пожеж включає, перш за все, два основних напрямки: попередження утворення горючого середовища і попередження виникнення в легко займистому середовищі або внесення в це середовище джерела загоряння.

Попередити утворення горючого середовища в виробничих приміщеннях не завжди можливо. Якщо за умовами виробництва горючу речовину не можна ізолювати від навколишнього середовища, то потрібно не допустити появи джерел загоряння і їх взаємного контакту.

Найбільш радикальним заходом попередження утворення горючого середовища є заміна горючих речовин і матеріалів, які використовуються, на негорючі та важко займаючі

Запобігання формуванню горючого середовища досягається: застосуванням герметичного виробничого устаткування; обмеженням кількості застосовуваних і збережених пожежонебезпечних і вибухонебезпечних речовин, а також правильним їх розміщенням; ізоляцією гарячого і вибухонебезпечного середовища; застосуванням робочої та аварійної вентиляції; відведенням горючого середовища в спеціальні пристрої та безпечні місця; застосуванням робочої та аварійної сигналізації.

З метою запобігання формуванню горючого середовища при роботі реверсивному стану «1680» необхідно дотримуватися певних правил при його експлуатації.

Мастилопроводи систем управління і централізованого змащування стану повинні проводитися з негорючих матеріалів. Системи гідроприводу повинні бути обладнані пристроєм для автоматичного перекриття напірних засувки при обриві маслопроводу. Вентиляційні пристрої тунелів і маслопроводів повинні автоматично вимикатися в разі виникнення пожежі.

Баки для масла і мазуту в разі пожежі повинні мати аварійні ємності для зливу горючих речовин і розташовуватися поза будівлею цеху.

При роботі стану експлуатацію масляного господарства варто здійснювати за умови виконання пожежно-профілактичних заходів, основним з яких є виключення застосування будь-якого джерела відкритого вогню, виникнення іскри в маслопідвалах, поблизу обладнання. Також необхідно не допускати витоку масла з систем змащення і гідравліки. Замаслені місця щомісяця необхідно очищати за допомогою тирси і дрантя.

При експлуатації промислових будівель особлива увага повинна приділятися шляхам евакуації та евакуаційних виходів, щоб в разі пожежі чи аварії забезпечити швидку евакуацію людей в безпечні місця. Ці шляхи використовуються також для евакуації майна та успішного гасіння пожежі в разі його виникнення.

До всіх будинків та споруд необхідно забезпечити вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками і спорудами забороняється використовувати під складування матеріалів, устаткування і т.п. Готову продукцію, напівфабрикати, тару, обладнання тощо складують на певних ділянках, розміщення яких повинно відповідати вимогам пожежної безпеки.

Всі виробничі приміщення варто тримати в чистоті, для чого сміття і відходи виробництва необхідно своєчасно знищувати.

У цехових складах, призначених для зберігання горючих і легкозаймистих рідин, на видних місцях повинні бути вивішені таблички із зазначенням норм зберігання цих рідин.

Стаціонарні пожежні драбини повинні утримуватись у постійній справності.

Запобігання виникненню в займистому середовищі джерела запалювання досягається: використанням устаткування і пристроїв, при роботі яких не виникає джерел займання; застосуванням електрообладнання, яке відповідає за виконання класу пожежонебезпечної і вибухонебезпечної суміші; виконанням вимог загального зберігання речовин і матеріалів; використанням обладнання, яке задовольняє вимогам електростатичної іскробезпеки.

Одним з найпоширеніших засобів є використання електрообладнання, яке відповідає за своїм виконанням пожежонебезпечним і вибухонебезпечним зонам, групам і категоріям вибухонебезпечних сумішей.

Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система пожежного захисту - це сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріального збитку від нього.

Обмеження поширення пожежі, в цілому, забезпечується: необхідною вогнестійкістю будівель і споруд; використанням негорючих матеріалів для внутрішнього оздоблення приміщень; використанням антипірена і вогнегасних сумішей; дотриманням протипожежних відстаней між будівлями і спорудами; усуненням протипожежних перешкод; використанням засобів, які запобігають або обмежують розлив і розтікання пожежонебезпечної рідини під час пожежі; використанням вогне огорожувальних пристроїв в устаткуванні; локалізацією пожежі вогнегасними речовинами, автоматичними установками пожежогасіння, а також шляхом утворення розривів горючого середовища випалюванням вибуховими речовинами; видаленням горючого матеріалу.

Для подачі пожежної тривоги на території підприємства необхідно встановити звукові сигнали.

Територію і кожне приміщення підприємства варто забезпечити необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння.

З метою створення умов для швидкого використання пожежного інвентарю та полегшення умов його використання, рекомендується встановлювати спеціальні щити пожежного інвентарю.

Відповідальність за справний стан, збереження і облік пожежного інвентарю, засобів пожежогасіння і зв'язку, які знаходяться в приміщеннях, а також повсякденне спостереження і догляд за ними покладається на адміністрацію цеху, майстрів відділень

З настанням холодної пори року вогнегасники і бочки з водою варто забирати з території і з неопалюваних приміщень і встановлювати їх в опалювальних приміщеннях. На території і в приміщенні цеху, відділення, вивішуються вказівники найближчого місця розташування засобів пожежогасіння.

Внутрішні пожежні крани варто встановлювати в доступних місцях - на виходах, в вестибюлях, коридорах, проходах тощо. При цьому їх розташування не повинно заважати евакуації людей.

Кожен пожежний кран повинен бути укомплектований пожежним рукавом спільного з ним діаметром та стволом, а також важелем для полегшення відкривання вентиля.

Пожежний рукав необхідно утримувати сухим, зібраним в гармошку або подвійну скатку, приєднаним до крана та ствола і не рідше 1 разу на 6 місяців розгортати та згортати наново. Використання пожежних рукавів для господарських та інших потреб, не пов'язаних з пожежогасінням, не допускається.

Пожежні крани повинні підлягати технічному обслуговуванню і перевірці на працездатність не рідше одного разу за кожні 6 місяців. Перевірка здійснюється шляхом пуску води, а результати перевірки фіксуються в спеціальному журналі обліку технічного обслуговування. Пожежні крани повинні завжди бути у справному стані і доступні для використання.

Відповідно до ДСТУ Б В. 1-36-2016 ЦХП-1 відноситься до категорії «В», тому що в цеху застосовуються негорючі речовини і матеріали в гарячому,

розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор, полум'я, горючих газів, рідини, твердих речовин, які спалюються або утилізуються як паливо.

4.4. Заходи щодо охорони навколишнього середовища

У прокатному виробництві в середньому загальний викид пилу від усіх джерел пилоутворення складає приблизно 200 грамів на тонну товарного прокату без вогневої зачистки і від 500 до 2000 грамів на тонну при наявності вогневої зачистки.

Основними джерелами забруднення атмосферного повітря в прокатному виробництві є травильні агрегати, з яких викидаються пилові емісії у кількості від 2,0 до 18,0 грамів на тонну прокату. Цей пил містить окалину (оксиди заліза) та інші метали в залежності від ступеня легування сталі і сплаву. Ці викиди потрапляють до атмосфери через аераційний ліхтар.

Для локалізації і видалення пилу, що виділяється під час прокатки, застосовують різні методи. На малих прокатних станах встановлюють парасольки на висоті 2,4 метри, щоб не перешкоджати обслуговуванню стану. Оскільки швидкість повітря в отворі парасольки повинна складати не менше 2 метрів на секунду, а ширина парасольки повинна відповідати або трохи менше ширині кліті стану, конструкція може виявитися громіздкою. Окрім того, витрати повітря (100-900 тис. м³/г) внаслідок великих підсосів значні. При травленні металів в кислотах в атмосферу виділяється велика кількість шкідливих газів і парів: оксиди азоту (до 400 кг/м³), фтористий водень (до 100 мг / м³), пари сірчаної кислоти (до 200 мг/м³), солі металів.

В агрегатах безперервного травлення штаба проходить чотири травильні ванни, з кислотним розчином і водою, осушку гарячим повітрям, після чого змотується в рулони. Для зменшення викидів парів кислот з ванн використовуються подвійні кришки і гідравлічні затвори на бортах ванн. Також

до скорочення випарів сприяють піноутворюючі добавки. Використання піноутворювачів у концентрації 1 кг на 1 м³ розчину зменшує випаровування від 300 до 400 разів.

Для очищення викидів травильних агрегатів використовують газоочисні системи, в яких можуть застосовуватися пінні апарати, порожнисті скрубери, низьконапірні скрубери типу Вентурі та фільтри з вініпластових сіток.

Для нейтралізації кислотних випарів може застосовуватися система, яка використовується для адсорбції кислих компонентів за допомогою лужних розчинів. Ця система складається з порожнистого скрубера з евольвентними форсунками, краплевловлювача, циркуляційного насоса, групи насосів-дозаторів і вентиляторів. Швидкість руху газів в апараті становить 6 метрів на секунду, ступінь очищення від оксидів азоту складає не менше 80%, а від кислот - понад 90%.

Використовуються фільтри зі синтетичних волокнистих матеріалів, які виготовляються за допомогою голкопробивного методу, а також іонообмінні смоли у вигляді гранул.

В прокатному виробництві стічні води складають від 30 до 50% загального обсягу води, що утворюється на підприємстві з повним металургійним циклом. Ці стічні води формуються під час охолодження валків, їх шийок і підшипників, змивання і транспортування окалини, а також охолодження пилу, ножиць та інших допоміжних механізмів. При хімічної та електрохімічної обробки металів (травленні, нанесенні покриттів і т.д.) утворюються стічні води, що містять хімічні забруднення. Об'єм стічних вод від травлення металу залежить від типу оброблюваних виробів і в середньому становить 3 м³ на тонну металу, що оброблений кислотою. У стічних водах містяться сполуки амонію, кислоти, метали, сірководень, кремній, сульфати, хлор, хлориди, сульфідні та інші речовини.

У цеху холодної прокатки застосовується система оберненого водопостачання з очищенням води від технологічних мастил, емульсій та механічних домішок.

Необхідна ступінь очищення досягається з'єднанням послідовним очищенням в горизонтальних відстійниках і в установці флотації з подальшим доочищенням на фільтрах. Спливаючі масла видаляються з поверхні відстійників спеціальними скребковими транспортерами.

Для отримання готової продукції і використання очищених вод (після їх доочистки) в системах оборотного водопостачання застосовується реагентну обробку таких стоків.

Для нейтралізації стічних вод, що містять кислоти, використовуються різні луги та їх солі (наприклад, вапняк, доломіт, мармур, крейда, їдкий натрій, їдкий калій, вапно, магнезит, сода та інші). Один із найбільш доступних реагентів - гідроксид кальцію. Захист водойм від забруднень є більш ефективним за допомогою технології нейтралізації з використанням аміаку (аміачної води), оскільки цей метод дозволяє нейтралізувати як прості, так і складні за складом кислотні відпрацьовані травильні розчини, що містять солі заліза, нікелю, кобальту, хрому, молібдену та інших металів.

Регенерація відпрацьованих солянокислотних травильних розчинів ускладнена наявністю значної кількості солей різних металів і домішок. При регенерації таких розчинів можуть утворюватися хлор, хлористий водень або солі, залежно від методу регенерації. Якщо відпрацьований солянокислотний травильний розчин містить лише один метал, його направляють до камери розпилувальної сушки, де солі та оксиди осідають, а соляна кислота збирається у вигляді розчину з концентрацією 16-18%.

У випадку, коли в відпрацьованих солянокислотних розчинах містяться солі двох різних металів, наприклад заліза і цинку, вони піддаються обробці через іонообмінне фільтрування з рухомим шаром адсорбенту.

Завдяки методу який розроблений в ЦХП відпрацьовані кислотні травильні розчини потрапляють на установку регенерації для розкладання солей хлориду заліза з отриманням соляної кислоти за допомогою тепла. Потім газидуть по електрофільтру для очищення від Fe_2O_3 . Далі направляються на абсорбцію. Промивна вода після відпрацювання йде в абсорбційну колону, а саме в

регенераційної установки для збагачення її отриманим газоподібним хлороводнем. Утворений в результаті регенерований хлороводень повертається назад в виробничий цикл. За допомогою цього виробничого циклу дозволяє уникнути скидання стічної води.

Розв'язання проблем охорони навколишнього середовища пов'язане з впровадженням механізованих і автоматизованих прокатних станів, переважно безперервних і напівнеперервних; механізацією всіх операцій на складах заготовок і готової продукції; а також герметизацією печей.

ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи, було розглянуто технологію прокатки на реверсивному стані 1680 і технічні характеристики обладнання прокатного відділу, травильного відділення, термічного відділення та відділення відділки Х/К металу. Також сортамент і марки сталі, та запропоновані методи покращення виробництва.

В другому розділі було розраховано: режим обтиску по проходах, абсолютне та відносне обискнення, зусилля прокатки для кожного проходу, середню висоту осередку деформації, середній натяг штаби, контактний тиск, продуктивність стану.

В третьому розділі було розраховано: напругу вигину в бочці опорного валка, запас міцності робочих валків, максимальний згибаючий момент в середині опорного валка, сумарну пружню деформацію систем натискний гвинт-гайка, міцність зубчастого зачеплення глобоїдної пари приводу натискного гвинта, запас міцності по крученням

В четвертому розділі були розглянуті типи захисту робітників на робочому місці, технічні рішення з гігієни праці, та виробничої санітарії, технічні рішення системи запобігання пожеж, заходи щодо охорони навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ, ПОСИЛАННЯ

1. Чернега Д.Ф. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: підручник для металург. спец. вищ. навч. закладів. Київ : Вища шк., 2006. 503 с.
2. Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Похиленко Г.М. Технологія обробки металів тиском. Київ : Видавничий центр НАУ 2020. 60 с.
3. Бережний М.М., Чубенко В.А. “Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: монографія” Кривий ріг:Видавець ФОП Черняцький Д.О., 2009. 430 с.
4. Опальчук А.С., Афтандіянц Є.Г., Роговський Л.Л., Семеновський О.Є. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. Ніжин : ПП Лисенко 2013. 752 с.
5. Зазимко О. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Частина 2. Металознавство. Київ : Видавничий центр НАУ 2006. 386 с.
6. Попович В., Голубець В. “Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга II” Суми : Університетська книга, 2002. 259 с
7. Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некоз О.І. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Київ : Техніка, 2002. 374 с.
8. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могиленко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посібник / За ред. Академіка НАН України В.Л. Найдека” Київ : Видавничий дім “Вінченко”, 2016. 224 с.
9. Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: навч. посібник. Київ : ІЗМН, 1996. 392 с.
10. Харлашин П.С., Чаудрі Т.М., Меджибовський М.Я. Основи термодинаміки і кінетики сучасних сталеплавильних процесів: підручник для ВУЗів. Маріуполь, 2009. 340 с.

11. Уминський С.М., Лебедев Б.В., Житков С.С. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: навч. посіб. для студентів ВНЗ. Одес. держ. аграр. Ун-т” Одеса : ТЕС, 2017. 171 с.

12. Харлашин П.С. Металургія (проблеми, теорія, технологія, якість). Донецьк : ТОВ “Норд-комп’ютер”, 2005. 724 с.

13. Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії. Дніпро : РВА «Дніпро-Вал», 2001. 336 с.

14. Воденніков С.А., Тарасов В.К., Воденнікова О.С. Конструкції агрегатів чорної металургії : навч. посіб. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 192 с.

15. Денисов С.І. Уловлювання та утилізація пилу та газів: навч. посібник. Київ : Вища школа, 1992. 333 с.

16. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основы охраны труда –Львів : Афиша, 2000. 350 с

17. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основы охорони праці. Київ.: Каравела, 2004. 407 с.