

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

кафедра металургійного обладнання
(повна назва кафедри)

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

На тему Модернізація механізмів перевалки головної лінії прокатного стану 325 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент групи 6.1330

Волошин Д.Р.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Керівник Сайкова Т.Ю.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Н.контроль Васильченко Т.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра металургійного обладнання

Рівень вищої освіти магістр

(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Спеціалізація _____

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма 133.00.12 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру А.О. Власов

“ _____ ” _____ 20__ року

Завдання

до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра

Волошина Дениса Руслановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської роботи: Модернізація механізмів перевалки головної лінії прокатного стану 325 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».
керівник бакалаврської роботи викладач Сайкова Т.Ю.
затвердені наказом вищого навчального закладу від “26” грудня 2023 року № 2215-с.
2. Строк подання студентом магістерської роботи 14 червня 2024 року.
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи техніко-економічні показники роботи агломераційного цеху
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Загальна частина; 2. Спеціальна частина; 3. Експлуатаційна частина; 4. Охорона праці та техногенна безпека. Загальні висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Чистова лінія стану 325 – 1А2х5; 2. Робоча кліть – 1А0; 3. Шестеренна кліть – 3А2х5; 4. Робочий валок – 1А2 х5. Витяжна вентиляція – 1А1.

6. Консультанти розділів магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Сайкова Т.Ю., викладач		
2	Сайкова Т.Ю., викладач		
3	Сайкова Т.Ю., викладач		
4	Сайкова Т.Ю., викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів магістерської роботи	Примітки
1	Збір матеріалу на проектування	13.05.2024 – 20.05.2024	
2	Групування та аналіз зібраного матеріалу. Уточнення завдань проектування	21.05.2024 – 27.05.2024	
3	Виконання теоретичної частини проекту	26.05.2024 – 29.05.2024	
4	Виконання графічної частини проекту	30.05.2024 – 05.06.2024	
5	Написання та оформлення пояснювальної записки	06.06.2024 – 10.06.2024	
6	Перевірка проекту консультантами	11.06.2024 – 13.06.2024	
7	Попередній захист проекту	14.06.2024	
8	Переплітання пояснювальної записки	Згідно з графіком	
9	Захист проекту у ДЕК	Згідно з графіком	

Студент _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської роботи _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Волошин Д.Р. Д. К. Модернізація механізмів перевалки головної лінії прокатного стану 325 в умовах прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти бакалавр за спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, керівник Т.Ю. Сайкова. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра металургійного обладнання, 2024.

Запропоновано модернізацію шляхом застосування механізму фіксації муфти, яка виконана разом з голівкою шпинделя, на хвостовику валка. Використання головної лінії прокатного стану запропонованої конструкції дозволить механізувати процес перевалки робочих валків, забезпечуючи значне зниження витрат часу та трудомісткості. Це призводить до скорочення простоїв стану та підвищенню його продуктивності.

Ключові слова: ПРОКАТНИЙ СТАН, ВАЛКИ, ШПИНДЕЛІ, ПРИВОД, ШЕСТЕРЕННА КЛІТЬ, ШПИНДЕЛІ, ЗУБЧАСТА МУФТА.

ABSTRACT

Volochin D.R. Modernization of Transshipment Mechanisms of the Main Line of Rolling Mill 325 in the Conditions of the Rolling Shop of Dnipropetsstal PrJSC

Qualifying thesis for obtaining a bachelor's degree in higher education, specialty 133 - Industrial engineering, adviser T.Yu. Saykova. Zaporizhzhia National University, Engineering Educational and Scientific Institute them. Yu.M. Potebni, Department of Metallurgical Equipment, 2024.

Modernization by using a mechanism for fixing the coupling, which is made together with the spindle head, on the roll shank is proposed. The use of the main line of the rolling mill of the proposed design will mechanize the process of transshipment of work rolls, providing a significant reduction in time and labor intensity. This results in reduced state downtime and increased productivity.

Key ROLLING MILL, ROLLS, SPINDLES, DRIVE, GEAR STAND, SPINDLES, GEAR COUPLING.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1 Загальні відомості про підприємство	8
1.2 Вантажопотоки прокатного цеху	10
1.3 Технологія виготовлення прокату	14
1.3.1 Нагрів заготовок	14
1.3.2 Технологія прокатки	16
1.4 Характеристика механічного обладнання ділянки стану 325	19
1.4.1 Короткий опис стану	19
1.4.2 Основне обладнання стану	20
1.4.3 Допоміжне обладнання стану	23
1.5 Вузькі місця прокатного цеху	29
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	31
2.1 Огляд та аналіз головних ліній прокатних станів	31
2.2 Опис проекту модернізації механізмів головної лінії прокатного стану	39
2.3 Розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей стану	42
2.3.1 Розрахунок калібрів переходів в чистовій лінії	42
2.3.2 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки	48
2.3.3 Розрахунок валка на міцність	54
2.3.4 Визначення міцності станини робочої кліті середньосортного стану 325	58
3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА	63
3.1 Розрахунок системи рідинного змащування редуктора	63
3.2 Вибір та розрахунок потужності насосної установки	66
3.3 Розрахунки перетину трубопроводів системи	67
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	70
4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища	70
4.2 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії	72

	2
4.2.1 Мікроклімат	72
4.2.2 Освітлення виробничих приміщень	73
4.2.3 Виробничий шум	74
4.2.4 Гігієна праці	75
4.3 Техногенна безпека	76
4.4 Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти	79
ВИСНОВКИ	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	83
ДОДАТКИ	86

ВСТУП

Прокатка є основним видом обробки металів тиском. Близько $\frac{3}{4}$ сталі, виплавленої на металургійних заводах, обробляється на прокатних станах і випускається у вигляді готового прокату: листів, сортових профілів, труб (інша частина сталі, близько 25%), призначається для виробництва сталевих фасонних виливків і ковальських зливків.

На відміну від інших видів обробки металів тиском (кування, штампування, пресування) деформація металу при прокатці здійснюється безперервно обертовими робочими інструментами – валками, тому процес прокатки є найбільш високопродуктивним. Сучасні прокатні стани являють собою складні безперервні потокові і автоматизовані агрегати, що працюють при великих швидкостях. До складу обладнання прокатного цеху, окрім робочих клітей, в яких здійснюється власне прокатка металу, входить обладнання для термічної обробки (відпалу, нормалізації, гартування), поліпшення якості поверхні (травлення, електричної очищення), нанесення захисних покриттів (, обробки прокату (виправлення, різання), сортування та пакування. Тому механічне устаткування прокатних цехів є досить різноманітним за призначенням і складним за конструкцією.

З роками чорна металургія отримує подальший розвиток, який відіграє значну роль. Вводяться в експлуатацію нові високопродуктивні металургійні агрегати і прокатні стани, реконструюється обладнання в існуючих цехах і освоюється прокатка нових сталей і сплавів і більш економічних профілів прокату для машинобудування, сільського господарства і будівельної промисловості. Створення нових прокатних станів та експлуатація складних і різноманітних машин і механізмів у прокатних цехах вимагає використання досягнень у різних галузях науки і техніки та підготовки висококваліфікованих фахівців-інженерів, механіків, технологів і конструкторів.

Об'єкт проектування – чистова лінія дрібно сортного прокатного стану 325.

Мета роботи – підвищення техніко-експлуатаційних показників роботи механізмів головної лінії стану.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про підприємство

Відкрите акціонерне товариство «Дніпроспецсталь» - провідне підприємство України з випуску нержавіючих, інструментальних швидкорізальних, підшипникових, легованих конструктивних сталей, жароміцних та прецизійних сплавів тощо.

Найбільш широке використання одержали сталі ШХ15СГ, 20Х13, 18ХГН, 20ХН3НА, 12Х18Н10Т, 95Х18, 30ХС, 9Х13, 8ХГТ, 9ХВГ, Р6М5, Р9 Р12, 03Х14Н7В, 08Х13 ТА ін.

«Дніпроспецсталь» (спочатку «Завод інструментальних сталей») будувався в складі Дніпровського промислового комбінату, ядром якого був металургійний комплекс з виробництва чавуну, сталі, сортового і листового прокату, феросплавів і вогнетривів. Перша плавка в електросталеплавильному цеху «Дніпроспецсталі» була проведена 10 жовтня 1932 року. Ця дата вважається днем народження заводу. З 1939 року завод став самостійним підприємством.

Сталеплавильне виробництво заводу представлено:

- трьома електросталеплавильними цехами, оснащеними відкритими дуговими печами ємністю від 30 до 60 тонн, однією індукційної піччю ємністю 8 тонн;

- цехом електрошлакового і вакуумно-дугового переплавів (ЕШП і ВДП), оснащеними печами ЕШП ємністю 1-20 тонн і печами ВДП ємністю 1-6 тонн. Для отримання металу з вищими якісними характеристиками, сталь, виплавлена у відкритій дуговій печі, обробляється на установці «піч-ківш», а також піддається позапічному вакуумуванню. Агрегат газокисневого рафінування (ГКР) дозволяє виплавляти корозійностійку нержавіючу сталь з низьким вмістом вуглецю дуплекс-процесом: відкрита дугова піч плюс агрегат АКР (EAF + AOD). Методом ЕШП виробляється високоякісна сталь, до якої пред'являються підвищені вимоги по структурі металу і вмісту шкідливих домішок. З

використанням вакуумно-дугового переплаву освоєно виробництво підшипникової, конструкційної, нержавіючої сталі і сплавів на нікелевій і залізонікелевій основі. Електроди, що витрачаються для цих способів виплавки отримують на установці напівбезперервного розливання сталі.

До складу прокатного цеху входять обтискний-заготівельний стан «1050/950» і сортові стани «550», «325» і «280». В калібрувальному цеху виробляється холоднотягнута сталь в прутках діаметром 2-45 мм або в мотках, діаметром до 12 мм, прутки із спеціальною обробкою поверхні h9-h2 діаметром 2-10 мм і h10-h2 діаметром 10-50 мм з конструкційних, підшипникових, інструментальних, швидкорізальних і нержавіючих марок сталі.

Ковальсько-пресовий цех виготовляє сортові великогабаритні поковки (круг, квадрат 180..550 мм, штаба 100..300 x 300..800 мм) з різних марок сталі. В ньому встановлені гідравлічні преси з номінальним зусиллям 60 і 32 МН, оснащені маніпуляторами вантажопідйомністю відповідно 10 та 5 тонн. Є ділянки для термообробки, правки і обробки поковок, а також для ультразвукового контролю якості продукції. Ковальський цех спеціалізується на виробництві прутків (квадрат, круг діаметром 75..190 мм, штаба 30..150 x 80..350 мм) з важкодеформованих легованих марок сталі, профільних осьових заготовок для залізничних вагонів. У цеху встановлено дві радіально-кувальні машини (РКМ) зусиллям 10 і 3,4 МН австрійської фірми «GFM», а також три пневматичних молота з масою падаючих частин від 1 до 3 тонн. Застосування РКМ забезпечує високий рівень автоматизації процесу кування і дозволяє отримувати поковки і заготовки з високою точністю розмірів. У термічному цеху і на відповідних ділянках передільних цехів виконуються різні види відпалу металопродукції, нормалізація, гартування аустенітної нержавіючої сталі, термополіпшення прокату і поковок з конструкційної і нержавіючої сталі. Заключну стадію обробки продукція проходить на ад'юстажному обладнанні, встановленому в цехах, а також в цеху фінішної обробки готової продукції, що не має аналогів в Україні. Продукція діаметром 12..200 мм обробляється на лінії обточування, правки-полірування.

1.2 Вантажопотоки прокатного цеху

Документом на постачання злитків зі сталеплавильних цехів у прокатний цех є аналізна карта плавки (видається експрес-лабораторією відповідного сталеплавильного цеху) з оцінкою відділу технічного контролю про відповідність металу даної плавки вимогам необхідної нормативної документації.

Технологічна схема виробництва прокату представлена на рис.1.1

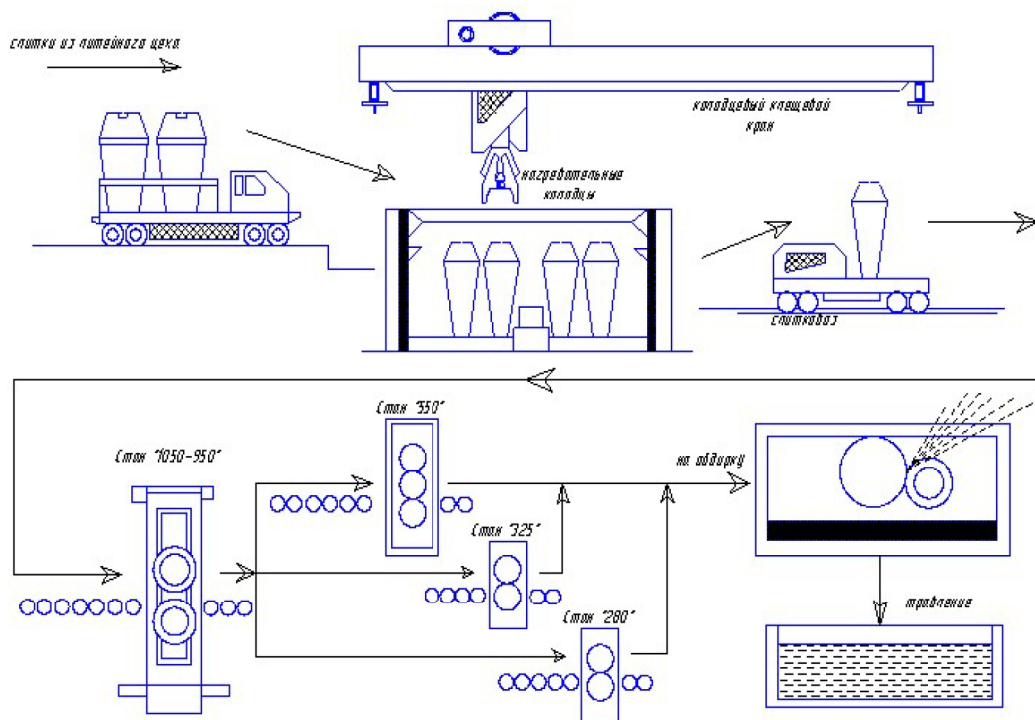


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва прокату

Доставка зливків до нагрівальних колодязів обтискного стану здійснюється по залізниці. Вимоги до технології замовлення обумовлюються робочою картою стану, де вказується необхідний профіль, довжина, необхідність термообробки, стандарт або технічні умови на готову продукцію.

Контролер відділу технічного контролю (ОТК) разом з нагрівальником визначають температуру поверхні зливків гарячого саду по кривих охолодження або по таблиці. Посадка зливків колодязевим кліщовим краном у нагрівальні колодязі здійснюється після дозволу контролера ОТК.

Нагрівання зливків гарячого і холодного саду перед прокаткою здійснюється в рекуперативних нагрівальних колодязях. У прольоті розташовано 12 груп колодязів. Кожна група колодязів складається з двох осередків розміром 5,54х4,65х3 метри.

Доставка нагрітих злитків до стану здійснюється за допомогою зливковозу. Прокатка злитків здійснюється на блюмінгу "1050-950", що представляє собою обтискний дуо-реверсивний стан лінійного типу, що складається з двох клітей: обтискної (діаметр валків 1050 мм) і заготовочної (діаметр валків 950 мм). Стан запущений у 1955 році, реконструктивні заходи проводилися в 1966 і 1998 роках. Розміри зливків, що прокочуються на стані приведені в таблицях 1.1 і 1.2.

Таблиця 1.1 – Розміри зливків (по виливниці)

Номінальна маса, т	Верхній перетин, мм	Нижній перетин, мм	Висота (без прибутку), мм
3,69	600×600	470×470	1640
4,36	650×650	540×540	1610
4,8	660×660	540×540	1755
5,78	730×660	615×535	1925
6,67	725×725	585×585	1950
7,4	720×720	610×610	2205

Таблиця 1.2 – Розміри зливків ВДП та ЕШП

Номінальна маса, т	Верхній перетин, мм	Нижній перетин, мм	Висота (без прибутку), мм	Номінальна маса, т
3,5	Круг 500	Круг 500	-	2600
5,75	Круг 630	Круг 630	-	2600
1,5	325×325	370×370	Квадрат 350	1960
2,2	380×380	440×440	Квадрат 415	2096
4	480×480	540×540	Квадрат 500	2450
4	550×550	590×590	Квадрат 565	2100

Охолодження металу після прокатки здійснюється, у залежності від марки стали, або в неопалюваних колодязях (ямах) уповільненого охолодження, або на повітрі. Після охолодження метал передається на ад'юстажі, а метал, що потребує термообробки, відповідно до замовлення відвантажується не пізніше встановленого часу в термічний цех.

Відділення травлення заготовок для сортових станів складається з 2 ліній. Кожна лінія представлена самостійним агрегатом, керування лініями здійснюється з посади керування, завантаження і вивантаження здійснюється кранами.

До складу прокатного цеха входять чотири стани гарячої прокатки і чотири ад'юстажі.

Обтискний стан «1050»- двох клітьовий

Сортамент стану:

- квадрати із стороною 90-260мм;
- електроди для ЭШП- квадрати із стороною 240мм;
- круги діаметром 130-330мм;

Стан працює на злитках гарячого і холодного посаду.

Сортовий стан «550»- чотирьох клітьовий. Три робочі кліті «Трію» і чистова робоча кліть «Дуо».

Сортамент:

- круглі профілі діаметром від 45 до 130мм;
- квадратні профілі від 45 до 100мм;
- спеціальних профілів: гальмівна шина.

Дрібносортовий стан «325» складається з двох робочих ліній. Обтискна лінія складається з приводу, шестерінчастої кліті і тривалкової кліті закритого типу. Чистова лінія – з приводу, шестерінчастої кліті і п'яти робочих клітей.

Сортамент:

- круглі профілі діаметром від 21 до 40мм;
- квадратних профілів із стороною від 19 до 35мм
- шестигранник від №21-№28;

- штаба прямокутного перетину висотою 6-20мм і шириною 30-50мм;
- ресорний трапецевидний перетин 6,0x45мм і 6,5x45мм;

Дрібносортовий стан «280» складається з трьох робочих ліній. Обтискна лінія складається з приводу і однієї робочої кліті типа «Тріо».

Чорнова лінія складається з приводу, шестерінчастої кліті і двох робочих клітей типа «Тріо» змінне «Дуо».

Сортамент:

- круглі профілі діаметром від 6,5 до 21мм;
- квадратні профілі от 8 до 18 мм;
- шестигранні профілі №16 і №19;
- штаби 4x20 мм.

В прокатному цеху є чотири ад'юстажні ділянки:

- ад'юстаж заготовки для видалення поверхневих дефектів на передільній заготовки для подальшого бездефектної прокатки її на сортових станах;
- ад'юстаж дрібного сорту для обробки прокату із станів 280 і 325 і відвантаження його споживачеві;
- ад'юстаж крупного сорту для обробки прокату із стану «550» і відвантаження його споживачеві;
- ад'юстаж обробних ліній 80/180 для обробки прокату із стану «1050» і відвантаження його споживачеві.

На цих ад'юстажах розташовані правильні агрегати, механізми для зачистки металу, бугеля для збереження металу, агрегати для травки металу. Зачистка металу здійснюється абразивними кругами. На ад'юстажах здійснюється огляд і контроль металу.

Маркування прокату виконується безпосередньо на станах після різки металу.

Маркування наноситься:

- на станах "950" и "550" - на торці штанг;
- на станах "325" и "280" - на боковій поверхні прутків на відстані 30-150 мм від торця.

На метал, що поставляється в мотках, клеймо не набивається, маркірування наноситься на металеві бирки, що навішуються на мотки і зв'язування мотків.

У сортаменті стану "325": круг діаметром 22-42 мм, смуги, квадрати, арматурний простий шестигранник. На стані "280" пруток діаметром 10-22 мм квадрати, простий у бухтах 8-13 мм, арматурна сталь.

Маркірування містить: клеймо ОТК, марку сталі або її умовна позначка, номер плавки, додаткові знаки (номер злитка, літер штанги). Прутки укладаються в пачки (зв'язування) затаврованими торцями в одну сторону.

1.3 Технологія виготовлення прокату

1.3.1 Нагрів заготовок

Для прокатування на стані застосовують катані то ковані заготовки:

а) катані – квадрат 98x105 мм довжиною 1,5 – 2,47 м;

б) ковані – для швидкорізальних та нержавіючих сталей – квадрат 90x100 мм довжиною 1,8-2,45 м, для жароміцних сплавів - квадрат 95мм довжиною 1,5-2,45 м.

Катані заготовки назначають на прокатку після ад'юстажної обробки. Ковані заготовки по розміру та якості поверхні мають відповідати вимогам на поставку кованої заготовки відповідно до ВЗТУ.

Для температурного «бар'єру» та налаштування стана застосовують заготівлі з вуглецевих та низьковуглецевих конструкційних сталей, отриманих з паспортної болванки.

Заготовка перед садом в піч контролюється методом іскріння з метою запобігання змішування марок.

При наявності в печі металу, потребуючого нагрівання за різними режимами, температурний режим печі ведеться за сталлю з найменшою

температурою нагріву. Підвищення температури печі проводиться після видачі з печі останньої заготовки, яка має найнижчий температурний режим нагрівання.

При прокатці штабових профілів усіх марок сталей температури нижньої зони знижують на 20⁰С проти передбачених.

Підвищувати температури на темп прокатки забороняється:

а) при прокатці конструкційних вуглецевих та конструкційних легованих сталей з вмістом вуглецю понад 0,3% з контролем на обезвуглецевлювання;

б) сталей 30÷40, 30÷40Х, 38ХА, які поставляються з контролем мікроструктури;

в) сталі ХВГ, яка поставляється по замовленню на холодну обробку;

г) сталі ШХ 15.

Для сталей 3,4,5,6 груп, які контролюються на обезвуглецевлювання , нагрів та прокатку заготовок слід вести таким чином, щоб в зоні високих температур метал знаходився не більше часу (умовно прийнято, що в зоні високих температур розміщується 50 заготовок перетином 105 мм, рахуючи від вікна видачі).

За замовленням, які вимагають контролю карбідної сітки назначають плавки сталі ШХ15 , які пройшли гомогенізацію на стані 1050.

Мінімальна тривалість нагріву повинна дорівнювати 1 час 10 хв., максимальна – 3 години. Для плавок підшипникових сталей, які мають в заготівлі підвищений бал карбідної ліквациї, мінімальна тривалість нагріву повинна бути на менше 2 години 30 хв.

У випадку вимушеної зупинки стану температуру печі необхідно знижувати, як вказано у табл.1.3. Відключення горілок нижньої зони проводять дистанційним закриттям газових регулювальних дроселів. Включення горілок після простою проводять в момент пуску стана.

Метал, що контролюється в сорті на обезвуглецевування, який знаходиться в зоні високих температур , перевищених інструкцією за наявності попутних замовлень для шліфування на менший розмір пакують та контролюють на обезвуглецевування як окрему партію на подвійну кількість зразків.

У випадку знаходження металу в зоні високих температур понад 60 хв та відсутності заказів на менші профілі, з печі викидають 30 заготовок. Викинуті заготовки дозволяється задавати лише після сполосної зачистки.

Таблиця 1.3 – Величина корегування температури у випадку вимушеної зупинки стану.

Групи сталі	Тривалість зупинки стану, хв.	Верхня зона, °С	Нижня зона, °С	Підвищ-я темп-и після простою починати до пуску стана за хв
3,4	до 30 хв	50	не регул.	10
5,6	від 31 до 60	100	горілки	15-20
	понад 60 хв	150	відключити	
	понад 30 хв	50-100	50	10-15

1.3.2 Технологія прокатки

На складі за допомогою електромостового крану з магнітом заготовки

укладаються на загрузочний стіл, оснащений цепними шлеперами для подачі заготовок на пічний рольганг.

Пічний рольганг транспортує заготовки под. упор товкача, який проштовхує їх до методичної печі. Нагріті заготовки через бічне вікно видають на стіл, звідкіля зіштовхувачем – на відвідний рольганг до обтискної кліті стану.

Прокатка заготовок на кінцевий профіль проводиться згідно відповідної схеми налаштування стану . на обтискній кліті заготовки прокатуються за 7-9 проходів на проміжні розкати, які потім при русі кантуються на 90° автоматичною кантувальною буксою та з допомогою рольгангу з жолобом задають в валки першої кліті чистової лінії стана.

На чистовій лінії розкати круглого перетину діаметром 21-26 мм, квадратного 19-22 мм, шестигранники розміром 21,23 мм та деякі штабові

профілі послідовно передають з однієї кліті до іншої обвідними апаратами, допускається ручне задавання розкатів в третю кліть квадратів 19-22мм, в третю і четверту кліть при прокатці штаб і кутка 40x40x5мм. Розкати для прокатки великих розмірів передають з першої кліті в четверту (оминаючи другу та третю) за допомогою шлеперів.

Розкати, що виходять з п'ятої кліті довжиною понад 60 м перед подачею на холодильник розрізаються летючими ножицями на дві частини.

Після охолодження та різки розкати тріщино чуттєвих марок сталі за допомогою мостового крану прибираються до термостатів або до ям уповільненого охолодження, інший метал – до бугелів.

Прокатку сорту проводять на стані, налаштованому у відповідності до затвердженої схем. Для налаштування використовують заготовки, відбраковані на ад'юстажі або вирізані з головної частини зливка при прокатці на стані «1050».

Прокатку підкату проводять з калібрах з чистовою та гладкою поверхнею. Якість поверхні калібрів визначається шляхом оглядання проб та проб на осадку. У випадку якщо дефекти, що з'явилися на розкаті не виправляються корегуванням налаштування стану, прокатка зупиняється, проводиться заміна калібрів або перевалка. Для забезпечення зазначених механічних властивостей після волочіння (калібрування) підкат марок сталі 15X÷45X, 20÷50 при виході з чистової кліті охолоджують в установці прискореного охолодження до температури поверхні не вище 770 °С після вирівнювання її по перетину.

При прокатці підкату необхідно забезпечити темп прокатки не менше 65 заготовок/год. Зупинка стану на підігрів металу не допускається.

З підстуженням розкатів перед задаванням до п'ятої кліті до температури не вище 850 °С ведеться прокатка: сталь ХВГ, ХВСГФ, У9, У13, 13Х в профілях квадратного, круглого, прямокутного перетинів та штаб, сталь ШХ15 усіх способі виплавки – підкат для калібрувального цеха і сортовий прокат по заказам з відпалом.

При виході з чистової кліти розкати з зазначених марок сталей (окрім ХВСГФ, ХФГ) охолоджують в установці прискореного охолодження, при цьому на рідше одного рази в годину контролюється температура металу на холодильнику через 5-10 секунд після виходу їх з установки прискореного охолодження. Температура поверхні прокату з цих сталей, після проходження прискореного після деформаційного охолодження вимірюється прибором «АПР-С» в жолобі зіштовхувала на холодильнику і повинна відповідати температурі, приведеній в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Температура поверхні прокату, який пройшов прискорене охолодження

Діапе тр профілю, мм	2	2	2	2	3	3	3
	2-23	4-26	7-28	9-30	1-33	4-36	7-42
Інтервал температур , °С	680- 730	660- 710	650- 700	640- 690	630- 680	620- 670	610- 660

Температура поверхні розкату на холодильнику, після вирівнювання її по перетину профілю повинна бути не вище 770 °С та не нижче 720 °С.

У випадку порівняння температури розкату при замірюванні на холодильнику необхідно:

- збільшити витрати води та подачу повітря в УУОЖ
- проводити підстужування до більш низьких температур перед п'ятою кліттю;
- зменшити швидкість прокатки в чистовій лінії стану.

Мінімально допустима температура металу при прокатці у п'ятій кліті 750 °С. При прокатці марки ШХ15СМ у всіх профілерозмірах перед подачею до п'ятої кліті проводити підстужувати розкатів до температури 850 °С. В установці пришвидшеного охолодження метал не охолоджувати. Контроль якості поверхні

та геометрії прутків в процесі прокатки проводиться шляхом огляду протравлених або просвітлених проб довжиною 200-250 мм та проб на гарячу осадку. По дві проби для огляду поверхні та по три проби на осадку відбираються від кожної партії - плавки. При прокатці великих партій – плавок проби відбираються через кожні 50 розкатів.

При незадовільній якості проб прокатку зупиняють та приймають заходи по усуненню причин утворення дефектів.

Різку розкатів на прутки мірної, кратної або нормальної довжини проводять на ножицях холодного різання з застосуванням профільних ножів. Задану довжину прутків вказують в робочій карті. Різку розкатів кутової сталі проводять лише на профільних ножах.

Охолодження металу після прокатки проводиться на повітрі або уповільнено в термостатах. Для уникнення появи дефектів типу «раковини», швидкорізальні сталі, які містять молібден (Р6М5, Р6АМ5, Р6М5К5 та ін.) розміщують до термостатів при температурі не вище 700-750⁰С. Дозволяється прокат цих марок сталей відвантажувати у термічний цех у термостатах, на вагонах або в пакетах металовозами, якщо посадка в печі термічного цеху буде проведена не пізніше, ніж через вісім годин після прокатки. при заповненні металом термостати і колодязі щільно закривають кришками. Тривалість охолодження прокату в охолоджувальних пристроях 24-36 годин, після чого метал повинен бути відвантажений в термічний цех для відпалу не пізніше 8 годин з моменту відвантаження з охолоджувального пристрою. Температура металу при відвантаженні - не вище 120 ⁰С.

1.4 Характеристика механічного обладнання ділянки стану 325

1.4.1 Короткий опис стану

Основне та допоміжне обладнання стана 325 розташовано у п'яти прольотах цеху:

- склад заготівель;
- пічний прольот;

- становий прольот;
- склад готової продукції;
- машинний зал.

Склад заготівель стану 325 є частиною загального складу сортових станів. Він примикає до завантажувальних шлеперів нагрівальних печей.

Для нагрівання заготівель встановлені дві методичні нагрівальні печі, одна з яких постійно діюча, а інша резервна.

Стан 325 складається з двох робочих ліній. Обтискна лінія складається з приводу, шестеренної кліті та тривалкової робочої кліті закритого типу.

Чистова лінія – з приводу, шестеренної кліті та п'яти робочих клітей з пройомами для чотирьох валків, які працюють як двовалкові. Відстань між осями робочих ліній стану – 28м.

Для охолодження прокату перед поріз кой на стані містяться рійкові холодильники з приймальним та відвідним рольгангами. Довжина холодильника – 64 м, ширина - 5м.

За холодильником встановлені ножиці з рухомим упором для різання розкатів на необхідні довжини, відвідний рольганг та пристрій для скидання готової продукції у збірний карман.

Склад готової продукції оснащений зварними секціями (бугелями); при прокатці великих партій сталей марок, чуттєвих до тріщиноутворення, використовуються колодязі уповільненого охолодження.

1.4.2 Основне обладнання стана

До основного обладнання стана відноситься обтискна лінія та чистова.

Обтискна лінія (кліть 450) складається з однієї робочої кліті та приводу.

Характеристика обтискної кліті:

1) привід робочих валків здійснюється від електродвигуна типу МП2400/120;

- на потужність – 2400 кВт (при напрузі $U=750$ В; фактично $U=7560-600$ В).
- 2) шестеренна кліть – тривалкова з шевронним зачепленням;
 - міжосьова відстань – 442 мм;
 - швидкість обертання валків – 135-140 об/хв;
 - лінійна швидкість прокатки – 2,94 м/с;
 - матеріал валків – сталь 50;
 - станина – роз’ємна зі сталевого лиття;
 - підшипники шестеренних валків - з бабітовою заливкою;
 - змазка підшипників та зубчастого зачеплення - рідка, циркуляційна, під тиском;
- 3) робоча кліть – тривалкова;
 - станина – чавунна, закритого типу;
 - матеріал робочих валків – лиття (чавунне, хромонікелеве); ковани (сталь 55Х);
 - лінійні розміри валків – див. табл.1.5;
 - підшипники робочих валків – текстолітові, водоохолоджувані;
 - врівноваження верхнього валка – пружинне;
 - середній валок у вертикальній площині нерухомий, верхній та нижній мають натискні пристрої;
 - натискний пристрій нижнього валка – клиновий, з ручним приводом;
 - натискний механізм верхнього валка – гвинтовий, з приводом через черв’ячний редуктор та гвинтову пару.

Таблиця 1.5 – Параметри валків обтискної кліті стану 325

Бочка		Шийка		Треф приводний		Загал. довжина, мм	Вага, мм
Діаметр, мм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм		
435-465	1450	280	285	250	180	2380	2370

Чистова лінія стану 325 складається з приводу та п’яти робочих клітей.

Характеристика чистової лінії:

- 1) електродвигун – постійного струму типу МП2400/260;
 - частота обертання електродвигуна – 260÷500 об/хв;
 - номінальна потужність – 2400 кВт(при напрузі $U=750$ В; фактично $U=7560-600$ В);
- 2) шестеренна кліть – чотирьохвалкова з шевронним зачепленням;
 - міжосьова відстань – 312 мм;
 - лінійна швидкість прокатки – 3,4÷3,8 м/с;
 - швидкість обертання валків - 220÷240 об/хв;
 - матеріал валків – сталь 50;
 - станина – роз’ємна зі сталевого лиття;
 - підшипники шестерснних валків - з бабітовою заливкою;
 - змазка підшипників та зубчастого зачеплення - рідка, циркуляційна, під тиском;
- 3) робоча кліть – тривалкова;
 - станина – лиття зі сталі Л35, закритого типу
 - матеріал робочих валків – лиття (чавунне, хромонікелеве); ковані (сталь 55Х);
 - лінійні розміри валків – див. табл.1.6;
 - натискний пристрій – гвинтовий з ручним приводом;
 - врівноваження верхнього валка – пружинне;
 - шпинделі – універсальні або зубчасті;
 - підшипники робочих валків – кочення;

Таблиця 1.6 – Параметри валків чистової лінії

№ клітей	Бочка		Шийка		Треф лопатний		Загал довж, мм	Вага мм
	Діаметр, мм	Довжина, мм	Діаметр, мм	Довжина, мм	Ширина, мм	Довжина, мм		
1	328-302	1050	180/168	292	165	248	21300	880

2-5	325	900	180/168	292	165	248	1980	710
-----	-----	-----	---------	-----	-----	-----	------	-----

1.4.3 Допоміжне обладнання стану

До допоміжного обладнання стану відносять: станові рольганги, канатні шле пера, холодильник, ножиці та підйомно-гойдаючи столи.

Підвідний рольганг до печі служить для транспортування заготівель до штовхача печі. Має наступні характеристики:

- тип – чотирьох секційний з груповим приводом секцій;
- число роликів в секції – 9 шт.;
- крок роликів – 850 мм;
- загальна довжина рольгангу – 29750 м;
- діаметр роликів першої секції – 400 мм;
- діаметр роликів 2- 4 секцій – 300 мм;
- довжина бочки роликів – 1200 мм;
- привод роликів кожної секції – електродвигун потужність 16 кВт з числом обертів 730 об/хв.;
- кутова швидкість роликів – 2,2 м/с.

Штовхач печі призначений для проштовхування заготівель уздовж печі.

Характеристика:

- тип – однорядний, гвинтовий;
- зусилля штовхача – 300 кН;
- максимальний хід – 3000 мм;
- швидкість штовхання – 0,059 м/с;
- відстань між осями спрямовуючих штанг – 1000 мм;
- гвинт з двох західною упорною різьбою, кроком – 16 мм;
- діаметр гвинта – 180 мм;
- привод – електродвигун потужністю 60 кВт з числом обертів 580 об/хв.

Підвідний рольганг призначений для транспортування нагрітої заготовки до обтискної кліті. Він має наступні характеристики:

- число роликів – 24 шт (18 приводних, 6 холостих);
- крок роликів – 830 мм;
- загальна довжина рольгангу – 18400 м;
- діаметр роликів – 265 мм;
- довжина бочки роликів – 700 мм;
- привод роликів – індивідуальний від електродвигуна потужність 6,5 кВт з числом обертів 480 об/хв.;
- кутова швидкість роликів – 2,2 1/с.

Подовжувальний рольганг перед обтискною кліттю призначений для подовження розкатного поля перед обтискною кліттю. Він паралельний до підвідного рольганга і має наступні характеристики:

- число роликів – 8 шт.;
- крок роликів змінний – 2400, 1600, 800 мм;
- загальна довжина рольгангу – 11200 м;
- діаметр роликів – 255 мм;
- довжина бочки роликів – 700 мм;

Робочий рольганг перед обтискною кліттю призначений для забезпечення прокатування розкатів в обтискній кліті і має наступні характеристики:

- число роликів – 8 шт.;
- крок роликів – 800 мм;
- загальна довжина рольгангу – 5600 м;
- діаметр роликів – 368 мм;
- привод роликів – індивідуальний;
- кутова швидкість – 3 1/с;

Підйомно - гойдаючий стіл призначений для передачі розкату із нижньої пари валків у верхню, переміщенню розкатів від калібру до калібру та задачі його до валків. Його характеристика:

- місце встановлення – задня сторона кліті;

- довжина стола – 5570 мм;
- ширина робочої частини – 1450 мм;
- кількість роликів – 6 шт.;
- тип роликів – з індивідуальним приводом;
- діаметр роликів - 335 мм;
- довжина бочки роликів – 1450 мм;
- крок роликів (починаючи від кліті) – 800, 800, 800, 1000, 1400 мм;
- привод механізму підйому стола – електродвигун потужністю 25 кВт

з числом обертів 740 об/хв.;

- максимальний кут нахилу стола – $6^{\circ}45'$.

Відвідний рольганг за обтискною кліттю призначений для передачі розкату від обтискної кліті до чистової лінії стана і має наступні характеристики:

- кількість роликів – 4 шт.;
- крок роликів – 1200 мм;
- загальна довжина – 3600 мм;
- діаметр роликів – 350 мм;
- довжина бочки роликів – 1450 мм;
- колова швидкість – 2,55 м/с.

Рольганг підлоговий з кантувальною буксою призначений для транспортування розкату від обтискної кліті стана, з кантуванням розкату на 90° та задачею в валки першої кліті чистової лінії Рольганг являє собою підлогову зварну конструкцію, яка складається зі станини, жолоба, рольганга з індивідуальним приводом роликів та кантувальної втулки з приводом, які встановлені на рівні робочих калібрів першої кліті чистової лінії і має наступні характеристики:

- довжина жолоба – 13600 мм;
- ширина жолоба – 150 мм;
- кількість роликів – 9 шт.;
- крок роликів (середніх) – 1400 мм;
- крок роликів (крайніх) – 1700 мм;

- діаметр роликів – 195 мм;
- довжина бочки роликів – 170 мм;
- кантувальна втулка встановлена на відстані 5140 мм від кінця жолоба, направлено до чистової лінії стана;
- привод втулки включається автоматично від фотоелектричного датчика.

Канатний шлеппер передньої сторони чистової лінії призначений для переміщення розкату від четвертої до п'ятої кліті і має наступні характеристики:

- кількість ниток - 5 шт.;
- крок ниток (від стана) – 3000, 3000, 4000, 4000 мм;
- хід теліжки з упорами – 3150 мм;
- довжина поля, яке обслуговує шлеппер – 17000мм;
- привод від двигуна потужністю 11 кВт з частотою обертання 720 об/хв.;
- швидкість переміщення – 0,8 м/с.

Рольганг на розкатному полі перед п'ятою кліттю призначений для приймання розкату з четвертої кліті та задачі його до п'ятої:

- кількість роликів – 22 шт.;
- крок роликів – 1000мм;
- діаметр роликів – 170 мм;
- довжина бочки ролика – 1000 мм.

Канатний шлеппер задньої сторони чистової лінії стана призначений для переміщення розкату поперек розкатного поля:

- кількість секцій – 2шт.;
- кількість ниток в секції – 4 та 5 шт.;
- шаг ниток від стану – 2000, 2000, 1000, 4000, 2000, 2000, 2000, 2000 мм;
- хід зникаючих упорів – 8075 мм;
- довжина поля, що обслуговує шлеппер – 19700 мм;

- привод кожної секції – електродвигун потужністю 7,5 кВт з числом обертів 705 об/хв.;
- швидкість переміщення – 0,8 м/с.

Рольганг за четвертою кліттю (задня сторона) призначений для задачі розкату у валки четвертої кліті і має наступні характеристики:

- кількість секцій;
- кількість роликів у секціях:
 - 1-ша секція - 4 шт (2 приводних, 2 холостих);
 - 2-га секція - 5 шт (3 приводних, 2 холостих);
 - 3-я секція – 5 шт (1 приводних, 4 холостих);
 - 4-а секція – 5 шт (3 приводних, 2 холостих);
- загальна кількість роликів – 19 шт.;
- - крок роликів - 1000 мм;
- загальна довжина рольганга – 18825 мм;
- привод роликів – індивідуальний;
- лінійна швидкість роликів – 2,68 м/с.

Підйомно - гойдаючий стіл перед п'ятою кліттю призначений для задачі розкату у верхню робочу пару валків п'ятої кліті:

- кількість роликів – 9 шт.;
- довжина стола – 8000 мм;
- діаметр роликів - 170 мм;
- довжина бочки роликів – 1000 мм;
- крок роликів – 1000 мм;
- механізм підйому стола – ексцентриковий.

Приймальний рольганг за п'ятою кліттю призначений для приймання розкату, що виходить з п'ятої кліті. Він розташований між робочою кліттю та летючими ножицями. Виставлений на рівень розхилу валків п'ятої кліті і має чотири ролики (3 приводних та 1 холостий).

Летючі ножиці призначені для розрізання розкату, що виходить з п'ятої кліті на часті, що укладаються на холодильник. Представляє собою обертові диски з ножами:

- діаметр ножів – 1425 мм;
- привод - електродвигун потужністю 12,2 кВт з числом обертів 740 об/хв.;
- відстань від осі чистової лінії – 10000мм.

Холодильник призначений для охолодження розкату перед поріз кой на завдані довжини. Має наступні характеристики:

- кількість роликів - 26 шт;
- крок роликів – 1000 мм;
- загальна довжина - 12000 мм;
- тип роликів – конічний;
- діаметр роликів – 275/245 мм;
- довжина бочки роликів – 360 мм;
- привод роликів – індивідуальний.

Приймальний рольганг:

- кількість роликів - 61 шт;
- крок роликів – 1000 мм;
- загальна довжина - 59000 мм;
- тип роликів – конічний;
- діаметр роликів – 275/245 мм;
- довжина бочки роликів – 360 мм;
- привод роликів – індивідуальний.

Відвідний рольганг:

- кількість роликів - 28 шт;
- крок роликів – 2000, 1250, 1150 мм;
- загальна довжина - 52400 мм;
- діаметр роликів – 250 мм;
- довжина бочки роликів – 1000 мм;

- привод роликів – індивідуальний.

Ножиці з рухомим форштосом призначені для розрізання розкату на завдані довжини. Має наступні характеристики:

- зусилля різання - 1500 кН;
- привод – електродвигун потужністю 22,5 кВт з частотою обертання 940 об/хв.;
- форштос - рухомий з електроприводом.

Також до складу допоміжного обладнання стану 325 входять зіштовхувач прокату з приймального рольгангу до плит холодильника, рухомий та нерухомий рійкові настили з приводом від електродвигуна через черв'ячний редуктор, ексцентриковий механізм на трансмісійні вали та важелі та збиральні пристрої. .

1.5 Вузькі місця прокатного цеху

До "вузьких місць" прокатного цеху відносяться:

- 1) часті виходи з ладу колодязевих кліщових кранів, через швидке зношування кліщів;
- 2) недостатня продуктивність зливковозу. Він рухається уздовж фронту всіх нагрівальних колодязів зі швидкістю до 5,86 м/с і не забезпечує максимальну годинну продуктивність стану;
- 3) швидке зношування бронзових гайок натискних гвинтів;
- 4) швидке зношування роликів прийомного, транспортного і робочого рольгангів через транспортування злитків масою 7,4 т, що більше паспортної;
- 5) прокатка на стані злитків масою 6,7 і 7,4 т, у той час як максимально припустима маса злитка, що прокочується, не повинна перевищувати на 4,5 т;
- 6) низька продуктивністю засобів для збирання обрізі від роторних пилок у скраповий проліт.
- 7) перевалку дрібно сортового стана проводять не лише при зношуванні валків, а й при переході на прокатку іншого профілю у зв'язку зі зміною калібрування валків, що вимагає певного часу і знижує продуктивність стану.

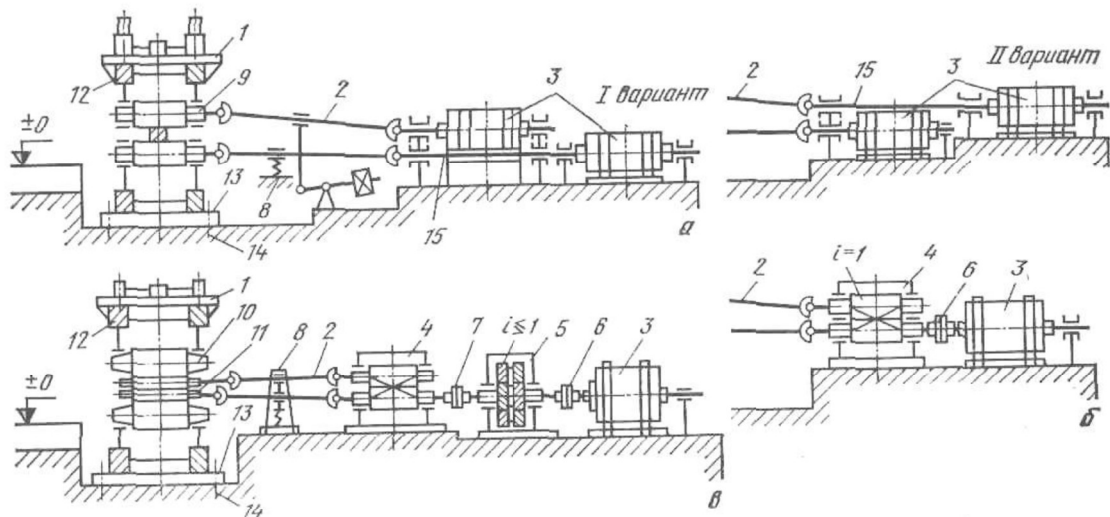
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд та аналіз головних ліній прокатних станів

Обладнання прокатного цеху умовно можна розділити на дві групи: машини і механізми головної лінії прокатного стану, та машини і агрегати поточкових технологічних ліній цеху.

Обладнання головної лінії прокатного стану складаються з робочої кліті, передавальних механізмів і головного електродвигуна. Робоча кліть є основним пристроєм прокатного стану, тому що в ній здійснюється власне прокатка (пластична деформація) металу.

До складу робочої кліті входять дві масивні сталеві станини, змонтовані на плитовині. В станинах змонтовані подушки з підшипниками та валками, механізми вертикального та осьового регулювання, проводки та ін. Схеми головних ліній прокатних станів приведені на рис.2.1

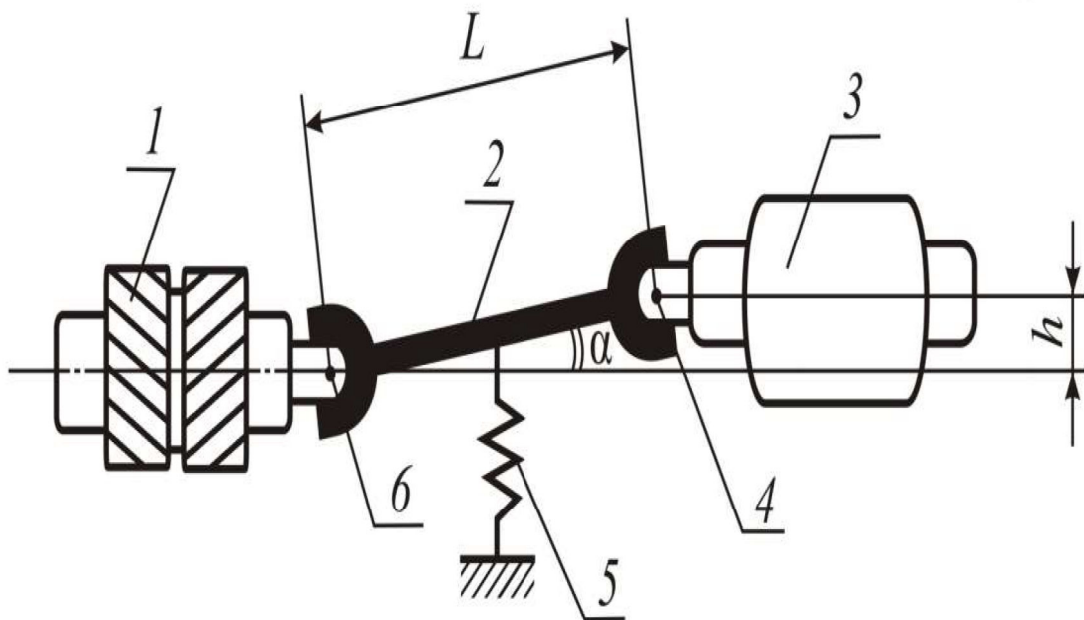


а – індивідуальний привід валків від головних електродвигунів; б – привід валків від електродвигуна через шестеренну кліть; в – привід валків від електродвигуна через редуктор та шестеренну кліть; 1- робоча кліть; 2- шпинделі; 3- головний електродвигун; 4- шестеренна кліть; 5- редуктор; 6- моторна муфта; 7- передаточні механізми; 8- пристрій врівноваження; 9,10,11- подушки з підшипниками та валками; 12- станини; 13- плитовина; 14- анкерні болти; 15- проміжні вали.

Рисунок 2.1 - Схема головних ліній прокатних станів

Передавальні механізми і пристрої в залежності від призначення і конструкції прокатного стану можуть бути різними. На великих станах (обтискних, товстолистових), а також на станах, що прокочують метал з великою швидкістю, застосовують індивідуальний привід робочих валків від окремих електродвигунів: у цьому випадку передатним пристроєм є універсальні шпинделі, проміжні вали і муфти.

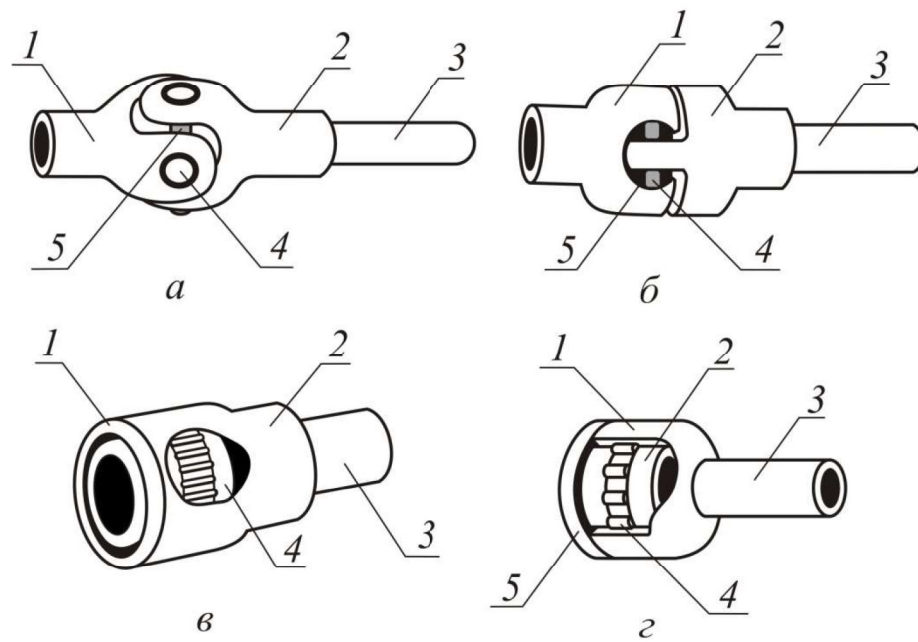
Шпинделі з'єднують робочі валки з шестеренними та, завдяки шарнірам, передають крутний момент під значним кутом.



1 — шестеренний валок; 2 — вал шпинделя; 3 — робочий валок; 4, 6 — шарніри шпинделю; 5 — в урівноваження

Рисунок 2.2– Шпиндельне з'єднання

В прокатних станах використовують шпинделі різноманітних конструкцій: карданні, універсальні, зубчасті, роликові та тріфорові (див. рис. 2.3)



а — карданний (1, 2 — вилки; 3 — вал; 4 — підшипник кочення; 5 — хрестовина); *б* — універсальний (1 — вилка; 2 — лопать; 3 — вал; 4 — сухар; 5 — вкладиш); *в* — зубчастий (1 — кришка; 2 — зубчаста обойма; 3 — вал; 4 — зубчаста втулка); *г* — роликового (1 — обойма; 2 — втулка; 3 — вал; 4 — ролик; 5 — кришка)

Рисунок 2.3 – Шарніри шпинделів

В основу конструкції універсальних шпинделів покладено принцип шарніра Гука, тому шпинделі можуть передавати обертання і крутний момент під кутом нахилу 8-10°.

Завдяки шарнірній конструкції універсальні шпинделі працюють плавно, разом з тим вони дозволяють передавати великі крутні моменти, тому їх застосовують для приводів валків як листових і сортових станів (при куті нахилу близько 1-2° і моменті 50-200 кН·м), та обтискних, товстолистових і заготовочних станів(при куті нахилу 3-10° моменті 0,5-3 кН·м).

Так як шпинделі передають великі крутні моменти, то шарніри їх повинні бути досить міцними. Зовнішній діаметр шарніра шпинделя з боку приводу обмежується міжосьовою відстанню шестерень шестеренної кліти (або валків електродвигунів), а зі сторони робочої кліти - діаметром валків (коли верхній валок лежить на нижньому). Так як у процесі роботи стану валки зношуються і

їх діаметр зменшується при переточках, то з боку робочої кліті діаметр шарніра шпинделя повинен бути трохи менше діаметра переточеного валка. Таким чином, діаметр шарніра шпинделя з боку робочої кліті завжди менше, ніж зі сторони приводу, тому міцність першого шарніра також менше міцності другого.

Шарнір універсального шпиндельного пристрою утворюється: лопаттю з боку валка і лопаттю з боку приводу; головкою (виделкою) шпинделя, яка має всередині циліндричне розточування; бронзовими сегментними вкладишами і сухарем. При прокатці відстань між валками і кут нахилу шпинделя змінюються, тому один шарнір повинен бути «плавучим» в осьовому напрямку, а інший – фіксованим. Зважаючи на те, що зміна валків здійснюється найчастіше в горизонтальному (осьовому напрямі), плаваючим роблять шарнір з боку валка – в лопаті його передбачають проріз для переміщення сухаря. Зі сторони приводу у фіксованому шарнірі лопаті передбачено глухий (круглий або прямокутний) отвір для сухаря. Ці сухарі на кінцях забезпечені цапфами для з'єднання з вкладишами. Для зменшення зносу сухаря його облицьовують бронзовими планками або поміщають в бронзові стакани; застосовують також наплавлення бронзи на бічні грані сухаря. Принцип шарніра Гука досягається завдяки можливості повороту у двох перпендикулярних площинах відносно осі розточки головки шпинделя і осі сухаря. З метою підвищення міцності головки шпинделя в середині її розточки іноді вставляють ребро жорсткості, в цьому випадку кожен бронзовий вкладиш складається з двох половин, які можна міняти місцями при їх нерівномірному зносі; заміна вкладишів здійснюється збоку і не вимагає демонтажу шарніра.

Так як шарнір шпинделя не є герметичним (поверхні тертя відкриті) і сам шпиндель при роботі обертається, то конструктивне вирішення питання безперервного підведення мастила представляє великі труднощі. Внаслідок того, що включення шарнірів шпинделя в цехову систему рідкого циркуляційного мастила неможливо, до поверхонь тертя тим або іншим способом підводиться густе змащення. У деяких випадках підводиться також і рідке мастило, однак при цьому доводиться застосовувати малоефективні пристрої: герметичні кожухи з

ущільненнями, кожухи для масла, зварювальні з головою шпинделя, порожнини для масла у середині головки шпинделя і таке інше.

У конструкції універсального шпинделя чотирьохвалкового реверсивного стану конструкції ВНДІМетМаш передбачений оригінальний і вельми простий спосіб підведення густого змащення до бронзових вкладишів через осьові і радіальні отвори від стаціонарного підшипника з ущільненням, що входить до складу пристрою для врівноважування шпинделя.

Незадовільна служба шарнірів з бронзовими вкладишами (складнощі з підведенням мастила, нерівномірний та великий знос вкладишів, що викликає значні витрати дорогої і дефіцитної бронзи, для виготовлення запасних вкладишів, маса кожного з яких на великих станах досягає 300 кг), спонукає розробляти більш раціональні конструкції шарнірів.

Внаслідок незадовільної роботи універсальних шпинделів на бронзових вкладишах були розроблені інші конструкції шпинделів.

У роботі універсальних шпинделів на підшипниках кочення за типом карданних валів автомобілів труднощі пов'язані із застосуванням таких шарнірів для передачі великих крутних моментів до 2-3 МН·м, викликана тільки недостатньою вантажопідйомністю підшипників кочення. Досвід експлуатації таких шпинделів на прокатних станах при передачі крутних моментів до 0,8 МН·м дав цілком задовільні результати.

Універсальний шпиндель з кульками на роликівих кінцевих підшипниках для приводу робочих валків дресирувального чотирьохвалкового стану призначений для передачі крутного моменту 50 кН·м при швидкості обертання до 800 об/хв. З боку робочого валка і з боку його приводу вилки напівмуфта з'єднана з фланцями заставними болтами. Два діаметральних зуба (кулачка) вилки входять у відповідні пази (западина) у фланці. Другі вилки напівмуфти насаджені на шліцьові кінці середнього вала шпинделя. Вилки виготовлені з високоміцної сталі марки 34Н3М, вал – із сталі 45.

Осьові переміщення шпинделів здійснюються за рахунок ковзання фланця на кінці валка. Хрестовина шарніра утворюється чотирма осями, виготовленими

із сталі 40Н, з роликівими підшипниками, які входять у отвори на чотирьох кінцях двох вилок, внутрішньою втулкою і зовнішньої обоймою. Від переміщення осі фіксується болтами, вкрученими у внутрішній гайці з чотирма отворами з різьбою М36. Змащення роликів підшипників і осей густе, закладне. Періодично мастило поповнюється через пробки в осі.

Для привода валків жерстепрокатних станів та дресирувальних станів при великих швидкостях прокатки (до 30м/с) застосовують шпинделі типу подовжених зубчастих муфт, зуби яких оброблені зовні по сфері і перетин їх бочкоподібної форми. Такі зубчасті шпинделі показали хороші результати в експлуатації, якщо кут нахилу шпинделя не перевищує 30°. Такі шпинделя застосовуються для чотирьохвалкової кліті безперервного п'ятиклітьєвого стану для прокатки жерсті. Зубчасті муфти виготовлені з високоміцної кованої сталі марки 35ХНВ, вал шпинделя – із сталі 40ХН. Зовні на зубчасті втулки спирається обойма – напівмуфта з внутрішніми зубами, поєднана з фланцем втулки болтами (шпильками).

Для привода валів чистових клітей безперервних дрібносортовних і дровових станів, що працюють при великих швидкостях (до 2000 об/хв), універсальні шпинделі з шарнірами на підшипниках кочення (карданні вали) у багатьох випадках виявляються непрацездатними; перші – через незадовільні умови змащення і швидкого зносу вкладишів, а другі – через незначну довговічність хрестовин з підшипниками кочення. При застосуванні цих шпинделів виникає сильна вібрація валів при прокатці. На деяких із зазначених вище станів ці шпинделі замінені кульковими (або роликівими) універсальними шпинделями конструкції Дніпропетровського металургійного інституту. У шарнір шпинделя безперервно подається густе змащення від централізованої системи через стаціонарне середнє кільце. При експлуатації такі шпинделі показали велику довговічність (1-2 роки).

Приводи прокатних станів містять такі основні механізми:

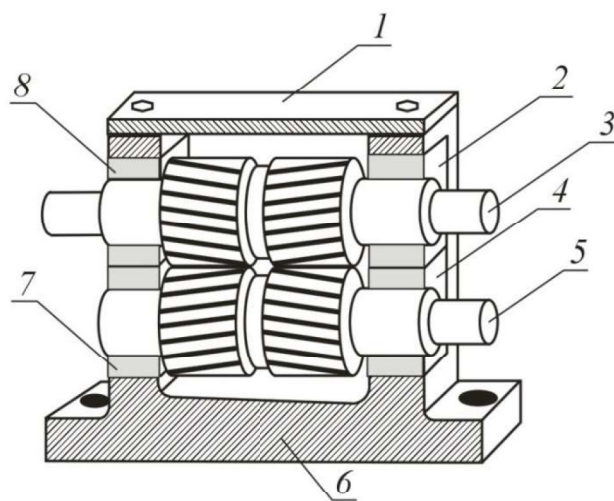
- механізми, що служать для збільшення, зменшення і розподілу крутного моменту (шестеренні кліті, редуктора, об'єднані шестеренні кліті-редуктора, мультиплікатора);

- механізми, що служать для передачі крутних моментів від перерахованих вище механізмів до валків робочої кліті (шпиндельні пристрою);

- запобіжні механізми (муфта);

- електродвигуни;

Шестеренні кліті роблять відкритими (зі знімною кришкою). Вони складаються з наступних основних елементів: станина, кришки, шестерень (шестеренних валків) і подушок з підшипниками. Станини і кришки відливають з високоміцного або модифікованого чавуну (марок ВЧ45-5, СЧ32-52); шестерні виготовляють з кованої легированої сталі марки 40 ХН і зуби піддають поверхневому загартуванню, підшипники – роликові конічні або (рідше) бабітові. До підшипників та зубчастого зчеплення безперервно подається рідке мастило від центральної циркуляційної мастильної станції, яку зазвичай розташовують в підвалі цеху поблизу робочої і шестеренної клітей. Для шестерень і підшипників повинно бути передбачено добре ущільнення, яке не допускає витіку масла, що руйнуючи впливає на фундамент. Загальний вид шестеренної кліті представлено на рис.2.4



1 — кришка; 2, 4, 7, 8 — подушки с подшипниками; 3, 5 — шестеренные валки; 6 — корпус

Рисунок 2.4 - Шестеренная клеть

У шестеренних клітях застосовують зубчасті передачі шевронного типу. Досвід експлуатації таких шестеренних клітей показав, що при роботі інтенсивно зношуються і частково ламаються зуби тільки однієї частини шестерні і колеса (з боку електродвигуна), інша ж половина шестерні і колеса практично не зношується.

При прокатці заготовок робочі валки сприймають осьові зусилля, величина цих зусиль досягає 25-30% від зусилля прокатки. Під дією осьових зусиль робочий валок зміщується в бік шестеренної кліті, так як практично у всіх відомих конструкціях робочих клітей в системі робочий валок - касета - барабан - станина є значні зазори. Тому навантаження від ведучої шестерні робочим валкам передається однією стороною зубів, а друга сторона зубів у передачі навантажень не бере участь.

Радикальним способом підвищення працездатності шестеренної кліті і шпindelних пристроїв є застосування робочих клітей, в яких було б виключено осьове переміщення робочих валків.

У тому випадку, якщо обраний для привода валків електродвигун характеризується значно більшим числом обертів за хвилину, ніж частота обертання валів при прокатці, в головній лінії стана встановлюють знижувальний редуктор; якщо $n_{дв} < n_{в}$ застосовують підвищуючий редуктор. У багатьох випадках, коли передавальне число редуктора менше чотирьох і потужність двигуна невелика, редуктор об'єднується з шестеренною кліттю в одному корпусі. Такі комбіновані шестеренні кліті – редуктора застосовують у приводі багатовалкових і чотирьохвалкових станів.

У багатовалкових (двадцяти- і дванадцяти валкових) станах холодної прокатки тонкої штаби приводними є не робочі валки малого діаметра, а опорні валки проміжного ряду. На підставі цього, конструкції шестеренних клітей для привода валків, відрізняються від розглянутих вище.

В лініях робочих клітей з приводом від електродвигунів великої потужності, якщо $n_{дв} > n_{в}$ встановлюють окремі редуктори (не в комбінації з шестеренної кліттю).

Головний електродвигун прокатного стану є двигуном спеціального (металургійного) типу з повітряним охолодженням, що продувається. Машини й агрегати потокових технологічних ліній прокатного цеху, що не входять у головні лінії станів, призначені для подачі металу від печі або нагрівальних колодязів до прийомного рольганга стану (зливковози), повороту злитка на рольгангу (поворотні пристрої), транспортування металу відповідно до технологічного процесу (рольганги або транспортери), пересування металу уздовж бочки валків для задачі його у відповідний калібр (маніпулятори), повороту металу щодо його поздовжньої осі (кантувачі), охолодження металу (холодильники), травлення металу (травильні установки), розмотування рулонів (розмотувачі), змотування штаби в рулон або дроти в бунт (моталки), різання металу (ножиці і пилки), для обробки металу (виправлення і дресирування, таврування, укладання, промаслення, упакування й інших процесів).

2.2 Опис проекту модернізації механізмів головної лінії прокатного стану

З метою скорочення часу на перевалку та зниження її трудомісткості шляхом механізації цієї операції пропонується застосування механізму фіксації муфти, яка виконана разом з голівкою шпинделя, на хвостовику валка.

Головна лінія прокатного стана містить шпиндель з двома шарнірними головками 1 та 2, одна з яких виконана разом з муфтою 3 для з'єднання шпинделю з хвостовиком валка 4. Друга голівка шпинделю з'єднана з шліцевим валом, що входить всередину валка шестеренної кліті при осьових переміщеннях прокатної кліті, зумовлених заміною калібрів разом з валком. У муфті 3 передбачено тангенціальну виїмку, в якій розміщено зафіксований вздовж своєї вісі та маючий лиску циліндричний стопор 6 з жорстко закріпленою на кінці шестернею 7. На зовнішню поверхню муфти 3 надягнуто кільце 8, що

має можливість осьового переміщення. Кільце несе зубчасту рійку, яка знаходиться в зачепленні з шестернею 7. Для обмеження переміщень кільця 8 на поверхні муфти 3 жорстко закріплене упорне кільце 10 з підпружиненим в радіальному напрямку шариком 11. Шарик 11, входячи в проточки кільця 8, утримує його у крайніх лівих та правих положеннях. (рис.2.5). Губки 12 встановлені на стійках (не показані). Вони переміщуються в радіальному напрямі окремим приводом з можливістю затиску та осьового утримання кільця 8. Обмежувач 13, що утоплюється, взаємодіють з буртами, що виконані на валу 14 універсального шпинделя та утримують його від осьових переміщень при вводі хвостовика вала 4 в порожнину муфти 3. Для виключення проковзувань між губками 12 та муфтою 3 на її зовнішню поверхню нанесено насічку.

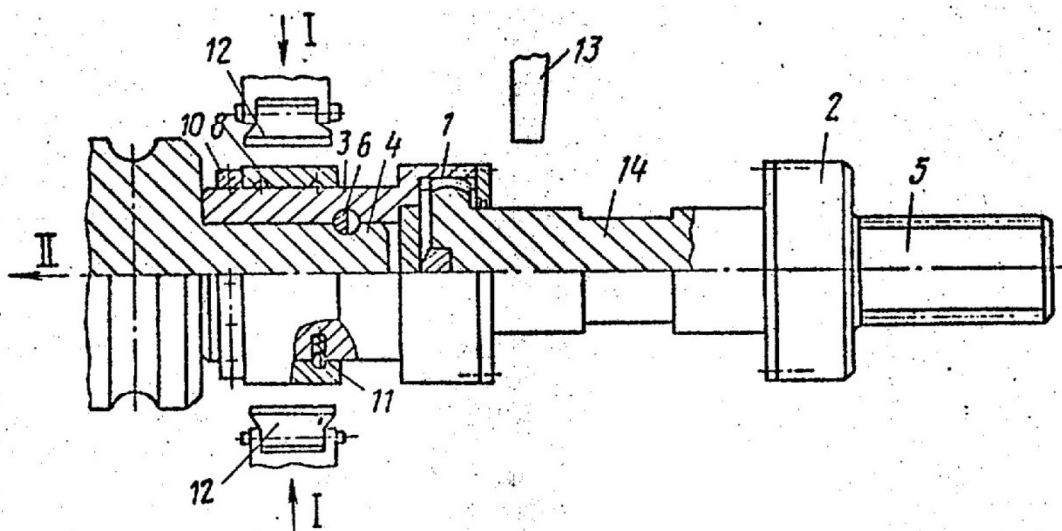


Рисунок 2.5 – Кріплення шпинделя та валка

Головна лінія прокатного стану працює наступним чином. В процесі прокатки передача обертання та крутного моменту робочим валкам, також як і осьові переміщення кліті зі шпинделем здійснюються в зафіксованому положенні стопора. Кільце 8 здвигнуте до вільного торця муфти 3 та утримується в цьому положенні підпружиненим шариком 11, який входить у проточку. Губки 12 та обмежувач 13 відведені на деяку відстань. При цьому виключається їх торкання до шпинделя.

При перевалці та необхідності вилучення хвостовика 4 з муфти головки 1 осьовим переміщенням робочої кліті кільце 8 встановлюється між губками 12. Після цього губки 12 зводяться до кільця 8 в радіальному напрямі до осі головної лінії (за стрілками на рис.2.5), затискаючи між собою кільце 8. Потім робоча кліть разом з валками та шпинделем переміщується вздовж осі головної лінії за стрілкою I. При цьому кільце 8 здвигається відносно муфти 3 від її вільного торця, підпружинений шарик 11 витискається з пазу кільця 8 всередину свого гнізда, а шестерня 7 разом зі стопором 6 провертається зубчастою рейкою 9, яка пов'язана з кільцем 8. Осьовий хід L (рис.2.6) кільця 8 обирається із умов забезпечення провертання стопору 6 на кут достатній для стопоріння (на рис.2.5 показано оберт на 90°). Після зсуву кільця 8 та необхідного оберту стопор 6 займає положення, коли його лиска паралельна продовжній вісі головної лінії. Подальший рух робочої кліті вліво за стрілкою II супроводжується видаленням хвостовика валка 4 з порожнини муфти 3. При цьому шпиндель утримується після вилучення хвостовика затисненими губками 12.

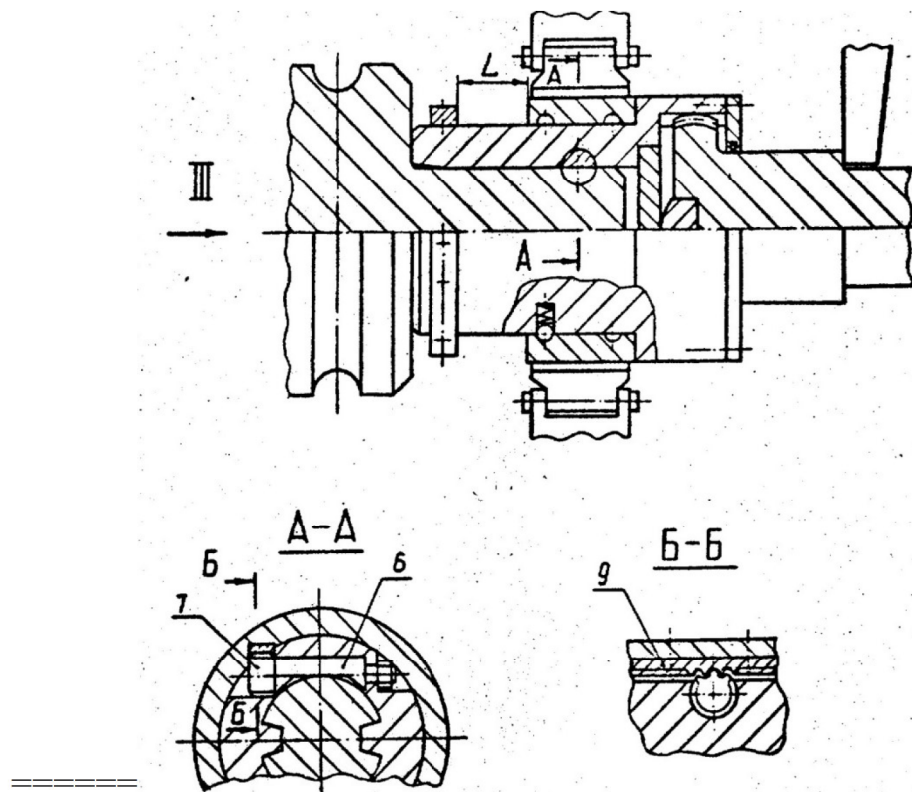


Рисунок 2.6 – Положення елементів лінії при перевалці

Встановлення нових валків при перевалці в муфту *I* здійснюється разом з кліттю. Шпindel за кільце *8* утримується губками *12*, а в осьовому напрямі обмежувачем *13*, який взаємодіє з упорним буртом валка *14*. Хвостовик *4* робочого валка, що заново встановлюється при осьовому переміщенні робочої кліті за стрілкою *III* вводиться в порожнину муфти *3* до упору к торцю упорного бурту валка. Потім обмежувач *13* відводиться від шпindelю у вихідне положення. Подальший рух робочої кліті у тому ж напрямку супроводжується переміщення кільця *8* у бік вільного торця муфти *3* та зворотнім обертом стопора *6*. При досягненні кільця *8* упорного кільця *10* стопор *6* встановлюється у фіксованому положенні. Відвід від шпindelю губок *12* дозволяє здійснити прокатку.

Використання головної лінії прокатного стану запропонованої конструкції дозволить механізувати процес перевалки робочих валків, забезпечуючи значне зниження витрат часу та трудомісткості. Це призводить до скорочення простоїв стану та підвищенню його продуктивності.

2.3 Розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей стану

2.3.1 Розрахунок калібрів переходів в чистовій лінії

Розрахунок калібрування необхідний для визначення геометрії калібрів та їх розташування на бочці валка з метою подальшого розрахунку сортового валка та міцність. За даними ПАТ «Дніпроспецсталь» найбільші зусилля та момент прокатки виникають в чистовій кліті при прокатки шестигранного профілю №24 зі сталі ШХ15 калібрування будемо розраховувати саме для цього профілю. При розрахунку технології прокатки шестигранника 24 мм використовуємо схему прокатки № 8 [5, стр.171} , яка встановлено на зазначеному підприємстві. При цьому слід зазначити, що перші сім проходів здійснюються в обтискній кліті «500» стана «325», а наступні чотири у чистовій лінії стану. Розрахунок проводимо лише

для чистової лінії. Схему прокатки по калібрах відповідає схемі виробництва ПАТ «Дніпроспецсталь»

Прохід № 8 проводиться в квадратному калібрі чистової кліті стану. Враховуючи, що згідно зі схемою калібрування на підприємства, сторона квадрата на виході з кліті дорівнює 32 мм, маємо:

- ширина та висота калібру:

$$H_{k8} = B_{k8} = c\sqrt{2}, \quad (2.1)$$

$$H_{k8} = B_{k8} = 32\sqrt{2} = 42\text{мм};$$

- висота профілю, що виходить з калібру:

$$h_8 = c\sqrt{2} - 0,008r, \quad (2.2)$$

де $r = (0,1 \div 0,2)c$ – радіус округлення вершин калібру; приймаємо $r = 0,2 \cdot 32 = 6,4$ мм тоді:

$$h_8 = 32\sqrt{2} - 0,008 \cdot 6,4 = 40\text{мм},-$$

- висота врізу рівчака калібру:

$$H_{B8} = (H_{k8} - s)/2 \quad (2.3)$$

де $s = (0,006 \div 0,025)D$ – величина зазору між буртами калібру, приймаємо $s=4$ мм, тоді

$$H_{B8} = (40 - 4)/2 = 18\text{мм}$$

- радіус закруглення калібру:

$$r_1 = (0,1 \div 0,15)H_{k8} \quad (2.4)$$

Приймаємо $r_1 = 0,1 \cdot 45 = 4,5$ мм.

- величина притуплення:

$$m_8 = B_{k8}(1 - \delta), \quad (2.5)$$

де $\delta = 0,9$ – ступінь заповнення калібру;

$$m_8 = 45(1 - 0,9) = 4,5 \text{ мм.}$$

площа перетину розкату:

$$F_{k8} = 0,98 \cdot 32^2 = 1003 \text{ мм}^2.$$

- довжину розкату на виході калібру визначаємо з рівняння сталості секундних об'ємів:

-

$$L_8 = V_0 / F_{k8} \quad (2.6)$$

де $V_0 = 2205 \cdot 10^4 \text{ мм}^3$ – початковий об'єм розкату ;

$$L_8 = 2205 \cdot 10^4 / 1003 = 21980 \text{ мм.}$$

- коефіцієнт витяжки в калібрі:

-

$$\mu = F_{k7} / F_{k8} = 1276 / 1003 = 1,27$$

Прохід 9 проводиться в шестикутному калібрі п'ятої кліті чистової лінії стана.

Висоту та ширину шестикутного калібру визначаємо виходячи з прийнятого режиму обтисків заготовлі, яка задається до калібру з врахуванням умов шестикутного профілю:

- коефіцієнт ширину калібру :

-

$$a_{k9} = B_{k9} / H_{k9} = 2 \div 4,5,$$

приймаємо $a_k=2$, тоді

$$B_{k9} = 2 \cdot H_{k9} = 2 \cdot 21 = 42 \text{ мм};$$

де $H_{k9}=h_9=21$ мм – висота розкату на виході з калібру.

- висота вріза калібру з виразу (2.3):

-

$$H_{B9} = 21 - 4/2 = 8,5 \text{ мм};$$

- радіуси закруглень кутів:

-

$$r_1 = r_2 = (0,15 \div 0,4)H_{k9} = 0,2 \cdot 21 = 4,2 \text{ мм};$$

- величина притуплення(2.5):

-

$$m_{k9} = 42(1 - 0,9) = 4,2 \text{ мм};$$

- площа перетину розкату:

-

$$F_9 = \frac{(H_{k9}^2(a_k - 0,5) - B_{k9}^2)}{(2(1 - \delta)^2 - 0,088r^2)} \quad (2.7)$$

$$F_9 = \frac{(21^2(2 - 0,5) - 42^2)}{2(1 - 0,9)^2 - 0,088 \cdot 4,2^2} = 652 \text{ мм}^2;$$

- довжина розкату при виході з калібру (2.6):

-

$$L_8 = 2205 \cdot 10^4 / 652 = 33819 \text{ мм};$$

Прохід 10 проводиться в шестикутному калібрі п'ятої кліти чистової лінії стана.

- ширина калібру – $B_{k10}=25,6$ мм.
- висота вріза калібру з виразу (2.3):

-

$$H_{B10} = 32 - 4/2 = 14 \text{ мм};$$

- радіуси закруглень кутів:

-

$$r_1 = r_2 = (0,15 \div 0,4)B_{k10} = 0,2 \cdot 25,6 = 5,1 \text{ мм};$$

- величина притуплення(2.5):

-

$$m_{k10} = 25,6(1 - 0,85) = 3,8 \text{ мм};$$

- площа перетину розкату (2.7):

-

$$F_9 = \frac{(28^2(2 - 0,5) - 25,6)}{2(1 - 0,85)^2 - 0,088 \cdot 5,1^2} = 449 \text{ мм}^2;$$

- довжина розкату при виході з калібру (2.6):

-

$$L_{10} = 2205 \cdot 10^4 / 449 = 49109 \text{ мм};$$

- коефіцієнт витяжки в калібрі:

-

$$\mu = F_{k9}/F_{k10} = 625/449 = 1,45.$$

Прохід 11 проводиться в шестикутному калібрі п'ятої кліті чистової лінії стана.

- ширина калібру – $B_{k10}=25,6$ мм.
- висота вріза калібру з виразу (2.3):

$$H_{B10} = 28 - 4/2 = 12 \text{ мм};$$

- радіуси закруглень кутів:

$$r_1 = r_2 = (0,15 \div 0,4)B_{k10} = 0,2 \cdot 25,6 = 5,1 \text{ мм};$$

- величина притуплення(2.5):

$$m_{k1} = 25,6(1 - 0,85) = 3,8 \text{ мм};$$

- площа перетину розкату (2.7):

$$F_9 = (28^2(2 - 0,5) - 25,6) / 2(1 - 0,85)^2 - 0,088 \cdot 5,1^2 = 449 \text{ мм}^2;$$

- довжина розкату при виході з калібру (2.6):

$$L_{10} = 2205 \cdot 10^4 / 449 = 49109 \text{ мм};$$

- коефіцієнт витяжки в калібрі:

$$\mu = F_{k9}/F_{k1} = 625/449 = 1,45.$$

2.3.2 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки

Розрахунок енергосилових параметрів містить розрахунок теплового режиму прокатки, розрахунок контактного тиску металу на валки, розрахунок зусилля прокатки та визначення крутного моменту прокатки. Прокатку шестигранника проведемо за методикою В.А. Тягунова, відповідно до якої знайдемо значення температури в кожному калібрі:

$$t_i = t_0 - K/h_{i-1}, \quad (2.8)$$

де t_0, K – температурні константи;

h_{i-1} – товщина прокату перед i -м проходом.

Значення t_0 та K визначаємо за формулами:

$$K = t_H - t_k / h_0 - h_{k-1} \cdot h_0 \cdot$$

$$t_0 = t_H + K/h_0$$

де $t_H=1200^\circ\text{C}$ – температура початку прокатки перед першим проходом;

$t_k=850^\circ\text{C}$ – температура кінця прокатки;

$h_0=105$ мм – товщина розкату перед першим проходом

$h_{k-1}=28$ мм – товщина розкату перед останнім проходом.

Таким чином:

$$K = 1200 - 850/105 - 28 \cdot 105 = 8647;$$

$$t_0 = 1200 + 8647/105 = 1282$$

підставляючи отримані значення в вираз (2.8), отримаємо:

$$t_8=929,4^{\circ}\text{C}$$

$$t_9=897,5^{\circ}\text{C};$$

$$t_{10}=888,9^{\circ}\text{C};$$

$$t_{11}=867,5^{\circ}\text{C}.$$

Зусилля, яке діє на валок в процесі прокатки визначається за формулою:

$$P_i = p_{cpi} \cdot l_{di} \cdot b_i \quad (2.9)$$

де p_{cpi} – середній контактний тиск у i -го проході;

l_{di} – довжина очата деформації.

Середній контактний тиск визначається в залежності від межі міцності металу, що деформується та коефіцієнту напруженого стану:

$$p_{cpi} = \sigma_{Ti} \cdot n_{\sigma i} \quad (2.10)$$

де σ_{Ti} – межа міцності прокочує мого металу, яка відповідає реальним умовам обробки;

$n_{\sigma i}$ – коефіцієнт підпору при прокатці в калібрі.

Значення межі міцності знайдемо з виразу:

$$\sigma_{Ti} = \sigma_0 \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u \quad (2.11)$$

де $\sigma_0 = 95\text{МПа}$ – базовий опір деформуванню;

k_t, k_ε, k_u – термомеханічні коефіцієнти, які враховують відповідно температуру, ступінь деформування та швидкість деформування.

Значення коефіцієнту підпору при прокатці визначаємо по залежності:

$$n_{\sigma ki} = 1 + (n_{\sigma i} - 1)n_{\phi i}, \quad (2.12)$$

де $n_{\sigma i}$ – коефіцієнт підпора, визначений за умов прокатки профілю у гладких валках;

$n_{\phi i}$ – коефіцієнт форми калібру, рекомендовано $n_{\phi i} = 1,4$ – для квадратних калібрів, $n_{\phi i} = 1,15$ - для шестикутних калібрів.

Значення $n_{\sigma i}$ знаходимо з виразу:

$$n_{\sigma i} = \left(l_{di} / h_{cpi} \right)^{-0,4}, \quad (2.13)$$

де h_{cpi} - середня висота штаби в зоні деформування;

l_{di} – довжина осередку деформації.

Значення довжини дуги деформації знаходиться з виразу:

$$l_{di} = \sqrt{R_i \cdot \Delta h_i}, \quad (2.14)$$

де R_i – катаючий радіус валка в і-му проході;

Δh_i – обтиснення в і-му проході.

Значення середньої висоти розкату в і-му проході визначаємо з виразу :

$$h_{cpi} = (h_{i-1} + h_i) / 2, \quad (2.15)$$

де h_{i-1} - значення висоти розкату перед проходом;

h_i – значення висоти розкату після проходу.

Значення обтиску в і-му калібрі визначається з виразу:

$$\Delta h_i = h_{i-1} - h_i. \quad (2.16)$$

Підставляючи данні в вираз (2.16) отримаємо:

$$\Delta h_8 = 69 - 40 = 29 \text{ мм};$$

$$\Delta h_9 = 40 - 21 = 19 \text{ мм};$$

$$\Delta h_{10} = 40,5 - 28 = 12,5 \text{ мм};$$

$$\Delta h_{11} = 28 - 24 = 4 \text{ мм}.$$

Підставляючи данні в вираз (2.15) отримаємо:

$$h_{cp8} = (69 + 40)/2 = 54,5 \text{ мм}$$

$$h_{cp} = (40 + 21)/2 = 30,5 \text{ мм};$$

$$h_{cp10} = (40,5 + 28)/2 = 34,2 \text{ мм};$$

$$h_{cp11} = (28 + 24)/2 = 26 \text{ мм};$$

Підставляючи данні в вираз (2.14) отримаємо:

$$l_{d8} = \sqrt{152 \cdot 29} = 66,3 \text{ мм}$$

$$l_{d9} = \sqrt{161,5 \cdot 19} = 55,4 \text{ мм};$$

$$l_{d10} = \sqrt{154 \cdot 12,5} = 43,8 \text{ мм};$$

$$l_{d1} = \sqrt{150 \cdot 4} = 24,6 \text{ мм};$$

Підставляючи данні в вираз (2.13) отримаємо:

$$n_{\sigma 8} = \left(\frac{66,3}{54,5} \right)^{-0,4} = 0,92;$$

$$n_{\sigma 9} = \left(\frac{55,4}{30,5} \right)^{-0,4} = 0,78;$$

$$n_{\sigma 10} = \left(\frac{43,8}{34,2} \right)^{-0,4} = 0,9;$$

$$n_{\sigma 11} = \left(\frac{24,6}{26} \right)^{-0,4} = 0,97.$$

Підставляючи данні в вираз (2.12) отримаємо:

$$\begin{aligned}n_{\sigma k} &= 1 + (0,92 - 1)1,4 = 0,88; \\n_{\sigma k9} &= 1 + (0,78 - 1)1,15 = 0,74; \\n_{\sigma k10} &= 1 + (0,9 - 1)1,15 = 0,88; \\n_{\sigma k11} &= 1 + (0,97 - 1)1,15 = 0,96.\end{aligned}$$

Підставляючи данні в вираз (2.11) отримаємо:

$$\begin{aligned}\sigma_{T8} &= 95 \cdot 1,15 \cdot 0,95 \cdot 0,6 = 62,3\text{МПа}; \\ \sigma_{T9} &= 95 \cdot 1,3 \cdot 0,85 \cdot 0,5 = 52,4\text{МПа}; \\ \sigma_{T10} &= 95 \cdot 1,35 \cdot 0,7 \cdot 0,55 = 49,3\text{МПа}; \\ \sigma_{T11} &= 95 \cdot 1,135 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 44,8\text{МПа}.\end{aligned}$$

Підставляючи данні в вираз (2.10) отримаємо:

$$\begin{aligned}p_{cp8} &= 62,3 \cdot 0,88 = 54,8\text{МПа}; \\ p_{cp9} &= 52,4 \cdot 0,74 = 38,7\text{МПа}; \\ p_{cp10} &= 49,3 \cdot 0,88 = 43,6\text{МПа}; \\ p_{cp11} &= 44,8 \cdot 0,79 = 35,39\text{МПа}.\end{aligned}$$

Підставляючи данні в вираз (2.9) отримаємо:

$$\begin{aligned}P_8 &= 54,8 \cdot 0,0663 \cdot 0,038 = 138\text{кН}; \\ P_9 &= 38,7 \cdot 0,0554 \cdot 0,0405 = 87\text{кН}; \\ P_{10} &= 43,6 \cdot 0,0438 \cdot 0,025 = 47\text{кН}; \\ P_{11} &= 35,39 \cdot 0,0246 \cdot 0,024 = 21\text{кН};\end{aligned}$$

Момент прокатки визначають по зусиллю прокатки:

$$M_{\text{пр}i} = 2 \cdot P_i \cdot a_i = 2 \cdot P_i \cdot \psi_i \cdot l_{di}, \quad (2.17)$$

де $\psi_i = 0,6 \div 0,65$ - коефіцієнт плеча моменту для круглих та квадратних калібрів.

Підставляючи значення в вираз (2.17), отримаємо:

$$M_{\text{пр}8} = 2 \cdot 138 \cdot 0,6 \cdot 0,038 = 6,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{пр}9} = 2 \cdot 87 \cdot 0,6 \cdot 0,045 = 4,7 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{пр}10} = 2 \cdot 47 \cdot 0,6 \cdot 0,025 = 1,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{пр}11} = 2 \cdot 21 \cdot 0,6 \cdot 0,024 = 0,6 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Момент сил тертя на один валок:

$$M_{\text{тр}} = P f_{\text{ш}} d_{\text{ш}} / 2 \quad (2.18)$$

де $f_{\text{ш}} = 0,05$ – коефіцієнт тертя у підшипниках;

$d_{\text{ш}}$ - діаметр шийки валка.

Підставляючи значення в вираз (2.18), отримаємо:

$$M_{\text{тр}8} = 138 \cdot 0,05 \cdot 0,18 / 2 = 0,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}9} = 87 \cdot 0,05 \cdot 0,18 / 2 = 0,4 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр}10} = 47 \cdot 0,05 \cdot 0,18 / 2 = 0,2 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{тр}11} = 21 \cdot 0,05 \cdot 0,18 / 2 = 0,09 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Крутний момент :

$$M_{\text{кр}i} = M_{\text{пр}i} + M_{\text{тр}i} \quad (2.19)$$

Підставляючи значення в вираз (2.19), отримаємо:

$$M_{кр8} = 6,2 + 0,6 = 6,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр9} = 4,7 + 0,4 = 5,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр10} = 1,4 + 0,2 = 1,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр11} = 0,6 + 0,09 = 0,69 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

2.3.3 Розрахунок валка на міцність

Небезпечний переріз може бути в будь-якому калібрі бочки валка та визначається за допомогою розрахунку напружень у всіх калібрах. Розрахунок валка проводимо для нижнього валка чистової кліті.

При перевірці міцності валка бочку розраховують тільки на згин, шийку – на згин та кручення, кінцеву частину – на кручення.

Максимальне напруження згину у бочці валка визначають за формулою:

$$\sigma_{зг.б} = \frac{M_{зг.}}{W_{зг.}} = \frac{M_{зг.}}{0,1 D^3}, \quad (2.20)$$

де $M_{зг.}$ - максимальний згинальний момент;

$W_{зг.} = 0,1 D^3$ – момент опору бочки валка згину.

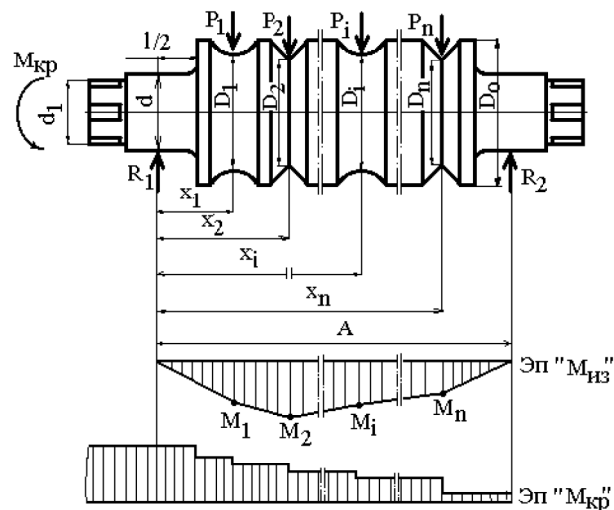


Рисунок 2.7 – Схема навантаження сортового валка

При розрахунку сортових валків слід враховувати, що при прокатці в різних калібрах величина тиску, діаметр бочки і відстань від осі натискного гвинта змінні, тому необхідно виконувати розрахунок навантажень для шийки та бочки в кожному калібрі кожного проходу. Із отриманих величин слід обрати найбільш небезпечне.

$$M_{згi} = P_i x_i \left(1 - \frac{x_i}{A}\right) \quad (2.21)$$

де x_i – відстань від лівого натискного гвинта до i -го калібру:

$A = 1192$ мм – відстань між осями натискних гвинтів.

$x_8 = 346$ мм;	$P_8 = 138$ кН;	$D_8 = 273$ мм;
$x_9 = 406$ мм;	$P_9 = 87$ кН;	$D_9 = 304$ мм;
$x_{10} = 463$ мм;	$P_{10} = 47$ кН;	$D_{10} = 311$ мм;
$x_{11} = 548$ мм;	$P_{11} = 21$ кН;	$D_{11} = 313$ мм;

Підставляючи значення в вираз (2.21-2.20), отримаємо:

$$M_{зг8} = 138 \cdot 0,346 \left(1 - \frac{0,346}{1,192}\right) = 34 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{зг9} = 87 \cdot 0,409 \left(1 - \frac{0,406}{1,192}\right) = 23 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{зг10} = 47 \cdot 0,463 \left(1 - \frac{0,463}{1,192}\right) = 13,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$M_{зг11} = 21 \cdot 0,548 \left(1 - \frac{0,548}{1,192}\right) = 6,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

$$\sigma_{Б8} = \frac{34}{0,1 \cdot 273^3} = 16,7 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{Б9} = \frac{23}{0,1 \cdot 304^3} = 8,2 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{B10} = \frac{13,3}{0,1 \cdot 311^3} = 4,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{B11} = \frac{6,3}{0,1 \cdot 313^3} = 2,05 \text{ МПа};$$

Максимальні згинальні напруження в шийці валка виникають по галтелі (у місці з'єднання шийки та бочки) і дорівнюють:

$$\sigma_{зг.ш} = \frac{M_{зг.ш}}{W_{зг.ш}} = \frac{P\ell}{0,4d^3}. \quad (2.22)$$

де l, d - довжина та діаметр шийки відповідно, $l = 292 \text{ мм}$, $d = 180 \text{ мм}$.

Найбільші дотичні напруження крутінню виникають у приводній шийці валка і складають:

$$\tau_{кр.ш} = \frac{M_{кр}}{W_{кр.ш}} = \frac{M_{кр.}}{0,2d^3}, \quad (2.23)$$

Сумарне напруження в шийці визначається в залежності від матеріалу валка:

- для сталевих валків за четвертою теорією міцності:

$$\sigma_{ш} = \sqrt{\sigma_{зг.ш}^2 + 3\tau_{кр.ш}^2}, \quad (2.24)$$

За наведеними залежностями отримаємо:

$$\sigma_{зг.ш8} = \frac{138 \cdot 0,292}{0,4 \cdot 0,18^3} = 17,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{зг.ш9} = \frac{87 \cdot 0,292}{0,4 \cdot 0,18^3} = 11 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{зг.ш10} = \frac{47 \cdot 0,292}{0,4 \cdot 0,18^3} = 5,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{зг.ш11} = \frac{21 \cdot 0,292}{0,4 \cdot 0,18^3} = 2,6 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр.ш8} = \frac{6,8}{0,2 \cdot 0,18^3} = 5,8 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр.ш9} = \frac{5,1}{0,2 \cdot 0,18^3} = 4,4 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр.ш10} = \frac{1,6}{0,2 \cdot 0,18^3} = 1,4 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр.ш11} = \frac{0,69}{0,2 \cdot 0,18^3} = 0,6 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{ш8} = \sqrt{17,3^2 + 3 \cdot 5,8^2} = 20 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{ш9} = \sqrt{11^2 + 3 \cdot 4,4^2} = 14 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{ш10} = \sqrt{5,8^2 + 3 \cdot 1,4^2} = 6,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{ш11} = \sqrt{2,6^2 + 3 \cdot 0,6^2} = 2,8 \text{ МПа}.$$

Робочий валок виготовлено зі сталі 55Х, для якого допустиме напруження $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$. Умова міцності для всіх чотирьох перетинів виконується.

Приводний кінець робочого валка розраховують на дію крутного моменту.

Для кінцевої частини:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{\beta_{кнц\ влк} s_{кнц\ влк}^3} \leq [\tau], \quad (2.25)$$

$$\text{де } \beta_{кнц\ влк} = \begin{cases} 0,291 & \text{при } s_{кнц\ влк} / d_{кнц\ влк} = 0,7 \\ 0,235 & \text{при } s_{кнц\ влк} / d_{кнц\ влк} = 0,8 \end{cases}$$

$s=100\text{мм}$ ширина трефу;

$$\tau_{кр} = \frac{6,8}{0,7 \cdot 0,1^3} = 10 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження крутіння:

$$[\tau] = 0,6[\sigma] = 0,6 \cdot 150 = 90 \text{ МПа}$$

Умова міцності виконується.

2.3.4 Визначення міцності станини робочої кліті середньосортного стану 325

Максимальне зусилля на натискний гвинт $X = 251 \text{ кН}$.

1. Побудова нейтральної лінії станини:

- Перетин верхньої поперечини.

$$F = F_1 - F_2 - F_3 = bH - b_1h_1 - b_2h_2 = 1,35 \cdot 0,8 - 0,19 \cdot 0,55 - \\ - 0,25 \cdot 0,1 = 0,967 \text{ м}^2.$$

Статичний момент перетину щодо осі $x - x$:

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

$$S = 1,35 \cdot 0,8 \cdot 0,8/2 - 0,19 \cdot 0,55 \cdot 0,55/2 - (0,25 \cdot 0,1)(0,55 + 0,25/2) = 0,386 \text{ м}^2$$

Ордината центру тяжіння:

$$y_c = \frac{S}{F} = \frac{0,386}{0,967} = 0,399 \text{ м} = 399 \text{ мм}.$$

Момент інерції перетину щодо осі x_1-x_1 , яка проходить через центр тяжіння :

$$J_A = J_1 - J_2 - J_3; \quad (2.26)$$

$$J_2 = \frac{b_1 h_1^3}{12} + a_1^2 F_1 = 0,19 \cdot 0,55 \left(\frac{0,8^2}{12} + \left(\frac{0,08}{2} + \frac{0,26}{2} \right)^2 \right) = 0,0719 \text{ м}^4.$$

$$J_3 = \frac{b_2 h_2^3}{12} + a_2^2 F_2 = 0,25 \cdot 0,1 \left(\frac{0,07^2}{12} + 0,14^2 \right) = 0,0346 \text{ м}^4.$$

$$J_A = 0,302 - 0,0714 - 0,0346 = 0,196 \text{ м}^4.$$

Мінімальний момент опору перетину:

$$W_A = \frac{J_A}{y_c} = \frac{0,196}{0,55} = 0,3564 \text{ м}^3.$$

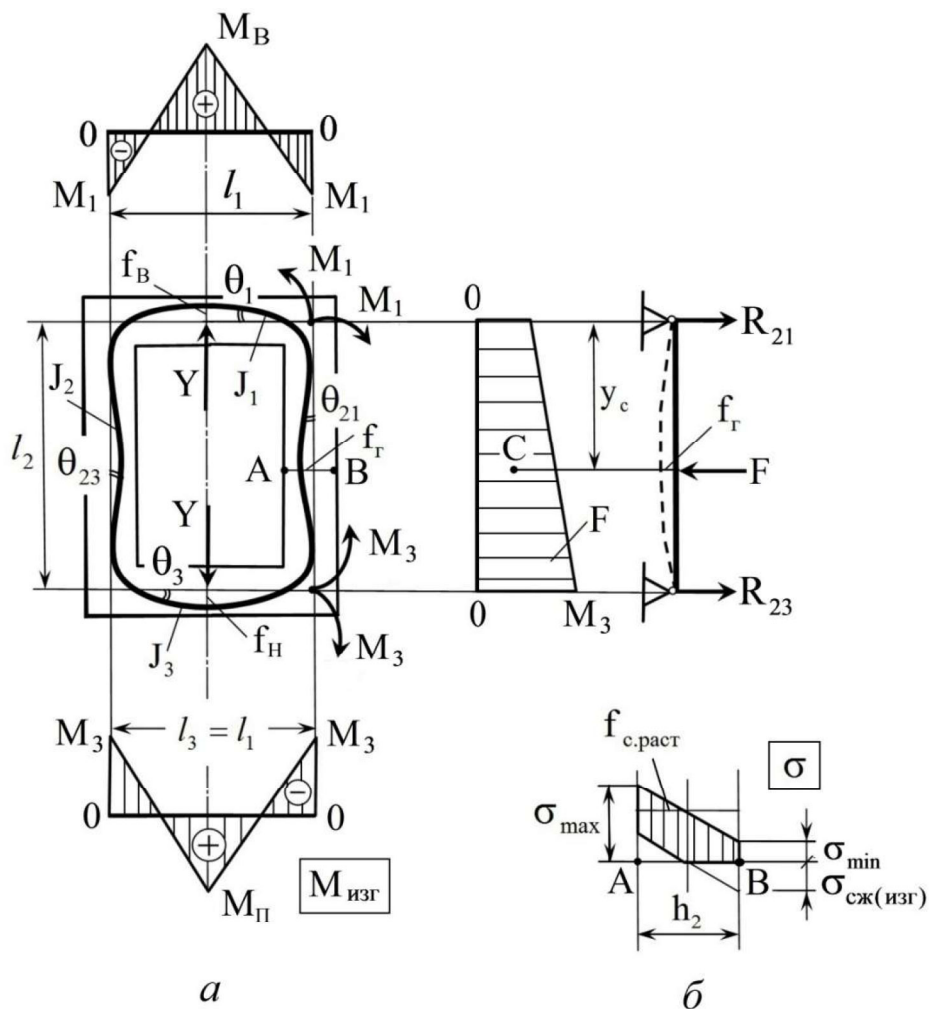


Рисунок 2.8 – Розрахунок закритої станини: а — епюра згинальних моментів;

б — епюра розтягуючи напружень у вертикальній стійці

Перетин стійки станини:

$$F = BH = 0,16 \cdot 0,28 = 0,0448 \text{ м}^2;$$

$$X_c = 0,14 \text{ м} = 140 \text{ мм};$$

$$J_2 = J_B = \frac{BH^3}{12} = BH \cdot \frac{H^2}{12} = 0,0448 \frac{0,16^2}{12} = 9,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4;$$

$$W_2 = \frac{J_B}{x_c} = \frac{0,000359}{0,19} = 1,89 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3.$$

Перетин нижньої поперечини:

$$F = BH = 0,91 \cdot 0,3 = 0,273 \text{ м}^2;$$

$$U_c = 0,15 \text{ м} = 150 \text{ мм};$$

$$J_1 = J_B = \frac{BH^3}{12} = BH \cdot \frac{H^2}{12} = 0,273 \frac{0,3^3}{12} = 0,0021 \text{ м}^4;$$

$$W_1 = \frac{BH^2}{6} = \frac{0,273 \cdot 0,3^2}{6} = 0,014 \text{ м}^3.$$

Знаючи положення центрів перетинів, будуюмо нейтральні лінії поперечин і стійок. Таким чином отримаємо жорстку раму, навантажену вертикальними силами U .

2. Статично невизначуваний момент в кутах рами:

$$k_1 = \frac{J_1}{J_2} = \frac{J_B}{J_B} = 2,188.$$

Для отримання необхідного найбільшого M_0 беремо $J_1 = J_B$ для нижньої поперечини, оскільки $J_B < J_A$.

$$k_2 = \frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{1,715}{0,7} = 2,45;$$

$$M_1 = \frac{Y \cdot \ell_1}{4} = \frac{45 \cdot 0,7}{4} = 7,88 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_0 = 7,88 \frac{1}{2(1 + 2,188 \cdot 2,45)} = 0,62 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$k_3 = \frac{J_1}{J_3} = \frac{0,302}{0,0346} = 5,72;$$

$$k_4 = \frac{r_1}{\ell_1} = \frac{0,65}{0,7} = 0,93;$$

$$M_0 = 7,88 \frac{1 + 4 \cdot 0,93(1,15 \cdot 5,92 \cdot 0,93 + 1)}{2(1 + 2,188 \cdot 2,45 + 3,14 \cdot 5,72 \cdot 0,93)} = 1,686 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Таким чином, в обох випадках M_0 значно менше M_1 .

2. Згинаючий момент в поперечині:

$$M_{\Pi} = M_1 - M_0 = 7,88 - 1,686 = 6,194 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

2. Напруження вигину в перетині поперечини:

верхній – перетин А-А:

$$\sigma_A = \frac{M_n}{W_A} = \frac{6,194 \cdot 10^9}{0,3564 \cdot 10^9} = 17,38 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

нижній – перетин В-В:

$$\sigma_B = \frac{M_n}{W_B} = \frac{6,194 \cdot 10^9}{0,14 \cdot 10^9} = 44,24 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

1. Напруження розтягування в стійці перетин Б-Б:

2.

$$\sigma_B = \frac{M_0}{W_2} - \frac{Y}{2F_2} = \frac{1,686 \cdot 10^9}{0,8 \cdot 10^4} + \frac{45 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,045 \cdot 10^3} = 12,56 \text{ Н} / \text{мм}^2.$$

Станина виготовлена із сталі марки 35Л II і після відпалу відливання має $\sigma_B = 500 \text{ Н} / \text{мм}^2$.

Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_s}{\sigma_{\max}} = \frac{500}{14,24} = 11,73$$

$$n > [n] = 10$$

З урахуванням концентрації напружень під натискною гайку, приймаючи коефіцієнти концентрації до = 2,8 запас по втомній міцності буде.

$$n_f = \frac{1}{2k} \cdot \frac{\sigma_6}{\sigma} = \frac{1}{5,6} \cdot \frac{500}{17,38} = 5,14.$$

5. Деформація станини у вертикальному напрямі, приймаючи $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$.

а) розтягування кожної стійки силою:

$$f_1 = \frac{Y\ell_2}{2EF_s} = \frac{1,715 \cdot 10^6 \cdot 45}{2 \cdot 0,1045 \cdot 10^6 \cdot 2,1 \cdot 10^5} = 0,276 \text{ мм};$$

б) прогинання двох поперечини від вигину:

$$f_2 = \frac{0,7}{2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,302} \left(\frac{0,7 \cdot 45 \cdot 103}{6} - 1,686 \cdot 103 \right) = 0,248 \text{ мм};$$

в) деформація двох поперечини від дії поперечних сил:

$$f_3 = 1,2 \frac{45 \cdot 10^6 \cdot 0,7}{2 \cdot 0,75 \cdot 10^5 \cdot 0,108} = 0,233 \text{ мм}.$$

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

$$f_{\text{ст}} = 0,276 + 0,248 + 0,233 = 0,757 \text{ мм}$$

$$f < [f] = 1 \text{ мм}.$$

3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок системи рідинного змащування редуктора

Вихідні данні:

ККД редуктора	0.75
Потужність, передавана редуктором, кВт	3,7
Допускаема робоча температура масла, °С	50
Температура повітря навколишнього середовища, °С	30
Площа поверхні теплообміну, м ²	42
Передаточне число першої ступені редуктора	5.4
Число обертів швидкохідного вала, хв ⁻¹⁺	210
Ділильний діаметр зубчастого колеса, мм	1140
Ширина зубчастого колеса, мм	420

Щоб використовувати картерну систему рідинного змащування слід перевірити виконання двох умов.

Перша умова: швидкість колеса не повинна бути завбільшки 10 м/с, тобто:

$$V_k \leq 10 \text{ м/с}$$

Швидкість колеса розраховують

$$V_k = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60 \cdot i} = \frac{3.14 \cdot 1140 \cdot 210}{1000 \cdot 60 \cdot 5.4} = 2.32 \text{ м/с} \quad (3.1)$$

где d - ділильний діаметр зубчастого колеса, $d=1140$ мм;

n - число обертів швидкохідного вала, $n=210$, хв⁻¹

i - передаточне число першої ступені редуктора, $i=5,4$

Тоді $V_k = 2,32 \text{ м/с} < 10 \text{ м/с}$ (умова виконується)

Друга умова: кількість тепла що виділяється під час тертя Q_1 не повинна перевищувати кількість тепла що може бути відведена в навколишнє середовище Q_2 , тобто:

$$Q_1 \leq Q_2 \quad (3,2)$$

Кількість тепла що виділяється під час тертя:

$$Q_1 = 860(1 - \eta) \cdot N \cdot 4.1868 \text{ (кДж/год)} \quad (3,3)$$

де: η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,95$;
 N - потужність редуктора, $N=2500$ кВт.

$$Q_1 = 860(1 - 0,95) \cdot 2500 \cdot 4,1868 = 450081 \text{ кДж / год}$$

Кількість тепла що може бути відведена в навколишнє середовище

$$Q_2 = k (t_m - t_n) \cdot A \text{ (кДж/год)} \quad (3,4)$$

де: k – коефіцієнт теплопередачі матеріала корпусу редуктора, в межах 31.3 – 62.8 (кДж/год·м²·град.), приймаємо $k = 40$ кДж/(м²·град·год)
 t_m – допустима температура мастила, $t_m = 50^\circ\text{C}$
 t_n – температура повітря навколишнього середовища, $t_n = 30^\circ\text{C}$
 A - площа поверхні теплообміну, $A = 42\text{ м}^2$

$$Q_2 = 40(50 - 30) \cdot 42 = 33600 \text{ кДж / ч .}$$

$$Q_1 > Q_2 \quad (450081 > 33600 \text{ кДж / ч}) \text{ (умова невиконується)}$$

Так як друга умова невиконується то необхідно використовувати циркуляційні системи рідинного змащування.

В'язкість мастила, застосовуваного в зубчастих зачепленнях, визначають по формулі, Н/см:

$$BY_{50} = 5 \cdot 10^{-3} m \cdot q, \quad (3.5)$$

де BY_{50} – умовна в'язкість мастила при $50 \text{ } ^\circ\text{C}$;

m – коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості зубчастих коліс ($m = 1,6$ при $V < 8 \text{ м/с}$, $m = 1,2$ при $V = 8 \dots 10 \text{ м/с}$, $m = 1$ при $V > 10 \text{ м/с}$);

q – тиск на одиницю довжини зуба, Н/см.

Тиск на одиницю довжини зуба:

$$q = \frac{102N}{VB}, \quad (3.6)$$

де $N = 2500$ кВт – передавана потужність редуктора ;

$V = 2,32$ м/с - окружна швидкість колеса;

$B = 420$ мм = 42см – ширина зубчастого колеса.

Тоді підставивши значення у формули (3.5) і (3.6) одержимо:

$$q = \frac{102 \cdot 2500}{2,32 \cdot 42} = 2616 \text{ кН/м} = 26160 \text{ Н/см},$$

$$BY_{50} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 1,6 \cdot 26160 = 209$$

В'язкість кінематична $\nu = 7,58 \cdot BY_{50} = 7,58 \cdot 209 = 1586 \text{ мм}^2/\text{с}$

Вибираємо мастило для прокатних станів П-28 ГОСТ 6480-76 для якого $BY_{50} = 3,68 \dots 4,2$ а $\nu = 2600 \dots 3000 \text{ мм}^2/\text{с}$. Мастило П-28 використовують для змащування циліндричних зубчастих передач при високих контактах навантаженнях і малих окружних швидкостях, важконавантажених черв'ячних

передачах редукторів прокатних станів, черв'ячних і циліндричних редукторів електромостових і розливних кранів гарячих цехів. Власні технічні умови заводу на це мастило ТУУ 23.2-20574128.005-2001. Закордонний аналог мастило VITREA M 460.

Кількість мастила яке необхідно підвести до вузлів тертя:

$$P = \frac{Q_1 - Q_2}{\xi c \gamma \Delta T} ; \text{ дм}^3/\text{год.} \quad (3.7)$$

де: ξ - коефіцієнт використання мастила, 0.8;

c – теплоємність мастила, 2 кДж/кг·град;

γ - потонна вага мастила, 0.9кг/дм³;

ΔT - допустиме підвищення температури мастила, 8 °С.

Тоді:

$$P = \frac{450081 - 33600}{0.8 \cdot 2 \cdot 0.9 \cdot 12} = 24101 \text{ дм}^3/\text{год} = 401 \text{ дм}^3/\text{хв}$$

На основі отриманих даних виконаємо вибір всіх елементів циркуляційної системи рідинного змащування редуктора.

3.2 Вибір та розрахунок потужності насосної установки

Вибираємо шестерневий роторний насос Т420 СТПС с такими характеристиками:

Максимальна продуктивність насоса $Q = 420$ л/хв

Объем за хід – 2200мл

Максимальний робочий тиск – $p = 8$ атм

Частота обертання ротора $n = 500 \dots 3000$ хв⁻¹

Максимальна робоча температура – 110°С

Мінімальна робоча температура – -20°С

Монтажні розміри патрубків – 2 дюйми

Вага – 80кг.

Потужність двигуна, що забезпечує роботу насосної установки, що створює необхідний максимальний тиск у системі, визначається по формулі:

$$N = \frac{\rho Q}{\eta_M}, \quad (3.8)$$

де ρ - необхідний максимальний тиск, створений насосом.

За заводськими даними приймаємо 4 атм;

Q - необхідна продуктивність насоса.

η_M -загальний ККД насоса, для шестеренних насосів 0,8.

Тоді потужність двигуна складе:

$$N = \frac{4 \cdot 10^5 \cdot 401 \cdot 10^{-3}}{60 \cdot 0,8} = 3341 \text{Вт}.$$

У системі рідкого змащення застосовуються закриті двигуни, що обдуваються, змінного трифазного струму з короткозамкненим ротором виконання АА й АН.

По довідникові, з обліком розрахункових даних, вибираємо двигун змінного струму типу 4А100S2У3 з параметрами: $N = 4 \text{ кВт}$; $n = 2880 \text{ хв}^{-1}$

Аналогічний двигун вибираємо й для резервної маслонуасосної установки.

3.3 Розрахунки перетину трубопроводів системи

Діаметр усмоктувального трубопроводу при роботі насоса з підпором практично приймається рівним діаметру усмоктувального патрубка насоса. Діаметр колектора, що з'єднує усмоктувальні патрубки насоса, приймається більше діаметра усмоктувального патрубка насоса на 2÷3 діаметра труби, застосовуваної в системі рідинного змащення.

Площа перетину прохідного або зливального трубопроводів визначається по формулі:

$$F = \frac{Q}{6v}, \text{ см}^2, \quad (3.9)$$

де Q - продуктивність системи л/хв;

v - швидкість плинину масла, що залежить від в'язкості масла й призначення трубопроводу, м/с;

- для усмоктувального $v = 0,5 \text{ м/с}$;
- для нагнітального $v = 1 \text{ м/с}$;
- для зливального $v = 0,25 \text{ м/с}$.

Таким чином, площа прохідного перетину складе:

- для нагнітального трубопроводу:

$$F_n = \frac{401}{6 \cdot 1} = 66 \text{ см}^2;$$

- для усмоктувального трубопроводу:

$$F_v = \frac{401}{6 \cdot 0,5} = 133 \text{ см}^2;$$

- для зливального трубопроводу:

$$F_c = \frac{401}{6 \cdot 0,25} = 267 \text{ см}^2;$$

Діаметр трубопроводу визначається по формулі:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{4,71v}} = 1,128 \sqrt{F}, \quad (3.19)$$

тоді:

- для нагнітального трубопроводу:

$$d_n = 1,128 \sqrt{F_n} = 1,128 \sqrt{66} = 8,1 \text{ см};$$

Приймаємо Труба 80 × 4 ГОСТ 3262-75

- для усмоктувального трубопроводу:

$$d_g = 1,128\sqrt{F_g} = 1,128\sqrt{133} = 10.2\text{см};$$

Приймаємо Труба 100 × 4,5 ГОСТ 3262-75

- для зливального трубопроводу:

$$d_c = 1,128\sqrt{F_c} = 1,128\sqrt{267} = 12.3\text{см};$$

Приймаємо Труба 125 × 4,5 ГОСТ 3262-75

Як правило, у централізованій циркуляційній системі рідкого змащення ухил зливальної магістралі трубопроводів приймається рівним 1 ÷ 40 у бік зливу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Виявлення та оцінка шкідливих факторів виробничого середовища

Умови праці в прокатному цеху характеризуються впливом на багатьох робочих місцях таких факторів виробничого середовища, як підвищена температура повітря, інфрачервоне й ультрафіолетове випромінювання, забруднення повітря токсичними речовинами й пилом, утворення електричного і магнітного поля. Виконання ряду операцій пов'язане з важкою фізичною працею, а на автоматизованих виробництвах – з особливим напруженням при обслуговуванні пультів керування. Є ділянки, де утвориться інтенсивний шум.

У цеху, особливо в холодний (перехідний і зимовий) період року, робітники піддаються впливу значних температурних перепадів (до 50°C), сильних потоків гарячого й холодного повітря. Це негативно діє на здоров'я працюючих, виникають простудні захворювання, радикуліт та ін..

В цеху пил виділяється в шихтових і плавильних відділеннях. При ремонтних роботах виділяється пил вогнетривів, що може викликати силікоз і містить 65-97 % з'єднань кремнію, у тому числі 70 % діоксида кремнію. Пил виділяється при збиванні, навантаженні, транспортуванні футеровки, під час ремонту ковшів, зводу печей. Концентрація пилу перебуває, як правило, на рівні 25- 40 мг/м³.

Джерелом шуму є технологічні гази, що рухаються, крани, транспортери, залізничні состави й ін. Рівні шуму на робочих місцях досягають 90дБА.

Вібрація спостерігається в кабінах крановиків, при зачищенні металу й деяких інших операцій.

Розглянемо карту умов праці слюсаря-ремонтника, таблиця 7.1.

Таблиця 4.1 - Оцінка факторів виробничого й трудового процесу
Професія: оператор прокатного стану, робоче місце – робоча кліть

№ п/п	Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : 1 клас безпеки Ангідрид хромовий	0,01	0,07			7 р	90
	Марганцю оксид	0,05	0,39			7,8 р	
	2 клас безпеки Сірководень	10	10,8	1,08 р			90
2	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	18,4			4,6 р	90
3	Шум, дБА	80	104			24	90
4	Вібрація(локальна),дБ	92	115			23	90
5	Мікроклімат у приміщенні (теплий період): - температура, °С;	27/16	39			12	85
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,7	0,71	1,03р			
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	200			4200	85
6	Тяжкість й напруженість праці	категорія робіт –середня, II б, напружена					
7	Кількість факторів			4	2	5	

Аналіз шкідливих факторів виробничого середовища, наведених у таблиці, дозволяє зробити наступний висновок про умови праці в прокатному цеху:

1. Оцінка технічного й організаційного рівня

Відповідає технологічному регламенту й проекту організації праці на робочому місці.

2. Атестація робочого місця

Робоче місце має в наявності 4 фактори 1 ступеня, 7 факторів 3 ступені. . По показниках робоче місце слід уважати зі шкідливими й важкими умовами праці, що відповідає показникам Списку №1 пункт 1.

Пільги і компенсація: пенсійний вік по пільгових умовах для чоловіків і жінок при наявності шкідливості стану зменшується на 10 років, додається додаткова відпустка 14 днів, дається молоко й доплати згідно колективного договору.

3. Гігієнічна оцінка умов праці

Умови й характер праці ставляться до III класу 3 ступеня.

4.2 Технічні рішення по гігієні праці і виробничій санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Найважливіше значення для нормальної життєдіяльності людини має наявність чистого повітря необхідного хімічного складу й маючого оптимальну температуру, вологість і швидкість руху. Ці параметри регламентуються ДСТУ, НПАОП, БНІП, СН «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги. Повітря робочої зони» й «Санітарні норми проектування промислових підприємств». В приміщенні цеху необхідно підтримувати оптимальні або допустимі параметри мікроклімату в залежності від періоду року та ступеня важкості праці.

На підтримку цих параметрів відповідно до нормативних документів спрямовані заходи щодо опалення, і вентиляції. Опалення основних виробничих приміщень передбачається повітряне, сполучене із припливною вентиляцією. Приплив здійснюється великими установками, розташованих групами. У місцях, де умови формування струменя дозволяють створити необхідні

температурні умови й рухливість повітря в робочій зоні й у місць можливих пило виділень (0,15-0,3м/с), застосовують струминну подачу повітря. У приміщеннях невеликої висоти з більшою кількістю встаткування, роздача повітря здійснюється повітродозподільними насадками безпосередньо в робочу зону.

У прокатному виробництві має місце випар технологічного змащення. Для видалення цих пар за кліттю встановлюють витяжні парасолі.

Також у прольоті ділянки використовують природну вентиляцію повітря. У такому виді вентиляції повітря надходить і віддається через щілини вікна, двері, ворота, ліхтарі. (БМП 2.04.05-91) .

У цеху використовується і механічна витяжна вентиляція, що в основному використовується в літню пору , і розрахована на витрату повітря $170 \cdot 10^4 \text{ м}^3/\text{год}$.

4.2.2 Освітлення виробничих приміщень

Для створення сприятливих умов праці велике значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення утрудняє проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці й може з'явитися причиною нещасних випадків і захворювань ока. Освітлення може здійснюватися природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється через вікна в бічних стінах (бічні). Через верхні світлові прорізи, ліхтарі (верхні) або обома способами одночасно (комбіноване освітлення). Відповідно до «вказівок по проектуванню електричного освітлення виробничих будинків» під час нормального функціонування освітлювальної установки освітленість приміщень і робочих поверхонь повинна бути не менш значень, зазначених у таблиці 4.2.

Аварійне освітлення у всіх випадках становить 0,3 лк, а коефіцієнт запасу дорівнює 1,7 . При виборі рішень по освітленню основне значення мають наступні фактори:

1 Відсутність точних зорових робіт і вкрай несприятливі умови середовища спричиняються вибір як джерела світла винятково лампи

накалювання або газорозрядні. Люмінесцентні лампи застосовуються тільки в ізольованих електроприміщеннях.

2 У місцях зручних для обслуговування при великій кількості пилю встановлюють пилонепроникні світильники типу СХ і ПВЛП.

3 Аварійне освітлення передбачається практично у всіх виробничих і прохідних приміщеннях через небезпеку знаходження в них у темряві.

4 Для забезпечення можливості виробництва ремонтних робіт й огляду внутрішніх порожнин застосовують переносне освітлення.

Таблиця 4.2 - Карти освітленості для прокатного цеху

Найменування відділення, ділянки, робочого місця й допоміжних приміщень	Розряд зорової роботи	Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу при люмінесцентних лампах		
		Система комбінованого освітлення	Система загального освітлення	Коефіцієнт запасу
Ділянка нагрівальних колодязів	VII	150	150	1,8
Ділянка робочих рольгангів	VII	150	150	1,8
Пульти керування обладнанням	IV	1000	300	1,5

4.2.3 Виробничий шум

Виробничим шумом прийнято називати всякий шум, який присутній на робочому місці, на ділянці або території підприємства, що виникає в результаті виробничого процесу.

Під впливом шуму, що перевищує 85-90 дБА, в першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. Сильний шум надає негативної дії на здоров'я та працездатність людей. Тривала робота в умовах підвищеного рівня шуму призводить до зниження працездатності, швидкого стомлення і психічного виснаження. До того ж порушується процес травлення, відбувається зміна об'єму внутрішніх органів. Впливаючи на кору головного мозку, шум, надає дратівливу дію, ослабляє увагу.

Для боротьби з шумом, безпосередньо в джерелі його виникнення, застосовують малошумні механічні передачі, розробляються способи зниження шуму в підшипникових вузлах, вентиляторах. Акустичні засоби захисту від шуму можна розділити на декілька груп: звукоізолюючі, звукопоглинаючі і глушники шуму.

Суть методу зниження шуму звукоізоляцією передбачає шумоізоляцію обладнання, розташування гучного об'єкту на великій відстані один від одного і основного приміщення роботи. Можливе оснащення приміщення звукоізолюючою стіною або перегородкою. Звукопоглинання відбувається за рахунок переходу коливань енергії в теплоту, яка виникає унаслідок втрат в звуконосії на тертя.

Звукопоглинальні матеріали і конструкції призначені для поглинання звуку як в приміщеннях з джерелом шуму, так і в сусідніх приміщеннях. Акустична обробка приміщень передбачає покриття стелі і верхньої частини стінів звукопоглинальними матеріалами.

4.2.4 Гігієна праці

Гігієна праці це наука, що вивчає дію трудового процесу і навколишнього виробничого оточення на організм працюючої людини. Виробнича санітарія, у свою чергу, є системою організаційних заходів і засобів, що запобігають дії шкідливих чинників на робітниках. Такими можуть бути пил, шум, висока температура, інфрачервоне випромінювання.

Людина постійно знаходиться у взаємозв'язку з довкіллям, в міру можливості він пристосовується до неї, або пристосовує її до себе, забезпечуючи умови для існування. В разі недостатнього пристосування зовнішнє середовище надає несприятливу дію на людину, унаслідок чого страждає його фізичне і психічне здоров'я.

На основі вивчення умов і характеру праці на підприємствах чорної металургії і їх впливу на організм робітників розроблений комплекс організаційних, санітарно-технічних і лікувально-профілактичних заходів, направлених на усунення несприятливих чинників виробничого середовища. Серед них запобігання або зменшення їх впливу на організм людини, а також зміна самого характеру праці для зміцнення здоров'я працівників і підвищення їх працездатності.

Нагрітий до 1250 °С метал приводить до виникнення зайвого тепла і інфрачервоного випромінювання. Це, поза сумнівом, є чинником, що негативно впливає на здоров'я робочого. Згідно з цеховими вимірами інфрачервоне випромінювання складає більше 2000 т/м² і відноситься до другого класу.

Шум, що виникає при роботі устаткування по цехових вимірах, відноситься до другого класу і складає рівень в 100 дБА. Допустимий рівень не повинен перевищувати 80 дБА (при частоті 1000 Гц). Для зменшення тертя шийок валків застосовують воду, яка при попаданні на валяння приводить до паротворення.

4.3 Техногенна безпека

В цеху можливі аварії техногенного характеру: вибухи пов'язанні з використанням газу в термічних печах, поломки обладнання, пожежі в кабельних тунелях. В складі ГММ використовують керосин, при горінні якого виникає небезпека пошкодження шкіри людини різного ступеня (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 - Характеристика небезпечної речовини – керосин

Найменування параметра	Параметр
Найменування речовини	Керосин
Склад	До складу керосину входять вуглеводи, які википають при температурі від 180°C до 360°C
Теплота згоряння, кДж/кг	43540
Температура спалаху, °C	53
Температура займання, °C	63
Температурні межі займання, °C	35-75
Молекулярна маса	154,7
Щільність при 20°C, кг/м ³	792
Агрегатний стан, колір	Безбарвна або жовтувата (без спеціальних добавок) рідина
Вибухопожежонебезпечність	Горюча рідина
Токсичність	ГДК згідно ГОСТ 12.1.005 300 мг /мл 12.1.007 (малонебезпечна рідина).
Реакційна здатність	Хімічна стабільність керосина це здатність протистояти окислювальним процесам під час зберігання. При тривалому зберіганні керосин окислюється і утворюється осад. Процес окислення прискорюється при наявності деяких металів.
Корозійна активність	Корозійна стійкість керосина помірна, сполук сірки.
Вплив на людину і на навколишнє середовище	Сприяє подразненню слизової оболонки і шкіри людини, а також появі шкірних захворювань. При тривалому контакті

	<p>викликає зміна функцій центральної нервової системи, підвищений захворювання органів дихання людини. Не утворює токсичні сполук у повітрі і стічних водах в присутності інших речовин при температурі навколишнього середовища. Пари негативно впливають на стан навколишнього середовища. При зливі у водойму на поверхні утворюється плівка, яка перешкоджає проходженню кисню, що може призвести до масової загибелі представників флори і фауни водойм.</p>
<p>Засоби безпеки, засоби захисту</p>	<p>Вентиляція. При чищенні та ремонті цистерн - попередня продувка інертним газом (гострою парою), потім - чистим повітрям. В атмосфері з високим вмістом гасу забороняється працювати в поодиночці. Застосування засобів індивідуального захисту згідно з ГОСТ 12.4.011 і ГОСТ 12.4.103. в місцях з вмістом пари гасу вище ГДК - протигази марок А. БКФ і шлангові протигази ПШ-1 або аналогічні (ГОСТ 12.4.034). Для захисту шкіри рук - рукавиці, креми і пасти згідно ГОСТ 12.4.068.</p>
<p>Методи перетворення речовини в безпечний стан</p>	<p>При пожежі: вуглекислий газ, хімічна піна, перегріта пара, розпорошена вода, порошок ПСБ-3; в приміщеннях - об'ємне гасіння. При потоці гасу зібрати його в окрему тару, місце потоки промити мильним розчином, гарячою водою, протерти сухою тканиною. При потоці на відкритому майданчику місце потоки засипати піском з наступним його</p>

	видаленням і утилізацією. Для попередження розтікання при великих протоках обладнання тимчасовим обвалуванням навколо місця протоки.
Перша допомога потерпілим	При попаданні керосина на відкриті ділянки тіла необхідно його видалити і ретельно промити шкіру водою з милом; при попаданні на слизову оболонку очей ретельно промити водою.

4.4 Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти

У термічному відділенні прокатного цеху об'ємом 103773 м³ для термічної обробки сталі встановлено дві нагрівальні печі з сумарною тепловиділяючою поверхнею 20 м². Температура всередині печі $t_{вн} = 1050$ °С. Стінки печей цегляні з шамоту товщиною $\delta_1 = 345$ мм. Кожух печі із сталі товщиною $\delta_2 = 3$ мм. Сумарна продуктивність печей $P = 3500$ кг/год. Початкова температура витягуемого із печі металу $t_{пoch} = 1020$ °С, до моменту вивезення з відділення метал остигає до $t_{кін} = 100$ °С. Температура зовнішнього повітря $t_{нар} = 20$ °С. Температура повітря у відділенні t від 25°С, температура минаемого повітря $t_{yx} = 30$ °С.

Знайдемо загальні тепловиділення в термічному відділенні протягом години. Основні джерела теплоти - нагрівальні печі і остигаючий метал.

Тепловиділення від нагрівальних печей визначається за формулою, Вт:

$$Q_{II} = R \cdot (t_{вн} - t_{ом}) \cdot S; \quad (4.1)$$

де R - коефіцієнт теплопередачі стінок печі, Дж/(м²сК);

S - сумарна площа тепловиділяючих поверхонь печей, м²

Коефіцієнт теплопередачі стінки печі розраховується за формулою:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (4.2)$$

де α_1 і α_2 - коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній "зовнішній поверхнях печі, вони відповідно рівні 14 та 9,3 Дж/(м²сК).

λ_1 та λ_2 - коефіцієнта теплопровідності шамотної цегли і кожуха печі, вони відповідно рівні 0,93 та 7 Дж/(м²сК),

Тоді за формулою (4.2), отримаємо:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,345}{0,93} + \frac{0,003}{7} + \frac{1}{9,3}} = 1,81 \text{ Джс} / (\text{м}^2 \text{сК})$$

Тепловиділення від нагрівальних печей, що визначається за формулою (4.1), складе:

$$Q_{II} = 1,81 \cdot (1050 - 25) \cdot 20 = 37105 \text{ Джс} / \text{с}$$

Знаходимо тепловиділення від остигаючого металу, Дж/с

$$Q_M = P \cdot C \cdot (t_{\text{поч}} - t_{\text{кін}}); \quad (4.3)$$

де C - теплоємність металу, Дж/(кг·К).

Нехай $C = 0,14$ Дж/(кг·К)

Підставивши у формулу (4.3) числові значення, отримаємо:

$$Q_M = 3500 \cdot 0,14 \cdot (1020 - 100) = 450800 \text{ Джс} / \text{с}$$

Далі знаходимо загальну кількість теплоти, що виділяється у відділенні від нагрівальних печей та остигаючого металу:

$$Q_{\text{заг}} = Q_{\text{п}} + Q_{\text{м}} = 37105 + 450800 = 487905 \text{ Дж/с} \quad (4.4)$$

Прийmemo втрати теплоти через огороження будівлі відділення рівним 20% загального надходження теплоти. Тоді надмірна кількість теплоти визначається за формулою:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{заг}} \cdot 0,8 = 487905 \cdot 0,8 = 390324 \text{ Дж/с} \quad (4.5)$$

Кількість повітря, яке необхідно ввести для видалення надлишкової теплоти, м³/год:

$$V_{\text{пов}} = \frac{3600 \cdot Q_{\text{над}}}{C_v \cdot (t_{\text{yx}} - t_{\text{нар}})}; \quad (4.6)$$

де C_v - об'ємна теплоємність повітря

$$V_{\text{пов}} = \frac{3600 \cdot 390324}{1,256 \cdot (30 - 20)} = 118763 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Знаходимо кратність повітрообміну:

$$K = \frac{V_{\text{пов}}}{V_{\text{ном}}}; \quad (4.7)$$

де $V_{\text{ном}}$ – об'єм термічного відділення, м³

$$K = \frac{118763}{103773} = 11$$

тобто повітря в приміщенні протягом години обмінюється 11 разів.

ВИСНОВКИ

1. Ознайомлення з технологією та обладнанням прокатного цеху ПАТ «Дніпроспецсталь» показало, що одним із основних «вузьких місць» цеху є зниження продуктивності дрібно сортного стану 325 внаслідок простоїв під час частих перевалок у зв'язку із значним сортаментом випускаємої продукції на даному стані.

2. На підставі проведеного огляду й аналізу технічної та патентної літератури встановлено, що для прискорення й автоматизації процесу перевалки рекомендовано застосування механізму фіксації муфти, яка виконана разом з голівкою шпинделя на хвостовику валка.

3. Використання головної лінії прокатного стану запропонованої конструкції дозволить механізувати процес перевалки робочих валків, забезпечуючи значне зниження витрат часу та трудомісткості. Це призводить до скорочення простоїв стану та підвищенню його продуктивності.

4. Проведено розрахунок найбільш навантажених вузлів та деталей головної лінії. Для розрахунку робочого валка було попередньо розраховано енергосилові параметри прокату у кожному калібрі та розраховано калібрування валка.

5. Для покращення екологічного стану в цеху необхідно використання витяжної вентиляції, яку запропоновано у 7 розділі дипломного проекту.

6. Результати роботи можуть бути використані не тільки на ПАТ «Дніпроспецсталь», а й на інших підприємствах які спеціалізуються на випуску прокатної продукції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти./ Гнітько С.М., Бучинський М.Я., Попов С.В., Чернявський Ю.А. - Харків: НТМТ, 2020. 258 с
2. Данченко В. М., Гринкевич В. О., Головка О. М. Теорія процесів обробки металів тиском: підручник. Дніпропетровськ : Пороги, 2008. 370 с.
3. Самохвал В.М. Конспект лекцій з дисципліни "Конструкції технологічних агрегатів в процесах ОМТ. Частина 4. Обладнання прокатних та волочильних цехів" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 136 – Металургія за освітньо-професійною програмою «Металургія». Кам'янське, ДДТУ, 2017. - 91 с.
4. Ф. К. Іванченко, В. М. Гребеник, В. І. Ширяєв . Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. навч. посібник – Київ : Вища школа, 1995. – 455 с.
5. Кухар В.В., Аніщенко О. С., Присяжний А. Г. Основи експериментальних методів дослідження процесів обробки металів тиском : навчальний посібник. Маріуполь : ПДТУ, 2019. 234 с
6. Хімін В. М., Федьков Г. О. Конструкції агрегатів цехів обробки металів тиском. Обладнання цехів обробки металів тиском : метод. посіб. для студентів ЗДІА спец. 7.090404, 8.090404 "Металургія" / ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 78 с. : іл., табл
7. Рудь Ю. С. Основи конструювання машин : підручник. 2-ге вид. Кривий Ріг : ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.
8. Васильченко Т.О, Шевченко І.А, Гречаний О.М. Опір матеріалів : навчально-методичний посібник Запоріжжя : ЗНУ, 2020. – 263 с.
9. Гайдамака А.В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник. Харків: Харківський політехнічний інститут, 2020.

10. Жук А. Я., Желябіна Н. К. Основи розрахунків приводів машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 1996. 145 с.
11. Жук А. Я., Малишев Г. П. Основи технічного діагностування: навч.-метод. посіб.– Запоріжжя: ЗДІА, 2007. – 114 с.
12. Кравченко В. М., Іщенко А. О., Сидоров В. А., Буцукін В. В. Експлуатація та обслуговування машин. Донецьк: Донбас, 2014. 543 с.
13. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин: Підручник.– 3-є вид., перероб. і доп. – К.:НМК ВО, 1992. – 368с.
14. Седуш В.Я. Надійність, ремонт і монтаж металургійних машин : підручник. 4-е вид.,перероб. і доп. Донецьк: ТОВ «Юго – Восток, Лтд», 2008. 379 с.
15. Ремонт металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 236 с.
16. Технічне обслуговування металургійного обладнання : навч. посіб. / А. Я. Жук та ін. К. : вид. дім "Кондор", 2017. 288 с.
17. Півняк Г.Г., Бешта О.С., Фількін М.П. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2008. 352с.
18. Охорона праці на гірничо–металургійному підприємстві: навч. посібник. Ч.І: Металургійний комплекс. / В.О.Шеремет та ін. Дніпропетровськ: Січ, 2002. 375 с.
19. НПАОП 0.00–4.01–08 Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [Електронний ресурс] // Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=28566.
20. ДСН 3.3.6.042–99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
21. ДБН В.2.5–28–2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс] // Мінбуд України. – 2006. –

- Режим доступу до ресурсу: <http://www.gorsvet.kiev.ua/wp-content/uploads/2016/08/ДБН-В.2.5-28-2006.pdf>.
- 22.Геврик Е. О. Охорона праці. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. / Е. О. Геврик. – К: Ельга, Ніка-центр, 2003. – 280 с.
- 23.ДБН В.1.1-7:2016.Пожежна безпека об'єктів будівництва Загальні вимоги [Електронний ресурс] // Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7~2016.%20Пожежна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>.
- 24.Румянцев В. Р. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та техногенна безпека» у дипломних роботах (проектах) для студентів ЗДІА спеціальностей МЧМ, МБ та інші / В. Р. Румянцев, І. О. Ткаліч. – Запоріжжя: ЗДІА, 2012. – 16 с.
- 25.Ткачук К. Н. Охорона праці та промислова безпека. Навч.посіб. / К. Н. Ткачук. та ін. – К: Основа, 2009. – 360 с.

ДОДАТКИ