Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

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

на тему Удосконалення технології прокатки слябів 160х1300 мм з киплячої сталі 08кп з метою зменшення енерговитрат на стані слябінг 1150

Виконав: студент *4* курсу, групи 6.*1363-омт-с2*

Пилюк І.І.
(ПІБ) (підпис)

спеціальності
136 Металургія
(шифр і назва)

спеціалізація
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма
Обробка металів тиском
(шифр і назва)

Керівник Явтушенко А.В.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Нестеренко Т.М.
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2025 року

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

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *перший бакалаврський рівень* / другий (магістерський) рівень

Спеціальність *136 металургія* (шифр і назва)

Освітньо-професійна програма *обробки металів тиском* (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ***МТЕТБ***
Ю.О. Бєлоконь
27 12 2024 року

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

Пилюк Іван Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення технології прокатки слябів 160х1300 мм з киплячої сталі 08кп з метою зменшення енерговитрат на стані слябінг 1150

Керівник роботи (проєкту) *Явтушенко Анна Володимирівна* *д.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "_27_"_12___ 2024року № 2031-

. Строк подання студентом роботи (проєкта) *09.06.2025*
. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Вдосконалення прокатного виробництва*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Реферат. Вступ. Загальна частина. Дослідницька частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік джерел посилання.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 11 слайдах (на 11 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1 назва розділу	*Явтушенко А.В.,доцент*	
Розділ 2 назва розділу	*Явтушенко А.В.,доцент*	
Розділ 3 назва розділу	*Явтушенко А.В.,доцент*	
Розділ 4 назва розділу	*Явтушенко А.В.,доцент*	
Нормоконтроль	*Карпенко Г.В., доцент*	

. Дата видачі завдання *07.05.2023*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ		
	Реферат		
	Розділ 1		
	Розділ 2		
	Розділ 3		
	Розділ 4		
	Висновки		

Студент _____ **І. І. Пилюк**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ ***А. В. Явтушенко***
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: __81__с.,___ рисунки.,__12_ таблиці.,__9_ література 17

ШТАБА, ГАРЯЧА ПРОКАТКА, ВИПЕРЕДЖЕННЯ, СЕРЕДНЄ КОНТАКТНЕ НАПРУЖЕННЯ, СИЛА ПРОКАТКИ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ, ВАЛОК, ОБТИСК, ТЕХНОЛОГІЧНА ЛІНІЯ.

Об'єкт дослідження – сила прокатки.

Мета роботи – Дослідження методів визначення енергосилових параметрів гарячої прокатки штаб.

Проблемою прокатного виробництва є підвищення точності штаби, зниження витрати метала та зниження затрати електроенергії. В значній мірі цього можна досягнути переходом на використання технологій безперервного розливу сталі, що дозволяють знизити енерго і матеріаломісткість металургійного виробництва, тобто — собівартість кінцевої продукції. Приведені результаті розрахунку сили прокатки за різних параметрів штаб.

Зміст

ВСТУП 6

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8

1.1 Способи виготовлення слябів 9
1.2 Прокатка зливків 12
1.3 Нагрівання зливків 16
1.4 Механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика 20
1.5 «Вузькі місця» виробничого процесу 27
1.6 Заходи щодо усунення вузьких місць 28
1.7 Розрахунок річного виробництва прокатного стана 30

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 33

2.1 Використання теплоізолюючих екранів 34
2.2 Розрахунок показників деформації і енергосилових параметрів прокатування в горизонтальних валках після реконструкції 39

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА 45

3.1 Устаткування стану слябінг 1150 46
3.2 Загальна характеристика обладнання лінії робочої кліті 51
3.3 Валки прокатних станів 52
3.4 Підшипники валків 53
3.5 Механізми і пристрої для установки, урівноваження і зміни валків 55
3.6 Розрахунок валків на міцність 58
3.7 Розрахунок натискного гвинта 60
4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів 66
4.2 Заходи з поліпшення умов праці на стані слябінг 1150 68
4.3 Електробезпека 71
4.4 Пожежна та техногенна безпека 73
4.5 Розрахунки екрана для захисту від теплового випромінювання 76

ВИСНОВКИ 79

ВСТУП

Основними методами виготовлення металевих деталей і їх напівфабрикатів є лиття, обробка тиском і обробка різанням. Особливе місце займає обробка тиском, яка полягає в пластичній зміні форми металу за допомогою його деформування. В процесі пластичного деформування змінюється структура металу й підвищуються його механічні властивості. Тому найбільш навантажені деталі машин виготовляють обробкою тиском.

Обробка тиском дозволяє одержувати деталі або їхні напівфабрикати у вигляді заготівель, близьких за формою до готових деталей, великою продуктивністю й малими відходами. Метал піддається пластичній деформації як у холодному, так і у гарячому стані. Унаслідок можливості формоутворення металу з високою продуктивністю і малими відходами, а також можливості підвищення його механічних властивостей значення обробки тиском у сучасній промисловості величезне. Досить сказати, що близько 90% усієї виплавлюваної в Україні сталі і близько 55% усього виплавлюваного кольорового металу піддається різним способам обробки тиском [1].

Технічне переозброєння чорної металургії, впровадження найбільш прогресивних технологічних процесів нерозривно пов'язане зі створенням надійного, економічного, високопродуктивного технологічного обладнання, випуском нових довговічних машин і агрегатів великої одиничної потужності і продуктивності при одночасному зниженні металоємності і енергоспоживання, а також створенням систем машин, призначених для комплексної механізації і автоматизації виробництва [2-3].

Відомо, що для нормального протікання процесу прокатки, валки повинні займати в робочій кліті певне положення. Для цього в кожній робочій кліті передбачені натискні механізми й пристрої зрівноважування верхнього валка.

Натискний гвинт передбачає зусилля на валки при прокатці, що доводиться на одну шийку валка, і передає його через натискну гайку станині.

Продуктивність обтискного стану визначається швидкодією натискного пристрою. Разом з тим час роботи останнього пов'язане з інтенсивністю зношування гвинтових пар і їх терміном служби. Крім того, є ексцентриситет геометричної осі гвинта стосовно осі обертання, внаслідок чого виникає биття й перекоси натискного гвинта в гайці. Зазначені причини викликають появу інтенсивних зосереджених навантажень і локальних джерел тепла на робочих поверхнях витків різьблення гвинта й гайки.

Промислові обстеження обтискних прокатних станів показують, що їх надійність і довговічність багато в чому залежить від працездатності вузлів тертя, одним з яких є гвинтова пара натискного пристрою.

Стійкість бронзових гайок натискних пристроїв блюмінгів і слябінгів невисока, що приводить до збільшеної витрати дорогої бронзи й до позачергових простоїв станів. Основним способом збільшення стійкості гайок є вирівнювання навантаження по витках різьблення шляхом зміни форми тіла гайки, тому аналітичний й експериментальний розв'язок зазначеного питання становить інтерес.

Ці недоліки стосуються і гвинтової пари натискного пристрою, що застосовується на комбінаті ВАТ «Запоріжсталь». Тому надто важливо розв'язати цю проблему, що і є темою спеціальної частини проекту.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Способи виготовлення слябів

Сляб (англ. *slab* - плита, пластина) — плоска заготовка прямокутного перетину, виготовлена з рідкого металу на установках безперервного розливання сталі або прокатана з сталевого зливку на слябінгу (рідше блюмінгу, блюмінгу-слябінгу). Зі слябів виготовляють листовий прокат [4].

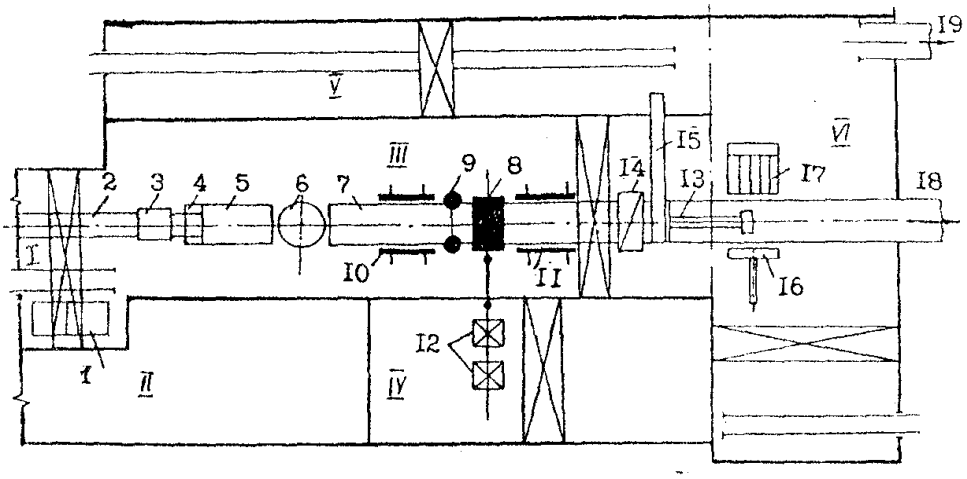
Сьогодні сляби (плоскі заготовки) з відношенням сторін B/h > 3 (B – ширина сляба; h – товщина сляба) роблять на обтискних станах (слябінгах) і машинах безперервного лиття заготівок (МНЛЗ).

Безперервне розливання рідкої сталі є прогресивним і високоефективним процесом виробництва листових слябів [5]. Переваги одержання напівпродукту необхідних розмірів по перетину з рідкої сталі, минаючи звичайні обтискні агрегати, важко переоцінити. При цьому не тільки досить значно скорочується процес виробництва слябів і зменшуються капітальні витрати, але й різко підвищується якість заготівок і знижується витрата металу. Наприклад, при методі «плавка на плавку» в обрізь попадає лише сама незначна частина заправного кінця на початку розливання.

Першим МНЛЗ, що одержали промислове застосування були машини вертикального типу, а в цей час установлюють МНЛЗ радіального типу, які мають меншу висоту й сполучаються з безперервним прокатним станом в одному комплексі. Докладніше технологічний процес на такому комплексі буде розглянутий нижче. Тут же познайомимося з технологічним процесом прокатки на слябінгах, які ще функціонують на ряді заводів країн СНД. В Україні слябінги встановлені на металургійних комбінатах «Запоріжсталь» (м. Запоріжжя) і в м. Маріуполі. На Алчевському металургійному комбінаті працює стан блюмінг-слябінг 1150 [6].

Обтискний цех забезпечується зливками з мартенівського цеху, далі в стриперне відділення, в якому зливки звільняються від виливниць і в гарячому стані з температурою 300 – 1060^0 С доставляються на візках до нагрівальних колодязів цеху слябінга [7].

Крім того з ВАТ «Дніпроспецсталь» надходять зливки легованих і нержавіючих марок сталей з температурою не менше 800^0 С, а також холодні зливки зі складів мартенівського цеху та цеху слябінга. Передача зливків зі сталеплавильного цеху в будівлю нагрівальних колодязів і посадка їх у камери нагрівальних колодязів відбувається строго по плавках, а зливків якісної легованої сталі і по зливкам. Зливки що привезли, знімаються з візків мостовими кранами колодязного типу і саджають в камери колодязів для підігріву. Колодязні кліщові крани, що застосовують в цеху, мають різні конструкції пристроїв для захвату вантажу кліщами.



1 - нагрівальні колодязі; 2 - шлях зливковоза; 3 - візок для зливків; 4 - перекидач; 5 - приймальний рольганг; 6 - поворотний стіл; 7 - підвідний і робочий рольганги; 8 - кліть з горизонтальними валками; 9 - кліть з вертикальними валками; 10 - маніпулятор з кантувачем; 11 - маніпулятор; 12 - головний привід, 13 - пересувний упор; 14 - ножиці; 15 - конвеєр обрізків; 16 - зіштовхувач; 17 - штабелювальний пристрій; 18 - рольганг до безперервного широкосмугового стану (ШСГП); 19 - рольганг до печей ШСГП

Рисунок 1.1 - Схема розташування обладнання слябінга I - прогін нагрівальних колодязів; II - прогін контрольно-вимірювальної апаратури; Ш - прогін стану; IV - машинний зал; V- скрапний прогін.

Продуктивність однієї групи колодязів 45 - 60 т/год. Тривалість нагрівання сильно залежить від марки сталі та температури посадки. Управління процесом нагріву здійснюється індивідуально для кожної камери. У камери автоматично надходить необхідна кількість тепла за наперед заданим графіком до повної готовності зливків до прокатки. Це досягається застосуванням автоматично діючих приладів. Зливки, підігріті до температури 1320 - 1340^0 С, виймають на зливковіз, що транспортує їх до приймального рольгангу. У розглянутому цеху зливковіз має візок, це дозволило транспортувати до приймального рольгангу два зливки. Зливок, що знаходиться на візку захоплюють кліщами крана і ставлять в колиску стаціонарного перекидача. Пройшовши приймальний рольганг, зливок надходить у валки робочої кліті стану для обтиску до необхідних розмірів. Число пропусків злитку між горизонтальними і вертикальними валками робочої кліті залежить від їхньої ваги і сортаменту слябів, що прокатують [8]. У процесі прокатки напрямок зливків у валки здійснюється лінійками маніпулятора, встановленими над робочими рольгангами перед станом і за ним.

Зазвичай прокатка слябів вертикальними валками робочої кліті проводиться для зняття уширення і великих обтисків. Після прокатки сляби транспортуються рольгангом, що підводить до ножиць, на яких відрізається спочатку передній кінець, а потім сляб ріжеться на мірні довжини. Різання штаби проводиться при t = 900 - 1120 ^{0}С. Позаду ножиць встановлено рухомий наголос, який при різанні регулює розкрій штаби під ніж, упор опускається і тримає передній кінець штаби на заданій відстані від ножа. Обрізки зіштовхуються на транспортер хитного рольганга, потім на конвеєр обрізків, який подає їх у скрапний прогін в короби. З коробів обрізки вивантажуються на платформи електромостовим краном. Порізані на мірні довжини сляби подаються або транзитом на стан ЦГПТЛ або забираються на склад.

Всі сляби легованих марок піддаються сповільненому охолодженню або відпалу в печах з висувним підведенням. Сляби вуглецевих марок на складі сортуються, після огляду проводиться видалення вад за допомогою вогневої і наждачної зачистки. Прийняті ВТК сляби передаються ТЛЦ або відвантажуються споживачам [9].

Останні десятиліття через нестачу природного газу, а відповідно і його вартість, сляби стали направляти безперервним потоком в цех тонкого листа, що дає можливість без додаткового підігріву слябів катати тонкий лист. Сляб в сусідньому цеху, виявляється, через 4 хв. Таким чином, на сьогодні близько 90% слябів йде в цех тонкого листа і 10% в підігрівальні печі.

1.2 Прокатка зливків

Сталевий зливок - неоднорідне кристалічне тіло по густині, наявності, неметалевих домішок, хімічному складу і будові. Сортамент стану наведений у таблиці 1.1.

Неоднорідності зливка можуть бути фізичні, кристалічні і хімічні. Ці види неоднорідностей погіршують якість сталі, а іноді є причиною браку в прокатному виробництві.

На рисунку 1.1 наведена схема будови і макроструктура сталевого зливка. Як видно з рисунка, в литому металі можна розрізнити три структурні зони. Кристалізація рідкого металу починається у поверхні більш холодної форми і йде спочатку переважно до поверхні тонкого шару сильно переохолодженої рідини. Внаслідок великої швидкості це охолодження призводить до утворення на поверхні зливка вузької зони порівняно дрібних рівновісних кристалітів.

За першою зоною розташована друга зона подовжених дендритних кристалітів (зона транскристалізації). Зростання цих кристалітів йде в напрямку відводу тепла, тобто нормально до стінок виливниці. Послідовний

ріст дендритів від стінки виливниці відбувається завдяки просуванню вглиб розплаву гілок першого порядку та їх розгалуження [10].

Таблиця 1.1- Марки сталі, які прокатують на стані «слябінг 1150»

Группа сталей по нагріву зливків	Марка сталі	Хімічний склад по ДСТ, ТУ, внутрішньо заводським нормам
1	2	3
1	08пс(кп),10пс(кп), 15пс(кп),20пс(кп)	ДСТУ 1050-88
	08пс(кп)	ДСТ У 9045-93
	08пс(кп) г/к, 08пс(кп) х/к, 08пс(кп) для КрКЗ, 08пс(кп) для подката на жесть 08псН, 15псН	По внутрішньо заводським нормам
	08Ю	ДСТУ 9045-93
	08Ю для облицювання	По внутрішньо заводським нормам
	25пс Ст0пс(кп), Ст1пс(кп), Ст2пс(кп), Ст3пс(кп), Ст4пс(кп),	ТУ У 14-4-458-99 ДСТ У 380-94
	Ст3Гпс, Ст5Гпс	ДСТУ 2651-94
2	10, 15, 20, 25, 30	ДСТУ 1050-88
	Ст 0, Ст2сп, Ст3сп, Ст4сп	ДСТУ 2651-94 (ДСТУ 380-94)
	15К , 20К	ДСТУ 5520-79
	Ст15сп медиста	ТУ У 14-2-1241-2000
3	12ГС	ДСТУ 19281-89
	17ГС, 17ГІС	ТУ, ДСТУ 19281-89
	Ст5пс	ДСТУ 380-94
	07ГСЮФ, 08ГСЮТ, 08ГСЮФ	ТУ У 27. 1.4.-516-2002
	08ГЮТ, 08ГЮФ, 08ЮТ	ТУ 14-226-135-93
	09Г2Т	ТУ У 27.3-00190319-1313-2004
4	60С2А, 45, 55	ДСТУ 1050-93
	65Г, 60С2, 60Г, 70Г	ДСТУ 14959-79
	70Х*	ТУ 14-143-250-77
* Тільки для ремонтних цілей.		

При дуже повільному охолодженні, наприклад у серединних шарах великих виливків, створюються умови для виникнення зародків кристалів у середній частині зливка. Це призводить до утворення у внутрішній частині

виливки третьої структурної зони, що складається з рівно вісних, по різному орієнтованих дендритних кристалітів. Розміри цих кристалітів залежать від ступені перегріву рідкого металу, швидкості охолодження, наявності домішок та ін.

Зона стовпчастих кристалів володіє високою щільністю, так як вона має мало газових бульбашок, раковин. Проте в ділянках стику стовпчастих кристалітів метал має знижену міцність і при подальшій прокатці в цих ділянках можуть виникнути тріщини. Тому для сталі розвиток стовпчастих кристалітів небажано.

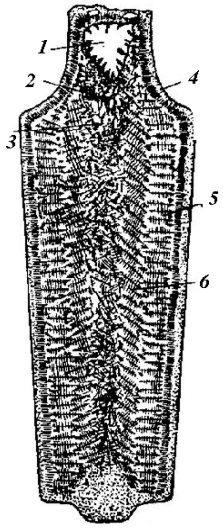
Рідкий метал має більший питомий об'єм, ніж твердий, тому в тій частині зливка, що застигає у останню чергу, утворюється порожнеча - усадочна раковина. Усадочна раковина зазвичай оточена найбільш забрудненою частиною металу, в якому після затвердіння утворюються мікро- і макропори і бульбашки.

До фізичної неоднорідності відносять усадкову раковину, газові міхури і неметалеві включення.

Після прокатки зливку відрізають кінець штаби, відповідний протяжності усадочної раковини. Отже, чим більше усадочна раковина і рихлість, тим більше металу обрізають і тим менше вихід придатного. Величина обрізу залежить від багатьох причин: хімічного складу сталі, форми і відповідності висоти зливку до сторони середнього поперечного перерізу, способу і швидкості розливання сталі, призначення слябів і т. д. При прокатці зливків якісної вуглецевої і легованої сталі обріз досягає 20% і більше маси зливка. Усадкову раковину у зливку зменшують застосуванням прибуткової надставки. Прибуткову частину зливку відрізають після прокатки.

Для зменшення обсягу прибутку збільшують тривалість охолодження сталі в прибутковій надставці футеровкою вогнетривким матеріалом, а останнім часом і підігрівом прибуткової частини.

Усадочна раковина є характерною особливістю зливку спокійної сталі. Крім спокійної сталі, у великій кількості виплавляють киплячу сталь, розкислення якої в печі і ковші відбувається неповністю. Характерною особливістю цієї сталі є газові пузирі, які утворюються в зливку в результаті виділення газів з рідкої сталі при її затвердінні. Так як не всі гази встигають спливти на поверхню, то вони, залишаючись у зливку, утворюють пустоти (раковини).



1 - усадочна раковина; 2 - усадочні порожнечі; 3 - усадочна рихлість;
4 - тонкий шар дрібних кристалів; 5 - зона стовпчастих кристалів;
6 - зона рівновісних кристалів.

Рисунок 1.2 – Схема будови сталевого зливка [10]

При прокатці цих зливків газові бульбашки можуть заварюватися. Проте легко заварюються бульбашки, які розташовані в глибині зливка і мають не окислену поверхню. Якщо бульбашки розташовані поблизу поверхні зливка («підкіркові» або «стільникові»), то при нагріванні чи прокатці вони оголюються і можуть бути причиною браку. На готовому прокаті утворюються волосини, дуже схожі на тріщини, іноді досить глибокі. При прокатці листової сталі окислені підкоркові бульбашки приводять до браку у вигляді «поїденої» поверхні листа. Ці види браку, що залежать від якості зливка, повинні бути віднесені до браку з вини сталеплавильного цеху.

Перевагою зливків киплячої сталі є відсутність усадочної раковини і, отже, зменшення величини обрізу. Обрізки зливків киплячої сталі звичайної якості досягає 3 - 5%. Недоліком цих зливків є наявність підкіркових бульбашок і різко вираженої сегрегації. Тому киплячу виробляють лише низько вуглецеву сталь, яка допускає нагрів зливків до більш високої температури та гарантує заварку бульбашок. При вмісті вуглецю більше 0,3% газові бульбашки неприпустимі, тому таку сталь відливають спокійною.

Неметалічні включення (шлакові включення, частинки вогнетривких мас, що відірвалися від футеровки ковша та ін.) погіршують якість сталі, значно знижуючи її механічні властивості. У багатьох випадках вони служать початком утворення тріщин (особливо при роботі деталей з повторними напругами змінного знака) [11]. Неметалічні включення залишаються в сталі після прокатки, тому необхідно отримувати зливки відносно чистими від цих включень. Особливо великі вимоги повинні бути пред'явлені до чистоти зливків якісної і високоякісної сталі.

До хімічної неоднорідності зливка відносять зональну об'ємну і дендритну ліквацію. Утворення ліквації пов'язано з вибірковою кристалізацією зливка. При затвердінні вуглецевої сталі спостерігається явище дендритної кристалізації, що обумовлює деяку хімічну неоднорідність у кристалах. Внаслідок того, що затвердіння сталі починається у стінок виливниці і поширюється в центральну частину зливка (збагачений вуглецем матковий розчин також переміщається в центральну частину), спостерігається явище об'ємної ліквації. Ці види ліквації відносять до дефектів сталевого зливка.

1.3 Нагрівання зливків

Нагрівання вихідних матеріалів зливків і заготівель перед прокаткою повинно забезпечити високу пластичність сталі і найменший опір деформації. Тому чим вище температура нагрівання, тим краще, тому що при

цьому зменшується витрата енергії при прокатці, збільшується обтиск і зменшується число випадків поломки валків та інших деталей стану. Поряд з цим нагрів повинен забезпечити підвищення ефективності механічних властивостей, зменшення чутливості сталі до флокенів та ін.

Однак, висока температура і неправильний режим нагріву можуть викликати значне утворення окалини, зневуглецювання, розтин підкіркових бульбашок, перегрів і перепал, що погіршують якість металу або призводять його до браку. При нагріванні матеріалів в існуючих нагрівальних пристроях завжди відбувається окислення металу з утворенням окалини. Утворення окалини при нагріванні є джерелом втрат придатного металу. Чад металу при нормальній роботі нагрівальних пристроїв складає 1 - 2% маси металу, а при незадовільній роботі - до 4 - 5%. Якщо врахувати, що при прокатці зливку в готовий прокат метал нагрівають кілька разів, то можна прийняти чад у середньому 3 - 4% маси металу. Крім того, окалина при прокатці втискується в метал, що погіршує якість поверхні.

На появу окалини впливають температура, тривалість перебування металу при високих температурах, швидкість нагріву і пічна атмосфера. Утворення окалини протікає більш енергійно при температурах вище 900 - 1000 °С. Окислення металу в печі тим більше, чим більше метал знаходиться в печі при високих температурах. Чад тим менше, чим більше швидкість нагріву. Для зменшення чаду процес горіння газів повинен протікати при найменшому надлишку повітря та з найбільшою повнотою.

На окислення металу має також вплив відношення поверхні нагрівання металу до його об'єму: чим більше це відношення, тим більше окислення металу [12]. Це особливо слід враховувати при нагріванні зливків, які мають велику поверхню. Зливки для прокатки слябів нагрівають в нагрівальних колодязях. У відділенні нагрівальних колодязях є один загальний газовий колектор і 3 повітряних: у перший колектор нагнітають повітря вентилятори груп 1 - 6, у другий - вентилятори 7 - 11, у третій - 12 -14.

Колодязі опалюються доменно-коксовою сумішшю з додаванням природного газу до калорійності 880 - 950 ккал/м^3. Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого у трубопроводі доменного газу. Бригадир на ділянці основного виробництва підтримує необхідну калорійність шляхом зміни витрати коксового та природного газів на вузлі збагачення за завданням старшого нагрівальника.

Камера являє собою самостійну нагрівальну піч, що має регенератори для підігріву газу і повітря. Для прибирання продуктів згоряння кожна група має свою димову трубу, на групах 1 - 11 висота труби - 50 м, на 12, 13 і 14 групах - 80 м.

Істотним недоліком колодязів є неоднакове розташування зливків щодо потоку тепла, а отже неоднакове їх нагрівання. Зливки, розташовані з боку регенераторів, нагріваються швидше, ніж зливки в середній частині камери. Механічне обладнання колодязів дуже громіздке що ускладнює їх автоматизацію.

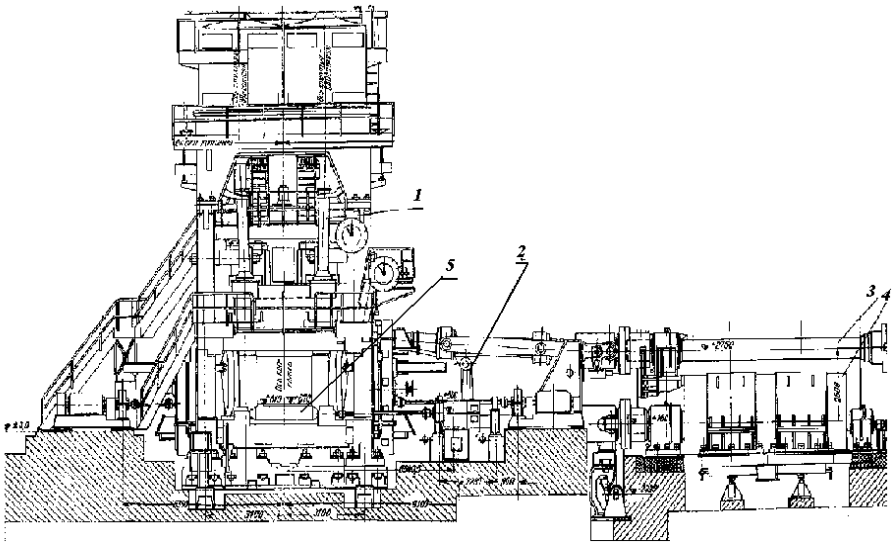
Характерним для сучасних прокатних цехів є гарячий всад зливків у нагрівальні колодязі. До гарячої садки зазвичай відносять зливки, з температурою 400 - 1000°С, а до холодного - нижче 400°С. Гаряча садка зливків забезпечує значну економію палива і збільшує продуктивність нагрівальних колодязів. За даними практики, при підвищенні температури зливків при посадці на 50˚, продуктивність нагрівальних колодязів збільшується приблизно на 7%. З пониженням температури зливків при посадці збільшується тривалість нагрівання і витрата палива. Так, при нагріванні холодних зливків тривалість нагрівання майже у два рази більше, а витрата палива приблизно в три рази більше, ніж при нагріванні зливків з температурою поверхні приблизно 800 °С.

У обтискному цеху використовується стан слябінг 1150. Горизонтальні валки мають циліндричні бочки діаметром 1150 мм і довжиною 2000 мм. Горизонтальні валки слябінга обертаються від індивідуальних двоякірних електродвигунів постійного струму, кожен потужністю 7200 кВт,

через шпиндель без шестеренної кліті. Розчин валків 80 - 900 мм, швидкість підйому валків 150 мм /с, обороти валків в межах 53 - 80 об/хв.

Вертикальні валки мають діаметр 700 мм і довжину бочки 1150 мм. Максимальна швидкість переміщення двох валків дорівнює 64,8 мм /с, розчин вертикальних валків 720-1800 мм. Вертикальні валки обертаються від двох вертикальних електродвигунів постійного струму, потужністю кожен 1250 кВт і числом оборотів 66 – 78 у хвилину, через довгі вертикальні (похилі) універсальні шпинделі.

Станини робочої кліті - найвідповідальніші деталі прокатного стана. У них монтують подушки валків стану, а також інші пристрої і механізми, що забезпечують задану точність прокатки і продуктивність стану [13]. Весь тиск металу на валки, що виникає при прокатці, сприймається станинами. Тому при конструюванні і виготовленні станин особлива увага приділяється їх міцності і жорсткості.



1 –універсальні шпинделі приводу вертикальних валків; 2 –універсальні шпинделі приводу горизонтальних валків; 3 – проміжний вал, 4 – головні електродвигуни; 5 – горизонтальні валки

Рисунок 1.4 - Головна лінія слябінга 1150

По конструкції станини ділять на дві групи: закритого і відкритого типу. Станина закритого типу являє собою литу масивну жорстку раму, в середині її зроблено вікно для установки в ньому подушок валків, внизу станина має припливи (лапи). У припливах передбачені отвори для болтів, якими станини кріплять до плитовин. Станини цього типу, як більш міцні і жорсткі, застосовують в робочих клітях слябінгів. Розміри станин визначаються можливістю розміщення у вікні станини подушок валків і кінця натискного гвинта, а також необхідної міцності і жорсткості.

Для більшої надійності в роботі, як правило, станини виготовляють із сталевого вуглецевого листа. Станина - найвідповідальніша частина прокатного стану, тому її слід виконувати з великим запасом міцності. При поломці валків матеріал станин не повинен давати залишкових напружень.

1.4 Механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика

1.4.1 Мостові кліщові колодязні крани

Зняття гарячих зливків із залізничних платформ, поданих зі стриперного відділення, посадка їх у нагрівальні колодязі, вилучення з колодязів і посадка у зливковіз – усі ці операції виконують спеціальні мостові кліщові крани [13, 14].

У цехах слябінгів залежно від ваги зливків, що прокатуються, застосовують кліщові крани вантажопідйомністю кліщового захвата й допоміжного гака 200/300, 300/400, 300/500 кн (20/30, 30/40, 30/50 тс). У прольоті нагрівальних колодязів (як і в інших цехах) за нульову (±0,0) висотну оцінку ухвалюють висоту головки рейок залізничної колії. Тому що майданчик нагрівальних колодязів розташований на висоті близько +3000 мм, то для обслуговування їх необхідно, щоб кліщовий кран був розміщений на великій висоті [оцінка підкранової рейки близько +(15-16) м]. Прогін крана (по осях підкранових рейок) становить 30 - 32 м. Зварний міст крана

являє собою жорстку рамну конструкцію з кінцевими балками коробчастого перетину.

1.4.2 Прогін нагрівальних колодязів

Довжина прогону – 236,5 м. Ширина – 29 м. У прольоті прокладено три залізничні колії. Перша і друга залізничні колії з боку нагрівальних колодязів служать для подачі гарячих і холодних плавок зі складів зливків, подачі й збирання цегли при ремонтах колодязів і збиранню зварювального шлаку. Третій шлях – зливковізний, обладнаний у тупіку прогону ямою для ремонту зливковоза.

Для обслуговування колодязів по посадці, видачі зливків та по ремонтах установлено 5 електромостових кліщових крана Q = 20/15 т. У прольоті встановлено 14 груп колодязів із загальною довжиною майданчика 190 м. Тип нагрівальних колодязів – багатомісні газові, регенеративні з підігрівом газу й повітря. Практично місткість колодязів 160 – 170 зливків ≈ 2200 т.

Кожне гніздо має 4 регенератора, з яких 2 повітряних і 2 газових. Розташовані регенератори з лівої і правої сторони гнізда. Верхня частина насадок – динасова, а нижня частина – шамотна. Температура підігріву газу в регенераторі до 1000-1100 ^{0}C, а повітря до 800-900 ^{0}C.

Кожне гніздо має індивідуальні газопровід і повітропровід діаметром 400 мм, і для інтенсифікації процесу нагрівання від загального цехового колектора до кожного гнізда підводить трубою Ø 57×3,5 природний газ із постійною витратою 85,7 нм/годину. Перекидні пристрої на кожному гнізді індивідуальні: на газовому тракті гнізда встановлений клапан золотникового типу з водяним затвором, на повітряному – клапан метеликового типу [15]. Повітря поступає в регенератор та проходить через перекидний клапан від відцентрового вентилятора. Газ, що поступає в регенератор проходить через перекидний клапан від загального цехового газопроводу Ø1500 мм, через колектор. Пропорціональність газу й повітря здійснюється струминним

регулятором співвідношення, що впливає на дроселі в повітропроводі за допомогою кривошипного сервомотора. Регулювання витрати газу проводиться автоматично по температурі в гнізді. Витрата повітря регулюється автоматично по витраті газу.

Постійний тиск в камері досягається автоматичною зміною положення шибера.

Тривалість нагрівання зливків холодного всада 6 - 10 годин, а гарячого 1,5 - 4,0 години і залежить від часу кінця розливання до посадки.

Продуктивність однієї групи колодязів 55 – 60 т/година.

1.4.3 Зливковіз

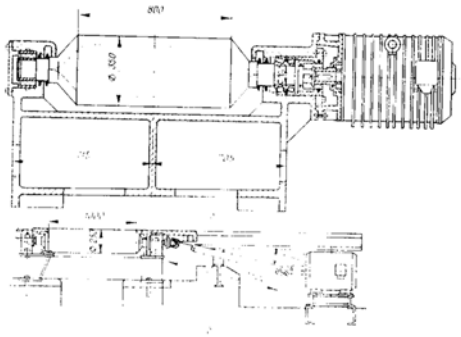
Для подачі нагрітих зливків на прийомний рольганг стану в горизонтальному положенні служить двовісний візок-перекидач. Живлення двигуна пересування здійснюється від тролів. Перекидання колиски зі зливком проводиться напівавтоматично. Швидкість пересування зливковоза до 6 м/с. У випадку подачі зливків від першої й другої груп колодязів, зливки встановлюються безпосередньо краном у стаціонарний перекидач, який укладає зливок на рольганг. При підході до рольганга швидкість зливковоза автоматично знижується; до моменту зіткнення з упором включається кінцевий вимикач і зливковіз зупиняється. У цей же період автоматично включається двигун повороту колиски. Зливок плавно укладається на ролики й потім прийомним рольгангом транспортується до стану [16].

1.4.4 Становий прогін

Становий прогін довжиною – 78 м, шириною – 27 м із кроком колон – 12 м обладнано двома електромостовими кранами q = 30/5 т і Q = 75/15 т, які призначені для проведення ремонтних робіт, перевалок робіт, перевалок валків, збирання скрапу і інших робіт.

1.4.5 Рольганги

Усі рольганги встановлені по одній осі – осі прокатки, утворюючи безперервну лінію транспортування металу, що прокатуються. Кожний рольганг складається зі станини, роликів, трансмісії й привода. Усі рольганги мають напрямні лінійки. Ролики рольгангів ковані й литі пустотілі. Установлюються ролики поперек станини між рамами рольгангів, розташовуючись роликопідшипниками, насадженими на обидві шийки ролика, у гніздах рам. На одну шийку із приводної сторони насаджена конічна шестірня, що входить у зачеплення з відповідною конічною шестірнею на приводному трансмісійному валу. Вал із закріпленими конічними шестірнями встановлюють у масляній ванні із приводної сторони рольгангів, і закривається кришкою [13,14]. Привод складається з мотора й редуктора. У всіх рольгангів верхня площина роликів перебуває вище рівня підлоги цеху на 800 мм. Привод роликів робочих рольгангів перед станом і за станом проводиться від індивідуальних електродвигунів потужністю N = 80 кВт, n = 470 об/хв. типу МП-82 (рис. 1.5, б).



а- від фланцевого електродвигуна через зубчасту муфту;

б- від електродвигуна через карданний вал

Рисунок 1.5 - Ролики рольгангів з індивідуальним приводом

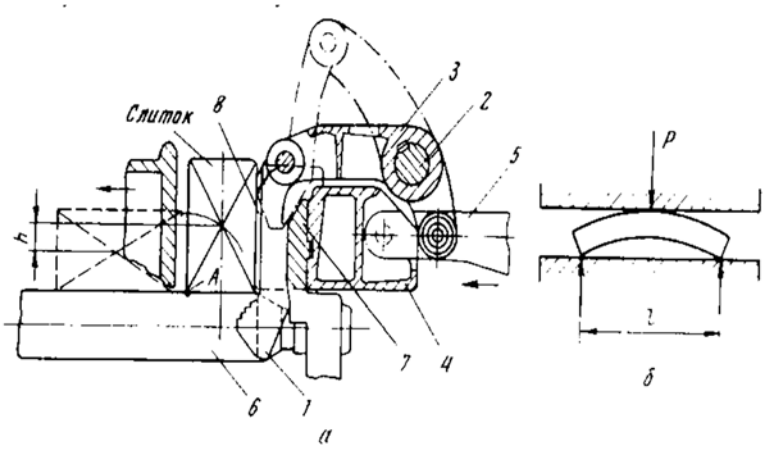
1.4.6 Маніпулятор

Маніпулятор призначений для точної установки зливка по осі прокатки й вирівнювання розкату. Є два маніпулятори стосовно осі стану – перед

станом і за станом. Пересування лінійок перед станом і за станом здійснюється двома електродвигунами N = 150л.с., n = 460 об/хв. через циліндричні редуктори й річкові зачеплення. Максимальний розчин лінійок 1800 мм. Швидкість руху лінійок – 0,511 м/с. Довжина лінійок 8 м. Висота лінійок перед станом – 1225 мм, за – 1225 мм.

1.4.7 Кантувач

Кантувач служить для повертання зливка на 90˚ або у два приймання на 180˚; при цьому відбувається збивання окалини. Кантувач розташований між станинами маніпулятора перед станом [17]. На верхній частині корпуса правої лінійки встановлений вал для надавання руху кантувальних гаків. Відстань між гаками 1500 мм. Висота підйому гаків 900 мм. Швидкість підйому гаків 0,55 м/с. Кут повороту важелів кантувальних гаків 48012. Пересування кантувача проводиться через редуктор двома електродвигунами типу КПО1250/418 N = 135 кВт, n = 450 об/хв. На рисунку 1.6 показаний пристрій маніпулятора і кантувача**.**



1- гаки, що кантують; 2 - вал; 3 - важелі; 4 - лінійка маніпулятора; 5 - штанга; 6 - ролик робочого рольганга; 7 – утримувач; 8 – опорна плита

Рисунок 1.6 - Схема крюкового кантувача (*а*) і схема виправлення слябів лінійками маніпулятора (*б)*

1.4.8 Ножиці

Ножиці закритого типу з верхнім різом і кривошипно-шатунним механізмом працюють від електропривода, до складу якого входять три редуктори й чотири електродвигуни. Потужність ножиців 2000т. Ножиці призначені для обрізання кінців і нарізання штаби перетином у межах від 65 – 200 мм по товщині й 650 – 1520 мм по ширині за умови, що поперечний переріз штаби не перевищує 30000 мм^2 для сталей з межею міцності не більш 50 кг/мм^2 при 800^{0}С. Довжина сляба залежить від фабрикації зливка в межах 1400 - 4800 мм. Кількість ножів – 2, сталь марки 5ХВ2С. Відстань між ножами 320 мм. Хід верхнього ножа – 340 мм найбільше число різов 4,9 - 8,6 у хв. Ширина транспортера для збирання обрізків 600 мм, обмежує довжину обрізі й вага.

Таврування слябу на бічній грані проводиться за допомогою клеймовочної машини, що представляє собою пневмоциліндр зі штоком, на якому кріпляться обойми із клеймами.

1.4.9 Конвеєр для збирання обрізі

Служить для подальшої передачі обрізі від транспортера на хитному столі ножиців до коробки охолодження обрізі в скрапному прольоті. Робоча швидкість стрічки конвеєра – 0,49 м/с. Ширина стрічки 1000 мм. Привід ланцюга здійснюється від електродвигуна N = 40 кВт, n = 750 об/хв.

Після порізки обрізь рухається по стрічковому транспортеру на хитному рольгангу, потім переходить на конвеєр, дійшовши до кінцевих зірочок, переходить на розподільну плиту скидального пристрою. На плиті встановлена напрямна, що повертається, за допомогою якої обрізі направляються в ту або іншу коробку. З коробок обрізь висипається на дорожні платформи або в засіки для обрізі в скрапному прольоті.

1.4.10 Прогін складу слябів

Довжина прогону – 204 м. Ширина двох прольотів складу 80 м. Склад слябів фактично вміщає 26000 – 28000 т слябів і обладнано шістьма електромостовими кранами (у кожному прольоті по 3 крана) вантажопідйомністю 20/5 т.

Вирізані на ножицях сляби можуть надходити в печі ТЛЦ по похилому транспортеру й грубному рольгангу або складається на стелажах складу слябів. Гарячі сляби, що йдуть на склад слябів, затримуються упорами, розташованими в лінії рольганга, що відводить, біля складальних столів і зіштовхувачами зрушуються на складальний стіл.

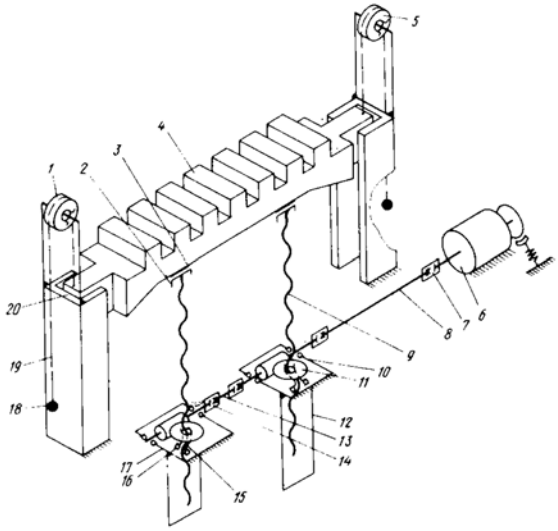
Для зрушування слябів з рольганга, що відводить, є два зіштовхувача, обладнаних 8 пальцями кожний. Кожний робочий хід зіштовхувача 4400 мм забезпечує зіштовхування слябів на складальний стіл, а потім на стелажі. Швидкість зіштовхування 0,362 м/с.

Максимальне зусилля, що штовхає, – 20 т. Привод кожного зіштовхувача здійснюється від моторів типу МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і зубчасті рейки.

1.4.11 Столи для штабелювання

Столи для штабелювання розташовані біля зіштовхувачів і служать для укладання слябів у столи й збирання стоп електрокранами. Максимальний хід стопа 1200 мм. Швидкість підйому стопа - 0,023 м/с. Піднімальна сила стопа – 25 т. Укладання слябів у два ряди може проводитися тільки при слябах шириною до 800 мм і довжиною до 2250 мм. Привод кожного столу здійснюється від мотора МП-72 потужністю 75 кВт через черв'ячний редуктор і два піднімальні гвинти діаметром 250 мм (рис. 1.7).

Зібрані в стопи сляби складують на стелажі. Сляби легованих марок сталей, потребуючих за технологією вповільненого охолодженням або відпалом – відправляються до термічних печей з висувним подом; сталі нержавіючих марок – складуються для наступної передачі в прогін стругальних верстатів цеху. Цех має 28 поздовжньо-стругальних верстатів для обдирання нержавіючих слябів, що підлягають перекату на гарячекатаний лист на безперервному тонколистовому стані. Продуктивність стругального відділення 200 - 250 т/доба.



1,5 – блоки; 2,3 - кульові опори; 4 – стіл; 6 – електродвигун; 7,14 - зубчасті муфти; 8,13 – вали; 9 – гвинт; 10,17 - черв'ячні редуктора; 11- черв'ячне колесо; 12 - корпус редуктора; 15 – гайка; 16 - упорні підшипники; 18 - контр вантажі; 19 – ланцюг; 20 - напрямна стійка

Рисунок 1.7 – Схема стола, що штабелює

1.5 «Вузькі місця» виробничого процесу

Подальше зростання виробництва слябінга в даний час обмежується:

1. недостатньою продуктивністю засобів для подачі зливків від нагрівальних колодязів до стану. Швидкість руху зливковозу уздовж фронту

всіх нагрівальних колодязів мала - 5,6 м/с, не забезпечує максимальну годинну продуктивність стану. Зливковіз через ряд конструктивних недоліків не забезпечує нормальну роботу і викликає часті простої стану;

2. конструкція натискного механізму не дозволяє забезпечити прокатку зливків «на ребро» для збільшення обсягу виробництва і забезпечення ТЛС 95% гарячого всаду;

3. двигуни головного привода стану не дозволяють інтенсифікувати режим обтисків у горизонтальній кліті стану;

4. кантувач має ряд конструктивних недоліків і не забезпечує нормальну роботу;

5. високим ступенем зношеності й недостатньої потужності ножиців для різання розкату високоміцних сталей;

6. низькою продуктивністю засобів для подачі обрізі від ножиців у скрапний прогін;

7. відсутні ефективні засоби для заощадження тепла металу, що прокатується.

1.6 Заходи щодо усунення вузьких місць

Для зменшення енерговитрат при прокатці існують такі методи:

Гарячий посад слябів вважається однією з найпоширеніших енергозберігаючих технологій, які використовуються при виробництві листового прокату. Підвищення температури слябів при посаді в печі на кожні 100°С дозволяє зменшити витрату енергії приблизно на 80 – 120 МДж/т, в перерахунку на умовне паливо 3 – 4 кг/т.

Вживання тепловідбивних (ТОЕ) і теплоаккумулюючих (ТАЕ) екранів дозволяє понизити значення «Температурного клину», що приводить до вирівнювання структури по перетину сляба, рівномірності механічних властивостей, зниженню подовжньої різнотовщинності, і крім того, до збільшення температури прокатки (особливо в останніх проходах), дозволяє

понизити зусилля прокатки, а значить і витрати електроенергії. В даний час вживання тепловідбивних екранів набуло поширення при гарячій прокатці чорних металів і сплавів. Доцільним представляється використовувати на стані гарячої прокатки тепловідбивні екрани, оскільки вони мають більшу швидкодію в порівнянні з теплоаккумулюючими екранами, для початку ефективної роботи яких потрібен певний час, необхідне для акумуляції тепла. Вживання тепловідбивних екранів дозволяє підвищити температуру кінця прокатки на 51 – 78°С і понизити «температурний клин» по довжині гарячекатаної штаби на 15 – 28°С.

Розглянемо детальніше один з вищевикладених методів зменшення енерговитрат – використовування тепловідбивних екранів (рис. 1.8) з метою економії енергоресурсів, зокрема електроенергії.

Над рольгангом 1, по якому рухається гарячий метал 2 встановлюється екран, який виконаний з панелей 5, кожна з яких складається з набору горизонтальних тонкостінних труб 9, що фіксуються в панелях стрижням 10. Труби заповнені тепло ізолятором.

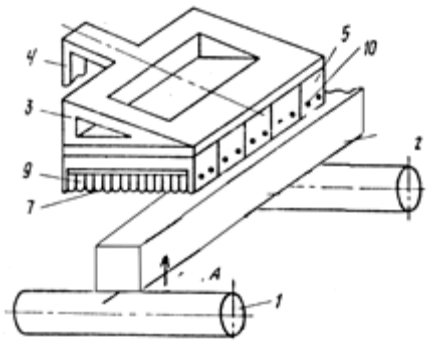


Рисунок 1.8 – Конструкція теплоізоляційного екрану

Така конструкція разом з низькою тепловою інерційністю має здібність до значного термічного розширення без збільшення габаритів. Пластини закріплені на несучій конструкції 3, яка кріпиться утримувачем 4.

1.7 Розрахунок річного виробництва прокатного стана

Річне виробництво прокату на слябінгу визначають за відомою формулою:

$$A_Г = A \cdot T_ф, \tag{1.1}$$

де А – године виробництво, т / год;

$T_ф$ - фактичний час роботи в годинах.

Годинна технічно можлива продуктивність стану дорівнює (в зливках)

$$A = 3600 \cdot G/T,$$

де G - маса прокатуваного зливку , *T*

Так як протягом року прокатують зливки різного перетину і маси, то розраховують годину виробничість для всього сортаменту і визначають середньозважену (т/год) [1]:

$$A_{СР} = \frac{100}{\frac{a_1}{A_1} + \frac{a_2}{A_2} + \cdots + \frac{a_n}{A_n}}, \tag{1.2}$$

де a_1, a_2, - a_n – витома вага ріноманітних профілей (зливків), заготівок, що прокатують за рік, %.

Фактичний річний час работи стана дорівнює:

$$T_ф = (24 - 1{,}5) n_и (к_г - к_{пр} - к_{кр}), \tag{1.3}$$

де n_i – коефіцієнт використання устаткування стану (n_i = 0,92 - 0,94);

$К_г$ – кількість календарних днів у році;

$К_{пр}$ і $К_{кр}$ – кількість днів, відведених на планово-попереджувальні ремонти та відповідно на капітальний ремонт (враховуються простої).

24 і 1,5 - число годин у добі і на змінний профілактичний ремонт стану.

Коефіцієнт використання стану n_i відображає час роботи стану без обліку простоїв величиною менше ~ 5 хв.

Так як $к_г = 365$ і якщо $к_{пр} = 12$, $к_{кр} = 7$, то

$$T_ф = 22,5 \cdot 0,91(365 - 12 - 7) = 7100 \text{ год.}$$

При відсутності капітального ремонту фактичний час збільшується до $T_ф = 7230$ в рік.

Розрахунок виконуємо за умови, що на стані прокатується за статистичними і хронометричні даними (при прокатці по одному злитку):

зливків I типу - 48%,

зливків II типу - 42%,

зливків IV типу - 7%,

зливків XV типу - 3%.

Темп прокатки визначаємо за формулами:

$$\Sigma t_м = \frac{\sum Li}{Vcp}, \quad \Sigma t_п = (n - 1) * t_{п.ср} + t_{п.сл.}, \qquad (1.4)$$

де $\Sigma t_м$ – машиний час прокатки,

$\Sigma t_п$ - сумарне значення пауз,

ΣLi – сума довжин раскатів після всіх проходів,

$V_{ср}$ – середня швидкість прокатки,

n – кількість проходів,

$t_{п.ср}$ – середня тривалість пауз між проходами,

$t_{п.сл.}$ - тривалість паузи між зливками.

Для зливків I типу:

$$\Sigma t_m = \frac{\sum Li}{Vcp} = 119{,}90\text{м} / 2{,}39\text{м/с} = 50{,}2\ \text{с}$$

$$\Sigma t_p = (n-1)\cdot t_{п.ср} + t_{п.сл} = (13-1)\cdot 2{,}6+5 = 36{,}2\ \text{с}$$

$$T_{пр} = 50{,}2 + 36{,}2 = 86{,}4\ \text{с}$$

$$A1 = 3600\cdot 13.4/86.4 = 558{,}3\ \text{т}$$

Відповідно для II типу – 90,6 с, $A2 = 3600\cdot 16.0/90.6 = 635{,}8\,\text{т}$

для 1V типу – 96,2 с, $A3 = 3600\cdot 17.7/\ 96.2 = 662{,}4\,\text{т}$

для XV типу – 84,4 с $A4 = 3600\cdot 11.9/84.4 = 507{,}6\,\text{т}$

$$A_{CP} = \frac{100}{\frac{a_1}{A_1}+\frac{a_2}{A_2}+\cdots+\frac{a_n}{A_n}} = \frac{100}{\frac{48}{558{,}3}+\frac{42}{635{,}8}+\frac{7}{662{,}4}+\frac{3}{507{,}6}} = 593{,}4\ \text{т.}$$

$$A_Г = A\cdot T_ф = 593{,}4\cdot 7100 = 4{,}21\cdot 10^6\ \text{т.}$$

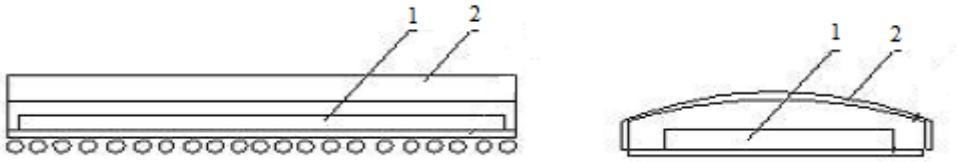
При застосуванні спареної прокатки виробництво збільшується.

Висновок: У загальній частині проекту розглянуті способи виготовлення слябів, прокатка зливків, нагрівання зливків, механічне устаткування обтискного цеху і його характеристика, «Вузькі місця» виробничого процесу. Запропоновані заходи щодо усунення вузьких місць. Проведені розрахунки параметрів прокатки на стані слябінг 1150, енергосилових параметрів прокатки у горизонтальних та вертикальних валках. Розглянута якість продукції та запобігання утворення дефектів. Проведено розрахунок річного виробництва прокатного стана та наведені графіки залежностей.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Використання теплоізолюючих екранів

Відмічене зниження температури зливка негативно впливая на основні параметри обтиснення на слябінгу 1150, тому для поліпшення цих параметрів пропонується встановлення теплоізолюючих екранів (рис. 2.1).



1 – розкат

2 – свод теплоізолюючого екрану

Рисунок 2.1 – Загальний вид теплоізолюючого екрана над рольгангом

Основу пасивного теплоекранування складає зниження охолоджування верхньої поверхні зливку шляхом зменшення його теплообміну з довкіллям. Це запропоновано здійснювати або зниженням міри чорноти системи екрану - підкат (ТЗУ з касетами тепловідражаючих екранів, ТВЕ), або підвищенням температури екранів за рахунок акумуляції тепла касетами при проходженні перших підкатів (ТЗУ з касетами теплоакумулюючих екранів, ТАЕ). У ТЗУ з касетами ТАЕ із зменшенням товщини екранів помітно підвищується ефективність екранування при початковій стадії прокатка, проте зниження товщини екранів істотно зменшує тривалість їх роботи.

Основу ТЗУ активного теплоекранування (АТЕ) складає проходження розкату в процесі його руху через тунель, в якій до верхньої поверхні розкату підводиться тепло.

Основу ТЗУ з касетами псевдоактивних екранів (ПАТАЕ) складає проходження зливка під теплоакумулюючими екранами (ТАЕ), робочу поверхню яких активно нагрівають до температури, яка дорівнює температурі верхньої поверхні зливка.

Способи зниження охолоджування розкату з його верхньої поверхні.

Всі відомі ТЗУ для зниження втрат тепла верхньою поверхнею розкату забезпечені набором секцій, встановлених уздовж рольганга приводом переміщення секцій (від гідроциліндрів) до/від рольганга.

Довжину секцій частіше приймають кратною кроку роликів рольганга, при цьому із збільшенням довжини секцій зменшується величина їх «підскакування» при ударах по ним переднього кінця рухомого по рольгангу розкату, яке небезпечне для торця секції, наступної по ходу вказаного руху розкату. Проте із збільшенням довжини секції з'являються складнощі з оперативним їх відведенням від рольганга. Крім того, із зростанням довжини секцій з'являється необхідність призначення в конструкції підвищених зазорів для компенсації теплових подовжень.

На секції з можливістю оперативної заміни кріплять касети з екранами, що забезпечують реалізацію відмічених способів теплоекранування верхньої поверхні розкату. Висоту розташування робочої поверхні екранів (звернену до розкату) відносно розкату по рекомендації фірми Encomech в основному приймають рівною 250 мм [11].

У 2000 р. була створена секція ТЗУ з 4-мя касетами ТАЕ, поперечний розріз і фотографія якої приведений на рисунку 2.2 (пат. РФ 2 122 475. МКИ B21B 35/00). Тепловідбивачі 1 були виготовлені з 2 мм листа маловуглецевої сталі, покритого А1. По центру секції йшов підпружинений відбійник покритий А1. Бічні стінки 3 секції також були захищені А1. Товщина покриття А1 складала порядка 0,25 мм, первинна міра його чорноти знаходилася на рівні 0,2. Відстань між рівнем роликів 4 і відбійником 2 складала 250 мм. Передбачена можливість охолоджування тепловідображень 1 сухим повітрям 5. Цим повітрям виключалося також осадження пилу на верхню і нижню поверхні відбивачів 1.

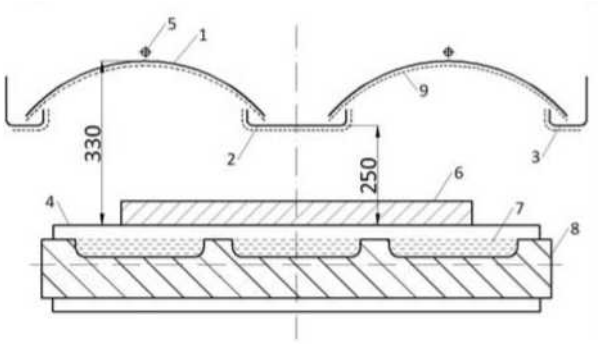


Рисунок 2.2 – Поперечний розріз секції ТЗУ з тепловідображаючий екранами на рольганзі слябінга 1150

Протягом 4-х місяців здійснювали вимір параметрів роботи секції. Встановлено, що при безперервному циклі роботи стану має місце розігрівання відбивачів 1 до 400 °С; подача повітря 5 знижує цей рівень до 180 °С. При цьому відбійник 2 нагрівався до 350 °С без подачі повітря і до 300 °С при подачі повітря. Бічні стінки 3 при подачі повітря і без нього нагрівалися до 250 °С.

По ефективності збереження тепла ТЗУ з касетами ТВЕ практично не поступаються ТЗУ з касетами ТАЕ, в той же час вимагають істотно менших капітальних витрат. Проте в експлуатації ТЗУ з касетами ТВЕ вимагають додаткових експлуатаційних витрат на заміну тепловідображаючих приблизно через 6 місяців їх роботи і відновлення міри чорноти поверхонь відпрацьованих екранів, яке здійснюють дробеструменевою обробкою.

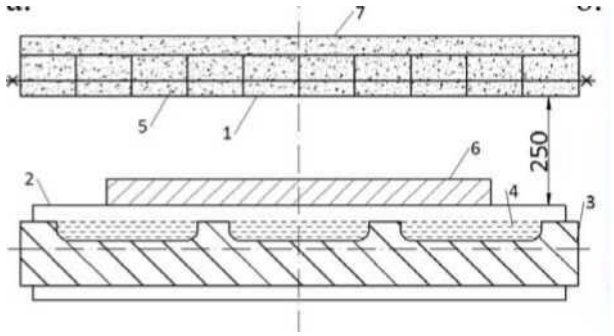
Безінерційнність роботи ТЗУ з касетами ТВЕ і можливість їх установки на конструкціях ТЗУ, що несуть, з касетами ТАЕ дозволяють рекомендувати використання ТЗУ з касетами ТВЕ на ділянці рольганга із зниженим часом теплового зливка з екранами.

ТЗУ з касетами ТАЕ. Ці ТЗУ отримали широке вживання для зниження охолоджування верхньої поверхні розкату на проміжному рольгангу багатьох БШПСГП.

Найбільшого поширення в чорній металургії набула ТЗУ з касетами ТАЕ, розробленими фірмою Encomech (ЕР патенти від 27.04.78 № 0 048 503.

B21B 37/10 і № 0 049 000. B21B 3/02). Фірмою Encomech ці касети були названі енкопанелями і ця назва міцно увійшло до літератури. У подальшому основну роботу по поширенню вживання цієї ТЗУ виконала фірма Davy McKee, результати діяльності якої по освоєнню цієї ТЗУ приведені в роботах [11]. Слід зазначити високий технічний рівень виконання конструкції приводу переміщення секцій ТЗУ.

Успішно працюють ТЗУ з вітчизняними касетами ТАЕ (РФ, патенти № 1 519 799. B21B 1/26 від 29.02.1988 р. і № 1 671 384. B21B 1/26 від 20.06.1989 р.). Аналіз конструкції цих касет і їх можливостей зберігати тепло підкатів детально викладений в роботах [11]. Рисунок 2.3 (схема поперечного перетину касети) ілюструює ці ТЗУ.



1 - спеціальна труба з жаростійкого сплаву; 2 - верхній рівень ролика рольганга; 3 - міжроликова плита; 4 - повітряна окалина; 5 - мулитокремнеземиста вата (теплоізолятор); 6 - розкат; 7 - войлок мулитокремнеземистої вати.

Рисунок 2.3 – Поперечний розріз ТЗУ на рольганге

У вітчизняних конструкціях касет, по-перше, практично відсутня теплопередача тепла в касетах поперек напряму руху підкату, по-друге, застосовані екрани завтовшки 1,0 мм, по-третє, істотно знижена передача тепла від екранів до інших елементів касети, по-четверте, використаний серійно виготовлений жаростійкий сплав, швидкість окислення якого 0,08 мм в рік при температурі 1200 °С. Перші три положення істотно підвищили інтенсивність розігрівання екранів, останнє дозволило експлуатувати касети

протягом 3...4 років без заміни. До того ж звернена до розкату поверхня касет володіє високою жорсткістю, що дозволяє касетам добре протистояти ударам розкату.

Згідно з отриманими даними (рис. 2.4), після проходження зливку і відсутності екранування зверху температура нагрітого поверхневого шару окалини протягом випробування із зниженням приблизно на 430 ºС (крива 1). Наявність екранів зверху уповільнює охолоджування окалини (крива 2).

Відмічені результати з'явилися основою для широкого вживання повітряної окалини як практично безінерційного способу зменшення охолоджування нижньої поверхні підкату в ТЗУ з касетами ТВЕ, ТАЕ і ПАТАЕ. При цьому на прикладі ТЗУ з касетами ТАЕ встановлено, що з 100% завдяки ТЗУ ефекту зниження охолоджування підкату з верхньою і нижней його поверхонь, вказане екранування повітряною окалиною забезпечує 50…60 %.

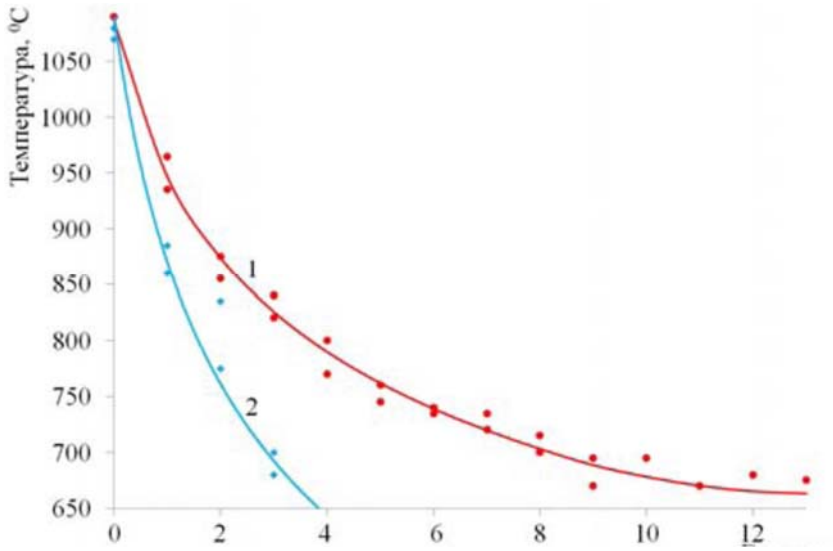


Рисунок 2.4 – Зміна температури поверхневого шару окалини в ємкостях міжроликових плит. 1 - поза екрануванням зверху; 2 - під екранами ТАЕ.

2.2 Розрахунок показників деформації і енергосилових параметрів прокатування в горизонтальних валках після реконструкції

Після розрахунку режиму деформації сляба необхідно виконати розрахунок енергосилових параметрів прокатки і порівняти їх із значеннями сили прокатки та крутного моменту. В першу чергу визначимо середні швидкості, необхідні для розрахунку швидкості деформації металу і дійсної межі текучості. З метою оцінки максимальних значень енергосилових параметрів розрахунок виповнюємо для максимального діаметру валків (D = 1150 мм).

Межу текучості металу визначимо по приведених вище виразах.

Базова межа текучості для сталі 08КП дорівнює $\sigma_{\text{тб}} = 84{,}8\ \text{Н/мм}^2$. Відносне обтискання $\varepsilon_1 = \frac{75}{780} = 0{,}096$, довжина дуги контакту $l_{d1} = 216$ мм, $l_d/h_{\text{ср}} = \frac{207{,}666}{730} = 0{,}29$ окружна швидкість валків $v_1 = 1{,}7$ м/с, температура металу $t_1 = 1250$ °С.

Визначимо коефіцієнт k_t, k_ε, k_u:

$$\sigma_{\text{т}} = \sigma_{\text{тб}} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u$$

$$\sigma_{\text{тб}} = 84{,}8\ \text{Н/мм}^2$$

$$k_t = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1250}{400} - 2\right)^{0{,}7} = 0{,}46$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0{,}43 \cdot [1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}096)^2] = 0{,}988$$

$$u = \frac{1700 \cdot 0{,}096}{216} = 0{,}83\ \text{с}^{-1}$$

$$k_u = 0{,}22 + 0{,}072(7 + \ln 0{,}83) = 0{,}58$$

По формулі отримаємо значення межі текучості:

$$\sigma_{\text{т}} = 84{,}8 \cdot 0{,}46 \cdot 0{,}988 \cdot 0{,}58 = 22{,}4\ \text{Н/мм}^2$$

Середнє нормальне контактне напруження дорівнює:

$$p_{\text{ср}} = 1{,}15 \cdot 22{,}4(1 + 0{,}145 \cdot 0{,}29)[1 + (1{,}1 - 0{,}29)^2] = 44{,}45\ \text{Н/мм}^2$$

Сила прокатки дорівнює:

$$P = 44{,}45 \cdot 216 \cdot 1300 \cdot 10^{-6} = 12{,}48\ \text{МН}$$

Визначимо коефіцієнт положення рівнодійної сил (ψ) та крутний момент прокатки:

$$\psi = 0{,}79 - 0{,}887 \cdot 0{,}29 + 0{,}444(0{,}29)^2 = 0{,}574$$

$$M = 0{,}574 \cdot 0{,}216 \cdot 13{,}5 = 1{,}79 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий крутний момент, без урахування додаткових складових моменту трішки перевищує номінальний ($M_{ном}$=1,28 МН·м), але враховуючи, що дія цього моменту короткочасна, залишаємо набуте значення моменту на шийці валка. Потужності двигуна для одного валка визначаємо по виразу:

$$N_{\text{дв}} = \frac{960 \cdot M \cdot v}{R \cdot \eta}$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{960 \cdot 1{,}79 \cdot 1{,}7}{0{,}575 \cdot \frac{705}{780}} = 5639 \text{ кВт}$$

що менше потужності встановленого двигуна $N_{\text{дв ном}} = 7200$ кВТ.

Зміну температури по проходах приблизно можна визначити по виразу:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{н}} - \Delta t$$

На зміну температури під час прокатки впливатимуть декілька основних факторів. Тому необхідно спочатку розглянути зміну температури з основними з них: приріст температури за рахунок деформації, втрати температури через контакт з валками і зниження температури за час перебування розкату на рольгангу між проходами.

Збільшення температури від роботи деформації в кліті:

$$\Delta t_{\text{д}} = 2300 \cdot p_{\text{ср}} \frac{lg\left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right)}{c_n \rho_n} \eta$$

де c_n - питома теплоємність сталі 0,67 кДж/(кг·град);

ρ_n – густина сталі (7850 кг/м^3);

η – коефіцієнт обтиску,

звідки:

$$\Delta t_{\text{д}} = 2300 \cdot 51{,}83 \frac{lg\left(\frac{1}{1-0{,}096}\right)}{0{,}67 \cdot 7850} 0{,}904 = 0{,}0898°$$

Спад температури від контакту з валками знайдемо по формулі:

$$\Delta t_{\text{В}} = 1{,}83 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\sqrt{R \cdot \arccos\left(1 - \frac{H_0 - h_1}{2R}\right)}}{H_0 - h_1} (t_{\text{н}} - 60) \sqrt{\frac{1+S}{v}}$$

де S – випередження,

звідки:

$$\Delta t_{\text{В}} = 1{,}83 \cdot 10^{-12} \cdot \left[\sqrt{575 \cdot \arccos\left(1 - \frac{780 - 705}{1150}\right)} \Big/ (780 - 705)\right] \cdot$$

$$\cdot (1200 - 60) \cdot \sqrt{\frac{1+0{,}07}{1{,}676}} = 2{,}651°$$

Температура на виході з кліті:

$$t_{\text{вых}} = t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{д}} - \Delta t_{\text{В}} = 1250 + 0{,}089 - 2{,}651 = 1247{,}438\ ℃$$

Спад температури в проміжку між проходами:

$$\Delta t_{\text{мк}} = k_{ct} \frac{T_{\text{вых}}{}^4}{h_1} \tau_{\text{мк}} \cdot 10^{-12}$$

де k_{ct} – поправочний коефіцієнт що враховує втрати температури на видалення окалини.$k_{ct} = 19{,}5$

$\tau_{\text{мк}}$ – час між проходами. Оскільки в слябінгу в кожному наступному проході кінець розкату стає його початком при задачі у валки (реверсивні стани) враховується час по середині розкату. В середньому – 10 с.

$$\Delta t_{\text{мк}} = 19{,}5 \frac{(1247{,}438 + 273)^4}{705 \cdot 10^{12}} 10 = 1{,}47°$$

Отже, виходячі з розрахунку усіх змін температури кінцева температура становить:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{н}} + \Delta t_{\text{д}} - \Delta t_{\text{В}} - \Delta t_{\text{мк}}$$

$$t_{\text{к}} = 1250 + 0{,}0898 - 2{,}651 - 1{,}47 = 1245{,}968\ ℃$$

Усі інші проходи розраховуються за алгоритмом. Для спрощення результати розрахунку заносимо до таблиці 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахункові геометричні та енергосилові параметри прокатки сталі 08КП в залежності від проходу (горизонтальні валки)

Номер проходу	Коефіцієнти витяжки μ	Довжина розкату L, м	Швидкість прокатки v, м/с	Довжина дуги контакту l_d, мм	Межа текучості $\sigma_т$, $Н/мм^2$
1	2	3	4	5	6
1	1,15	2,53	1,7	216	22,4
2	1,093	2,76	1,73	186	22,8
3	1,122	3,10	1,95	186	23,3
4	1,116	3,46	2,0	186	23,79
5	1,37	3,96	2,26	186	24,22
6	1,15	4,54	2,26	170	24, 98
7	1,16	5,26	2,26	170	25,5
8	1,167	6,13	2,26	170	25,9
9	1,223	7,52	2,26	170	26,57
10	1,193	8,96	2,26	153	27,01
11	1,218	10,9	2,26	141	27,65
12	1,093	11,9	2,26	97	28

Таблиця 2.2 - Розрахункові геометричні та енергосилові параметри прокатки сталі 08КП в залежності від проходу (горизонтальні валки)

Номер проходу	Середнє нормальне контактне напруження $p_{ср}$, $Н/мм^2$	Сила прокатки P, МН	Коефіцієнт положення рівнодіючої сил ψ	Крутний момент М, МН · м	Потужність прокату $N_{дв}$, кВт	$t_к$, °С
1	2	3	4	5	6	7
1	44,45	12,48	0,574	1,79	5639	1247,4
2	45,67	11,76	0,577	1,21	4870,42	1245,9
3	46,26	11,98	0,559	1,245	5427,03	1241,42
4	46,78	11,95	0,549	1,08	5036	1237,51
5	47,63	11,71	0,528	0,943	4983	1236,7
6	48,89	12,03	0,503	1,05	5347,46	1232,71
7	49,03	11,76	0,474	0,806	4978,28	1230,6
8	49,88	11	0,466	0,742	3843,72	1227,38
9	50,24	10,98	0,435	0,78	3735,36	1222,9
10	51,02	10,01	0,451	0,491	2851,9	1218,94
11	51,97	9,99	0,424	0,488	2879,99	1211,35
12	52,64	8,5	0,479	0,235	1015,23	1207,43

Висновок: В спеціальній частині проекту запропоновано використання теплоізолюючого екрану та проведено розрахунок показників деформації і енергосилових параметрів прокатування в горизонтальних валках після реконструкції.

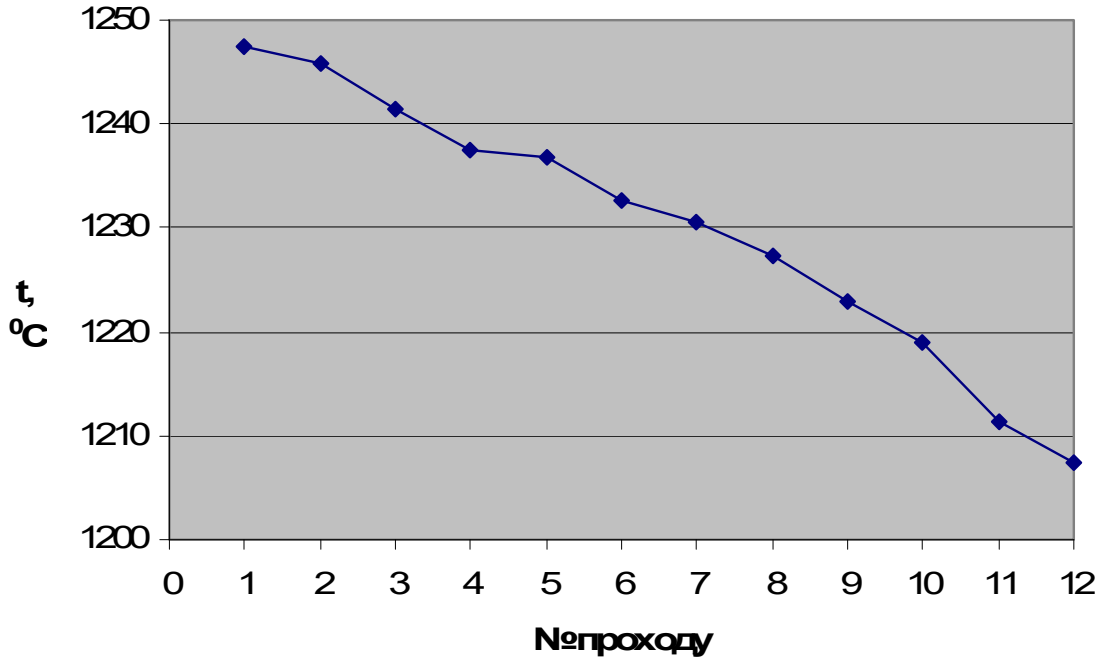


Рисунок 2.5 – Графік розподілу кінцевої температури штаби по проходах горизонтальні валки

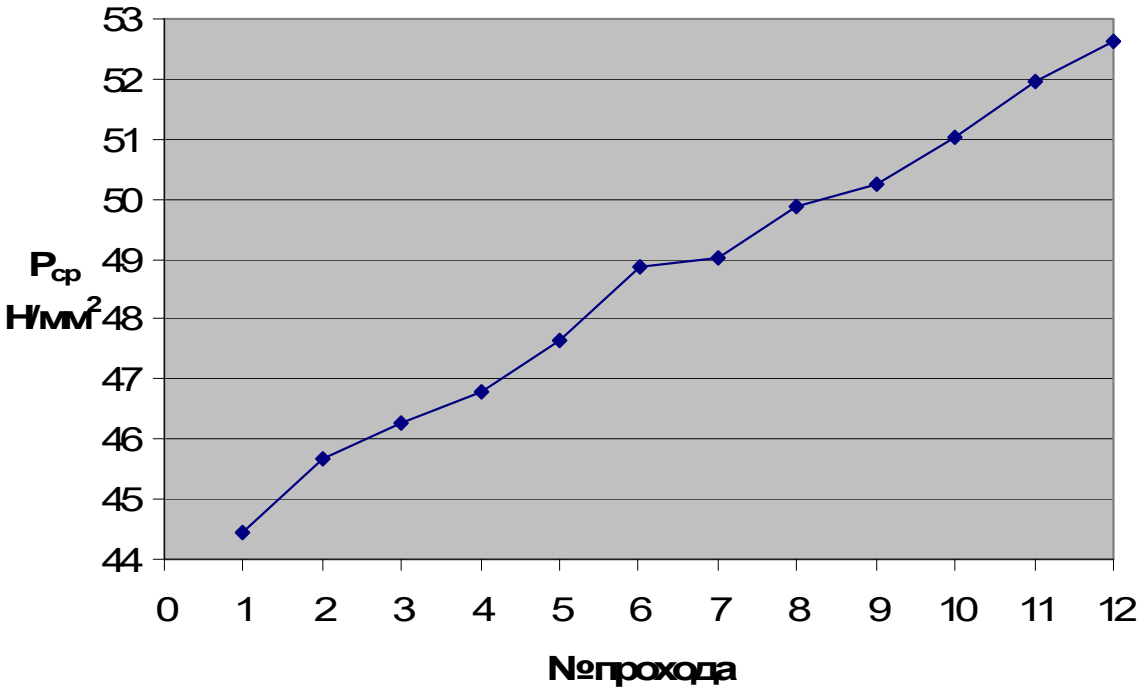


Рисунок 2.6 – Графік розподілу середнього контактного тиску по проходах горизонтальні валки

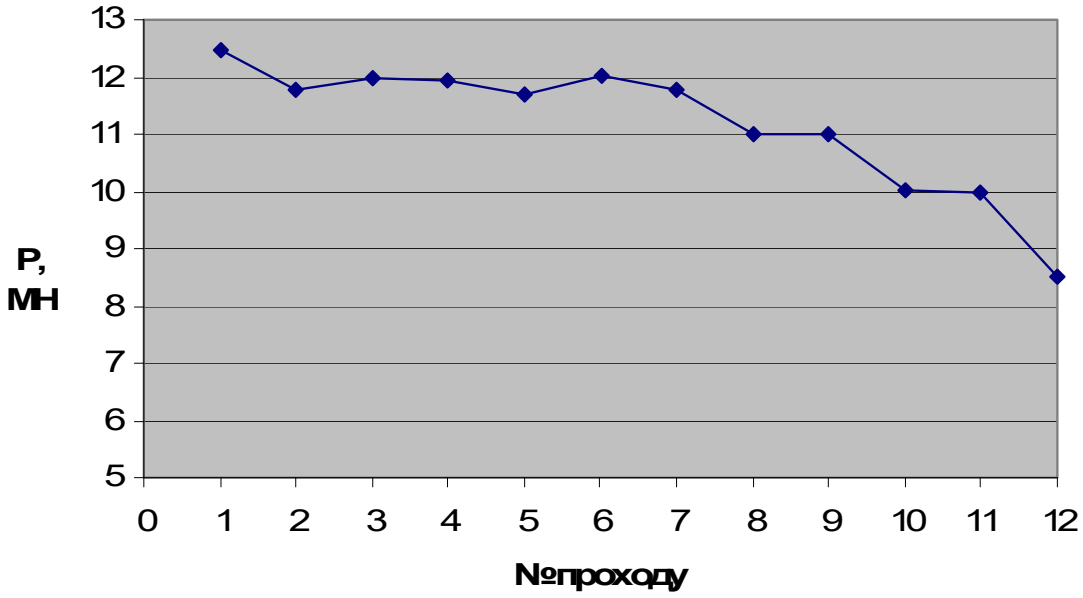


Рисунок 2.7 – Графік розподілу зусилля прокатування по проходах горизонтальні валки

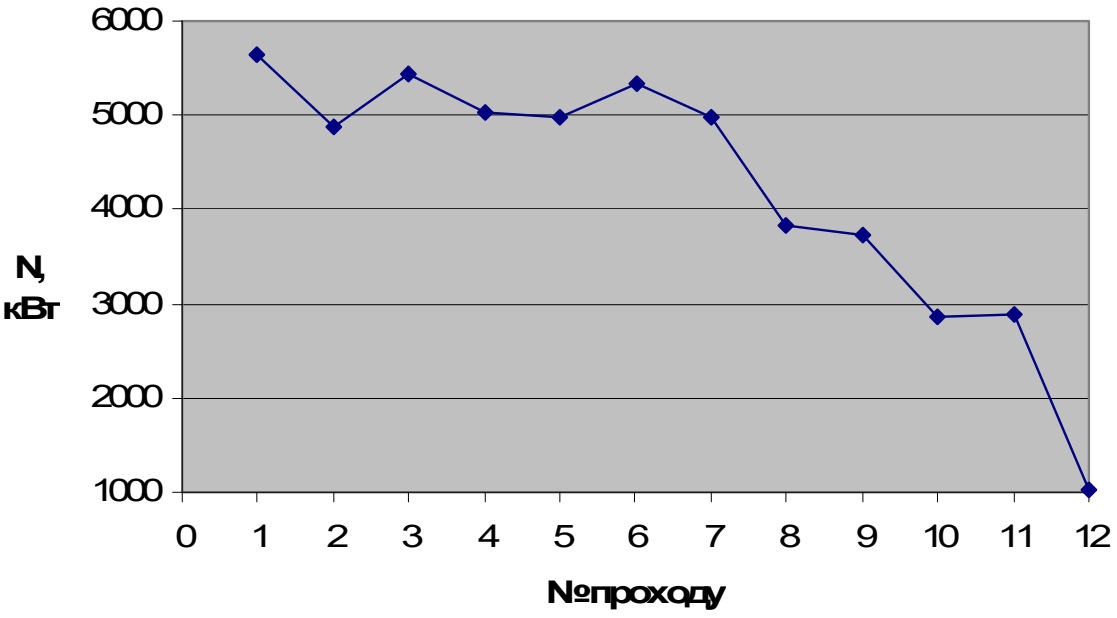


Рисунок 2.8 – Графік розподілу потужності двигуна по проходах горизонтальні валки

3 МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Устаткування стану слябінг 1150

Основною метою обтискного цеху є виробництво слябів.

Стан слябінг є реверсивним обтискним станом з універсальною кліттю.

Основні габарити: довжина - 9,49м; ширина - 7,47м; загальна висота - 12,5м; висота над рівнем підлоги - 9,28м.

Стан має дві кліті (рис. 3.1):

а) кліть горизонтальних валків,

б) кліть вертикальних валків, розташована перед кліттю горизонтальних валків.

Відстань між осями горизонтальних і вертикальних валків 2250 мм.

Кліть горизонтальних валків закритого типу, реверсивна з діаметром валків 1150 мм і довжиною бочки 2000 мм.

Привод кожного горизонтального валка приводиться від електродвигуна тип МШС 9000-66, 750В, 10200А, потужністю 7200 кВт через шпиндель без шестеренної кліті.

Розтин валків 80 – 900 мм, швидкість підйому горизонтальних валків 150мм/с, оберти валків регулюються в межах ± 0 - 53 - 80 об/хв.

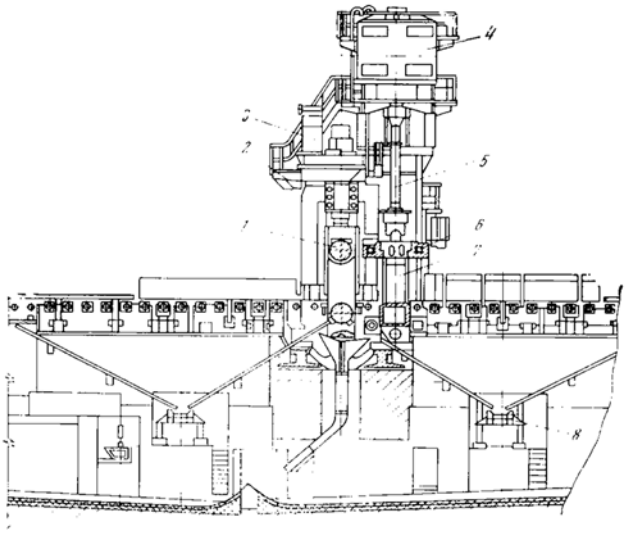
Кліть вертикальних: діаметр валків 700 мм і довжина бочки 1150 мм.

Привод вертикальних валків від 4-х електродвигунів ПВ2 800.175-8УЗ, 750 В; 1775А, потужністю 1250 кВт кожний через циліндричний редуктор з передаточним числом – 3,744.

Розтин валків 1800 – 720 мм; швидкість переміщення валків – 64,8 мм/с; оберти валків регулюються в межах ± 0-66-78 об/хв. (78об/хв. - холостий хід)[14].

Натискні механізми верхнього валка урівноважують й працюють одночасно, тому що один натискний пристрій не завжди може забезпечити необхідну установку валка при відсутності, що врівноважує.

Переміщення нижнього валка у вертикальній площині використовують лише для збереження постійного рівня прокатки над рівнем рольганга.

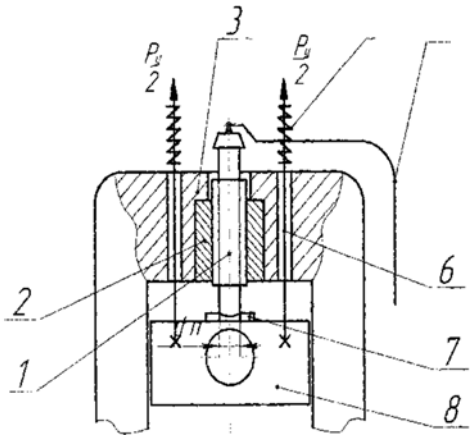


1 – горизонтальні валки; 2 – робоча кліть горизонтальних валків;
3 – електродвигуни натискного пристрою; 4 – електродвигун привода вертикальних валків; 5 – універсальні шпинделі привода вертикальних валків; 6 – кліть вертикальних валків; 7 – вертикальні валки;
8 – транспортери для збирання окалини

Рисунок 3.1 - Загальний вид робочої кліті слябінга 1150

Натискні механізми бувають наступних видів: з ручним приводом, електромеханічні, гідравлічні й гідромеханічні [20].

Натискні пристрої з ручним приводом застосовуються на невеликих сортових станах. Механізм на цих станах використовується тільки при перелагоджуванні стану на прокатку іншого профілю. Розповсюджена конструкція натискного механізму з ручним приводом – це механізм (мал. 3.2), де гайка натискного гвинта закріплюється нерухомо, а натискний гвинт повертається за допомогою важеля або штурвала. Існують і інші типи натискного пристрою з ручним приводом, наприклад клинове, застосовуване для верхнього, а найчастіше – для середнього й нижнього валків.



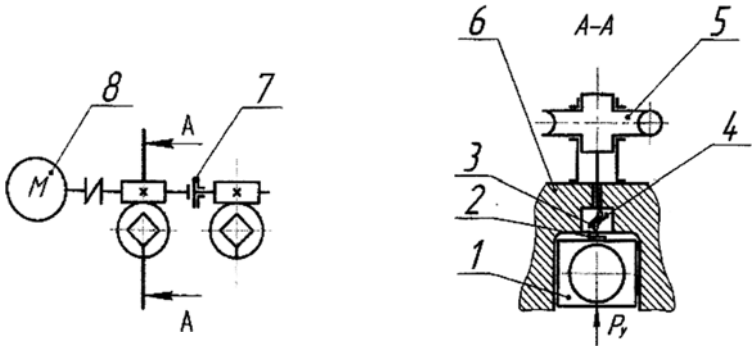
1- гвинт; 2 – натискна гайка; 3 – верхня частина станини;
4 – пружини; 5 – вантаж; 6 – тяги; 7 – підп'ятник; 8 – подушка валка

Рисунок 3.2 – Схема настановного пристрою верхнього валка з ручним приводом

Швидкісні електромеханічні натискні механізми застосовуються на обтискних, заготовочних, сортових і товстолистових станах. Основу цих механізмів також становлять гвинтові передачі (з упорним різьбленням). Конструктивно натискні механізми даного типу різняться по виду привода гвинтів.

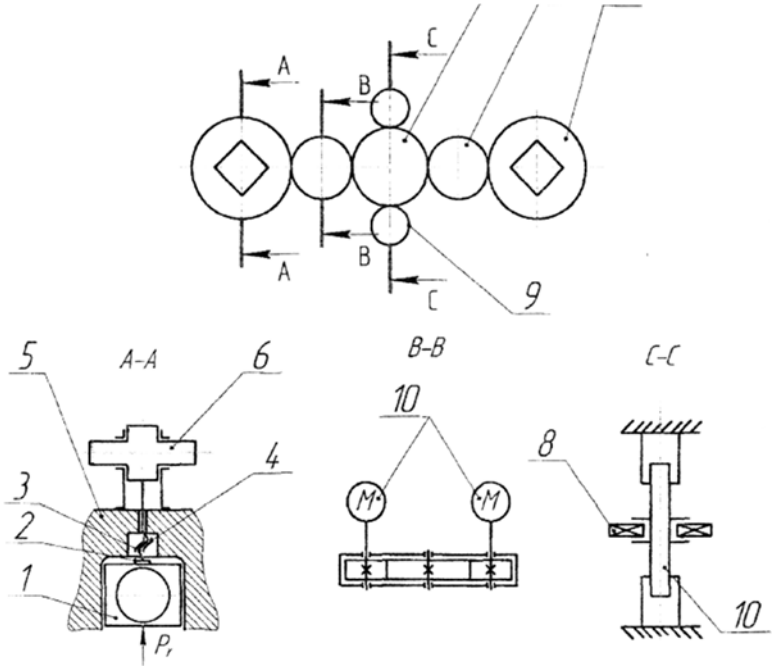
Використовують приводи з горизонтальними електродвигунами в з'єднанні із черв'ячним редуктором (рис. 3.3) і приводи з вертикальними електродвигунами в з'єднанні із циліндричним редуктором (рис. 3.4). Друга конструкція краща для більших станів, тому що вона більша міцна та економічна. І в першому і у другому випадках подушки валка притискаються пристроями, що врівноважують (на рисунку не показані) силою P_y до гвинтів натискного механізму, що при синхронному оберті гвинтів від двигунів забезпечує плоско паралельні переміщення валка вниз [21].

Незалежне обертання одного із гвинтів, що необхідно при усуненні перекосу валка, забезпечується роз’єднанням зачіпної муфти 7 у першому випадку й виведенням шестірні перемикання 8 в іншому випадку.



1 – подушка валка; 2 – підп'ятник; 3 – гвинт; 4 – черв'ячний редуктор;
6 – станина; 7 – зачіпна муфта; 8 – електродвигун

Рисунок 3.3 – Схема натискного механізму з горизонтальними двигунами



1 – подушка валка; 2 – підп'ятник; 3 – натискний гвинт; 4 – гайка;
5 – станина; 6 – провідна шестірня; 7 – шестірня перемикання; 8 – центральне колесо; 9 – моторна шестірня; 10 - електродвигун

Рисунок 3.4 – Схема натискного механізму з вертикальними двигунами

Потужність привода швидкохідного натискного механізму розраховується з урахуванням того, що валок пересувається в періоди, коли метал перебуває за межами валків.

Звичайно для підвищення динамічних якостей натискного механізму встановлюють два електродвигуни, тому що момент інерції якорів двох

двигунів половиною потужності менше, чим момент інерції якоря одного двигуна повної потужності. Динамічні якості натискних механізмів залежать від конструктивних параметрів, які визначають узагальнений показник швидкості натискного механізму – коефіцієнт динамічності К.

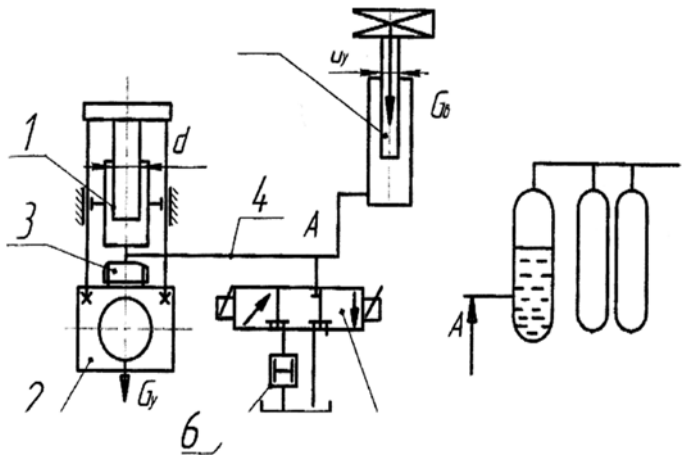
$$K = \frac{h}{I_i},$$

де h - крок різьблення гвинтової передачі;

I - момент інерції елементів, що рухаються, наведений до осі якоря двигуна;

i- передаточне число редуктора.

Гідравлічне зрівноважування (рис. 3.5) складається із плунжерних гідроциліндрів 1, плунжери яких тягами з'єднані з подушками валка 2, на які зверху опираються натискні гвинти 3. Гідроциліндри трубопроводами 4 з'єднані з насосно-акумуляторною станцією, що складається з акумулятора 5 (вантажного або гідравлічного), насосної станції 6, золотника, що й перемикається 7. Насосна станція призначена для первинного заповнення системи рідиною й компенсації втрат рідини [13,14].



1 - плунжерний гідроциліндри; 2 – подушки валка; 3 – натискні гвинти; 4 – трубопровід; 5 – акумулятор; 6 - насосна станція; 7 – золотник

Рисунок 3.5 – Схема гідравлічного зрівноважування

Гідравлічний натискний механізм в останні роки починають застосовувати як на реверсивних (обтискних), так і на листових станах.

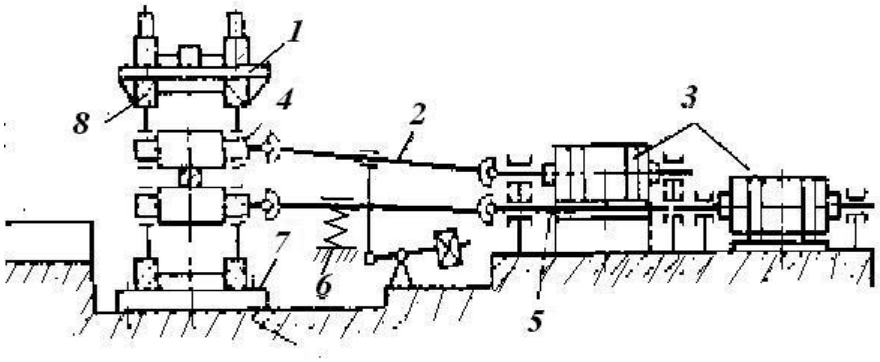
Гідності цих пристроїв (легкість одержання зворотно-поступальних переміщень, попередження від перевантаження, автоматизація, висока бистродія і т.д.) у перевагах гідроприводів перед електромеханічними. Тиск при прокатці безпосередньо сприймають гідравлічні циліндри (замість натискних гвинтів); під поршні від акумулятора подається робоча рідина .

В основу гідравлічних натискних пристроїв покладений гідравлічний спостережливий пристрій з негативним зворотним зв'язком по переміщенню.

Пристрій працює у двох режимах: режимі натискних переміщень валка та режимі втримання валка в заданім положенні при прокатці [21].

3.2 Загальна характеристика обладнання лінії робочої кліті

Основним робочим органом (інструментом) прокатного стану є валки, що обертаються в підшипниках, встановлені в робочих клітях. Привід валків здійснюється електродвигуном через проміжні передавальні механізми та пристрої. Обладнання робочої кліті призначене для обертання валків, а також для сприйняття виникаючих при пластичній деформації (обтисненні) металу зусиль і крутних моментів (рис. 3.6).



1 – натискний механізм; 2,5 – шпинделі; 3 – електродвигун; 4 – валок; 6 – механізм урівноваження; 7 – фундамент; 8 – станина.

Рисунок 3.6 – Схема робочої лінії

Устаткування, що входить в робочу лінію, можна розділити на три основні групи: робочу кліть, передавальні механізми та головний електродвигун [13].

Робоча кліть представляє собою дві масивні сталеві литі станини, встановлені на плити та прикріплені до фундаменту анкерними болтами. У станинах змонтовані валки з підшипниками та подушками, а також пристрої для переміщення верхнього валка по висоті і його осьової фіксації, направляючі проводки для металу тощо.

Передавальні механізми і пристрої в залежності від призначення і конструкції прокатного стану можуть бути різними. На слябінгу 1150 застосовують індивідуальний привід валків.

3.3 Валки прокатних станів

Валки прокатних станів виконують основну операцію прокатки - деформацію (обтиснення) металу і придають йому необхідну форму поперечного перерізу. У процесі деформації металу валки сприймають тиск, що виникає при прокатці, і передають цей тиск на підшипники.

Валки прокатних станів можна розділити на дві основні групи: листові та сортові.

Листові валки служать для прокатки штаб. Бочка цих валків має циліндричний профіль, тому іноді ці валки називаються гладкими. При обточуванні на вальцетокарному верстаті бочку валків для гарячої прокатки тонких листів роблять трохи увігнутою з таким розрахунком, щоб при прокатуванні гарячого металу в середній частині валків бочка стала циліндричною, і тоді товщина прокатуємої штаби буде рівномірною по всій ширині.

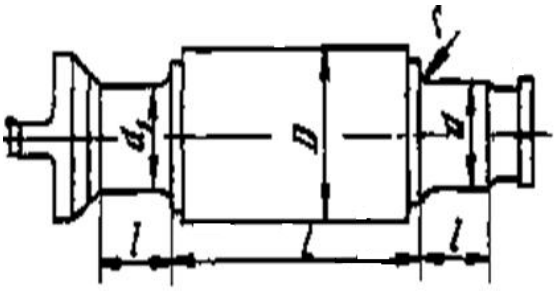


Рисунок 3.7 – Валок з циліндричними шийками для текстолітових підшипників ковзання

При роботі слябінга застосовуються сталеві валки. Вони дорожчі, але більш міцні. Сталеві валки отримують в чорновому вигляді шляхом кування з наступною термічною обробкою і чорновою механічною обробкою. У сирому вигляді сталеві валки мають низьку твердість поверхні (не більше 200-290 НВ або 32 – 45 HSD), що є їх основним недоліком [14].

Для підвищення зносостійкості валків застосовують наплавлення більш твердим матеріалом (наприклад 30 ХГСА) рис. 3.7.

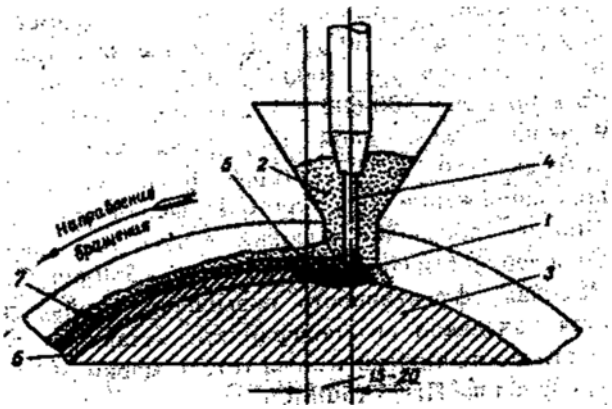


Рисунок 3.8 – Схема процесу автоматичної наплавки під флюсом

3.4 Підшипники валків

На прокатних станах застосовуються такі види підшипників:

• підшипники рідинного тертя;

• підшипники кочення;

• текстолітові підшипники.

Текстолітові підшипники

На обтискних станах застосовують інтенсивне охолодження водою як бочки, так і шийок валків, тому доцільно виготовляти вкладиші підшипників з текстоліту.

Текстолітові підшипники в залежності від умов та режиму роботи змазують водою або водною емульсією. Їх необхідно охолоджувати, щоб вони працювали при температурі не вище 60 - 80 °С, тому що при більш високій температурі починається інтенсивне розбухання підшипників, а згодом і обвуглювання.

Підшипники з текстоліту характеризуються надзвичайно малим коефіцієнтом тертя (в 10 - 12 разів меншим, ніж бронзові), при більших швидкостях обертання майже рівним коефіцієнту тертя роликових підшипників.

Для порівняння наведемо такі цифри: коефіцієнт тертя бронзових підшипників дорівнює 0,06 - 0,1, роликових 0,002 - 0,005, текстолітових 0,004 - 0,006.

Подушки з цільнопресованими текстолітовими вкладишами показані на рисунку 3.9.

Текстолітові вкладиші, що сприймають радіальний тиск, закріплені у касеті 2 планками і болтами. Із зовнішнього боку текстолітові вкладиші зміцнюють металевим кільцем. Текстолітові фланці 4, стикаються з валком по галтелі шийки, виготовляють окремо і закріплюють у спеціальних розточеннях касети з боку бочки валка. Осьове регулювання валків і підтиск текстолітових фланців до торця бочки валка здійснюють осьовим переміщенням касети в подушці за допомогою затягування болтів 3. Для підтримки верхнього валка при холостому ході стану у верхній подушці передбачена підвіска 5, в якій таким же способом встановлені і закріплені текстолітові вкладиші 6. У подушці нижнього валка передбачена кришка 7 з

невеликими текстолітовими вкладишами. Для охолодження і змащення підшипників підводиться вода.

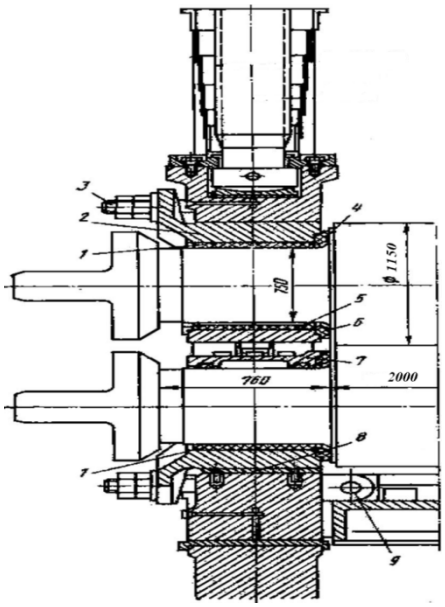


Рисунок 3.9 - Підшипники з текстолітовими вкладишами для валків слябінга 1150

Для запобігання іржавіння шийок валків при тривалих перервах в роботі стану до шийок підводиться густа змазка. З метою збереження лінії прокатки на одному і тому ж рівні по відношенню до роликів рольганга після переточування валків під нижню подушку підкладають змінні прокладки 8 з'єднані з лівою за допомогою вушок 9 і приєднані до механізму для витягування комплекту валків. Верхня подушка при зміні валків залишається підведеною до натискного гвинта, а верхній валок зі своєю нижньої вагою 5 буде лежати на нижньому валку.

3.5 Механізми і пристрої для установки, урівноваження і зміни валків

Щоб процес прокатки проходив нормально, валки повинні займати в робочій кліті певне положення. Для цього в кожній робочій кліті передбачені наступні механізми та пристрої:

а) вертикальної установки валків (натискні механізми);

б) осьової установки валків;

в) урівноваження верхнього валка.

Натискні механізми

Установка валків у вертикальній площині здійснюється за допомогою спеціального механізму з натискними гвинтами (рис. 3.10).

На обтискних станах положення нижнього валка з подушками і підшипниками в робочій кліті постійні. Тому розтин між валками регулюється переміщенням за допомогою натискного механізму тільки верхнього валка.

На стані положення верхнього валка повинно змінюватися після кожного проходу металу через валки, це переміщення відбувається під час пауз між проходами.

Очевидно, що для збільшення продуктивності стану час, що використовується на установку верхнього валка, має бути мінімальним. Тому переміщення верхнього валка має відбуватися з великою швидкістю. Крім того, очевидно, що швидкість переміщення натискних гвинтів залежить також від довжини шляху, який повинен пройти натискний гвинт при установці валка. Цей шлях на обтискних станах у багато разів більше, ніж на листових і тонколистових.

Тому з метою можливого скорочення пауз при прокатці швидкість переміщення натискних гвинтів у обтискних станів беруть більшою, ніж, наприклад, у листових станів. На слябінгу і товстолистових станах переміщення верхнього валка відбувається після кожного пропуску металу через валки, тому для скорочення паузи між проходами для установки верхнього валка застосовують швидкохідні натискні механізми з приводом від вертикальних фланцевих електродвигунів через циліндричні шестерні.

Кожен натискний гвинт приводиться електродвигуном постійного струму потужністю 640 кВт (700 об/хв.) через зубчасту передачу 1 = 3,08, швидкість переміщення натискного гвинта до 180 мм/с. Максимальне

зусилля на гвинт при прокатці 12 МН. Загальна маса натискних механізмів робочої кліті 88,7 т.

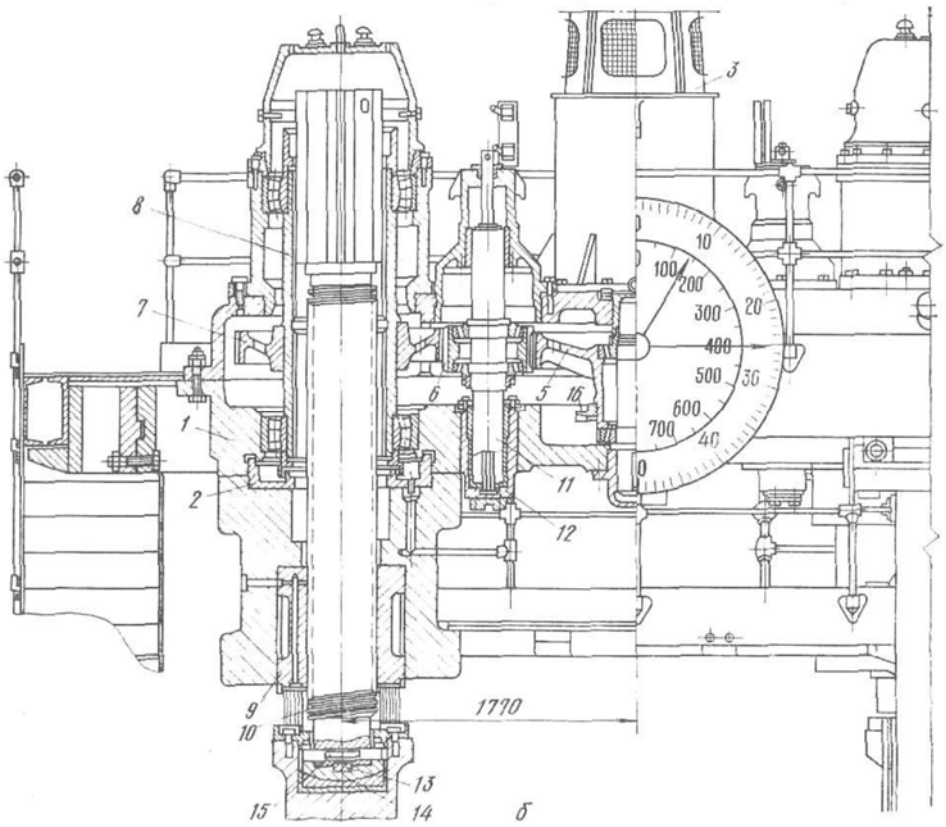


Рисунок 3.10 – Швидкохідний натискний механізм слябінга 1150

Різьба натискних гвинтів і гайок буває двох видів:

1) одноходової (трапецеїдальних);

2) двостороння (трапецеїдальна).

Різьби застосовують для натискних гвинтів і гайок тонколистових холоднопрокатних станів, які при прокатці сприймають не дуже великі зусилля.

Синхронізація обертання обох натискних гвинтів забезпечується наявністю паразитних шестерень, що знаходяться в зачепленні з кінцевими шестернями. При налаштуванні положення верхнього валка одна з паразитних шестерень виводиться з зачеплення з допомогою гідроциліндра. На верхньому торці натискного гвинта встановлено пристрій для вимірювання зносу різьби натискної гайки.

3.6 Розрахунок валків на міцність

Напругу вигину в бочці валка визначають [14] за наступною формулою:

$$\sigma_б = M_{зг}/W_б = M_{зг}/0{,}1D^3, \qquad (3.1)$$

де $M_{ізг}$- згинальний момент, що діє в розглядаємому перетині бочки валка;

$W_б$ – момент опору поперечного перерізу бочки валка на вигин.

Напругу крутіння в бочці валка не підраховують зважаючи на його незначну величину в порівнянні з напругою вигину [23].

Для двовалкових станів максимальний гнучкий момент буде всередині бочки валка (рис. 3.11):

$$M_{зг} = \frac{P}{2}\cdot\frac{a}{2} - \frac{P}{2}\cdot\frac{b}{4} = \frac{P}{4}(a - \frac{b}{2}), \qquad (3.2)$$

де P - максимальний тиск метала на валки при прокатці (18,1 МН),

a = 2760 мм, b = 1200 мм.

$$\sigma_{зг} = M_{зг}/0{,}1\cdot D^3 .$$

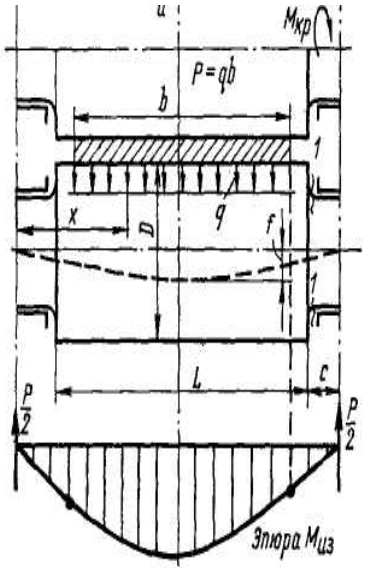


Рисунок 3.11 – До розрахунку валка на міцність

Шийку валка розраховують на згинання по розрізу I-I на згин та кручення по формулам [7] (приймаючі с ≈ *l*/2)

$$\sigma = M_{зг.ш}/\ W_{зг.ш} = \frac{(P/2)(l/2)}{0.1 \cdot d^3} = \frac{P \cdot l}{0.4 \cdot d^3}; \qquad (3.3)$$

$$\tau = M_{кр.ш}/\ W_{кр.ш} = M_{кр.ш}/0{,}2 \cdot d^3, \qquad (3.4)$$

де d, l - діаметр і довжина шийки;

$M_{кр.ш}$ - крутний момент, що прикладається до валка (шийки) зі сторони привода його шпинделем.

Результуюча напруга визначається по формулам:

для сталевих валків - по 4-й теорії міцності:

$$\sigma_{різ} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 * \tau^2)} \qquad (3.5)$$

Результуюча напруга визначається за формулою:

для сталевих валків - по 4 теорії міцності:

$$[\sigma] = \sigma_в / 5$$

Результуюча напруга не повинна перевищувати допустиму для даних валків. Допустимі напруги у валках приймають, виходячи з пятикратного запасу міцності їх, тобто:

$$[\sigma] = \sigma_в / 5,$$

де $\sigma_в$ - межа міцності матеріалу валка на вигин, МПа.

На підставі викладеного напругу, що допускається (МПа) можна приймати наступною для валків із сталевого вуглецевого зливка, $[\sigma]$ =100 – 120 Н/мм^2.

$$M_{зг}=\frac{18{,}1МН}{4}\cdot(2.76-\frac{1.2}{2})=8{,}26МН\cdot м.$$

$$\sigma_{зг}=8{,}26/0{,}1\cdot1{,}13^3=54{,}31\ Н/мм^2.$$

$$\sigma=\frac{18{,}1МН\cdot720мм}{0{,}4\cdot720^3}=75{,}18\ Н/мм^2.$$

$$\tau=0{,}3\ МН\cdot м/0{,}2\cdot0{,}72^3=4{,}02\ Н/мм^2.$$

$$\sigma_{рiз}=\sqrt{(75.18^2+3\cdot4.02^2}=75{,}50\ Н/мм^2.$$

З чого випливає, що валки працюють із запасом міцності. Епюри напруг та моментів діючих на валок наведені на рисунку 3.12.

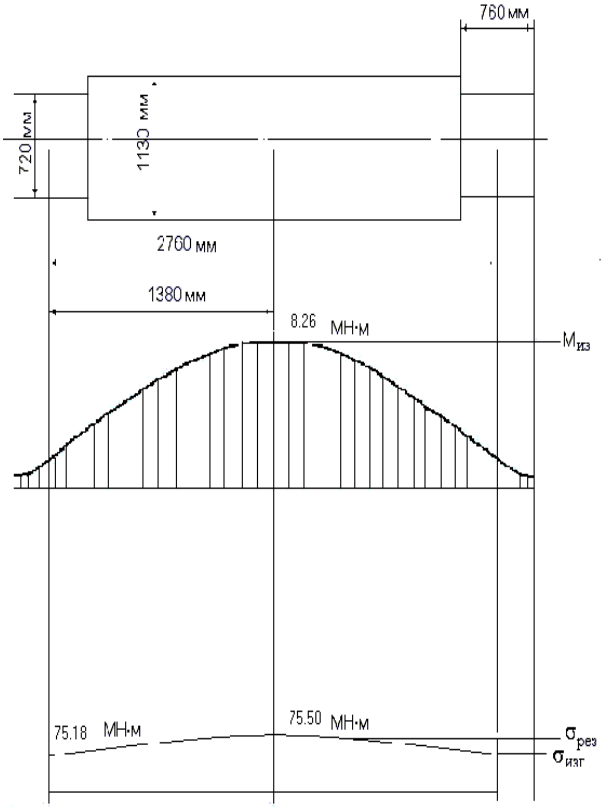


Рисунок 3.12 – Епюри напруг та моментів діючих на валок

3.7 Розрахунок натискного гвинта

Діаметр натискного гвинта визначають в залежності від зусилля, що діє на нього при прокатці:

$$d_1=\sqrt{\frac{4\cdot Y}{\pi[\sigma]}}, \qquad (3.6)$$

де d_1 - внутрішній діаметр нарізки гвинта;

Y - максимальне зусилля, діюче на гвинт при прокатці;

[σ] - допустима напруга на стиск гвинта.

Розміри натискного гвинта і гайки приведені на рисунку 3.13.

Натискні гвинти виготовляють з кованої сталі марок Ст.5, 40Х і 40ХН в межах міцності $\sigma_в$ = 600-750 Н/мм^2. Виходячи з п'ятикратного запасу міцності допускаємо, що напруга на стиск матеріалу гвинта можна прийняти рівною [σ] = 120-150 Н/мм^2.

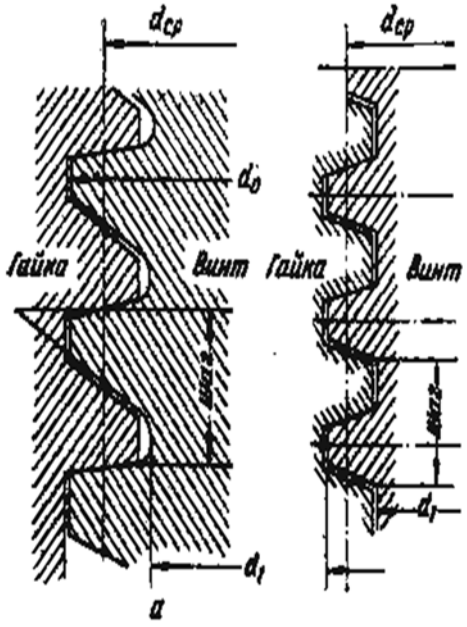


Рисунок 3.13 – Профіль різьби натискних гвинтів та гайок

Діаметр натискної гайки D і її висоту H зазвичай вибирають:

$$D = (1{,}5\text{-}1{,}8)\ d_0;\ H = (0{,}95\text{-}1{,}1)\ D. \qquad (3.7)$$

Для обертання натискного гвинта, коли на нього (по поверхні п'яти) діє тиск, до верхнього кінця натискного гвинта необхідно докласти певний обертальний момент, який можна визначити за формулою:

$$M_в = Y[\mu_п d_п/3 + d_{ср}/2 \cdot tg(ά+φ)], \quad (3.8)$$

де Y – зусилля, що діє на натискний гвинт;

$d_п$ – діаметр п'яти натискного гвинта;

$\mu_п$ – коефіцієнт тертя в п'яті;

$d_{ср}$– середній діаметр різьби натискного гвинта;

ά – кут підйому різьби;

φ – кут тертя в різьбі, що визначається за формулою:

$$arctg\ φ = \mu_р; \quad (3.9)$$

тут $\mu_р$ – коефіцієнт тертя в різьбі між натискною гайкою і гвинтом; звичайно (при нормальній мастилі різьби) приймають $\mu_р = 0,1$, тоді φ = 540'.

Зусилля Y, на натискний гвинт, визначають за формулою [7]. Коли натискний гвинт переміщається тільки під час паузи між проходами, на нього не діє тиск металу на валки. Однак у цей час на нього діє зусилля з боку пристрою для урівноваження верхнього валка.

Це зусилля зазвичай буває на 20 - 40% більше ваги врівноважуючих деталей.

Таким чином:

$$Y = Q - G/2 = (0,2\text{-}0,4)G/2, \quad (3.10)$$

де Q - зусилля на одну подушку валка з боку механізму врівноваження;

G – вага врівноважуємих деталей (верхнього валка, його подушок і натискних гвинтів).

Визначивши за формулою (3.7) крутний момент, що потребується для обертання на режимних гвинта, можна потім визначити і потужність двигуна, необхідну для приводу всього інсталяційного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, крутний момент двигуна (кН·м) для приводу гвинта можна визначити за формулою [7]:

$$M_{дв} = M_в/(i\eta), \qquad (3.11)$$

де i – передавальне число приводу від двигуна до гвинта; η-к.п.

Потужність двигуна:

$$N_{дв} = M_{дв}\omega_{дв} \quad кВт. \qquad (3.12)$$

Виконаємо розрахунок натискних гвинтів.

Дано: максимальне осьове зусилля на натискний гвинт при прокатці Y = 8,5МН (850 Т); максимальна швидкість переміщення гвинта по вертикалі v = 0,15 м /с; режим роботи механізму - повторно-короткочасний при 15 - 25 включеннях у хвилину.

1. *Натискні гвинт і гайка*. Натискний гвинт має різьблення УП 440Х 48 мм; діаметри різьби: зовнішній d = 440 мм, внутрішній d - 1, 7 · s = 358 мм, середній d = d - 0,75 · s = 440 - 0,75 · 48 = 404 мм; ά = arctg = arctg 0,038; ά = 2010/:

а) напруга стиснення в перерізі нижнього опорного кінця гвинта, що має найменший діаметр = 350 мм:

$$\sigma_{сж} = \frac{4 \cdot Y}{\pi d_i^2} = \frac{4 \cdot 8{,}5 \cdot 10^6}{\pi \cdot 350^2} = 89 \text{ н/мм}^2;$$

б) напруга кручення в тілі гвинта при $M_в$ = 6,1 кн-м:

$$\tau = \frac{M_{â}}{0{,}2 \cdot d_i^3} = \frac{6{,}1 \cdot 10^6}{0{,}2 \cdot 350^3} = 0{,}76 \text{ н/мм}^2 .$$

Матеріал гвинта - сталь 35ХНВ.

Натискна гайка висотою Н = 720 мм та зовнішнім діаметром D = 750 мм; кількість витків різьби z= H/ s= 720/ 48= 15:

а) напруга зминання між витками гвинта і гайки:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot \left(d^2 - d_1^2\right) \cdot z} = \frac{4 \cdot 8.5 \cdot 10^6}{\pi \cdot \left(440^2 - 358^2\right) \cdot 15} = 11{,}8 \text{ н/мм}^2;$$

б) напруга зминання по площині дотику гайки зі станиною:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot Y}{\pi \cdot \left(D^2 - d_{îòâ}^2\right) \cdot z} = \frac{4 \cdot 8.5 \cdot 10^6}{\pi \cdot \left(750^2 - 470^2\right) \cdot 15} = 33 \text{ н/мм}^2;$$

Матеріал гайки - Бр.АЖ9-4л, [а] ≈ 80 Н/мм^2.

2. У періоди пауз між пропусками металу через валки на торці натискних гвинтів діє зусилля від вантажувального пристрою урівноваження верхнього валка (зусилля переурівноваження). На один гвинт це зусилля становить 150 кН. Момент, необхідний для обертання гвинта в період пауз, знайдемо за формулою [22] при $\mu_п = 0{,}1$; $d_п = 520$ мм; $\mu_р = 0{,}08$; $\varphi = 40\ 34$:

а) при опусканні гвинта:

$$M_в^{/} = 150 \cdot (0{,}017 + 0{,}202 \cdot 0{,}18) = 6{,}1 \text{кН} \cdot \text{м};$$

б) при підйомі гвинта:

$$M_в^{//} = 150 \cdot (0{,}017 + 0.202 \bullet 0.042) = 3{,}8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Висновки: Розрахунки конструктивних елементів робочої кліті показали що валки працюють із запасом міцності n = 7,94. Так як $M_{в\ max}$ меньше $M_н$, то електродвигун забезпечує заданий режим роботи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Нагрівання металу в обтискному цеху здійснюється в регенеративних нагрівальних колодязях з різним напрямком полум'я.

Використання як палива доменно-коксового й природного газів у нагрівальних пристроях прокатних цехів, пов’язане з небезпекою утворення вибухонебезпечних сумішей і їх запалення. Джерелами запалення вибухової суміші в прокатному цеху є відкрите полум'я, електрична іскра, нагрітий метал і т.ін. Вибухова суміш газів з повітрям звичайно утворюється при порівняно низькій температурі [28].

При експлуатації прокатних станів можливі наступні небезпеки: захват валками або обертовими шпинделями й поєднаними муфтами частин одягу й кінцівок вальцювальника й механічні ушкодження осколками, що відлітають від металу, що прокатується і окалини.

Прокатка на слябінгу, товстолистових станах супроводжується викидами часток окалини з великою швидкістю, осколків металу й бризів шлаків. Частки, що відлітають, руйнують скло постів керування й можуть травмувати операторів-вальцювальників.

У цеху є наступні види шумів: механічний, аеродинамічний, імпульсний, термічний. При тривалому впливі на працюючих, шум різної інтенсивності приводить до розвитку професійної глухоти, перенапружує центральну нервову систему й веде до розладу функцій органів людини. В обтискному цеху спостерігається високий рівень запиленості й загазованості повітря (табл. 7.1). Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони у вигляді газів, пар і пили не повинний перевищувати встановлені норми ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-81 ПДК.

Таблиця 4.1 - Оцінка факторів виробничого середовища і трудового процесу оператора обтискного цеху [24]

№ п/п	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДР, (ГДК)	Фактичне значення	III клас – шкідливі і небезпечні умови і характер			Тривалість дії фактора, % за зміну	Примітка
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3:							
	1 клас небезпеки							
	ангідрид хромовий	0,01	0,011	1,1р			86,4	
	2 клас небезпеки							
	Марганцю оксиди (у перерахуванні на MnO_2) аерозоль дезінтеграції	0,3	0, 28				86,4	
	3 - 4 класи небезпеки							
	Масла мінеральні	5,0	3,95				86,4	
	азоту діоксид	2,0	1,68				86,4	
	андігрид сірчистий	10	6,5				86,4	
	вуглецю окид	20,0	6,25				86,4	
	Пил переважно фіброгенної дії, мг/м^3							
2	Кремнію діоксид кристалічний при вмісті в пилу від 2 до 10% (горючі сланці, мідносульфідні руди й ін.)	4,0	8,5		2,13 р		86,4	
	Вібрація (загальна й локальна) дБ							
3	Шум, дБА	80	85	5			10	
4	Інфразвук							
5	Ультразвук							
6	Мікроклімат у приміщ. (теп. період):							
7	- температура повітря, ºС	16-27	35,2			8,2	86,4	
	- швидкість руху повітря, м/с	0,2-0,5	0,24				86,4	
	- відносна вологість повітря, %	40-60	40				86,4	
	- інфрачервоне випромінювання, Вт/м²	140	936		936		86,4	
8	Температура зовнішнього повітря (під година роботи на відкритому повітрі), ºС							
9	Атмосферний тиск							
10	Важкість і напруженість праці Тривалість зосередження (% к тривалість зміни)	II б середньої важкості						
Кількість факторів			2	2	1			

Висновок: Згідно карти оцінки чинників виробничого середовища оператори поста управління мають право на пенсію за списком № 1 (дії

одночасно двох чинників третього ступеня), додаткова відпустка, тривалістю 12 діб.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці на стані слябінг 1150

На високошвидкісних станах, де виникає небезпека розриву сполучних муфт, запобіжні кожухи повинні бути дуже міцними, щоб витримувати удари шматків, муфт що розірвалися. Шпинделі блюмінгів і слябінгів звичайно обгороджують міцним бар'єром і влаштовують майданчика з поручнями для зручності обслуговування.

Усунення неправильного виходу розкату з валків досягається дотриманням режиму нагрівання зливків і заготівок. Подавати для прокатки нерівномірно нагріті заготівлі неприпустимо. Слід проводити ретельне настроювання стану, встановлювати проводки й лінійки в строго передбаченому місці. Застосовувати вивідні проводки без бічних лінійок неприпустимо [29].

Для видалення окалини з поверхні розкату на рольгангу, що підводить, установлюють пристрій гідравлічної або механічної дії з надійним захистом від окалини, що відлітає.

Для захисту від часток, що відлітають при прокатці, окалини, осколків металу й бризгів шлаків перед валками на станині встановлюють екрани - міцні сітчасті щити або густі ланцюгові завіси. Із цією же метою уздовж лінії стану, проти прорізу в станині робочих рольгангів установлюють знімні щити з густої, міцної сітки. Проміжок між валками з боку, протилежному поєднаним шпинделям, закривають запобіжним щитом. Поломка валків, натискних пристроїв і запобіжного скла слябінга пов'язана з виникненням великих зусиль, що перевищують припустимі зусилля.

Для безпечного переходу через рольганги, транспортери, конвеєри обладнають перехідні містки, настил яких футеруються вогнетривкою цеглою для захисту від теплових впливів.

Для видалення пар технологічного змащення в міжклітьових проміжках і за останньою кліттю встановлюють витяжні парасолі.

Робітникам видаються костюми із щільних х/б тканин (ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.045-78 – ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.046-78), у холодну пору року фуфайки, рукавиці, а так само каски, захисні окуляри (ДЕРЖСТАНДАРТ 12435-78).

Для захисту органів дихання робітники забезпечуються респіраторами (ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.041-78) або протигазами (ДЕРЖСТАНДАРТ 12.4.042-78). Електрозахистними засобами є діелектричні рукавички, боти, калоші, килимки, що ізолюють, підставки.

У зв'язку з високим рівнем запиленості й загазованості ділянки стану, а так само в місцях роботи кліщових кранів, кранова кабіна оснащена для очищення повітря й створення нормальних параметрів мікроклімату на робочому місці кранового машиніста, кондиціонером транспортним КТГ-Э-1.V1. Кабіна герметизована для зменшення проникнення зовнішнього повітря.

Продуктивність кондиціонера по повітрю становить 400 $м^3$/год; ефективність очищення повітря не менш 92%. У якості холодоагенту використовується хладон.

Параметри повітряного середовища для робочої зони виробничих приміщень і дані зводимо в таблицю 4 .2.

Таблиця 4.2 - Значення прийнятих припустимих (оптимальних) параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень

Характеристика виробничих приміщень по надлишковим тепловиділенням (23 $Вт/м^3$)	Категорія роботи	Період року холодний			Температура повітря поза постійними робочими місцями,°С
		на постійних робочих місцях			
		температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
1	2	3	4	5	6
>23	Середньої важкості	16-27	до 75	0,2-0,5	Не більше ніж на 5% вище середньої температури зовнішнього повітря

Враховуючи високу біологічну і гігієнічну цінність штучного світла, у проекті передбачається штучне освітлення виробничих приміщень (табл. 7.3), для чого конструктивні розв'язки будинку цеха виконуються з урахуванням вимог ДБН-В.2.5-28-2006-«Природне і штучне освітлення».

Визначивши відповідно до вказівок ДБН розряди виконуваних у цеху робіт із зорової характеристики і установлені для них значення коефіцієнта штучної освітленості (КПО), розраховуємо для кожної із прийнятих у проекті систем штучного освітлення нормовані значення КЕО по формулі:

$$e_н = e \cdot m \cdot c, \quad (4.1)$$

де e - значення КПО (%), обумовлене з урахуванням характеру зорової роботи;

m - коефіцієнт світлового клімату, m =1,1 [27, с.107];

с - коефіцієнт сонячності клімату, с = 0,8 [27, с.107];

Значення е визначаємо по формулі:

$$e = 100 \cdot \frac{E_B}{E_H} = 2{,}7$$

$$e_н = 2{,}7 \cdot 1{,}1 \cdot 0{,}8 = 2{,}376 \quad (4.2)$$

Таблиця 4.3 - Прийняті значення освітленості

Найменування відділення, ділянки, робочого місця й допоміжних приміщень	Розряд зорової роботи	Освітленість, (лк) і коефіцієнт запасу						Аварійне освітлення, лк	
		при люмінісцентних лампах			при лампах розжарювання			Для продовження робіт	Для евакуації
		Система комб. освітлення	Система загальн. освітлення	Коефіцієнт запасу	Система комб. освітлення	Система загальн. освітлення	Коефіцієнт запасу		
Пост управління стану гарячої прокатки	V	400	150	2,0	400	100	1,5	не менше 0,5	не менше 0,5

Для даної професії (оператор) рівень шуму становить 85 дБА. Для попередження шкідливого впливу шуму на людину застосовують цілий комплекс захисних заходів. Виробниче устаткування, що створює шум, забезпечують паспортом, у якому вказують шумові характеристики його роботи. Для даного розміру шуму потрібно передбачити шумопоглинальний екран. Якщо немає можливості його установки в такому положенні, щоб від шуму були захищені всі працівники, тим хто буде попадати під вплив шуму потрібно видати навушники.

Відповідно до норм і правил сумарний час контакту робітників з вібруючими поверхнями не повинен перевищувати двох третин тривалості робочого часу. При цьому рекомендується, щоб ці робітники періодично працювали на інших операціях, не пов'язаних з дією вібрації [30].

Джерелом інтенсивних теплових випромінювань є нагріті зливки. Робітники прокатного цеху періодично зазнають впливу інфрачервоного випромінювання. Інтенсивність опромінення на робочих місцях прокатчиків залежно від розмірів і температури джерел випромінювання й відстані становить від 0,01 до 5,6 - 7,0 кВт/м^2. При виконанні окремих операцій інтенсивність опромінення досягає 10,5 кВт/м^2 і більше. Вплив на організм теплового випромінювання вище встановлених норм викликає порушення теплового балансу організму, теплові удари, опіки й більш важкі травми.

4.3 Електробезпека

Становий проліт відповідно до вимог ПУЕ БНіП 111-33-76 відноситься до зони класу В - 16 - це зони, розташовані в приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або пари ЛВЖ з повітрям не утворюються, а можливі лише в результаті аварій або несправностей.

Фактичне значення струму на ділянці I = 5.9А, напруга відповідно U = 220, 380В.

Небезпеку електричних уражень створює різноманітне устаткування: електричний привід (включаючи пускорегулюючу апаратуру), електроустаткування підіймально-транспортних пристроїв, електрифікований внутрішньозаводський транспорт, зварювальні апарати, високочастотні і освітлювальні установки, переносний інструмент і так далі

Існують наступні заходи захисту від ураження електричним струмом:

а) захист від дотику до струмопровідних частин;

б) захист від дотику до устаткування, що випадково опинилося під напругою;

в) захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У першому випадку, найбільш поширеному, конструктивно простою і дуже ефективною мірою захисту є захисне заземлення. Захисні функції заземлюючого пристрою полягають в зниженні до безпечної величини напруги щодо землі на металевих частках, що опинилися випадково під напругою, що дозволяє усунути небезпеку ураження людини, що доторкнулася до них.

Приєднання корпусів і інших конструктивних металевих часток електроустаткування до заземлюючого нульового дроту називається захисним зануленням. Мета захисного занулення – перетворити пробій на корпус в коротке замикання між фазним і нульовим дротами, викликати тим самим протікання більшого струму через захист і швидко відключити пошкоджене устаткування від мережі.

Пристрій, що автоматично відключає електроустановку за час не більш 0,2сек. при виникненні в ній струмів великої сили, у тому числі при появі напруги на корпусі і інших металевих частках, називається захисним відключенням.

При обслуговуванні електроустановок застосовують основні і додаткові захисні засоби. До основних відносяться захисні засоби, ізоляція

яких надійно витримує робочу напругу установки і при користуванні якими допускається безпосередній дотик до струмопровідних часток, що знаходяться під напругою. До додаткових відносяться засоби захисту, що підсилюють дію основних засобів і що забезпечують безпеку при напрузі дотику і кроковій напрузі. До засобів індивідуального захисту відносяться: ізолююча штанга, ізолюючі кліщі, діелектричні боти, діелектричні рукавички, що ізолюють підставки і ін. Для забезпечення безпечної, безаварійної і високопродуктивної роботи електроустановок необхідно поряд з досконалим їх оснащенням засобами захисту так організувати їх експлуатацію, щоб була виключена всяка можливість помилок з боку обслуговуючого персоналу [31].

По технологічних вимогах і за умовами безпеки найоптимальнішою є чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю, оскільки вона дозволяє використовувати дві напруги – лінійне і фазне. Від чотирипровідної мережі 380В можна живити як силове навантаження – трифазну або однофазну, включаючи її між фазними дротами на лінійну напругу 380В, струм і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим дротами, тобто на фазну напругу 220В.

4.4 Пожежна та техногенна безпека

Усі виробництва згідно з будівельними нормами та правилам ДБН В.2.2-28-2010 залежно від ступеня пожежної небезпеки підрозділяються на категорії А, Б, В, Г, Д. Обтискне виробництво належить до категорії пожежної небезпеки Г, пов'язане з обробкою неспаленних речовин і матеріалів у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, що й супроводжуються виділеннями променистого тепла, постійним виділенням іскор і полум'я, а також виробництва, пов'язаного із систематичним спалюванням твердого, газоподібного і рідкого палива.

У приміщеннях категорії Г пожежна безпека в будинку й спорудженні забезпечується звичайно планувальними розв'язками, добором і компонуванням вогнестійких будівельних конструкцій. Повинні дотримуватися відповідні протипожежні розриви між будинками, залежно від їхньої вогнестійкості, дотримуватися вказівки ДБН В.2.5-64-2012 про прокладку комунікаційних трубопроводів горючих газів і легко займистих рідин.

Усі вибухо- і пожежонебезпечні виробництва мають системи автоматичного пожежогасіння. Застосовуються так само сигналізаційні комплексні пожежні установки, що мають блок інформації, пов'язані з пожежною частиною.

Для гасіння пожеж застосовують воду, водні емульсії вуглеводнів, хімічну й повітряно-механічну піну, вуглекислоту, інертні гази, порошки й різні комбінації цих составів.

При пожежі в електроустановках, що перебувають під напругою застосовують порошки типу СЧ. Для гасіння пожеж в прокатному цеху споруджена мережа зовнішнього й внутрішнього протипожежного водопроводу, що полягає із запасних резервуарів, насосної станції, водозабірних споруджень, трас трубопроводу, на яких через кожні 100м розміщають пожежний гідрант. Внутрішні пожежні крани для подачі води встановлені у шафках на майданчиках сходових кліток, у коридорах, обладнані пожежним рукавом довжиною 10 – 20 м, пожежним стовбуром зі сприскoм. До апаратів газового пожежогасіння відносять пересувний вуглекислотний вогнегасник типу УП-2М, призначений для гасіння палаючих матеріалів. Так само використовують ручні повітряно-пінні вогнегасники ВВП-5, ВВП-10 і ВХП-10.

У цеху є протипожежний реманент у вигляді ящиків із сухим піском (не менше 5м^3), щити з вогнегасниками, пожежними ведрами, лопатами, баграми, ломами, шланги для кранів.

Можливі причини виникнення аварій на об'єкті. Причини аварій, пов'язані з відмовою (неполадками) устаткування.

До основних причинам, пов'язаним з відмовою устаткування відносяться:

- корозія устаткування і трубопроводів;
- фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування і трубопроводів;
- відмови або збої в роботі автоматичних систем (збої в енергопостачанні).

Корозія устаткування і трубопроводів може стати причиною часткового руйнування технологічного устаткування. Аналіз аварій на аналогічних об'єктах дозволяє зробити виводи про те, що корозійне руйнування при достатній міцності конструкцій устаткування або трубопроводів, найчастіше має локальний характер. Однак, при несвоєчасній локалізації, воно може послужити джерелом ланцюгового розвитку аварійної ситуації (витоку газу, утвору газоповітряної токсичної хмари, пожежі або вибуху газоповітряної суміші).

Фізичне зношування, механічне ушкодження, руйнування або температурна деформація устаткування й трубопроводів може привести як до часткового, так і до повного руйнування технологічного устаткування і трубопроводів.

Причини аварій, пов'язані з помилками персоналу.

Рівень автоматизації технологічного процесу вимагає від обслуговуючого персоналу високої кваліфікації і підвищеного уваги. Особливу небезпеку представляють помилки при пуску і зупинці устаткування, ведення ремонтних, профілактичних і інших робіт, пов'язаних з нестійкими перехідними режимами, зі спорожнюванням і заповненням устаткування небезпечними речовинами. У випадку неправильних дій персоналу існує небезпека руйнування технологічних систем і виникнення аварій.

Аналіз матеріалів розслідування аварій показує, що 66,5% вибухів, пожеж і загорянь відбувається в результаті помилок при експлуатації устаткування, з них 20% аварій - через недотримання норм технологічного регламенту.

Причини, пов'язані із зовнішніми впливами природного й техногенного характеру.

До зовнішніх впливів природного й техногенного характеру можна віднести:

стихійні лиха:

- сніжні замети, сильна ожеледь, сильна заметіль;
- дуже сильний мороз (- 30°С и нижче);
- дуже сильна жара (+ 40°С и більш);
- зсувні явища, осідання (провал) земної поверхні;
- сильний вітер, включаючи шквали й смерчі;
- великий гради, дуже сильний дощ, дуже сильний снігопад;
- сильне налипання (відкладання) снігу;
- грозові розряди й розряди статичної електрики;
- влучення устаткування в зону дії вражаючих факторів аварій, що виникли на сусідніх об'єктах;
- аварії на комунально-енергетичних мережах;
- навмисні дії (диверсія).

За ОНТП 24 – 86 приміщення обтискного цеху належить до категорії «Г». Згідно з ПУЕ пожежно-небезпечна зона має клас "П-Ш" . Цех по вибухонебезпечності має 2 клас

4.5 Розрахунки екрана для захисту від теплового випромінювання

Потік променистої енергії від нагрітої поверхні, зустрічаючи на своєму шляху екран, що володіє відбивною здатністю, в основному відбивається від

нього назад до джерела випромінювання: деяка частина потоку поглинається екраном [29].

Випромінювання нагрітого екрана значно слабкіше, чим випромінювання первинного джерела.

Вихідні дані:

Температура підлоги пульта керування $t_1 = 600^0$С; температура повітря в цеху $t_2 = 35{,}2^0$С. Підлога пульта керування вкрита листами чорнового заліза зі ступенем чорноти заліза $E_н = 0{,}8$. Потрібно одержати температуру на зовнішній поверхні огородження $t_3 = 25^0$С.

Для проведення розрахунків потрібно перевести температури із градусів у Кельвіни.

$$T_{під} = 273 + t_1 = 273 + 600 = 873 \text{ К};$$

$$T_{воз} = 273 + t_2 = 273 + 35{,}2 = 308{,}2 \text{ К};$$

$$T_{нар.пов} = 273 + t_3 = 273 + 20 = 293 \text{ К}.$$

Визначимо ступінь екранізації, по формулі:

$$\mu = \frac{T_{під}}{T_{нар.пов}} \quad . \tag{4.2}$$

Одержимо

$$\mu = \frac{873}{293} = 2{,}98 \quad .$$

По довідникові підбираємо екран з альфоля, ступінь чорноти якого становить $\varepsilon_a = 0{,}07$. Тоді наведену ступінь чорноти обчислимо по формулах:

а) між залізною підлогою й екраном:

$$E_{же} = \frac{1}{\frac{1}{E_н} + \frac{1}{E_a} - 1} \quad ; \tag{4.3}$$

б) між джерелом енергії й повітрям:

$$E_{іп} = \frac{1}{\frac{1}{E_н} + \frac{1}{E_в} - 1} \quad , \tag{4.4}$$

де $E_в = 0{,}82$, здатність повітря поглинати.

Підставивши значення у формулу (4.3) і (4.4), одержимо:

$$E_{же}=\frac{1}{\frac{1}{0,8}+\frac{1}{0,07}-1}=0,07,$$

$$E_{іп}=\frac{1}{\frac{1}{0,8}+\frac{1}{0,82}-1}=0,7\cdot$$

Визначимо число екранів по формулі:

$$n=\frac{1-\left(\frac{Òïîâ}{Ò_{ï³äë}}\right)^4}{\frac{1}{\mu}^4-\left(\frac{Ò_{ïîâ}}{Ò_{ï³äë}}\right)^4}\times\frac{\varepsilon_{à}}{Å_{èâ}}-1 \quad . \qquad (4.5)$$

Підставивши значення у формулу (7.5), одержимо:

$$n=\frac{1-\left(\frac{308,2}{873}\right)^4}{\frac{1}{2,98}^4-\left(\frac{308,2}{873}\right)^4}\times\frac{0,07}{0,7}-1\approx 1$$

.

З розрахунків видно, що досить одношаровий екран з альфоля, щоб забезпечити температуру поверхні підлоги пульта керування бажаної температури $t_3=20^0$C.

Характеристика одношарового екрана з альфоля:

- пропускає випромінювання 378 кДж ($м^3$год.)
- застосовується при випромінюванні 2,52 кДж×104 ($м^2$год.)
- конвекцію 163,8 кДж ($м^2$год.)

Встановлена температура: 35^0C.

Маса одного квадратного метра дорівнює 4,2 кг.

ВИСНОВКИ

Розглянуто методи зменшення енерговитрат використання тепловідбивних екранів з метою економії енергоресурсів, зокрема електроенергії. Конструкція вибраних теплових екранів з низькою тепловою інерційністю має здібність до значного термічного розширення без збільшення габаритів.

В організаційній частині проекту для ділянки прокатного стану обтискного цеху проведено розрахунок розстановочного і списочного штату основних робочих, обрана система оплати праці робітників, розрахований річний фонд оплати праці робітникам і визначена середньомісячна зарплата одного основного робітника за місяць.

У результаті реконструкції стану слябінг 1150 за рахунок вибору раціонального режиму прокатки слябу та енергосилових параметрів була отримана річна економія у розмірі 1155746,59 грн.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Баглюк Г. А., Куровський В. Я. Структура, механічні та триботехнічні властивості металоскляних композитів на основі модифікованих залізовуглецевих сплавів. *Порошкова металургія*. Київ : ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України, 2017. №11/12. С. 58-67.

2. Роїк Т. А., Гавриш Ю. Ю. Нові композиційні матеріали на основі міді для важко навантажених вузлів тертя. *Порошкова металургія*. Київ : ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України, 2017. №09/10. С. 40-48.

3. Косторнов А. Г. Триботехнічні характеристики композиційного матеріалу на основі заліза при температурі 500 °С. *Порошкова металургія.* Київ : ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України, 2014. №07/08. С. 43-50.

4. Савчук П. П. Особливості зношування модифікованих епоксидних композитів при навантаженні тертям. *Порошкова металургія*. Київ : ІПМ ім. І.М.Францевича НАН України, 2014. №03/04. С. 103-109.

5. Вішневська-Вейнерт Х. Тертя і знос пористих підшипників ковзання при високій температурі. вплив твердого мастила з наночасток MoS_2. Порошкова металургія. Київ : ІПМ ім. І.М. Францевича НАН України, 2013. № 07/08. С. 77-84.

6. Технологія конструкційних матеріалів: підручник / О.С. Комаров, В.М. Ковалевський, А.С. Чаус та ін; під загальною редакцією О.С. Комарова. Мн.: Нове знання, 2005. 560 с.

7. Степанчук А. М. Теорія і технологія пресування порошкових матеріалів: навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 336 с.

8. Степанчук А. М., Білик І. І. Матеріали для напилювання покриттів: навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 236 с.

9. Куцова В. З., Котова Т. В. Наноматеріали та нанотехнології: навч. посібник. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013. Частина 1. 103 с.

10. Писаренко В. Г. Сучасні технології в машинобудуванні. Інжекційне лиття порошку: навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2019. 242 с.

11. Композитні матеріали: навч. посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук [и др.]. Луцьк : Видавець ФОП Теліцин О.В., 2017. 368 с.

12. Степанчук А. М. Теоретичні та технологічні основи отримання порошків металів, сплавів та тугоплавких сполук: підручник. Київ : НТУУ «КПИ», 2006. 353 с.

13. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Текст]: ДСН 3.36.042-99: Увед.1999-12-01. 9 с.

14. Державні будівельні норми. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення: ДБН В.2.2 – 28: 2010: затв. Мінрегіонбуд України 30.12.10 : уведенні з 10.10.11.- К. : ПАТ Київ ЗНДІЕП. 2010. 28 с.: «Укрархбудінформ». УКНД 91.040.99

15. Державні будівельні норми. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва: ДБН В.1.1.7-2002: затв. Держбуд України 03.12.02 : уведенні з 01.05.03. К. : УкрНДІПБ. 2002. 44 с.

16. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. Увед. 2009-01-01. К.: Мінрегіонбуд України. 2008. 65 с.

17. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні [Текст]. – Увед. 2004-11-04. К.: М-во України з питань НС. 2004. 143 с.