

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

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

Кафедра обробки металів тиском

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка режиму прокатки слябів розмірами 150x1200мм зі сталі 08кп на обтискному стані 1150»

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1369-с

Ткаченко Олександр Вікторович
(ІІ) (підпис)
(Б)

спеціальності (напряму підготовки)

136 Металургія
(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Обробка металів тиском
(шифр і назва)

Керівник Ю.В. Бондаренко
(прізвище та
ніціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2022 року

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

Кафедра обробки металів тиском
 Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)
 Напрямок підготовки / Спеціальність 136 Металургія
(шифр і назва)
 Спеціалізація _____
(шифр і назва)
 Освітньо-професійна програма металургія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОМТ
Ю.О.Белоконь
 “ ” _____ 20 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Ткаченко Олександр Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка режиму прокатки слябів розмірами 150x1200мм зі сталі 08кп на обтискному стані 1150 »
 керівник проекту (роботи) Юлія Володимирівна Бондаренко, к.т.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 Затверджені наказом вищого навчального закладу від “17”01 2022 року № 90-с
 Строк подання студентом проекту (роботи) 04.06.2022 р.

2. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Розмір слябів:150x1200 мм

Матеріал Сталь08кп.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібнорозробити) Реферат; Вступ; 1 Загальна частина; 2 Розрахункова частина; 3 Механічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Література.
 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Презентація до 13 слайдів (Мета та завдання роботи, «Розробка режиму

прокатки слябів розмірами 150x1200мм на обтискному стані 1150»,
Механічна частина, Охорона праці та техногенна безпека, Висновки).

4. Консультанти розділів проєкту (роботи)

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

5. Дата видачі завдання 27 січня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина		
2	Розрахункова частина		
3	Механічна частина		
4	Охорона праці та техногенна безпека		
5	Реферат, Вступ, Висновки		
6	Оформлення пояснювальної записки		
7	Підготовка презентаційного матеріалу		

Студент

(підпис)

О.В. Ткаченко

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Ю.В. Бондаренко

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Випускна робота бакалавра : 79 с., 4 таблиць, 23 рисунка, 33 літературних джерел.

Об'єкт дослідження - машини і агрегати технологічних ліній обтискного цеху - блюмінг 1150.

Метою випускної роботи є розробка режиму прокатки слябу 150x1200 мм із сталі 08кп на обтискному стані 1150

Матеріал дослідження: Сталь 08кп

Були розроблені 13 слайдів в програмі Power Point

Розроблено заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки, пожежної і техногенної безпеки.

**ОБТИСКНІ СТАНИ, ЗЛИТОК, ЗАГОТОВКА, ОБТИСКНІ
ЗУСИЛЛЯ, КЛІТЬ, СЛЯБИ, БЛЮМ, ПЛОЩА ДЕФОРМАЦІЇ,
ОБЖИМНИЙ ЦЕХ, ПРОКАТНИЙ ВАЛОК, ПЕРЕТИН, РЕЖИМ ,СТАН**

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Технологічний процес виробництва слябінгу.....	7
1.2 Прокатка слябів.....	12
1.3 Подальше вдосконалення слябінгів.....	16
1.4 Аналіз температурно-теплового режиму нагрівання зливків з метою витрат металу	17
2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки сляба перетином 150 ×1200 мм.....	26
2.2 Розрахунок допустимого обтиску та режиму деформації слябу.....	28
2.3 Визначення допустимого обтиску, виходячи з потужності двигуна.....	34
2.4 Результати розрахунків режимів деформації на слябінгу 1150.....	45
2.5 Визначення річного виробництва слябінга.....	47
3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА.....	53
3.1 Обладнання лінії робочої кліті слябінгу 1150.....	53
3.2 Розрахунок валків на міцність.....	58
3.3 Розрахунок натискного пристрою на міцність.....	60
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	65
4.1 Аналіз потенційно шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища обтискного цеху.....	65
4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища обтискного цеху.....	66
4.3 Розрахунок аерації обтискного цеху	72
ВИСНОВКИ.....	75
ЛІТЕРАТУРА.....	76

ВСТУП

Необхідність великого обтискного стану у складі металургійного підприємства визначається рядом технологічних та економічних факторів. Такий стан у складі металургійного підприємства дає можливість підвищення продуктивності сталеплавильних агрегатів. У мартенівських цехах з різнотипними печами принципово неможливо побудувати і здійснити графік роботи, в якому передбачалися б рівномірні в часі випуски плавок. Прийняти і переробити продукцію таких цехів з найменшими виробничими витратами на заводі «Запоріжсталь» може тільки обтискний стан, який володіє великою оперативністю у виробництві, забезпечує будь який стан необхідної заготівлю.

За останні десять років на слябінгу «Запоріжсталь» проведено ряд технічних заходів, які дозволили поліпшити показники його роботи. Але, на жаль, є ще багато недоліків в існуючому технологічному процесі. Для підвищення продуктивності слябінга, підвищення якості прокату, зниження енерговитрат потрібно внести ряд заходів з реконструкції.

Також для подальшого поліпшення роботи прокатного стану необхідний ґрунтовний аналіз його енергосилових параметрів і облік напружено-деформованого стану металу. У зв'язку з цим з'явилася потреба в спеціальних дослідженнях із застосуванням новітніх електровимірювальної та електронно-обчислювальної апаратури. Підвищилася вимогливість до достовірності одержуваних результатів і до точності пропонованих теоретичних рішень, необхідних для технологічних розрахунків.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технологічний процес виробництва слябінгу

Установки безперервного розливання сталі поки що не набули широкого поширення для масового виробництва литих заготовок, на більшості металургійних заводів головним прокатним станом є потужний обтискний стан — слябінг, призначений для обтиснення великих злитків, відлитих у виливниці, в чернові заготовки, призначені для подальшої прокатки. готового прокату.

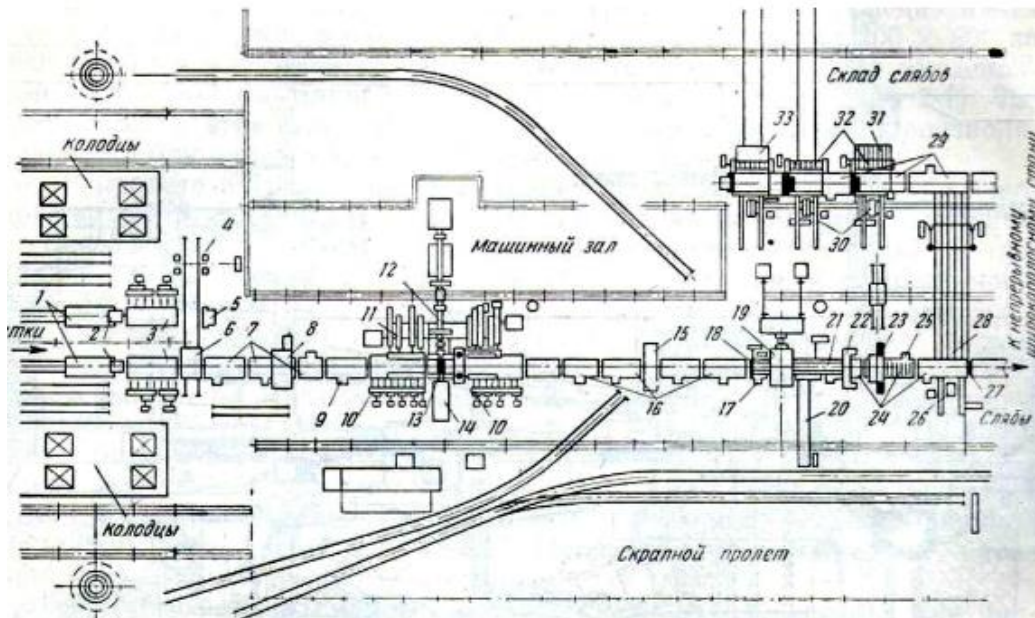
Плоска чорнова заготівля, прокатана з великого злитка (15-30 т) на слябінгу або блюмінгу, називається слябом; для сляба характерний прямокутний переріз товщиною 1100-250 мм і шириною 1000-2000 мм із закругленими кутами.

З метою отримання (для подальшої прокатки на безперервному широкосмуговому стані) рулону смуги максимальної маси (15-30 т) зазвичай на слябінгах прокочують великі зливки (16-32 т) у сляби великих розмірів (товщиною до 250 мм і шириною до 1800 мм) . Для отримання широких слябів правильного прямокутного перерізу з рівними бічними гранями в робочій кліті слябінгу, крім горизонтальних валків, передбачені ще вертикальні валки (розташовані перед або за горизонтальними), тому таку кліть називають універсальною.

Стан призначений для прокатки злитків масою до 28 т у сляби товщиною 150-250 мм, шириною 1000-1550 мм, довжиною до 9,5 м і масою до 23 т (після обрізки кінців). Продуктивність стану близько 5,5 млн. т/рік (за зливками) або близько 4,7 млн. т/рік за готовими слябами [1-3].

На рисунку 1.1 представлений план розташування обладнання слябінгу 1150.

Розташування обладнання та його склад в основному аналогічні обладнання та складу блюмінгів 1300 і 1150. На відміну від цих блюмінгів нагрівальні колодязі розташовані в два ряди (ліворуч і праворуч від осі табору), що зменшує шлях злитковозів при подачі злитків від далеких колодязів.



1 - злитковози; 2 - упор злитковозу; 3 - приймальні рольганги; 4 - рейковий шлях; 5 - стаціонарний упор; 6 - рольганг-візок; 7 - підводять рольганги; 8 - ваги з поворотним пристроєм; 9 - розкочування рольганг; 10 - робочі рольганги перед та за станом; 11 - маніпулятор з кантувачем; 12 - універсальні шпинделі; 13 - універсальна робоча кліть з горизонтальними та вертикальними валками; 14 - пристрій для зміни валків; 15 - машина вогневої зачистки; 16 - транспортні рольганги; 17 - рольганги перед ножицями; 18 - зіштовхувач обрізків; 19 - ножиці 2000 Т; 20 - транспортер для збирання обрізків; 21 - відсувається рольганг за ножицями; 22 - пересувний упор для різання слябів на мірні довжини; 23 - таврування; 24 - транспортні рольганги; 25 - ваги, вбудовані в рольганг; 26 - зіштовхувач слябів; 27 - упор, що опускається; 28 - транспортер слябів; 29 - збиральні рольганги; 30 - зіштовхувачі слябів; 31 - стелажі; 32 - підйомний штабелюючий стіл для слябів; 33 - візок для слябів

Рисунок 1.1 – План розташування обладнання слябінгу 1150

З огляду на велику продуктивність слябінгу подача злитків здійснюється по черзі двома злитковозами. Швидкість злитковозу досягає 6 м/сек. Від першого злитковозу зливки подаються до робочої кліті приймальним рольгангом, розташованим, як і у блюмінгу, по осі прокатки; від другого злитковозу зливки подаються на бічний рольганг, а з нього на рольганг-візок, що пересувається по рейках і сполучає обидва ці приймальні рольганги.

Між секціями рольгангу, що підводить, встановлені ваги для зважування злитків перед прокаткою. У кожного робочого рольгангу 14 роликів: два перші від робочої кліті ролика наводяться окремими двигунами; решта дванадцяти роликів наводяться від чотирьох електродвигунів через циліндричні шестірні та подовжені зубчасті муфти. Таким чином у приводі виключені конічні шестерні, що швидко зношуються, з довгим трансмісійним валом (застосовуються на деяких обтискних станах старої конструкції).

Перед робочою кліткою та за нею встановлені маніпулятори з кантувачем на передній стороні. Для зменшення махових мас маніпуляторні лінійки мають безредукторний привод. Горизонтальні валки змінюють за допомогою механізованого пристрою [1-5].

Режими нагрівання слябів

Нагрівання вихідних матеріалів злиwkів і заготівель перед прокаткою повинне забезпечити високу пластичність сталі і найменший опір деформації. Тому чим вище температура нагрівання, тим краще, тому що при цьому зменшується витрата енергії при прокатці, збільшуються обтиск і зменшується число випадків поломки валків і інших деталей стана. Поряд із цим нагрівання повинне забезпечити підвищення механічних властивостей, зменшення чутливості сталі до флокенів та ін.

Однак висока температура і неправильний режим нагрівання можуть викликати значне окалиноутворення, знеуглецевування, розкриття підкіркових міхурів, перегрів і перевитрату, що погіршують якість металу або приводять його до браку.

При нагріванні матеріалів в існуючих нагрівальних пристроях завжди відбувається окислювання металу з утворенням окалини. Утворення окалини при нагріванні є джерелом втрат придатного металу. Вигар металу при нормальній роботі нагрівальних пристроїв становить 1-2% від маси металу, а при незадовільній роботі - до 4-5% [3]. Якщо врахувати, що при прокатці зливка в готовий прокат метал нагрівають кілька разів, то можна прийняти вигар у середньому 3-4% від маси металу. Крім того, окалина при прокатці вдавлюється в метал, що погіршує якість поверхні [4].

На утворення окалини впливають температура, тривалість перебування металу при високих температурах, швидкість нагрівання і пічна атмосфера. Утворення окалини протікає більш енергійно при температурах вище 900-1000 °С. Окислювання металу в печі тим більше, чим більше метал перебуває в печі при високих температурах. Вигар тим менше, чим більше швидкість нагрівання. Для зменшення вигару процес горіння газів повинен протікати при найменшому надлишку повітря і з найбільшою повнотою, причому тиск у печі повинне бути позитивним.

На окислювання металу робить також вплив відношення поверхні металу, що нагрівається, до його об'єму: чим більше це відношення, тим більше окислювання металу. Це особливо варто враховувати при нагріванні злиwkів маючого більшу поверхню

Злиwки для прокатки слябів нагрівають у нагрівальних колодязях.

У відділенні нагрівальних колодязів є один загальний газовий колектор і 3 повітряних: у перший колектор нагнітають повітря вентилятори групи 1 - 6, у другий - вентилятори 7 - 11, у третій - 12 - 14 [5-6].

Основні розміри робочого простору осередків колодязів наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні розміри робочого простору осередків, мм [5]

Групи	Довжина	Ширина	Висота
1 -7, 12 -14	6900	2150	3320
8 -11	6600	2150	3320

Колодязі опалюються доменно-коковою сумішшю калорійністю 880-920 ккал/м³ з додаванням природного газу до калорійності 900-950 ккал/м³. Вищевказана калорійність суміші забезпечується роботою вузла збагачення, встановленого в трубопроводі доменного газу. Бригадир на ділянці основного виробництва підтримує шляхом зміни витрати коксового й природного газів на вузлі збагачення необхідну калорійність за завданням старшого нагрівальника.

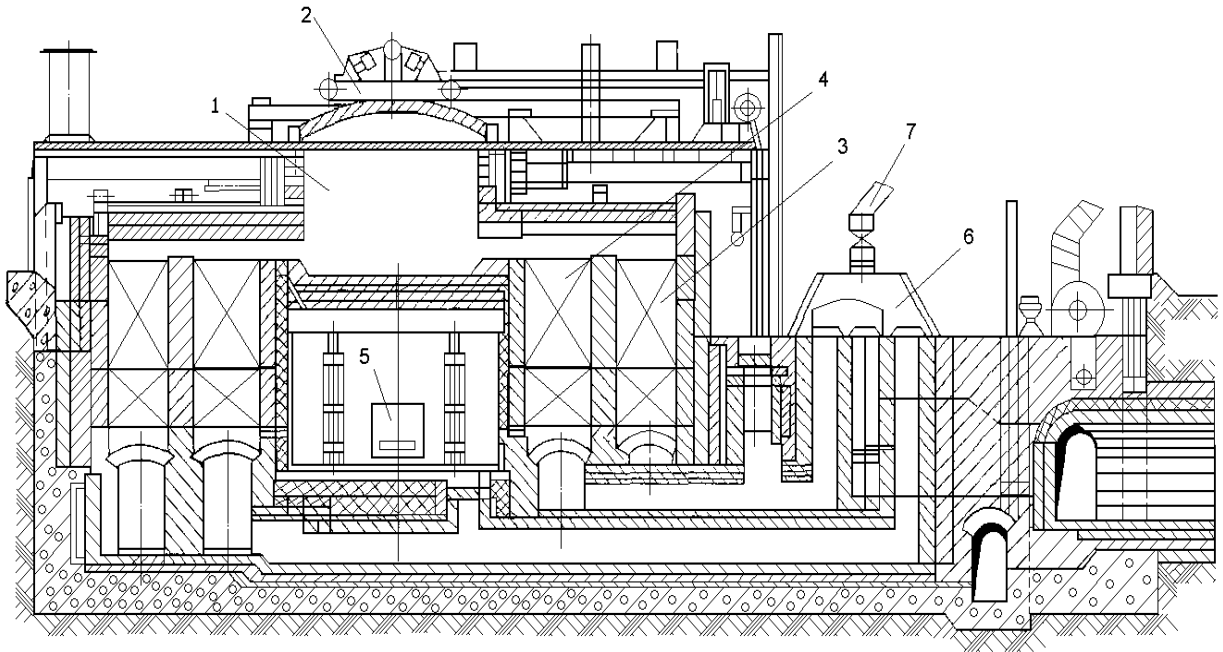


Рисунок 1.1 – Схема розрізу регенеративного колодязя: 1 – робоча камера; 2 – візок для відкриття кришок; 3 – регенератор повітряний; 4 – регенератор газовий; 5 – коридор жужільний; 6 – клапан газовий золотниковий; 7 – підведення газу до колодязя.

Камера являє собою самостійну нагрівальну піч, що має регенератори для підігріву газу й повітря. Для збирання продуктів згоряння кожна група

має свій димар, на групах 1 - 11 висота труби становить 50 м, на 12, 13 і 14 групах – 80 м.

Істотним недоліком колодязів є неоднакове розташування злиwkів щодо потоку тепла, а отже неоднакове їхнє нагрівання. Злиwки, розташовані з боку регенераторів, нагріваються швидше, ніж злиwки в середній частині камери. Механічне устаткування колодязів дуже громіздке що ускладнює їхню автоматизацію.

Характерним для сучасних прокатних цехів є гарячий посад злиwків у нагрівальні колодязі. До гарячого посаду звичайно відносять злиwки, з температурою 400-1000 °С, а до холодного – нижче 400 °С. Гарячий посад злиwків забезпечує значну економію, палива і збільшує продуктивність нагрівальних колодязів. За даними практики, при підвищенні температури злиwків при посадці на 50 °С продуктивність нагрівальних колодязів збільшується приблизно на 7%.

Зі зниженням температури злиwків при посадці значно збільшується тривалість нагрівання і витрата палива.

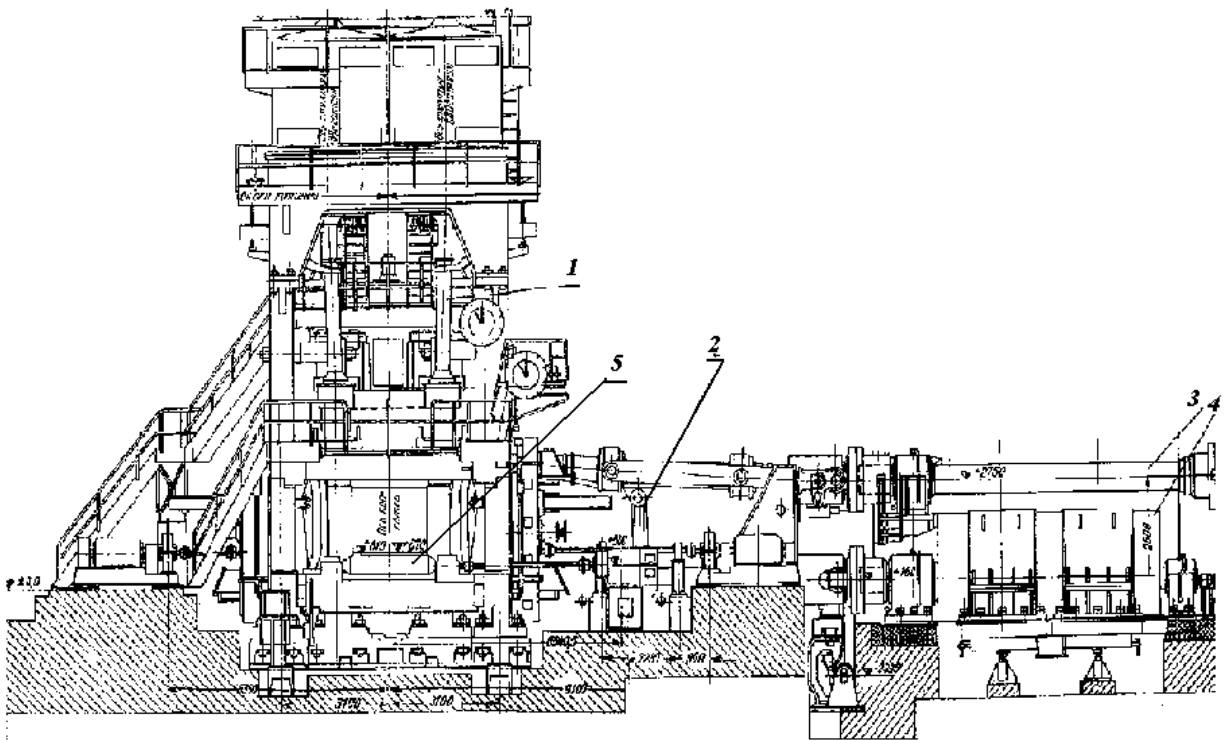
Так, при нагріванні холодних злиwків тривалість нагрівання майже у два рази більше, а витрата палива приблизно в три рази більше, ніж при нагріванні злиwків з температурою поверхні приблизно 800°С.

1.2 Прокатка слябів

В обтискному цеху для прокатки слябів використовується стан слябінг 1150 (рис.1.3). Горизонтальні валки мають циліндричні бочки діаметром 1150 мм і довжиною 2000 мм. Горизонтальні валки слябінга обертаються від індивідуальних двохякірних електродвигунів постійного струму кожний потужністю 7200 кВт через шпindel без шестеренної кліти. Розчин валків складає 80-900 мм, швидкість підйому валків – 150 мм/с, оберти валків у межах 0-53-80 об/хв. [5-8].

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 кожний 1250 кВт і числом обертів 0-66-78 у хвилину через довгі вертикальні (похилі) універсальні шпинделі.

Станини робочої кліти – самі відповідальні деталі прокатного стана. У них монтують подушки валків стана, а також інші пристрої й механізми, що забезпечують задану точність прокатки і продуктивність стана. Весь тиск металу на валки, що виникає при прокатці, сприймається станинами. Тому при конструюванні і виготовленні станин особлива увага приділяється їхній міцності і твердості.



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

Рисунок 1.3 – Головна лінія слябінга 1150

По конструкції станини ділять на дві групи: закритого і відкритого типу.

Станина закритого типу являє собою литу масивну тверду раму, у середині її зроблене вікно для установки в ньому подушок валків, унизу станина має припливи (лабети). У припливах передбачені отвори для болтів, якими станини кріплять до плитовин.

Станини цього типу, як більше міцні і тверді, застосовують у робочих клітках слябінгів.

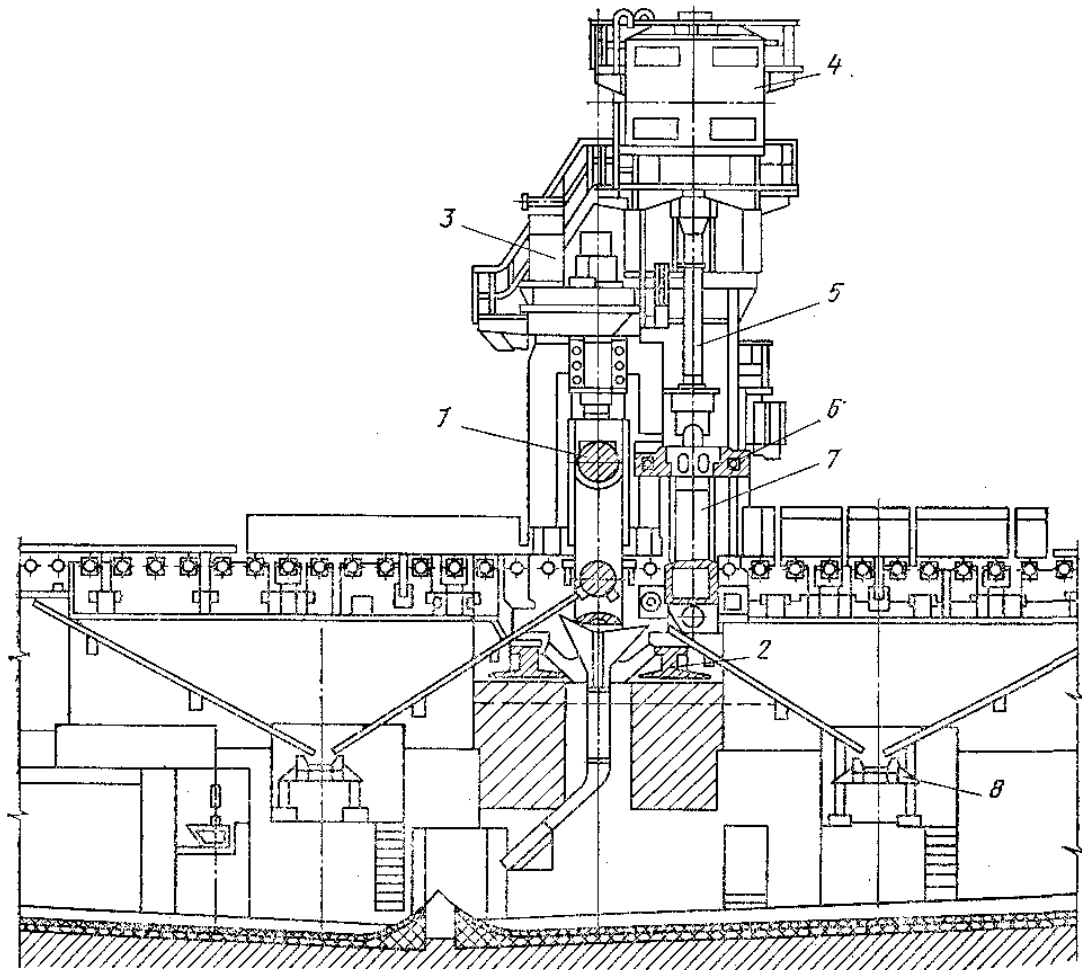
Розміри станин визначаються можливістю розміщення у вікні станини подушок валків і кінця натискного гвинта, а також необхідною міцністю і твердістю.

Для більшої надійності в роботі, як правило, станини виготовляють зі сталевого вуглецевого лиття. Станина – сама відповідальна частина прокатного стана, тому її варто виконувати з більшим запасом міцності. При поломці валків матеріал станин не повинен давати залишкових напруг.

Механізація збирання окалини

При роботі слябінгів велику увагу треба приділяти прибиранню окалини, яка дробиться і відокремлюється від смуги, що прокочується під час проходження її між валками і знаходження на рольгангах. Окалина накопичується під валками та рольгангами [8-12].

Якщо прийняти, що чад металу на блюмінгах і слябінгах становить 2% і що половина цього металу у вигляді окалини відокремлюється від злитків у нагрівальних колодязях, а інша половина - при прокатці, то при великій продуктивності сучасних великих блюмінгів і слябінгів кількість окалини, що підлягає стані, може сягати окремих випадках до 150—200 т на добу. Крім того, при прокатуванні злитків, особливо з окропу, від них відокремлюються шматки шлаку, кількість яких в окремих випадках може доходити до 20-30 т на добу. Цю окалину і шматки шлаку, які під робочу кліть і рольганги, необхідно своєчасно видаляти.



1

– валки горизонтальні; 2 – плитовина; 3 – станина лита сталева; 4 –
електродвигун для привода вертикальних валків; 5 – шпindel
універсальний; 6 – подушка; 7 – вертикальні валки

Рисунок 1.3 – Загальний вид робочої кліти слябінга 1150

Застосовують різні способи збирання окалини на блюмінгах та слябінгах.

Найкращим способом збирання окалини є гідравлічний, у якому окалина змивається водою. Недоліком цього способу є те, що великі шматки металу, що особливо відвалюються від злиwkів окропу, в цьому випадку видалити не можна.

1.3 Подальше вдосконалення слябінгів

У зв'язку з розширенням виробництва литих заготовок (блюмів та слябів) на установках безперервного розливання сталі надалі значення блюмінгів та слябінгів щодо зменшуватиметься. Однак їхня роль у найближчі роки, як і раніше, залишиться значною в області переробки великих злитків у блюми та сляби. Можна відзначити такі заходи для вдосконалення блюмінгів і слябінгів.

1. Механізація трудомістких операцій з очищення подін нагрівальних колодязів від сухого та рідкого шлаку.

2. Повна автоматизація процесу прокатки на стані, що досягається внаслідок застосування програмування (особливу складність становить автоматизація роботи маніпуляторів та кантувачів).

3. Скорочення часу, що витрачається на зміну валків завдяки удосконаленню пристроїв для перевалки та конструкції подушок валків з їх підшипниками (в даний час операція зміни валків займає 30-40 хв часу і більше).

4. Освоєння машин вогневої та механічної (фрезерної) зачистки блюмів та слябів та вибір оптимального способу зачистки гарячих блюмів та слябів на ходу при русі їх по рольгангу.

5. Поліпшення конструкції ножиць для різання блюмів і слябів головним чином з метою збільшення їхньої продуктивності (підвищення швидкохідності, в даний час механічні ножиці можуть здійснювати 6-8 різів на хвилину). Освоєння гідравлічних ножиць як найпростіших за конструкцією та зручних в експлуатації.

1.4 Аналіз температурно-теплового режиму нагрівання зливків з метою витрат металу

У роботі [15] розглянуте впровадження триступінчастого температурно-теплового режиму нагрівання зливків. Дана технологія дозволила збільшити вихід придатного з 94 до 98 % завдяки зменшенню головної й донною обрізі, зменшити витрату умовного палива на 2кг/т при зміні його состава й зниженні середньої вартості.

На рис. 1.4 показані результати вимірів температури по перетині зливків з осьової сталі (рис. 1.4, а) і сталі 35 (рис. 1.4. б).

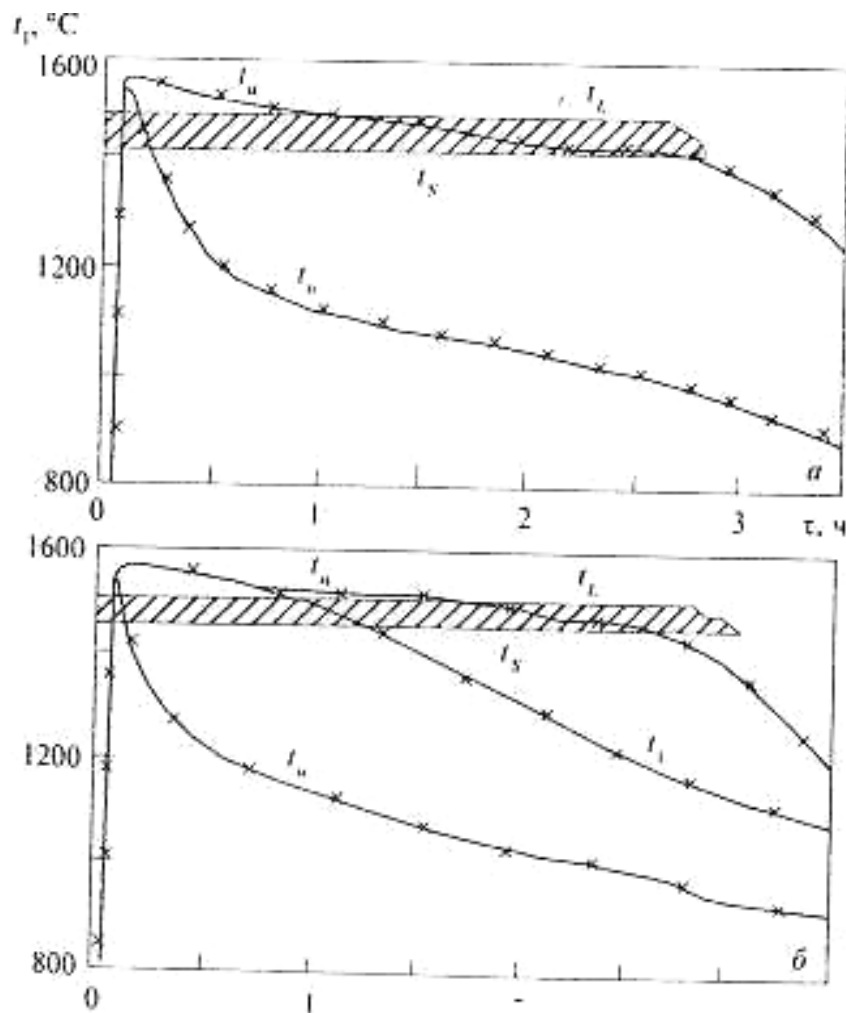


Рисунок 1.4 – Зміна температури по перетині слябінгового зливка при затвердінні й охолодженні осьової сталі (а) і сталі 35 (б)

Результати розрахунків дозволили авторам встановити, що хоча загальна тривалість нагрівання в розширених колодязях (діючих) у порівнянні з нерозширеними збільшується в середньому в 1,15-1,2 рази, але продуктивність збільшується й питома витрата палива зменшується (рис. 1.5, б) знижується також температура осередку при посадці зливків з однаковою початковою температурою.

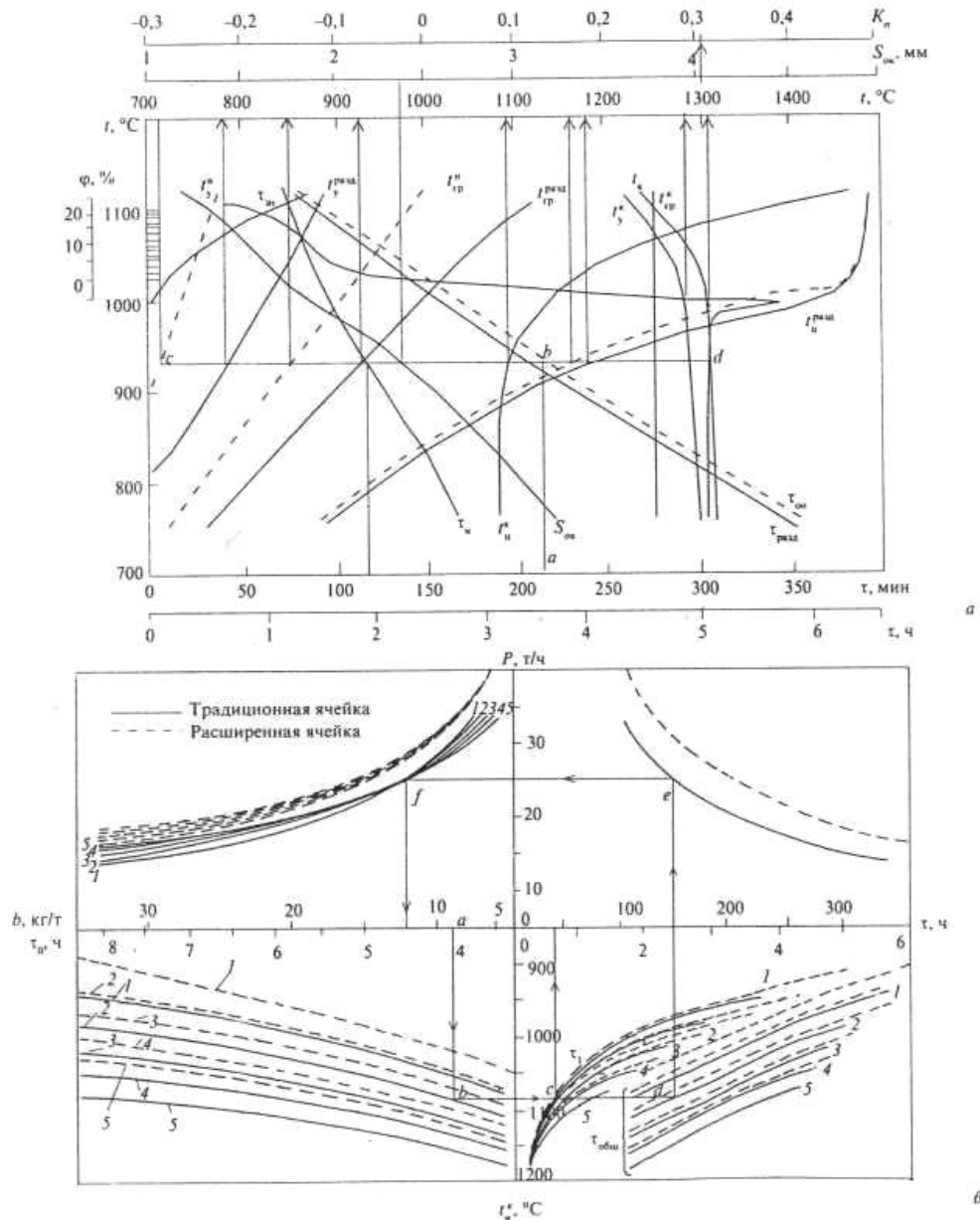


Рисунок 1.5 – Номограми для визначення параметрів сполученого теплотехнічного процесу (а) і показників нагрівального осередку регенеративного колодязя (б)

На рис. 1.6 показані температурні й теплові діаграми процесів нагрівання досліджуваного зливка з різним вмістом рідкої фази по запропонованому триступінчастому режимі й при різних початкових температурах осередку.

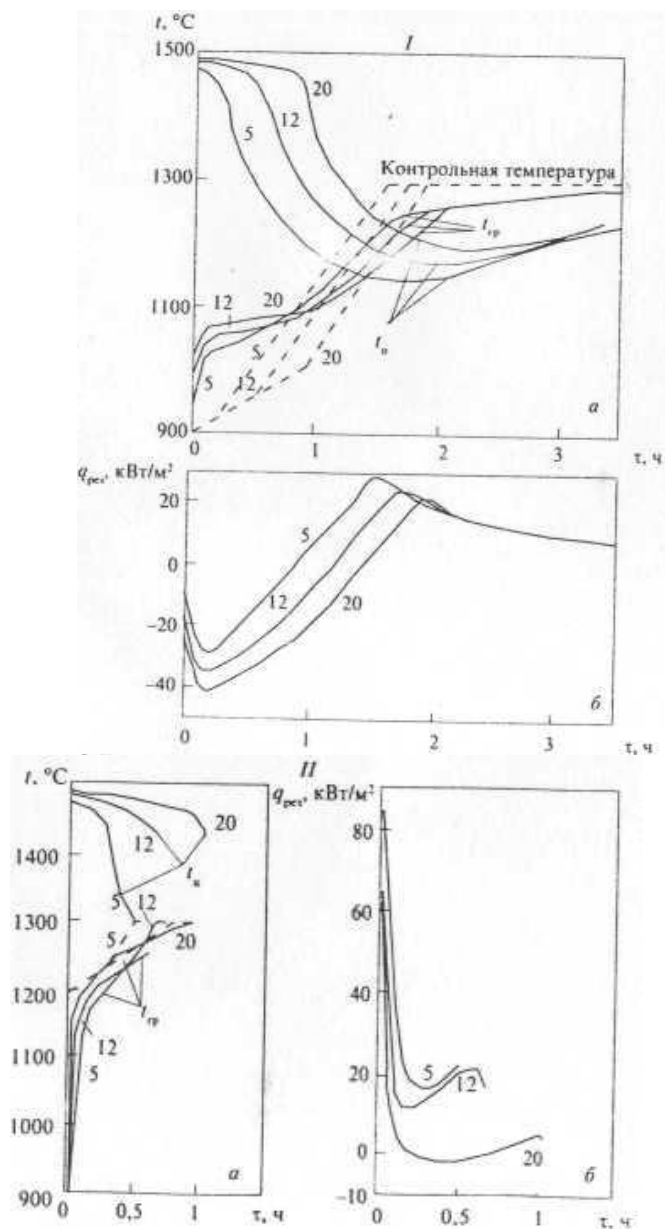


Рисунок 1.6 – Температурна (а) і теплова (б) діаграми нагрівання зливків з рідкою серцевиною по триступінчастому режимі при початковій температурі осередку 900 (1) і 1200 (2) °С

На рисунку 1.6 представлена номограма, що дозволяє залежно від потужності осередків і необхідної продуктивності визначити технологію нагрівання зливків з рідкою серцевиною по триступінчастому режимі.

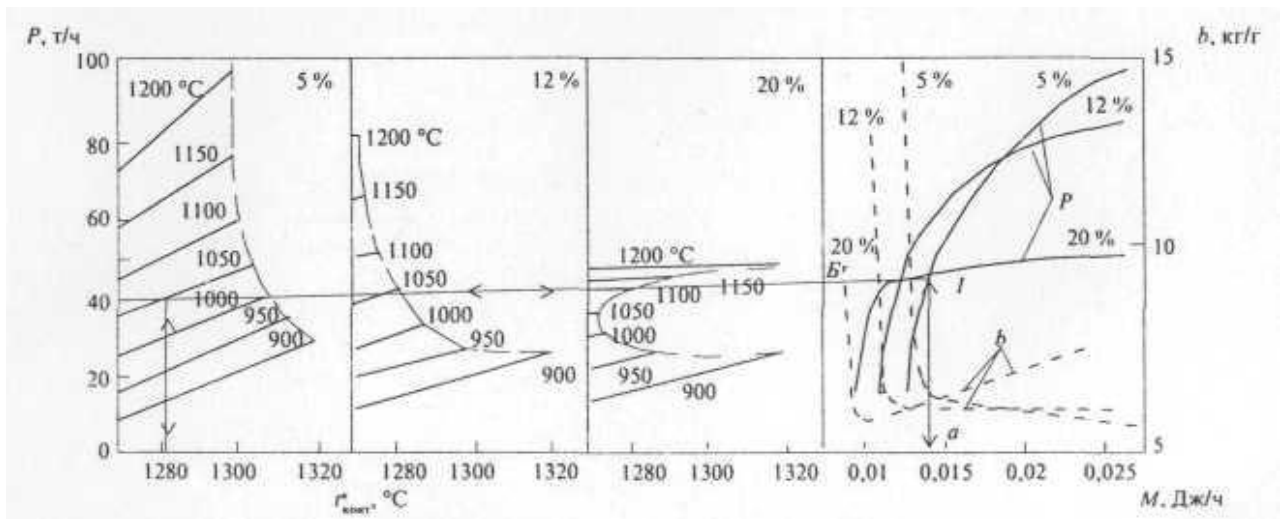


Рисунок 1.7 – Номограма для визначення технологічних параметрів нагрівання зливка з рідкою серцевиною (5, 12 і 20%)

Для вивчення можливості використання зливків з підвищеною теплоємністю для прокатки слябів у роботі [16] провели промисловий експеримент на плавці сталі СтЗпс. Метал гарячого посаду (900 °С) розділили на дві частини: зливки непарної половини плавки нагрівали за графіком.

Для зливків з підвищеною теплоємністю, парної - по звичайному. Порівняльна оцінка макроструктури слябів, прокатаних за дослідною й порівняльною половин плавки, не виявила істотних розходжень. При цьому сумарна величина обрізи на дослідній партії була на 2,1 % менше, ніж на порівняльній, внаслідок меншої витяжки кінцевих ділянок розкатів. На дослідній партії було залагоджено 20 % слябів із рванинами й 15 % із плівками, на порівняльній - 30 і 15 % відповідно. Після додаткових досліджень установили, що розроблена технологія дозволяє заощаджувати умовне паливо до 6 кг/т щодо існуючої технології.

Таким чином, використання зливків з підвищеною теплоємністю для виробництва слябів дозволило: знизити видатковий коефіцієнт сталі СтЗпс у середньому на 1,5 кг/т; сталі 10пс - на 4,8 кг/т. Завдяки поліпшенню якості поверхні додаткова обрізи через рванин зменшилася в 2 рази без погіршення

якості слябів по внутрішніх дефектах. Витрата палива на нагрівання зливків знизився на 6 кг/т.

У роботі [10] розглянута технологія нагрівання зливків під прокатку використовуючи рекуперативні колодязі з опаленням із центра подини й рідким шлаковидаленням. Колодязі опалюються сумішшю природного й доменного газу. Для інтенсифікації горіння в період підйому температури подається технологічний кисень.

Температурно-тимчасові параметри нагрівання, видачі й прокатки показані на рис. 1.8, а і 1.8, б. Якість металу оцінена балом 3.

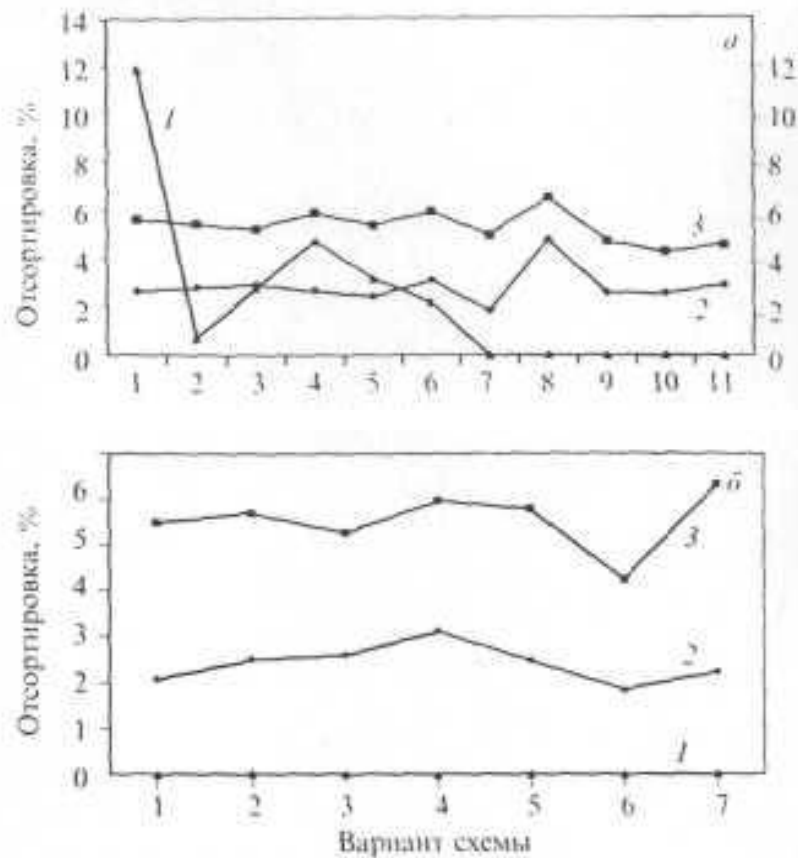


Рисунок 1.8 – Відсортування за формою зливка (1), тривалість томління (2) і загальний час нагрівання (3) у зимовий (а) і літній (б) періоди

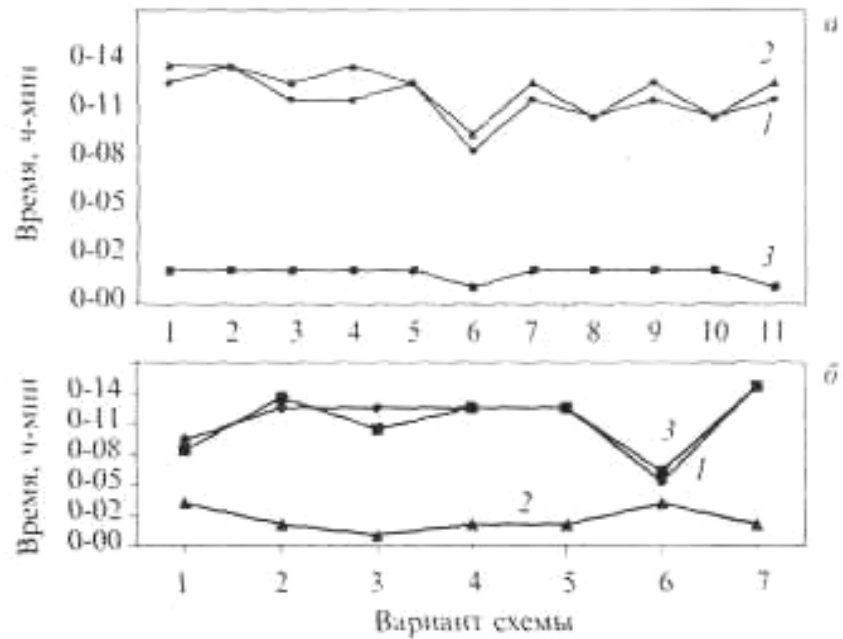


Рисунок 1.9 – Тривалість видачі (1), час проходження зливків від колодязя до ПУ-2(2) і прокатки (3) у зимовий (а) і літній (б) періоди

Таким чином, оптимальними варіантами нагрівання зливків у зимовий період після подачі в осередок шлакоутворюючої суміші й видалення шлаків можна вважати варіант 7 – розігрів осередку перед заправленням до 1400 °С, заправлення шлакоутворюючої сумішшю, повторний розігрів до цієї температури протягом 20-30 хв, посад зливків; варіант 9 – згін шлаків, заправлення осередку шлакоутворюючої сумішшю, розігрів до 1350 °С, витримка протягом 30-40 хв. посад. У літній період оптимальним є варіант 1: заправлення шлакоутворюючої сумішшю, розігрів до 1400 °С, витримка протягом 1 годин, посад зливків.

Представлені в роботі [8] результати досліджень дозволили зробити висновок про те, що при транзитній прокатці слябів на ШСГП показники якості продукції відповідають необхідним значенням у тому випадку, якщо виконуються регламентовані температурно-деформаційні умови прокатки і змотування штаб.

На рис. 1.10 показана залежність між середньою температурою поверхні розкату на виході й чорновій групі клітей ШСГП і питомими

енерговитратами при прокатці відповідного зливка й слябінгу (такі залежності знайдені практично для всього сортаменту металу). Лінії, перпендикулярні осі абсцис (питомих енерговитрат), показують пре ділові температури розкату за кліттю 4 стани 1680 при яких проходить транзитна прокатка.

У роботі [9] рис. 1.11, *a* показані розрахункові залежності температури поверхні слябів різної товщини від тривалості охолодження металу після різання на ножицях. Пунктирними лініями відзначені моменти часу $\tau = 40$ с і $\tau = 60$ с, приблизно відповідної тривалості охолодження головних і нижніх слябів. На початковому етапі транспортування (охолодження) сляба (~ 10 с) відбувається досить інтенсивний розігрів поверхні металу, другий період характеризується зниженням швидкості розігріву поверхні й поступовим охолодженням поверхні сляба. Температура поверхні металу в цей період змінюється на 3-4 °С, тривалість періоду — близько 20 с. Надалі спостерігається практично лінійне зниження цієї температури.

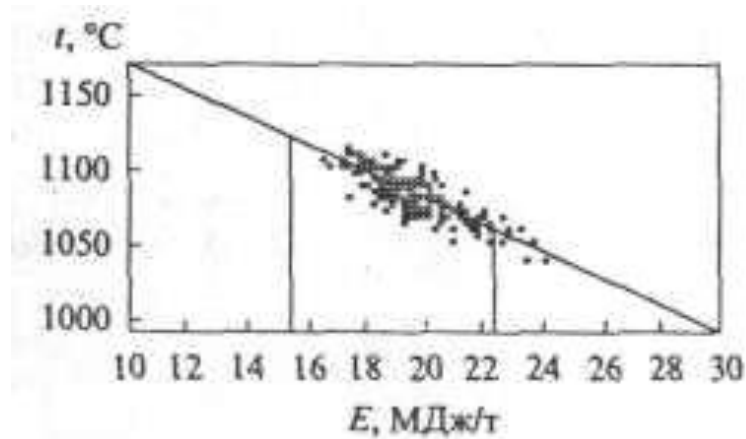


Рисунок 1.10 – Залежність середньої температури поверхні розкату після кліті 4 ШСГП від питомих енерговитрат при прокатці зливка типу 2Б (перетин меншої підстави 720x1350 мм, більшого - 780x1400 мм, маса 16 т) на слябінгу (сталь 08пс, розміри після прокатки 1210x130 мм): розрахункові (суцільна лінія) і досвідчені (крапки) значення

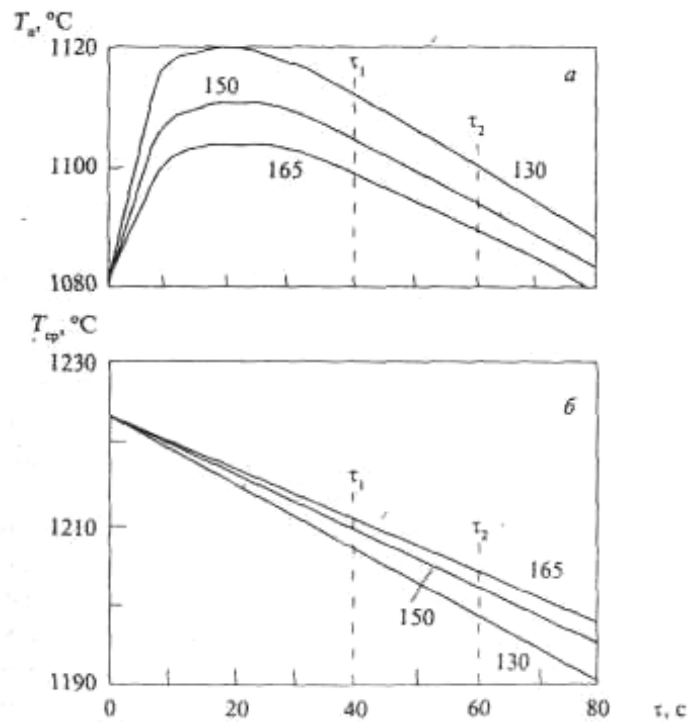


Рисунок 1.11 – Зміна температури поверхні слябів (а) і середньої температури по перетині сляба (б) при транспортуванні до стана 1680: 40 с; $c = 60$ с; цифри в кривих – товщина сляба, мм

У роботі [10] на рис. 1.12 показаний розподіл температури слябів по перетині й у фіксовані проміжки часу для низьковуглецевої сталей. Істотна нерівномірність температури по перетині заготівлі спостерігається тільки в перші 500 хв послу виходу із МБЛЗ. При температурі поверхні менше 400 °С заготівлі остигають практично рівномірно по перетині.

При транзитній прокатці 95 % прокату в комплексі слябінг — стан 1680 ВАТ "Запоріжсталь" сумарна питома витрата палива й електроенергії зменшився з 145 до 42 кг/т и с 327,6 до 248,4 МДж/т. Таким чином, якщо постійно вести роботу під реалізації енерго- і матеріалозберігаючих заходів, то комплекси слябінг—ШСГП на діючих підприємствах можуть робити конкурентоспроможну продукцію.

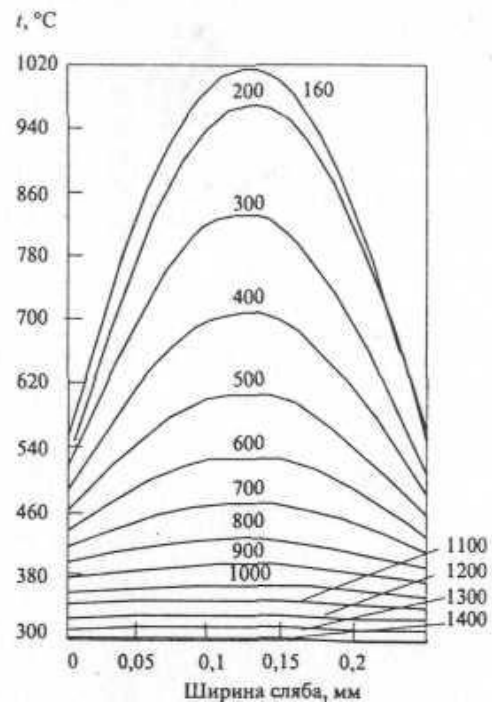


Рисунок 1.12 – Траекторія зміни температури по перетині сляба i у часі

2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Розрахуємо параметри деформації злитка 2Б типу перетином 780×1600 на сляб перетином 150×1150 мм.

Стан слябінг має діаметр валків $D = 1150$ мм, довжину бочки $L_6 = 2000$ мм, відстань між осями натискних гвинтів, $a = 2720$ мм, діаметр шийки $d_{ш} = 720$ мм, довжина шийки $l_{ш} = 720$ мм. Потужність головного привода для кожного валка по $N_{дв} = 7200$ квт. Твердість бочки валків – 50 HSD, середня температура злитка перед кліттю дорівнює $t = 1290^\circ \text{C}$ [12].

2.1 Розрахунок режиму деформації та енергосилових параметрів прокатки сляба перетином 150×1200 мм

З метою виявлення раціонального режиму деформації виконаємо розрахунок енергосилових параметрів прокатки сляба для трьох варіантів:

Варіант №1: дійсний режим обтиснень з технологічної інструкції меткомбінату ВАТ "Запоріжсталь";

Варіант №2: розрахунковий режим обтиснень за 13 проходів;

Варіант №3: розрахунковий режим обтиснень за 11 проходів;

Режим обтиснень за технологічною інструкцією приведено у таблиці 2.1. По таблиці 2.1 видно, що прокатка сляба перетином 150×1200 мм виконується за 13 проходів. У першому проході обтискається конусність злитка по висоті і ширині. Величина обтисків у горизонтальних валках обумовлена їх міцністю і потужністю двигуна, розмірами сляба.

Таблиця 2.1 Розподілення обтисків по проходах при прокатуванні сляба 150×1200мм із злитка розмірами $\frac{780 \times 1400}{690 \times 1360} \times 2200$ мм згідно технологічної інструкції (Варіант №1).

№ проходу	Горизонтальні валки		Установка вертикальних валків, мм	Δh_v , мм	ϵ	μ	L, м	V, м/с	l_d , мм	t, °C
	h, мм	Δh , мм								
1	670	110	1360	40	0,14	1,19	2,64	1,88	239,1	1200
2	615	55	1360	25	0,08	1,08	2,87	2,24	169,1	1199
3	560	55	1340	20	0,08	1,11	3,2	2,4	169,1	1198
4	510	50	1340	19	0,08	1,09	3,52	2,4	161,2	1195
5	455	55	1320	20	0,107	1,13	4	2,4	169,1	1189
6	405	50	1320	16	0,109	1,12	4,49	2,4	161,2	1182
7	350	55	1300	20	0,135	1,17	5,28	2,55	169,1	1169
8	305	45	1300	36	0,128	1,14	6,06	2,7	152,9	1156
9	260	45	1280	20	0,147	1,19	7,22	2,78	152,9	1139
10	220	40	1280	30	0,153	1,18	8,53	2,78	144,2	1122
11	180	40	1200	38	0,181	1,25	10,68	3,08	144,2	1100
12	152	28	1200	34	0,155	1,18	12,64	3,08	120,6	1084
13	150	2	1200		0,013	1,01	12,81	3,08	32,25	1070

Для прикладу виконаємо розрахунок теоретичного режиму обтиснень і енергосилових параметрів за 13 проходів за методикою В.О. Ніколаєва приведеною у [4].

Вихідні дані для розрахунку режиму деформації:

Злиток $\frac{780 \times 1500}{720 \times 1430} \times 2200$ мм на сляб 150×1200 мм. Сталь 08кп.

$D = 1150$ мм, $L_{\sigma} = 2000$ мм, $a = 2720$ мм, $d_{ш} = 720$ мм, $l_{ш} = 720$ мм, $N_{ог} = 7200$ кВт, 50HSD, $t = 1200^{\circ}\text{C}$

Для визначення раціонального режиму виконаємо розрахунок теоретично допустимих величин обтиснення виходячи з трьох умов.

2.2 Розрахунок допустимого обтиску та режиму деформації слябу

Визначення допустимого обтиску з умови захвату металу валками

Для рішення цього завдання знайдемо коефіцієнт тертя в сталому процесі і при захваті. Найгірші умови захвату мають місце в початкових проходах, при найбільш високій температурі металу – $t = 1200-1220$ °С.

$$f = f_0 \cdot k_B \cdot k_T \cdot k_M \cdot k_V \cdot k_{CM} \cdot k_E, \quad (2.1)$$

де f_0 – базовий коефіцієнт тертя; k_i – коефіцієнти враховуючий вплив різних факторів; k – стану поверхні валків; k_T – твердість поверхні валків; k – матеріалу сляба (штаби); k – окружної швидкості валків; k_{CM} – типу технологічного змащення; k – відносного обтиску.

Коефіцієнт тертя при захваті розкату валками дорівнює

$$f_3 = f \cdot k_3 \quad (2.2)$$

де f – коефіцієнт тертя в сталому процесі; k_3 – коефіцієнт, що враховує умови тертя при захваті.

Базовий коефіцієнт тертя дорівнює

$$f = 0,27 - 0,1 \left(\frac{t}{400} - 2 \right)^2, \quad (2.3)$$

де t - температура металу, °С.

Коефіцієнти k_T і k відповідно рівні:

$$k_T = 1 + 0,43 \left(1 - \frac{HSD}{65} \right)^2, \quad (2.4)$$

де HSD – твердість по шкалі Шора (при HSD > 65 – коефіцієнт $k_T = 1$);

$$\begin{aligned} k_V &= 0,76 + 0,82(1 + 0,1 \cdot v)^2 - \text{при } v < 10 \text{ м/с,} \\ k_V &= 0,76 \quad - \text{при } v \geq 10 \text{ м/с,} \end{aligned} \quad (2.5)$$

де v – окружна швидкість валків.

Коефіцієнт k для сталевих валків слябінга варто приймати в межах $k = 1-1,1$, коефіцієнт для маловуглецевої сталі дорівнює $k = 1,0$. Коефіцієнт k_{CM} для слябінга, валки якого охолоджуються водою, $k_{CM} = 1,0$. Коефіцієнт k для умови захвату приймають у межах $k_E = 0,9 - 1,0$.

Визначимо допустимий обтиск для перших проходів на слябінгу без первинної окалини на злитку (розкаті) при $t = 1200^\circ\text{C}$, швидкість валків при захваті $v_3 = 0,6$ м/с, твердість валків 50 HSD, діаметри валків після переточувань рівному ($k=1,0$)

$$D = 0,9 \cdot D_0 = 0,95 \cdot 1150 = 1093 \text{ мм:}$$

$$f_0 = 0,27 - 0,1 \left(\frac{1200}{400} - 2 \right)^2 = 0,17;$$

$$k_T = 1 + 0,43 \left(1 - \frac{50}{65} \right)^2 = 1,02;$$

$$k_V = 0,76 + 0,82(1,0 - 0,1 \cdot 0,6)^2 = 1,48;$$

$$f = 0,17 \cdot 1,05 \cdot 1,02 \cdot 1,0 \cdot 1,48 \cdot 1,0 \cdot 0,95 = 0,29 .$$

Коефіцієнт k_3 залежить від умов завдання розкату у валки. Якщо розкат заходить у валки при завданні рольгангом, то коефіцієнт k_3 варто

приймати рівним $k_3 = 1,35-1,6$. У розрахунку варто приймати гірші умови захвата розкату, тобто $k_3 = 1,35$ і тоді з формули (2.2) одержимо

$$f_3 = 0,29 \cdot 1,35 \approx 0,39.$$

Допустимий обтиск дорівнює:

$$\Delta h_d = 520 \cdot 0,39^2 = 79 \text{ мм.}$$

Оскільки допустимий обтиск перевищує практичні значення, то окружну швидкість при захопленні слябу доцільно збільшити до $v_3 = 1,0$ м/с ($n_3 = 18,4$ об/хв). У цьому випадку допустимий обтиск зменшується до $\Delta h_d = 75$ мм.

Допустимий обтиск виходячи з міцності валків

Сила прокатки, що допускається, визначається при напруженні $\sigma_3 = 120 - 140$ Н/мм². Валки зі сталі (55, 55Х и т. п.) і $x = 0,5$ ($a = 1360$ мм)

$$P_d = 0,1 \cdot D^3 \cdot \sigma_{uz} / (1 - x/a)x; \quad (2.6)$$

для шийки валка:

$$P_d = 0,4 \cdot d_u^3 \cdot \sigma_{uz} / l_u \quad (2.7)$$

$$P_d = 0,2 \cdot 1,09^3 \cdot 130 / 1,36 = 24,75 \text{ МН,}$$

по шийці

$$P_d = 0,4 \cdot 0,72^3 \cdot 130 / 0,72 = 27,3 \text{ МН.}$$

Міцність шийки, що допускається, на вигин більше, ніж по бочці, але варто мати на увазі, що в шейку ще діють напруги від крутного моменту.

Допустимий обтиск виходячи з міцності валка для проміжних проходів (ближче до останнього). Приймаємо наступні умови деформації металу: $D_0 = 1150$ мм, $\Delta h' = 30$ мм, $\Delta h'' = 60$ мм, $h_{cp} = 245$ мм, $t = 1180^\circ\text{C}$, сталь 08пс (хім. состав %: 0,08C; 0,11Si; 0,5Mn, 0,1Cr), орієнтовна швидкість прокатки $v = 2,5$ м/с, ширина $B = 1040$ мм.

Границя текучості металу:

$$\sigma_T = \sigma_{T\delta} \cdot k_t \cdot k_\varepsilon \cdot k_u, \quad (2.8)$$

де $\sigma_{T\delta}$ – базова границя текучості металу;

k_t , k_ε , k_u – коефіцієнти, що відповідно враховують температуру металу, відносне обтиснення, швидкість деформації.

Для маловуглецевої сталі:

$$\sigma_{T\delta} = 80 + 25 \left[1 - \left\{ (5 - N_1) / 4,5 \right\}^{1,8} \right], \quad (2.9)$$

де N_1 – сума хімічних елементів у сталі (без фосфору й сірки).

Для сталі вуглецевий еквівалент N_1 дорівнює, %:

$$N_1 = C + Si + Mn + Cr + Ni + Al + Cu;$$

$$N_1 = 0,08 + 0,11 + 0,5 + 0,1 = 0,79.$$

Базова границя текучості з формули (2.8) дорівнює:

$$\sigma_{T\delta} = 80 + 25 \left[1 - \left\{ (5 - 0,79) / 4,5 \right\}^{1,8} \right] = 82,8 \text{ Н/мм}^2.$$

Параметри деформації l_d/h_{cp} рівні:

$$l'_d = \sqrt{30 \cdot 520} = 125; \quad l_d/h_{cp} = 125/250 = 0,5;$$

$$l''_d = \sqrt{60 \cdot 520} = 177; \quad l_d/h_{cp} = 177/250 = 0,71.$$

Відносне обтиснення по формулі:

$$\varepsilon = \Delta h_i / (h_{cp} + 0,5 \cdot \Delta h')$$

дорівнює

$$\varepsilon' = 30 / (245 + 15) = 0,115; \quad \varepsilon'' = 60 / (245 + 30) = 0,215.$$

Швидкість деформації металу визначимо по формулі [3]:

$$u = \frac{v \cdot \varepsilon}{l_d} \tag{2.10}$$

$$u' = 2500 \cdot 0,115 / 125 = 2,3 \text{ c}^{-1};$$

$$u'' = 2500 \cdot 0,218 / 177 = 3,08 \text{ c}^{-1}.$$

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

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43 \left[1 - 6,3(0,5 - \varepsilon)^2 \right];$$

$$k_u = 0,22 + 0,072(7 + \ln u).$$

(2.11)

Маємо:

$$k_t = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1180}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,76;$$

$$k'_\varepsilon = 1 + 0,43 \left[1 - 6,3(0,5 - 1,115)^2 \right] = 1,03;$$

$$k''_\varepsilon = 1 + 0,43 \left[1 - 6,3(0,5 - 0,218)^2 \right] = 1,23;$$

$$k'_u = 0,22 + 0,072(7 + \ln 2,3) = 0,78;$$

$$k''_u = 0,22 + 0,072(7 + \ln 3,08) = 0,81.$$

Збираємо всі отримані дані відповідно для $\Delta h' = 30$ мм і $\Delta h'' = 60$ мм:

$$\sigma'_T = 82,8 \cdot 0,76 \cdot 1,03 \cdot 0,78 = 50,6 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma''_T = 82,8 \cdot 0,76 \cdot 1,23 \cdot 0,81 = 62,7 \text{ Н/мм}^2.$$

Середній нормальний тиск

$$p'_{cp} = 1,15 \cdot \sigma_T \cdot (1 + 0,145 \cdot ld/h_{cp}) \cdot [1 + (1,1 - ld/h_{cp})^2]. \quad (2.12)$$

$$p'_{cp} = 1,15 \cdot 50,6 \cdot (1 + 0,145 \cdot 0,5) \cdot [1 + (1,1 - 0,5)^2] = 84,9 \text{ Н/мм}^2$$

$$p''_{порівн} = 1,15 \cdot 62,7 \cdot (1 + 0,145 \cdot 0,71) \cdot [1 + (1,1 - 0,71)^2] = 91,6 \text{ Н/мм}^2$$

Сила прокатки відповідно дорівнює:

$$P = p_{cp} \cdot l_d \cdot B \cdot 10^{-6}, \text{ МН} \quad (2.13)$$

$$P' = 84,9 \cdot 125 \cdot 1040 \cdot 10^{-6} = 11,09 \text{ МН};$$

$$P'' = 91,6 \cdot 177 \cdot 1040 \cdot 10^{-6} = 16,94 \text{ МН}.$$

Визначимо допустимий обтиск із сили прокатки:

$$\Delta h_d = 30 + (16,94 + 11,09)(60 - 30)/(16,94 - 11,09) = 68,5 \text{ мм}.$$

У такий спосіб обтиск, що допускається при заданих умовах деформаціях не повинне перевищувати $\Delta h_d = 68$ мм. Збільшення або зменшення ширини сляба відповідно змінює обтиск. Приблизно цей зв'язок можна відбити вираженням:

$$\Delta h'_d = \Delta h_d \frac{1045}{B}, \quad (2.14)$$

$$\Delta h'_d = 68 \frac{1045}{1400} = 51 \text{ мм}.$$

де B – ширина сляба, що прокатується.

Приймаємо наступні умови деформації металу: $D_0 = 1150$ мм, $h' = 30$ мм, $h'' = 70$ мм, $h_{cp} = 250$ мм, $t = 1160$ С, сталь 08КП (хім. склад %: 0,11С; 0,03Si; 0,5Mn; 0,1Cr; 0,25Ni), орієнтовна швидкість прокатки $v = 2,37$ м/с, ширина $B = 1250$ мм.

2.3 Визначення допустимого обтиску, виходячи з потужності двигуна

У першу чергу варто визначити крутний момент прокатки для $\Delta h' = 30$ мм і $\Delta h'' = 60$ мм, по формулі:

$$M = \psi \cdot l_d \cdot P, \quad (2.15)$$

де ψ – коефіцієнт положення рівнодіючих сил у осередку деформації

$$\psi = 0,79 - 0,887 \frac{l_d}{h_{cp}} + 0,444 \left(\frac{l_d}{h_{cp}} \right)^2 \quad (2.16)$$

Для $l_d/h_{cp} = 0,5$ одержимо

$$\psi = 0,79 - 0,887 \cdot 0,5 + 0,444 \cdot 0,25 = 0,457;$$

$$M' = 0,457 \cdot 0,125 \cdot 15,2 = 0,87 \text{ МН}\cdot\text{м}.$$

Для $l_d/h_{cp} = 0,71$ маємо $\psi = 0,39$ і $M'' = 1,47$ МН·м (для одного валка).

Номінальний момент на валу одного двигуна при номінальному числі обертів $n_{ном} = 53$ об/хв визначимо з формули (МН·м)

$$M_{ном} = \frac{N_{дв} \cdot R \cdot \eta}{960 \cdot v_{ном}};$$

$$v_{ном} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ном}}{60}.$$

Вирішуючи спільно ці вираження, одержимо:

$$M_{ном} = \frac{N_{ном} \cdot \eta}{100 \cdot n_{ном}}, \quad (2.17)$$

або для одного двигуна маємо

$$M_{ном} = \frac{7200 \cdot 0,95}{100 \cdot 53} \approx 1,3 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Обтиснення, що допускає, дорівнює

$$\Delta h_d = \Delta h' + (M_{ном} - M')(\Delta h'' - \Delta h') / (M'' - M'); \quad (2.18)$$

$$\Delta h_d = 30 + (1,3 - 0,87)(60 - 30) / (1,47 - 0,87) = 51,2 \text{ мм.}$$

Таким чином, обтиснення, що допускається на слябінгу лімітується в перших проходах умовами захвата ($\Delta h_d = 75$ мм), а в останніх крутним моментом прокатки ($\Delta h_d = 51$ мм).

З метою забезпечення міцності деталей головної лінії стану приймаємо середній обтиск 51-75мм. При цьому середній обтиск вважаємо рівним:

$$\Delta h_{cp} = \frac{51 + 75}{2} \cdot 0,9 \approx 56 \text{ мм}.$$

У разі використання транзитної (прямої) прокатки на широкоштабовому стані злиток задають в валки товстої донної частиною і

тому $h_1 = 75$ мм. Крім того, в передостанньому (парному) проході виконують невеликий обтиск з метою зменшення поперечної різнотовщинності в межах $h_{\text{ч}} = 10-20$ мм. В останньому (непарному) проході верхній валок піднімають на 5-10 мм з метою зменшення висоти крайових висотних напливів. Таким чином, на інші проходи доводиться сумарний обтиск, який визначається виразом (сляб $h = 160$ мм):

$$\begin{aligned}\sum \Delta h &= H_0 - h - \Delta h_1 - \Delta h_{\text{ч}} ; & (2.19) \\ \sum \Delta h &= 780 - 160 - 75 - 20 = 525 \text{ мм} .\end{aligned}$$

Сумарну кількість проходів знаходимо за формулою:

$$\begin{aligned}n &= 3 + \sum \Delta h / \Delta h_{\text{cp}} ; & (2.20) \\ n &= 3 + 525 / 56 = 12,4 ,\end{aligned}$$

де 3 – число проходів (перший, передостанній і останній); Δh_{cp} - середній обтиск.

Змінюємо дробове число до цілого в бік збільшення, тобто до $n = 13$. Разом зі збільшенням числа проходів зменшується середній обтиск до:

$$\Delta h = \Delta h_{\text{cp}} \frac{12,4}{13} = 56 \cdot 0,96 \approx 54 \text{ мм}.$$

Відповідно до того, що в останніх проходах обтиск не повинен перевищувати $\Delta h_{\text{д}} = 51$ мм, приймаємо в першій частині проходів $\Delta h = 60$ мм, а в другій $\Delta h = 50$ мм (табл. 2.1).

У табл. 2.1 представлені також дані про довжину одного розкату в кожному проході. Розрахунок коефіцієнта витяжки виконаний з урахуванням обтиску вертикальними валками, але без урахування теплового розширення

металу. Величини оборотів валків при захваті і викиді (n_3 і n_B) прийняті $n_3=10-30$ 1/хв, $n_B=15-50=1/хв$.

Величина обтиску $\Sigma\Delta h_B$ вертикальними валками обумовлена різницею розмірів ширини злитка (ΔB) і слябу, і величиною розширення в горизонтальних валках (Δb). Величина ΔB розподіляється на кілька проходів. Так, в першому проході приватний обтиск Δh_B , в залежності від величини ΔB , становить $\Delta h_B = 10-60$ мм. У другому проході розчин між вертикальними валками b_p залишають без зміни. У цьому проході вертикальні валки обжимають тільки подвійне розширення в горизонтальних валках ($\Sigma b_{1,2}$). Як впливає з табл. 2.1, такі установки вертикальних валків виконували в кожному непарному проході. Сумарне зменшення ширини злитка до ширини сляба склало:

$$\Delta B = B_{cl} - b = 1600 - 1400 = 200 \text{ мм}.$$

Величина розширення металу в горизонтальних валках залежить від форми поперечного перерізу розкату. При прокатці розкату в непарних проходах, після виходу його з вертикальних валків поперечний переріз розкату має крайові висотні напливи, які сприяють утворенню істотного вимушеного розширення металу. У парних проходах прокатується розкат, що має перетин, близьке за формою до плоского і складова вимушеного розширення відсутня. З цієї причини розширення в горизонтальних валках в непарних проходах завжди менше, ніж в парних проходах.

Результати обробки фактичних режимів деформації розкатів на слябінгу ПАТ «Запоріжсталь» дозволило встановити певні залежності. Залежність $\Delta b = f(\varepsilon)$ описується наступними виразами:

– непарні проміжні проходи:

$$\Delta b = 16 + 100(\varepsilon - 0,05)^{0,48} \quad (2.21);$$

- парні проходи (крім останнього)

$$\Delta b = 5 + 24(\varepsilon - 0,05)^{0,5} \quad (2.22)$$

де ε – відносний обтиск ($\varepsilon = \Delta h / H$);

H і Δh – вихідна товщина і абсолютний обтиск в даному проході горизонтальними валками.

$$\varepsilon_1 = \frac{75}{780} = 0,096;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{65}{705} = 0,092.$$

У першому проході для всіх випадків приймається $\Delta b = 15$ мм, в передостанньому непарному проході можна приймати $\Delta b = \Delta h$ (де Δh - обтиск в даному проході), а величину Δh приймають рівною $\Delta h_{\text{пч}} = (0,8-1,0)\Delta h$ ($\Delta h_{\text{пч}}$ - обтиск в непарному передостанньому проході; Δh - максимальний обтиск в проміжних проходах).

Для проходу I отримаємо (горизонтальні валки):

$$n_{\text{мр}} = 49 \sqrt{\frac{2,53}{3,14 \cdot 1,15} + \frac{100}{3600} + \frac{225}{7200}} = 42 \text{ хв}^{-1}.$$

Середня швидкість валків ($n_{\text{мр}} < n_{\text{м}}$):

$$v = \frac{1,15}{38,3} (42 + 12,5) = 1,7 \text{ м/с}.$$

Зміна температури по проходах приблизно можна визначити по вираженню:

$$\Delta t = 240(1 - h/H)^3; \quad (2.23)$$

$$t_i = t_1 - \Delta t,$$

де t_i – температура металу в наступному проході;

t_1 – температура розкату після першого проходу.

Приймаючи вихідну температуру рівної $t_1 = 1240^\circ\text{C}$ для другого проходу одержуємо:

$$\Delta t = 240(1 - 705/780)^3 \approx 1^\circ\text{C}.$$

Температура металу після проходу дорівнює

$$t_2 = 1240 - 1 = 1239^\circ\text{C}.$$

Розподілення обтиснень по проходах:

У першому проході величина обтиснення обмежується умовами захвату і дорівнює 65 мм, далі величину обтиснення поступово зменшуємо, що обумовлено зниженням температури розкату.

Визначення швидкісного режиму прокатки

Приймаємо наступні частоти обертання по етапам прокатки слябів (таблиця 2.2)

I - початкові проходи

II - середні проходи

III - передостанні проходи

IV - останній прохід

Таблиця 2.2 Приблизні величини чисел оборотів при захопленні, викиданні і максимальні.

Етапи прокатки сляба	При захопленні n_3 , об/хв.	При викиданні n_b , об/хв.	Максимальне число обертів n_m ,
----------------------	-------------------------------	------------------------------	-----------------------------------

			об/хв.
I	15	20	60
II	30	40	60
II	40	45	60
IV	40	45	60

Визначимо максимальну частоту n_{mp} за формулою:

$$n_{mp} = 49 \sqrt{\frac{L_i}{\pi \cdot D} + \frac{n_3^2}{3600} + \frac{n_6^2}{7200}}$$

де L_i - довжина подвійного розкату у проході

Довжина L_i визначаємо з виразу:

$$L_i = L_{сл} \cdot \mu_{\Sigma}$$

де $L_{сл}$ - довжина слитка

μ_{Σ} - сумарний коефіцієнт витяжки за n -ну кількість проходів

Для останнього проходів максимальне значення обертів валків визначаємо з формули:

$$n_{mp} = 60 \sqrt{\frac{L}{\pi \cdot D} + \frac{n_3^2}{3600}}$$

Середню швидкість в даному проході орієнтовно визначаємо за формулою:

при $n_{mp} < n_m$

$$v = \frac{D}{38,3} [n_{mp} + 0,5(n_3 + n_6)]$$

при $n_{mp} > n_m$

$$v = \frac{D}{38,3} [n_m + 0,5(n_3 + n_6)]$$

Визначення розрахункових максимальних значень обертів валків у кожному проході і середньої швидкості прокатки

$$n_{mp} = 49 \sqrt{\frac{2,47}{3,14 \cdot 1,15} + \frac{15^2}{3600} + \frac{15^2}{7200}} = 43,22 \text{ хв}^{-1}$$

Середня швидкість валків з формули

$$v = \frac{D}{38,3} [n_{mp} + 0,5(n_3 + n_6)]$$

$$v = \frac{1,15}{38,3} [43,22 + 0,5(15 + 15)] = 1,75 \text{ м / с}$$

Розрахункові значення середньої окружної швидкості валків наведені у таблиці 2.2.

Втрати температури у і-тому проході приблизно можна визначити з виразу

$$\Delta t_{\Sigma} = 240(1 - h_i/h_1)^3$$

$$t_i = t_1 - \Delta t_{\Sigma}$$

де t_i – температура металу в текучому проході; t_1 – температура розкату після першого проході; h_i - товщина розкату після першого проході; h_1 - товщина полоси після першого проході.

Приймаючи вихідною температуру рівну $t_1=1240^\circ\text{C}$ для першого проходу отримуємо:

$$\Delta t_1 = 240\left(1 - \frac{650}{715}\right)^3 = 1^\circ\text{C}$$

Температура металу після проходу дорівнює:

$$t_1 = 1200 - 1 = 1199^\circ\text{C}$$

Після шостого проходу

$$\Delta t_6 = 240\left(1 - \frac{405}{715}\right) = 19^\circ\text{C}$$

$$t_6 = 1181^\circ\text{C}$$

У останньому проході падіння температури прийнято рівним 14°C

Визначення енергосилових параметрів прокатки (горизонтальні валки)

Напруження плинну металу визначимо по приведеним вище виразам:

Базове напруження течії для киплячої сталі 08кп дорівнює $\sigma_{T\delta} = 84,68 \text{ Н / мм}^2$. Відносний обтиск $\varepsilon_1 = 0,08$, довжина дуги контакту $l_d = 183,85 \text{ мм}$, $l_d / h_{cp} = 0,25$, окружна швидкість валків $v = 1,75 \text{ м/с}$, температура металу $t = 1200^\circ\text{C}$ (таблиця 4.3 перший прохід)

Визначимо коефіцієнти k_t, k_ε, k_u по формулам (4.15):

$$k_t = 1,66 - 1,1 \left(\frac{1200}{400} - 2 \right)^{0,7} = 0,56$$

$$k_\varepsilon = 1 + 0,43 \left(1 - 6,3(0,5 - 0,08)^2 \right) = 0,96$$

$$u = (2320 \cdot 0,141) / 251,5 = 1,3c^{-1}$$

$$k_u = 0,22 + 0,072(7 + \ln 0,79) = 0,71$$

Визначимо значення напруження плинину за формулою (4.10):

$$\sigma_T = 84,68 \cdot 0,56 \cdot 0,96 \cdot 0,71 = 32,19 \text{ Н / мм}^2$$

Середнє нормальне контактне напруження визначимо за формулою (2.16):

$$p_{cp} = 1,15 \cdot 32,19 (1 + 0,145 \cdot 0,25) \left[1 + (1,1 - 0,25)^2 \right] = 66,29 \text{ Н / мм}^2$$

Сила прокатки по (4.17) дорівнює:

$$P = 66,29 \cdot 183,85 \cdot 1250 \cdot 10^{-6} = 15,24 \text{ МН}$$

Визначимо коефіцієнт положення рівнодіючої сил ψ і крутящий момент прокатки по формулам (4.19; 4.20):

$$\psi = 0,79 - 0,887 \cdot 0,25 + 0,444 \cdot 0,25^2 = 0,6$$

$$M = 0,6 \cdot 0,183 \cdot 15,24 = 1,68 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Потужність двигуна для двох валків визначаємо за виразом:

$$N_{\text{дв}} = 2 \cdot 960 \cdot M \cdot v / R \cdot \eta,$$

$$N_{\text{дв}} = 2 \cdot 960 \cdot 1,68 \cdot 1,75 / 0,575 \cdot 0,95 = 10303 \text{ кВт}$$

що менше допустимої потужності встановленого двигуна (13200кВт).

Для перевірки двигуна на перегрів необхідно виконати розрахунок еквівалентного моменту для усіх проходів. При цьому умова відсутності перегріву двигуна має наступний вид:

$$M_{\text{эк}} < M_{\text{ном}},$$

де $M_{\text{эк}}$ - еквівалентний момент на валу двигуна; $k_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} / M_{\text{ном}} > 1$ - коефіцієнт перевантаження для реверсивних станів, $k_{\text{дв}} = 2 \dots 2,5$; $M_{\text{дв}}$ - розрахунковий момент прокатки.

Еквівалентний момент визначається з формули:

$$M_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{\sum M_{\text{дв}}^2 \cdot \tau_{\text{м}} + \sum M_{\text{хх}}^2 \cdot \tau_{\text{п}}}{\tau_{\text{м}} + \tau_{\text{п}}}},$$

де $M_{\text{хх}}$ - момент холостого ходу ($M_{\text{хх}} \approx 0,05 M_{\text{дв}}$); $\tau_{\text{м}}$ і $\tau_{\text{п}}$ - машинний час і час пауз у проході, с.

$$k_{\text{дв}} = \frac{3,35}{4,56} = 0,73$$

$$M_{\text{эк}} = \sqrt{\frac{3,35^2 \cdot 1,61 + (0,05 \cdot 3,35)^2 \cdot 2,5}{1,61 + 2,5}} = 2,1 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$2,1 < 2,28$ - перегріву двигуна немає.

Аналогічно розраховуємо енергосилові параметри у інших проходах. Результати розрахунку представлені у таблиці 2.3.

Виконаємо розрахунок енергосилових параметрів прокатки сляба за варіантом №1 для існуючого режиму деформації. Розрахунок виконуємо аналогічно як і для варіанту №2.

Результати розрахунку енергосилових параметрів прокатки для існуючого режиму за всіма варіантами приведено графічно на рисунках далі.

По результатам розрахунку енергосилових параметрів можна сказати, що стан працює не на повну потужність, тому можна спробувати розрахувати режим деформації сляба перетином 150×1200 мм за 11 проходів.

Зменшення кількості проходів будемо робити за рахунок збільшення середнього обтиснення по проходам.

Обтиснення по проходам розподіляємо виходячи із максимально допустимого обтиснення, тому у першому проході обтиснення складає 74мм, а в інших проходах обтиснення не перевищують допустимі обтиснення з умови міцності валків і величини крутного моменту.

2.4 Результати розрахунків режимів деформації на слябінгу 1150

За результатами розрахунків побудували графіки залежності основних енергосилових параметрів від номеру проходу, рисунки 2.1-2.4, на рисунках 1 - 13 проходів згідно інструкції; 2 - 13 проходів згідно розрахунку; 3 - 11 проходів.

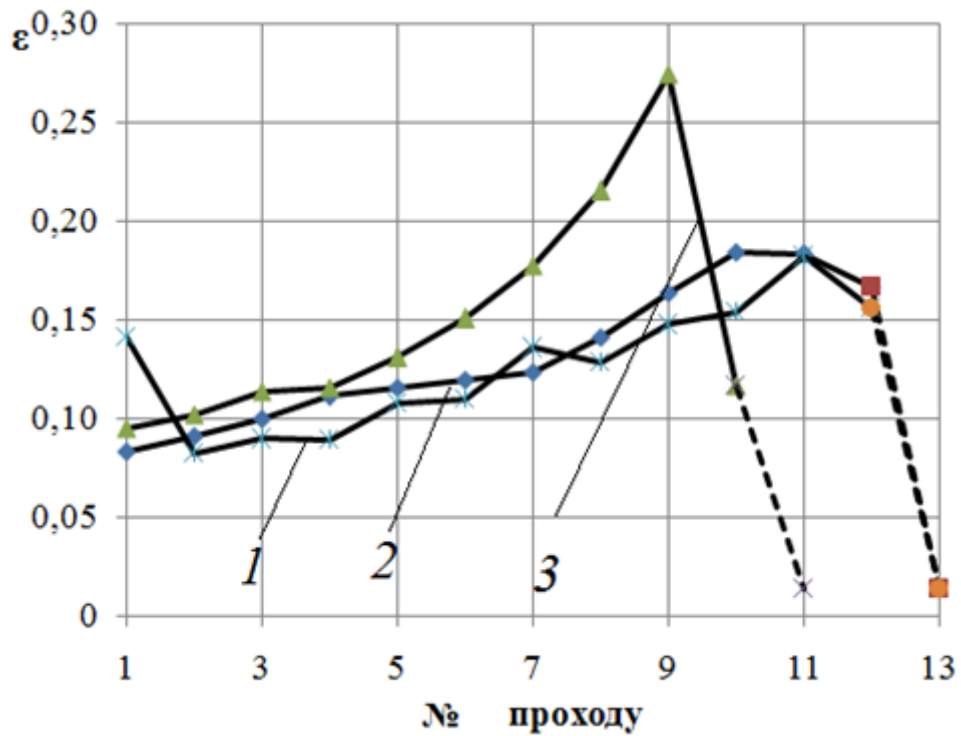


Рисунок 2.1- Зміна відносного обтиску за проходами

На рисунку 2.1 представлено змінення відносного обтиску за номером проходу

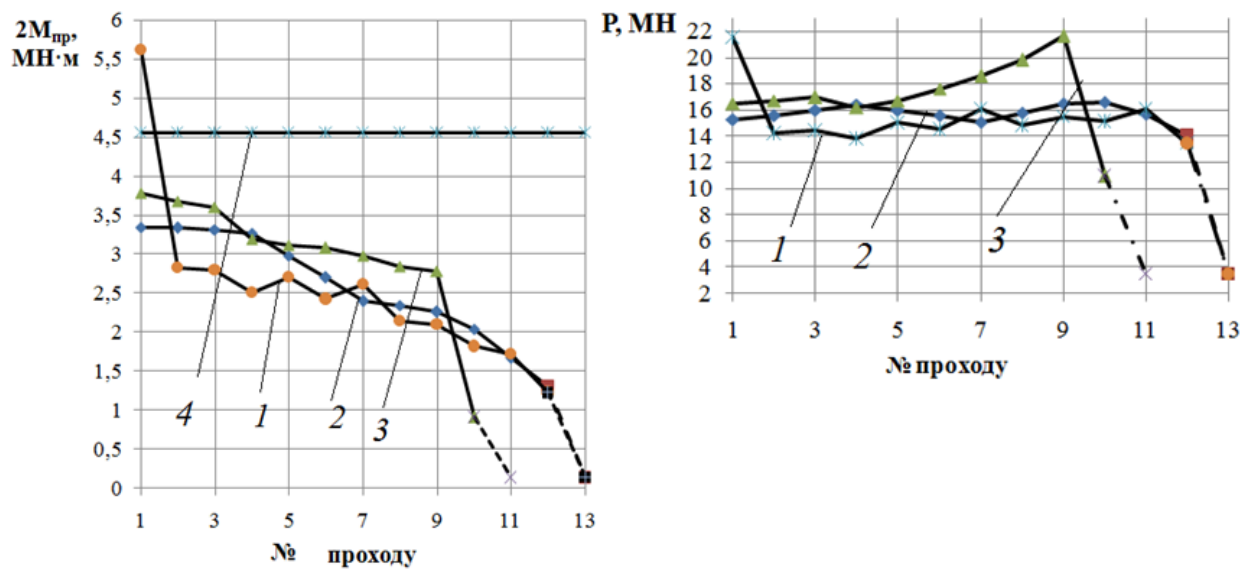


Рисунок 2.2 Зміна моменту прокатки та сили прокатки по проходам сили прокатки по проходам

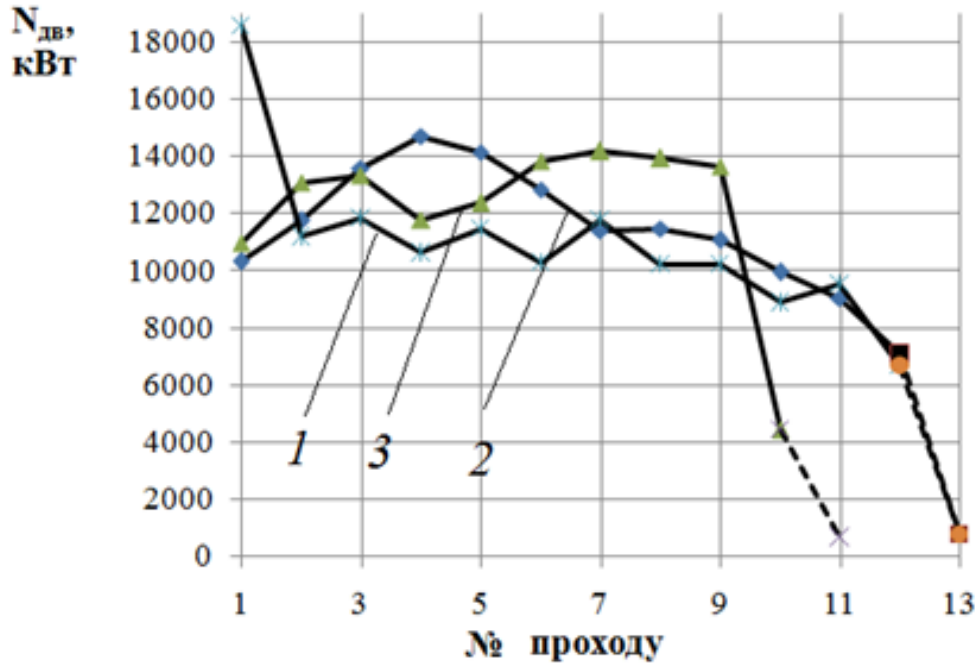


Рисунок 2.3 Розподіл потужності двигуна по проходам.

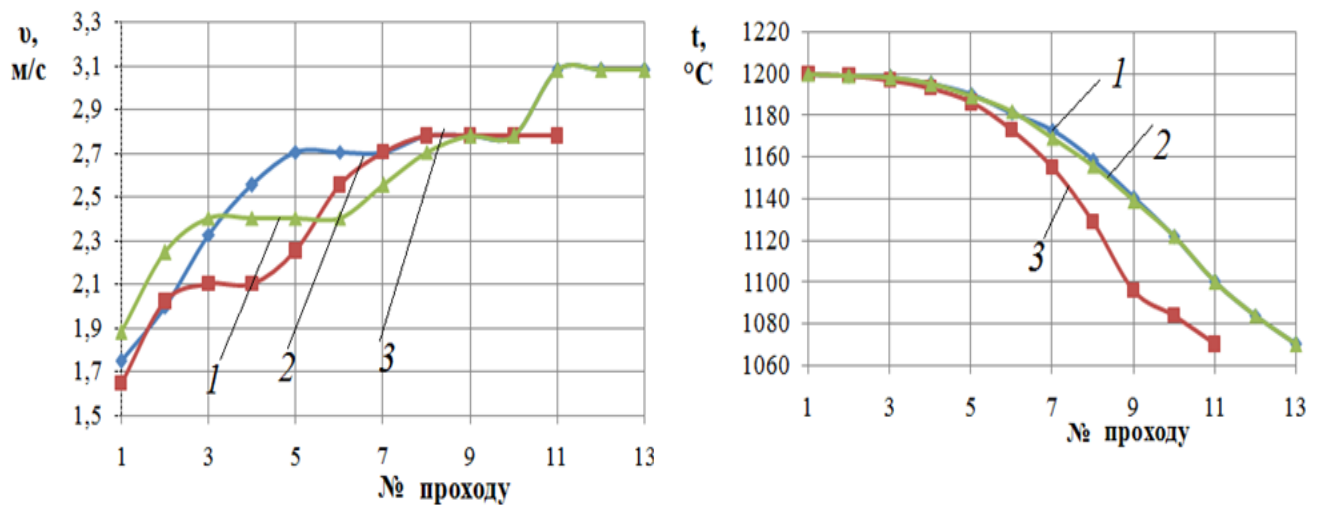


Рисунок 2.4 Зміна швидкості прокатки та температури металу по проходам

По графікам видно, що при прокатуванні за 11 проходів на 9 прохід приходится найбільше відносне обтиснення, а отже і найбільша сила прокатки. При цьому момент і потужність прокатки не перевищують номінальні у кожному проході. При прокатуванні двигун не перегрівается, бо еквівалентні моменти кожного проходу не перевищують номінальний.

Можна зробити висновок, що режим деформації за 11 проходів може бути застосований на практиці.

2.5 Визначення річного виробництва слябінга

Згідно заводських даних продуктивність слябінга за рік складає приблизно 3,9 млн.т.

Визначимо максимальний час прокатки розкату з формули (2.7):

$$t_M = t_1 + t_2 + t_3$$

де t_1 - розгін (прискорення) валків з розкатом; t_2 - час прокатки розкату на максимальній швидкості; t_3 - гальмування швидкості валків з розкатом.

Для розрахунку t_1 і t_3 приймаємо прискорення $a=30$ об/хв·с, гальмування двигуна $b=60$ об/хв·с. Час розгону і гальмування валків розраховуємо за формулою (2.8):

$$t_1 = \frac{n_M - n_3}{a} ; \quad t_3 = \frac{n_M - n_B}{b} ;$$

де n_3 і n_B - частота обертання валків при захопленні і при виході його з валків, n_M - максимальна частота обертання валків.

Визначимо максимальний час прокатки для першого проходу.

Час розгону дорівнює:

$$t_1 = \frac{43,22 - 15}{30} = 0,94c$$

Час гальмування дорівнює:

$$t_3 = \frac{43,22 - 15}{60} = 0,47c$$

Визначимо довжину ділянок розкату, прокатаних у невстановленому режимі, середні швидкості валків на ділянках t_1 і t_3 дорівнюють по (2.9):

$$v_1 = \frac{\pi D_k (n_M + n_3)}{120} ; \quad v_3 = \frac{\pi D_k (n_M - n_B)}{120} .$$

$$v_1 = \frac{3,14 \cdot 1,04 (43,22 + 15)}{120} = 1,58 \text{ м/с}$$

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 1,04 (43,22 + 15)}{120} = 1,58 \text{ м/с}$$

Звідки довжини ділянок t_1 і t_3 з формули (2.10) дорівнюють :

$$L_1 = v_1 \cdot t_1 ; \quad L_3 = v_3 \cdot t_3 ;$$

$$L_1 = 1,58 \cdot 0,94 = 1,49 \text{ м}$$

$$L_3 = 1,58 \cdot 0,47 = 0,75 \text{ м}$$

Довжина сляба прокатаного при максимальній швидкості по формулі (2.11) дорівнює:

$$L_M = L_p - L_1 - L_3$$

де L_p - повна довжина розкату, яка визначається по вихідній довжині злитка і сумарній витяжці за дану кількість проходів

$$L_p = L_{сл} \cdot \mu_{\Sigma}$$

де $L_{сл}$ - довжина злитка; μ_{Σ} - сумарний коефіцієнт витяжка за i -ту кількість проходів.

$$L_p = 2,2 \cdot 1,12 = 2,47 \text{ м}$$

$$L_M = 2,47 - 1,49 - 0,75 = 0,24 \text{ м}$$

Тоді час прокатки на максимальній швидкості визначається наступним чином:

$$t_2 = \frac{120 \cdot L_M}{\pi \cdot D_k \cdot n_M}$$

$$t_2 = \frac{120 \cdot 0,24}{3,14 \cdot 1,04 \cdot 43,22} = 0,2 \text{ с}$$

Знаючи складові t_1 - t_3 можна визначити повний машинний час за прохід:

$$t_M = 0,94 + 0,47 + 0,2 = 1,61 \text{ с}$$

Аналогічно визначаємо машинний час кожного проходу, результати зведені в таблицю 2.7.

Сумарний машинний час прокатки злитка дорівнює:

$$\sum t_M = 1,61 + 1,61 + 1,64 + 2 + 2,51 + 2,9 + 3,43 + 4,11 + 5,07 + 6,29 + 5,91 + 7,11 + 7,22 = 51,4$$

Паузи між проходами складають $t_{пр} = 1,5$ - $2,5$ с, а між злитками - $t_c = 4$ - 7 с.

Сумарний час пауз дорівнює:

$$\sum t_n = (2,5 \cdot 12) + 7 = 37 \text{ с}$$

Сумарний час прокатки злитка (темп прокатки) визначається за формулою (2.13):

$$T = \sum t_M + \sum t_n$$

$$T = 51,4 + 37 = 88,4c$$

Визначимо часову технічно можливу продуктивність стана:

$$A = \frac{3600 \cdot G}{T}$$

де G - маса злитка

$$G = H \cdot B \cdot L \cdot \gamma$$

де γ - питома вага металу (7,85 т/м³)

$$G = 0,78 \cdot 1,4 \cdot 2,2 \cdot 7,85 = 18,8 \text{ т}$$

$$A = \frac{3600 \cdot 18,8}{88,4} = 767,9 \text{ т/год.}$$

Фактичний річний час роботи стана дорівнює:

$$T_{\phi} = (24 - 1,5)(k_{\Gamma} - k_{np} - k_{кр})n_u$$

де n_u - коефіцієнт використання обладнання стану ($n_u=0,92-0,95$);

k_{Γ} - кількість календарних днів у році; k_{np} і $k_{кр}$ - кількість днів відповідно на планово-попереджувальні ремонти (12) і на капітальний ремонт (7); 24 і 1,5 - число годин у добі і на змінний профілактичний ремонт стана на добу.

$$T_{\phi} = (24 - 1,5)(365 - 12 - 7) \cdot 0,93 = 7240 \text{ год.}$$

Річне виробництво на слябінгу визначають за формулою:

$$A_{\Gamma} = A \cdot T_{\phi}$$

$$A_{\Gamma} = 768 \cdot 7240 = 5,5603 \text{ млн.т}$$

Фактичне виробництво годного прокату визначаємо за формулою:

$$A_{\text{год}} = \frac{A_{\Gamma}}{K_{\rho\text{м}}}$$

де $K_{\rho\text{м}}$ - коефіцієнт розходу металу, $K_{\rho\text{м}} = 1,1 - 1,3$

$$A_{\text{год}} = \frac{5,5603}{1,3} = 4,2771 \text{ млн.т}$$

Час прокатки злитка по проходам за 13 проходів згідно технологічної інструкції приведено у таблиці 2.8

Продуктивність стана при прокатуванні за 13 проходів згідно технологічної інструкції складає 4,342 млн. т.

Розрахунок продуктивності для прокатування за 11 проходів робиться аналогічно як і для 13 проходів. Результати розрахунку сумарного часу прокатки зведені у таблицю 2.9.

З розрахунку видно, що при прокатуванні за 11 пропусків сумарний час прокатки менший і продуктивність складає 4,6936 млн.т, що на 0,4165 млн.т більше ніж при прокатуванні за 13 розрахункових проходів.

Результати розрахунку показані на рисунку 2.9.

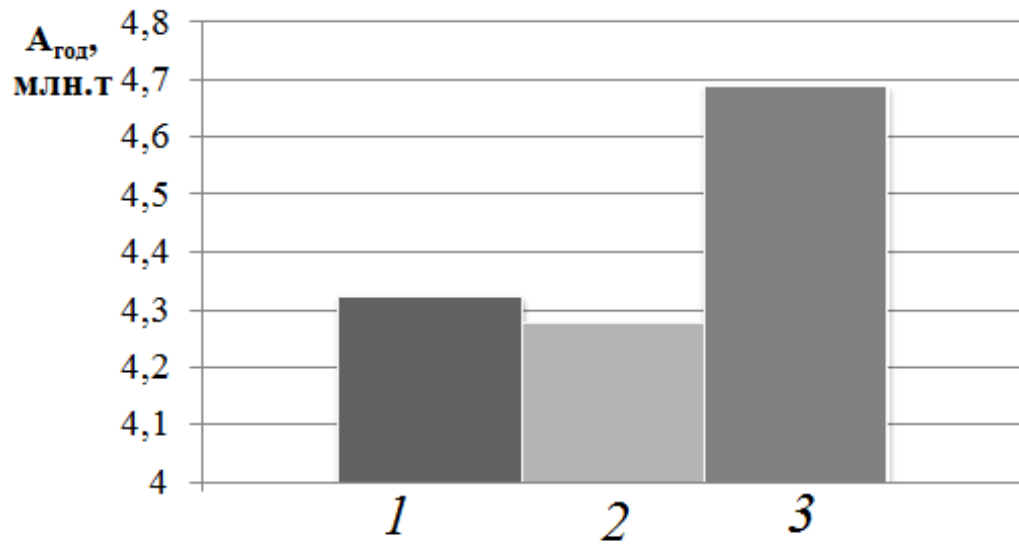


Рисунок 2.9 Продуктивність при прокатуванні за різними режимами обтиснень. 1 - прокатка за 13 проходів згідно технологічної інструкції (Варіант №1); 2 - прокатка за 13 проходів згідно розрахунку (Варіант №2); 3 - прокатка за 11 проходів (Варіант №3).

3. МЕХАНІЧНА ЧАСТИНА

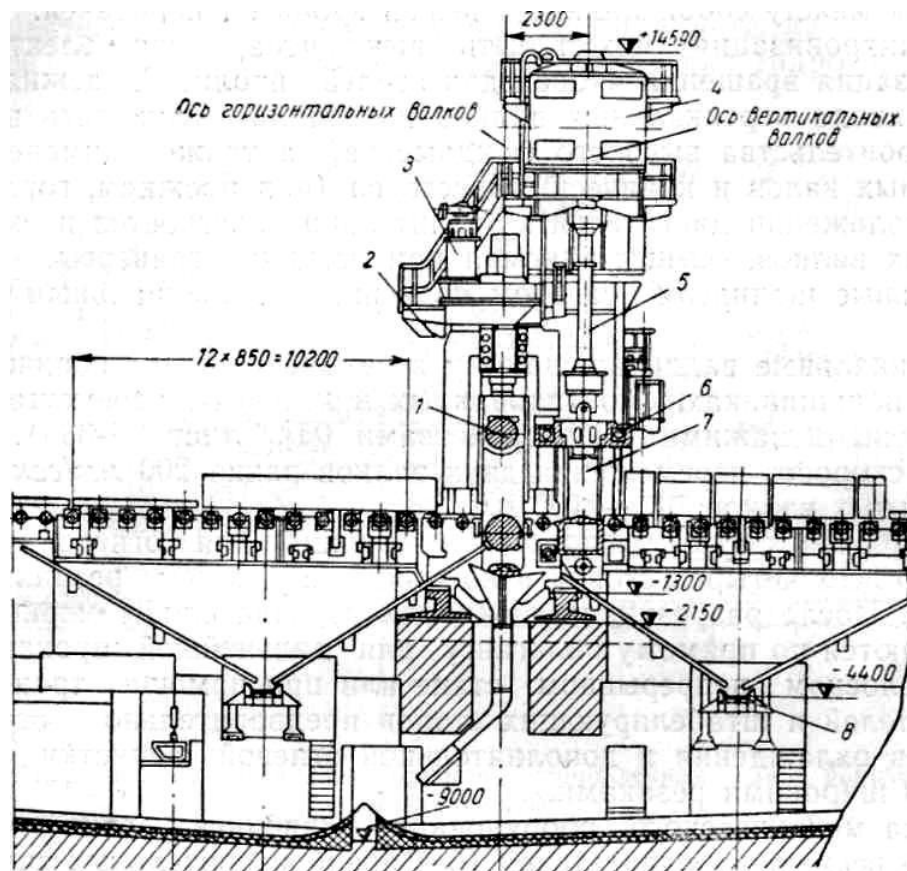
3.1 Обладнання лінії робочої кліті слябінгу 1150

У робочої кліті слябінгу 1150 конструкції НКМЗ (рис. 3.1) горизонтальні валки діаметром (нові/переточені) 1150/1050 мм. Довжина бочки 2300 мм; максимальний розчин валків 2100 мм, врівноваження валків вантажне. Максимальна швидкість установки валків 220 мм/сек. Максимальний повний тиск металу на валки при прокатці 25 Мн (2500 Т); максимальна швидкість валків 4,8 м/с. Кожен валок має індивідуальний привод від двоякорного електродвигуна постійного струму потужністю 2×4300 кВт, $I = 50 - 80$ об/хв. Литі сталеві станини масою кожні 120 т встановлені плитовини, скріплені з фундаментом анкерними болтами [16-20].

Безпосередньо за робочою кліткою з горизонтальними валками та на спільній плитовині з нею встановлена кліть з вертикальними валками діаметром 900 мм, довжиною бочки 1950 мм. Маса кожної станини кліті дорівнює 60 т. Максимальна швидкість обертання валків 48 м/сек. На відміну від слябінгів колишньої конструкції, а також зарубіжних слябінгів, вертикальні валки наводяться від двох вертикальних електродвигунів постійного струму потужністю 2300 кВт кожен, 0 - 75 - 120 об/хв, через довгі (похилі) універсальні шпинделі.

Для забезпечення повної синхронізації роботи двигунів вони з'єднані між собою зубчастою циліндричною передачею. Механічна синхронізація може бути вимкнена, якщо електрична синхронізація обертання якорів двигунів є цілком надійною. Така схема приводу вертикальних валків дозволила виключити необхідність будівництва високого фундаменту, а також застосування проміжних валів та конічних шестерень (при колишньому горизонтальному розташуванні двигунів). Значно полегшується

зміна вертикальних валків, здійснювана з допомогою траверси, оскільки вертикальні шпинделі у своїй підвішують спеціальним механізмом.



1 - горизонтальні валки; 2 - робоча кліть горизонтальних валків; 3 - електродвигуни натискного пристрою кліті з горизонтальними валками; 4 - електродвигуни приводу вертикальних валків; 5 - універсальні шпинделі приводу вертикальних валків; 6 - кліть вертикальних валків; 7 - вертикальні валки; 8 - транспортери для збирання окалини

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд робочої кліті слябінгу 1150

Вертикальні валки обертаються в чотирирядних конічних роликів підшипниках, змонтованих у касетах, що переміщуються натискними горизонтальними пристроями. Максимальна швидкість переміщення двох валків дорівнює 200 мм/с, розчин вертикальних валків 700-2100 мм.

За робочою кліткою розташовані машини для вогневої зачистки слябів з усіх чотирьох сторін та ножиці із зусиллям різання 20 Мн (2000 Т). Після розрізки на ножицях гарячі сляби мірної довжини направляються по прямому

рольгангу для подальшої прокатки їх на безперервному широкосмуговому стані або за допомогою транспортера, зіштовхувачів і штабелюючих столів попередньо надходять на склад для охолодження і додаткової вогневої зачистки ручними газовими широкими різачками.

Маса механічного обладнання слябінгу дорівнює ~ 7000 т; потужність всіх електродвигунів (без перетворювальних синхронних агрегатів) ~ 22000 кВт.

При роботі слябінга застосовуються сталеві валки. Вони більше дорогі, але більше міцні. Сталеві валки одержують у чорновому виді шляхом кування з наступною термічною обробкою й чорною механічною обробкою. В «сиром» виді сталеві валки мають низьку твердість поверхні (не більше 200- 290 НВ або 32-45 HSD), що є їхнім основним недоліком.

Для підвищення зносостійкості валків застосовують наплавлення більше твердим матеріалом (наприклад 30 ХГСА) рис 3.2.

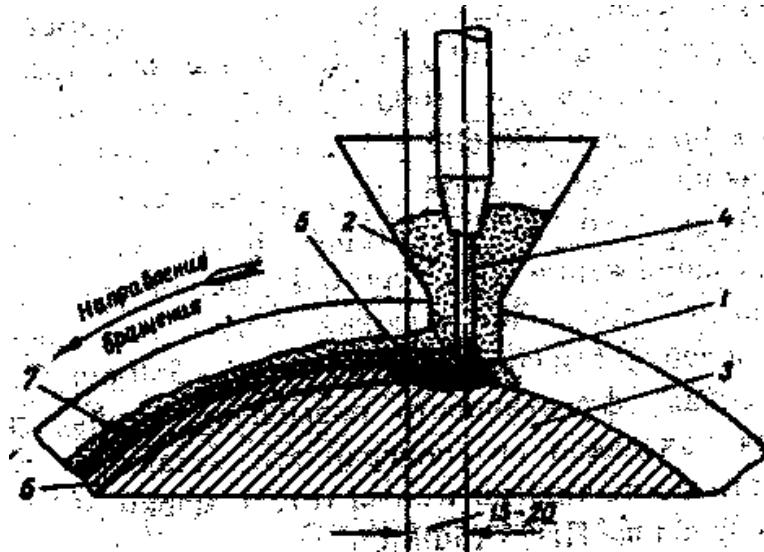


Рисунок 3.2 – Схема процесу автоматичного наплавлення під флюсом

Підшипники валків

На прокатних станах застосовуються наступні види підшипників:

- підшипники рідкого тертя;
- підшипники кочення;
- текстолітові підшипники.

Текстолітові підшипники

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

Текстолітові підшипники залежно від умов і режиму роботи змазують водою або водною емульсією. Їх необхідно прохолоджувати, щоб вони працювали при температурі не вище 60—80 °С, тому що при більшій високій температурі починається інтенсивне розбухання підшипників, а надалі й обвуглювання.

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

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

Подушки із цільнопресованими текстолітовими вкладишами показані на рис. 3.3, Текстолітові вкладиші 1, що сприймають радіальний тиск, закріплені в касеті 2 планками й болтами. Із зовнішньої сторони текстолітові вкладиші зміцнюють металевим кільцем. Текстолітові фланці 4, що стикаються з валком по жолобнику шийки, виготовляють окремо й закріплюють у спеціальних розточеннях касети з боку бочки валка. Осьове регулювання валків і поджатіє текстолітових фланців до торця бочки валка здійснюють осьовим переміщенням касети в подушці за допомогою затягування болтів 3. Для підтримки верхнього валка при холостому ході стана у верхньої подушки передбачена підвіска 5, у якій таким же способом установлені й закріплені текстолітові вкладиші 6. У подушки нижнього валка передбачена кришка 7 з невеликими текстолітовими вкладишами. Для охолодження й змащення підшипників підводить вода. [21-26].

Для запобігання шийок валків від іржавіння при тривалих перервах у роботі стана до шийок підводить густе мастило. З метою збереження лінії прокатки на тому самому рівні стосовно роликів рольганга після переточування валків під нижню подушку підкладають змінні прокладки 8.

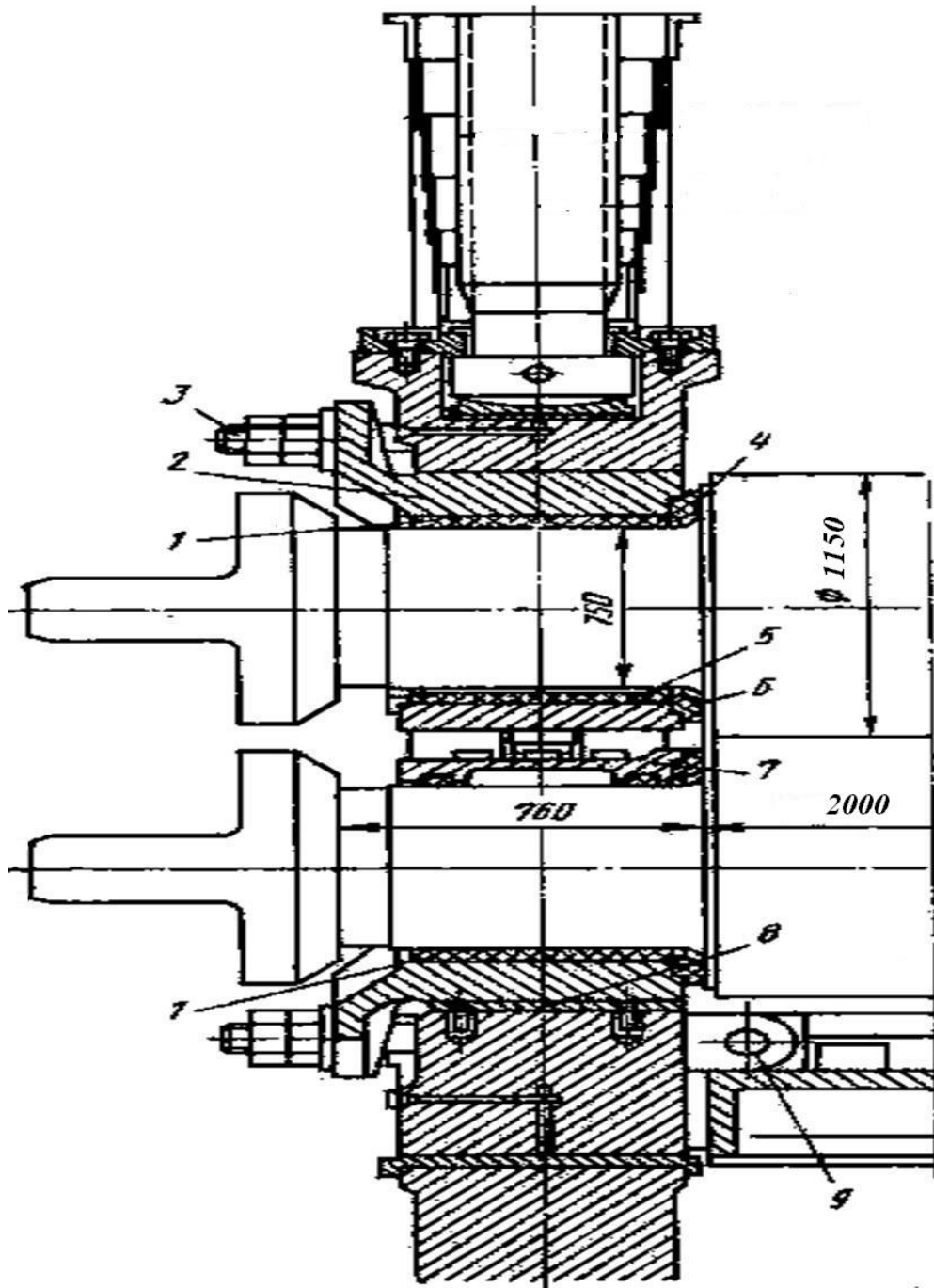


Рисунок 3.3 – Підшипники з текстолітовими вкладишами для валків слябінга 1150

Права нижня подушка (по ходу прокатки) з'єднана з лівої за допомогою вушок 9 і приєднана до механізму для витаскування комплексу валків. Верхня подушка при зміні валків залишається підвішеною до п'яти натискного гвинта, а верхній валок зі своєю нижньою підвіскою 5 буде лежати на нижньому валку.

3.2 Розрахунок валків на міцність

Напруга вигину в бочку валка визначають по наступній формулі [7]:

$$\delta_b = M_{\text{изг}} / W_b = M_{\text{изг}} / 0,1D^3, \quad (3.1)$$

де $M_{\text{изг}}$ – згинальний момент, що діє в розглянутому перетині бочки валка;

W_b — момент опору поперечного перерізу бочки валка на вигин.

Напруга крутіння в бочку валка не підраховують через його незначну величину в порівнянні з напругою вигину.

для двовалкових станів максимальний згинальний момент буде в середині бочки валка :

$$M_{\text{изг}} = \frac{P}{2} * \frac{a}{2} - \frac{P}{2} * \frac{b}{4} = \frac{P}{4} (a - \frac{b}{2}), \quad (3.2)$$

де P — максимальний тиск металу на валки при прокатці ($P = 23,5$ МН), $a = 2760$ мм, $b = 1400$ мм.

$$\sigma_{\text{изг}} = M_{\text{изг}} / 0,1 * D^3 .$$

Шейку валка розраховують на вигин перетину 1—1 і кручення по формулах [7](приймаючи $c \approx l/2$)

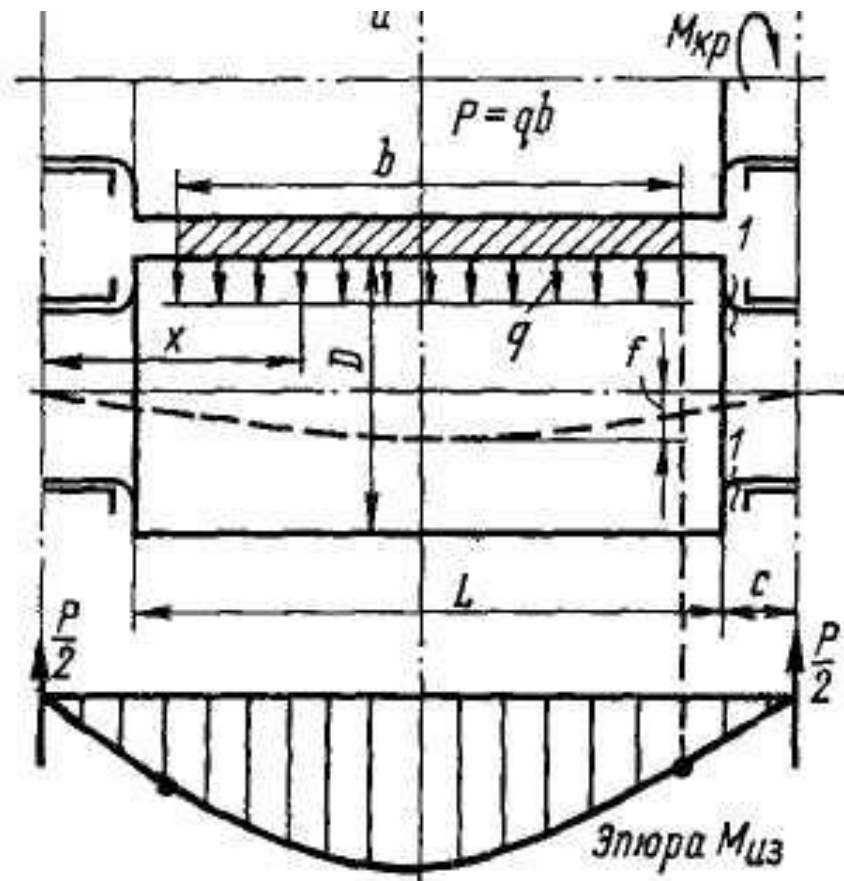


Рисунок 3.6 – Схема до розрахунку валка на міцність

$$\sigma = M_{\text{изг.ш}} / W_{\text{изг.ш}} = \frac{(P/2)(l/2)}{0.1 * d^3} = \frac{P * l}{0.4 * d^3} ; \quad (3.3)$$

$$\tau = M_{\text{кр.ш}} / W_{\text{кр.ш}} = M_{\text{кр.ш}} / 0.2 * d^3, \quad (3.4)$$

де d, l - діаметр і довжина шейки;

$M_{\text{кр.ш}}$ — крутний момент, що прикладається до валка (шейці) з боку приводу його шпинделем.

Результуюча напруга визначається по формулах:

для сталевих валків - по 4-й теорії міцності:

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{(\sigma^2 + 3 * \tau^2)}, \quad (3.5)$$

Результуюча напруга, певна таким розрахунком, не повинне перевищувати припустимого для даних валків.

опустимі напруження у валках приймають, виходячи з п'ятикратного запасу міцності їх, тобто

$$[\sigma] = \sigma_v / 5,$$

де σ_v — границя міцності матеріалу валка на вигин, Н/мм².

На підставі викладеного допускається напруження, що можна приймати наступної для валків зі сталевого вуглецевого лиття, $[\sigma] = 120 \div 150$.

$$M_{\text{изг}} = \frac{23,5}{4} \cdot \left(2,76 - \frac{1,4}{2}\right) = 12,1 \text{ МН} \cdot \text{м} .$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 12,1 / 0,1 \cdot 1,13^3 = 83,8 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma = \frac{23,5 \cdot 720 \text{ мм}}{0,4 \cdot 720^3} = 113,3 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\tau = 3,0 / 0,2 \cdot 0,72^3 = 40,2 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{рез}} = \sqrt{(113,3^2 + 3 \cdot 40,2^2)} = 133 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{рез}} < [\sigma].$$

Із чого треба, що валки працюють із запасом міцності.

Епюра розрахункових напруг представлена на рисунку 3.7.

3.3 Розрахунок натискного пристрою на міцність

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

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

де d_1 — внутрішній діаметр нарізки гвинта;

Y — максимальне зусилля, що діє на гвинт при прокатці;

$[\sigma]$ — допускається напруженіє, що, на стиск гвинта.

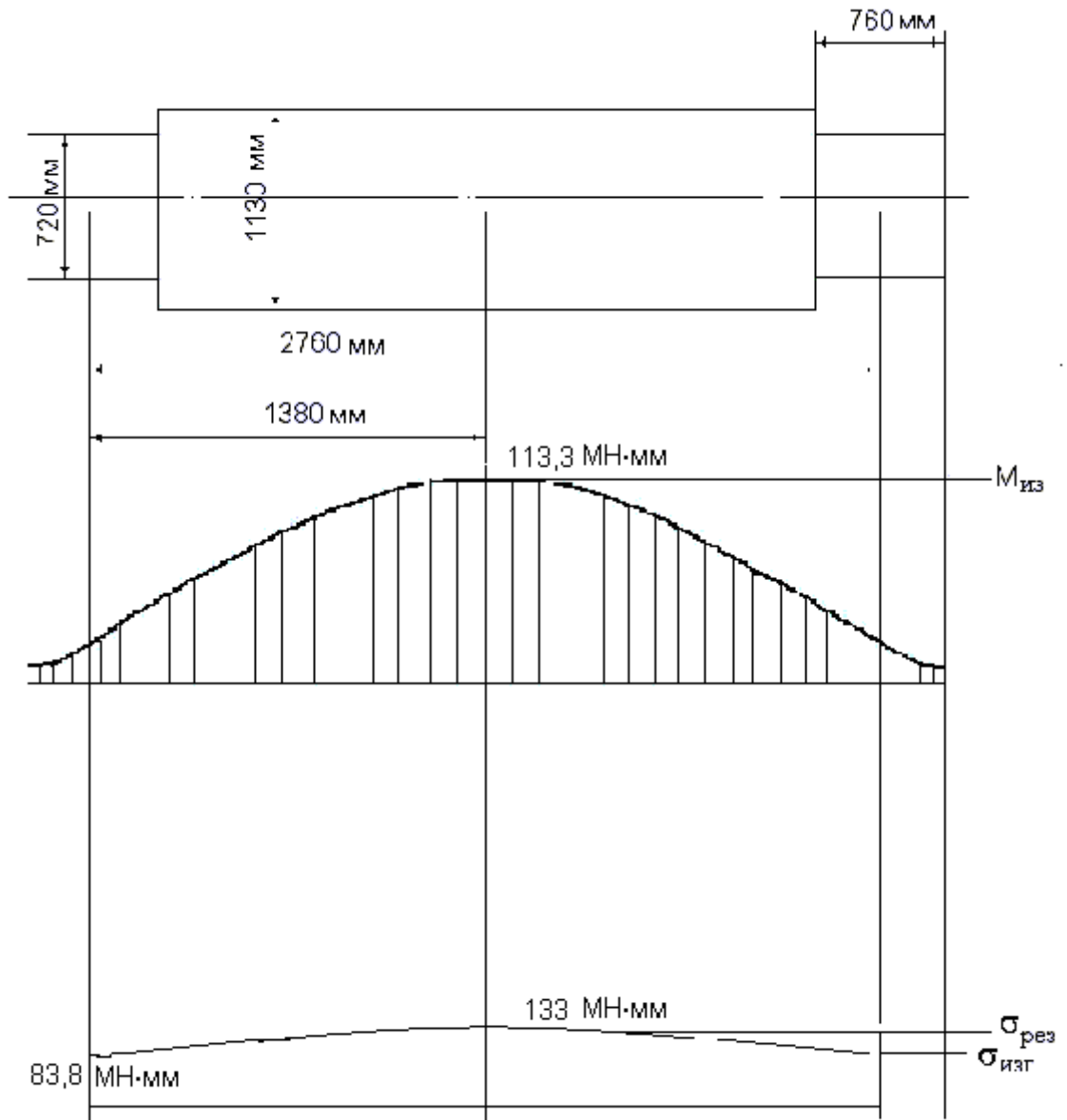


Рисунок 3.7 - Епюри діючих напруг і моментів на валок

Натискні гвинти виготовляють із кутої сталі марок Ст5, 40Х и 40ХН із межею міцності $\sigma_b=600\div 750$ МПа. Виходячи з п'ятикратного запасу міцності, що допускається напруга на стиск матеріалу гвинта можна приймати рівним $[\sigma]=120\div 150$ МПа.

Певний розрахунком діаметр натискного гвинта погодиться потім з даними ГОСТ 3968-75.

Діаметр натискної гайки D і висоту її H звичайно вибирають із наступних співвідношень: $D=(1,5\div 1,8) d_0$; $H=(0,95\div 1,1) D$.

Для обертання натискного гвинта, коли на нього (по поверхні п'яти) діє тиск, до верхнього кінця натискного гвинта необхідно прикласти певний крутний момент, якому можна підрахувати по формулі:

$$M_B = Y[\mu_n d_n / 3 + d_{cp} / 2 * \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)], \quad (3.7)$$

де Y - зусилля, що діє на натискний гвинт; d_n — діаметр п'яти натискного гвинта; μ_n — коефіцієнт тертя в п'яті; d_{cp} - середній діаметр різьблення натискного гвинта; α - кут підйому різьблення; φ — кут тертя в різьбленні, обумовлений по формулі $\operatorname{arctg} \varphi = \mu_p$; μ_p — коефіцієнт тертя в різьбленні між натискною гайкою й гвинтом; звичайно (при нормальному змащенні різьблення) приймають $\mu_p = 0,1$, тоді $\varphi = 5^\circ 40'$.

Зусилля Y , що діє на натискний гвинт, визначають по формулі [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 зрівноважування верхнього валка. Це зусилля звичайно буває на 20-40 % більше ваги деталей, що врівноважуються.

Таким чином,

$$Y = Q - G/2 = (0.2\div 0.4)G/2. \quad (3.8)$$

де Q — зусилля на одну подушку валка з боку механізму зрівноважування;

G — вага деталей, що врівноважуються, (верхнього валка, його подушок і натискних гвинтів).

Визначивши по формулі (3.7) крутний момент, що вимагається для обертання натискного гвинта, можна потім визначити й потужність двигуна, необхідну для приводу всього настановного механізму. Внаслідок того, що швидкість переміщення натискного гвинта задана, крутний момент двигуна (кн-м) для приводу гвинта можна визначити по формулі[7]

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{в}} / (i\eta), \quad (3.9)$$

де i - передаточне число приводу від двигуна до гвинта;

η - К.К.Д. передачі від двигуна до гвинта.

Потужність двигуна

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \omega_{\text{дв}} \quad \text{кВт.} \quad (3.10)$$

Виконаємо розрахунок натискних гвинтів.

Дано: максимальне осьове зусилля на натискний гвинт при прокатуванні $Y = P/2 = 23,5/2 = 11,75$ МН; максимальна швидкість переміщення гвинта по вертикалі $v = 0,15$ м/с; режим роботи механізму – повторно-короткочасний при 15-25 включеннях у мінуту.

1. Натискні гвинт і гайка. Натискний гвинт має завзяту (однобічну трапецеидальную) різьблення УП 440Х 48 мм; діаметри різьблення: зовнішній $d = 440$ мм, внутрішній $d_{\text{в}} = 1,7 \cdot s = 358$ мм, середній $d = d - 0,75 \cdot s = 440 - 0,75 \cdot 48 = 404$ мм; $\alpha = \arctg \frac{s}{\pi d^2} = \arctg 0,038$; $\alpha = 2^\circ 10'$:

а) напруга стиску в перетині нижнього опорного кінця гвинта, що має найменший діаметр $d_{\text{н}} = 350$ мм:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{4 * Y}{\pi d_{\text{н}}^2} = \frac{4 \cdot 11,75 \cdot 10^6}{\pi \cdot 350^2} = 122,2 \text{ Н/мм}^2;$$

б) напруга кручення тілі гвинта при $M_B = 6,1 \text{ кН-м}$

$$\tau = \frac{M_\epsilon}{0,2 * d_n^3} = \frac{6,1 * 10^6}{0,2 * 350^3} = 0,76 \text{ Н/мм}^2.$$

Матеріал гвинта - сталь 35ХНВ.

Натискна гайка висотою $H = 720 \text{ мм}$ і зовнішнім діаметром $D = 750 \text{ мм}$;
кількість витків різьблення $z = H / s = 720 / 48 = 15$:

а) напруга зминання між витками гвинта й гайки

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 * Y}{\pi * (d^2 - d_1^2) * z} = \frac{4 * 11,75 * 10^6}{\pi * (440^2 - 358^2) * 15} = 15,2 \text{ Н/мм}^2;$$

б) напруга зминання по площі зіткнення гайки зі станиною

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{4 * Y}{\pi * (D^2 - d_{\text{отв}}^2) * z} = \frac{4 * 11,75 * 10^6}{\pi * (750^2 - 470^2) * 15} = 45,6 \text{ Н/мм}^2;$$

Матеріал гайки — Бр. АЖ9—4Л, $[a] \approx 80 \text{ Н/мм}^2$.

2. У періоди пауз між пропусками металу через валки на торці натискних гвинтів діє зусилля від вантажного пристрою зрівноважування верхнього валка (зусилля перезрівноважування). На один гвинт це зусилля становить 150 кН . Момент, необхідний для обертання гвинта в період пауз, знайдемо по формулі [7] при $\mu_n = 0,1$; $d_n = 520 \text{ мм}$; $\mu_p = 0,08$; $\varphi = 4^\circ 34'$:

а) при опусканні гвинта

$$M_B' = 150(0.017 + 0.202 * 0.118) = 6.1 \text{ кН*м};$$

б) при підйомі гвинта

$$M_B'' = 150(0.017 + 0.202 * 0.042) = 3,8 \text{ кН*м.}$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно шкідливих та небезпечних чинників виробничого середовища обтискного цеху

При обслуговуванні стану слябінгу 1150 можливі опіки і пошкодження від літаючої окалини при прокатці зливків, тиснення маніпуляторами, падіння при мастилі шпинделів, травми при різанні гарячого металу і таврування заготовок, а також при прибиранні окалини і обрізи.

У прольоті слябінгу спостерігаються підвищена температура повітря. Температура в холодний період року при важкій праці 16-18°C, при легкій праці – 20-23°C. Швидкість повітря 0,1-0,5 м/с [28-30]. Відносна вологість повітря 35 – 60 %. При прокатці металу утворюється пил оксиду заліза.

Небезпеку розльоту окалини збільшує пара, що утворюється на поверхні зливка з води, що охолоджує валки стану, а також наявність деякої кількості рідкого шлаку в нижній частині зливка.

На стані слябінг при роботі виникають низькочастотний шум, спектр якого перевищує межі допустимого рівня. Рівень шуму на стані складає 98 дБ, що значно перевищує межі допустимого 80 дБ.

Гаряча прокатка на стані слябінг 1150 супроводжується підвищеним рівнем тепловипромінювання від нагрітих злитків. Рівень інфрачервоного випромінювання на стані складає 936 Вт/м², що значно перевищує допустиме значення 140 Вт/м².

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

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

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого трудового процесу оператор ПУ стану слябінг

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі небезпечні умови характеру			Час дії чинника за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1.	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ 1 клас безпеки: Ангідрид хромовий	0,01	0,011	1,1			86,3
2.	Пил, переважно фіброгеної дії, мг/м ³	4,0	8,5		2,13		86,3
3.	Вібрація (загальна і локальна), пБ						
4.	Шум, дБ	80	96			16	86,3
5.	Мікроклімат в приміщенні: – температура повітря, °С – швидкість руху повітря, м/с – відносна вологість повітря, % – інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	16-27 0,2- 0,5 55 140	35,2 0,24 20 936			8,2 936	86,3 100 100 86,3
					936		

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища обтискного цеху

Для приведення до норми параметрів мікроклімату застосовують

наступні заходи: аерацію; кондиціонування; вентиляцію; технічні засоби зниження тепловиділень від агрегатів.

Аерація обтискного цеху є основною і найбільш простим і дієвим оздоровчим заходом. Висока ефективність її пояснюється можливістю пропустити через цех в перебігу години велику кількість свіжого зовнішнього повітря, що практично неможливо добитися при штучній вентиляції.

Витяжні отвори розташовуються в самій верхній частині будівлі у витяжних ліхтарях, а отвори для притоки свіжого повітря – в нижній частині, в стінах будівлі.

У літній період року при значній температурі зовнішнього повітря кондиціонування повітря в обтискного цеху є абсолютно необхідним. Без кондиціонування повітря неможливо забезпечити в замкнутих і важко-провітрюваних ділянках обтискного цеху, а також на робочих місцях, що піддаються тепловому опромінюванню, сприятливих метеорологічних умов праці, що регламентуються санітарними нормами.

При кондиціонуванні повітря очищається від пилу і доводиться до необхідної температури і вологості. До ефективних заходів, що знижують температуру в обтискного цеху, відноситься обдуваюча вентиляція приточування точкового типу при фіксованих робочих місцях і зональна, коли потрібне обдування значних площ у стану. Висока ефективність обдуваючої вентиляції пояснюється тим, що завдяки швидкому руху повітря значно прискорюється випаровування поту з поверхні тіла людини, а це сприяє інтенсивному охолодженню організму.

Незадовільне освітлення служить причиною травматизму, негативно впливає на зір працюючих і знижує продуктивність праці. Тому необхідно забезпечити хорошу освітленість робочого місця, як в денний, так і в темний час доби.

Для освітлення виробничих приміщень застосовується природне і штучне освітлення. Природне освітлення виробничих будівель здійснюється через вікна в стінах і світлові ліхтарі в даху будівель.

Розрізняють освітлення бічне через вікна в стінах будівель і верхні через ліхтарі будівель. Раціональним є комбіноване природне освітлення, що забезпечує хорошу рівномірність освітлення.

Штучне освітлення в обтискному цеху здійснюється лампами розжарювання і люмінесцентними лампами. Розрізняють загальне і комбіноване освітлення. Загальним називають освітлення, при якому світильники розміщують у верхній зоні приміщення (не нижче 2,5 м над підлогою) рівномірно (загальне рівномірне освітлення) або з урахуванням розташування робочих місць (загальне локалізоване освітлення). Комбіноване освітлення складається із загального і місцевого. Місцеве освітлення використовується як додатковий при виконанні точних робіт, коли потрібно створити високу освітленість на окремих робочих місцях (у пультах управління). Застосування тільки місцевого освітлення не допускається, враховуючи небезпеку виробничого травматизму і професійних захворювань.

По нормах, що діють, освітленість в обтискному цеху повинна бути не менше 200 люкс [29]. Для загального штучного освітлення застосовуємо люмінесцентні лампи зі світильниками прямого світла типу «Універсаль».

Для місцевого штучного освітлення застосовуємо лампи розжарювання і люмінесцентні лампи зі світильниками типу «Альфа». Місцеве штучне освітлення передбачене в пультах управління на клітках стану і інших окремих робочих місцях

Крім робочого освітлення, у виробничих приміщеннях влаштовується аварійне освітлення, яке призначається для безперебійного обслуговування агрегатів і устаткування у разі відмови у дії робочого освітлення, а також для безперешкодного виходу назовні у випадки аварії.

У приміщеннях маслопідвалів, підвалів машинних вузлів освітленість 30 лк і застосовуються тільки лампи розжарювання. Найменша освітленість робочих поверхонь, що вимагають обслуговування при аварійному режимі 2 лк. Аварійне освітлення для евакуації персоналу 0,5лк на підлозі основних проходів.

Для раціонального розподілу світлового потоку ламп застосовується освітлювальна арматура. Вона призначена для перерозподілу світлового потоку ламп, захист очей від яскравості ниток ламп розжарювання.

Надмірний шум надає шкідливий вплив на здоров'я працюючих, сприяє виникненню травматизму і знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму протягом всього дня викликає стомлення слухових органів. Тривала дія шуму, що перевищує допустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів негативно впливає на органи, керівники рівновагою людини в просторі.

Заходи щодо захисту від шуму зводяться до наступних основних:

1. застосуванню звукоізолюючих кожухів для закривання, особливо галасливого устаткування або ізоляції устаткування від виробничих приміщень;
2. застосуванню глушників шуму при випуску відпрацьованих газів, пари, повітря;
3. застосуванню звукоізолюючих і звукопоглинаючих матеріалів (бетонна стіна поглинає тільки 0,5 % шуму, цегляна – 3,2 %, а стіна, обшита повстю завтовшки 50 мм 70 %);
4. використанню засобів індивідуального захисту від шуму (протишумові навушники, що закривають вушну раковину, протишумові вкладиші, що перекривають зовнішній слуховий прохід, протишумові шоломи і каски, протишумові костюми).

Вібрація – коливання тіл з частотою менше 20 – 16 Гц. При підвищенні частоти коливань вібруючих тіл виникає і шум. Тривала дія струсів великої частоти і амплітуди викликає вібраційну хворобу, що вражає

нервово-м'язову і серцево-судинну системи людини і ведучу до пошкодження суглобів. Симптоми вібраційної хвороби виявляються у вигляді головного болю, оніміння пальців рук, болю в кистях і передпліччі, виникають судоми, підвищується чутливість до охолодження, з'являється безсоння [31].

Заходи щодо захисту від вібрації зводяться до наступних основних:

1. заміні виробничих процесів, що викликають шум і вібрації, іншими менш галасливими процесами;
2. раціоналізації виробничого устаткування (застосування кращої обробки і пригону частин устаткування, що сполучаються);
3. пристрою спеціальних фундаментів, що незалежних від конструкцій будівель і мають значну масу і акустичні шви; застосування ізолюючих прокладок;
4. раціональному сполученню повітропроводів з повітрорудними машинами і кріпленню трубопроводів на опорах з амортизуючими прокладками;
5. зниженню вібрації за рахунок сили тертя демпферного пристрою, тобто переклад коливальної енергії в теплову.
6. використанню індивідуальних засобів захисту від вібрації (амортизуючи підставки, взуття з повстяними або гумовими підошвами, антивібраційні рукавиці) [30].

Теплове випромінювання сприяє перегріву організму і негативно впливає на зір працюючих. Надмірне сильне тепловипромінювання різко погіршує умови праці і може викликати опіки шкіри і втрату працездатності [32].

Для зменшення тепловипромінювання необхідно максимально знижувати температуру джерел променистого тепла.

Для захисту працюючих від тепловипромінювання разом із зменшенням інтенсивності випромінювання встановлюють між джерелами

тепловипромінювання і працюючими екранами або завіси, що затримують інфрачервону радіацію.

Екрани з листового металу, підшитого азбестом, зменшують інтенсивність опромінювання, тому їх рекомендується виконувати багат шаровими з повітряними проміжками між окремими шарами і покривати алюмінієвою фарбою. При екрануванні необхідно залишати між теплоотдающей поверхнею і екраном повітряний проміжок (80 – 200 мм) для вільної циркуляції повітря. Оскільки операторам стану потрібно вести спостереження за процесами, то екрани необхідно виконувати з прозорих матеріалів або з густої металевої сітки.

Тепловиділення від нагрівальних печей можна значно понизити теплоізоляцією їх кладки і охолодженням окремих елементів печі, зменшенням вибивання з отворів печей полум'я і газів, застосуванням кришок, що щільно закриваються. Здійснення цих заходів дозволяє скоротити тепловиділення від печей на 40 – 50 % [33].

4.3 Розрахунок аерації обтискного цеху

Кількість повітря, необхідного для асиміляції надлишкових тепловиділень у будівлі цеху [28]:

$$G = \frac{4,15\alpha(mQ - Q_p)}{t_{p.z} - t_n},$$

де α – коефіцієнт, що враховує висоту розташування приточних прорізів, $\alpha = 1,2$;

m – коефіцієнт, що враховує вплив площини, що займає тепловиділяюче обладнання, $m = 0,68$;

$t_{p.z}$ – температура повітря у робочій зоні, °С, $t_{p.z} = 37^\circ\text{C}$;

t_n – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

$$t_n = t_{p.z.} - \Delta t = 37 - 5 = 32 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$\Delta t = 5$ – для теплого періоду року;

Q – кількість тепла, яке виділяється у цеху від різних джерел,

$$Q_p = 6978 \cdot F_{\bar{o.c.}}, \text{ кДж},$$

де $F_{\bar{o.c.}}$ – площа бокових стін цеху, м^2 , $F_{\bar{o.c.}} = 9,1 \text{ м}^2$.

$$Q_p = 6978 \cdot 1,9 = 63499,8 \text{ м}^2.$$

$$G = \frac{4,15 \cdot 1,2 \cdot (0,68 \cdot 20000000 - 63499,8)}{37 - 27} = 6741177 \text{ кг/год.}$$

Визначив кількість повітря G , необхідного для асиміляції надлишкових тепловиділень у цеху, можна розрахувати площини приточних F_{np} та витяжних $F_{вит}$ прорізів будівлі цеху, м^2 :

$$F_{np} = \frac{G}{3600 \mu_1 \sqrt{2gh_n \rho_n (\rho_n - \rho_y)}},$$

$$F_{вит} = \frac{G}{3600 \mu_2 \sqrt{2gh_e \rho_y (\rho_n - \rho_y)}},$$

де μ_1, μ_2 – коефіцієнти витрати, приймаються $\mu_1=0,56$; $\mu_2=0,57$; h_n, h_e – відстань від нейтральної зони до центрів відповідно приточних та витяжних прорізів, м;

$$h_n = H_1 - h_a,$$

$$h_g = \frac{H_1}{0,64 \frac{\rho_y}{\rho_n} + 1},$$

H_1 – відстань по вертикалі між центрами приточних та витяжних прорізів; ρ_y, ρ_n – густина повітря відповідно видаляемого та зовнішнього, кг/м³;

$$\rho_y = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \alpha_y,$$

$$\rho_o = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 1,33 \text{ кг/м}^3;$$

де α_y – коефіцієнт для теплового періоду $a_y=10$;

$$\rho_n = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \alpha_n,$$

$$\rho_i = 1,293 + 3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 13 = 1,3411 \text{ кг/м}^3;$$

де α_n – коефіцієнт для теплового періоду $a_n=13$;

$$h_g = \frac{1,3}{0,64 \frac{1,33}{1,3411} + 1} = 0,81 \text{ м};$$

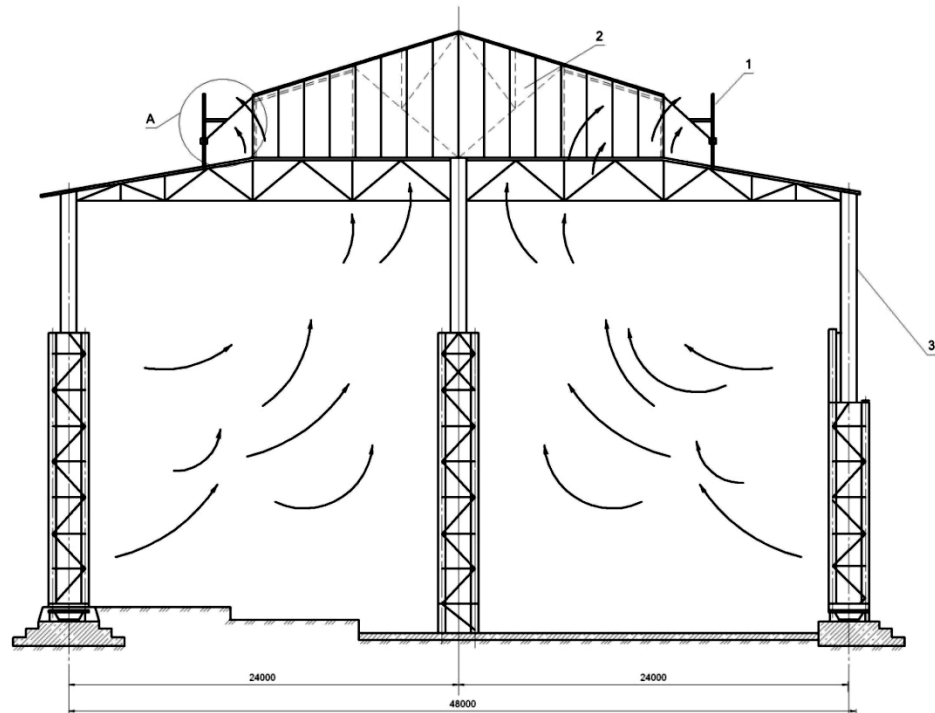
$$h_n = 1,3 - 0,81 = 0,49 \text{ м};$$

$$F_{np} = \frac{6741177}{3600 \cdot 0,56 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,49 \cdot 1,3411(1,3411 - 1,33)}} = 8839 \text{ м}^2;$$

$$F_{в\text{ит}} = \frac{6741177}{3600 \cdot 0,57 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,81 \cdot 1,33(1,3411 - 1,33)}} = 6782 \text{ м}^2.$$

Для здійснення аерації (рис. 4.1) владнуємо два ряди отворів в подовжніх стінах будівлі обтискного цеху: перший ряд – на рівні 10 м від підлоги, другий – на рівні підкранових балок – 26 м. На даху владнуємо

втяжний ліхтар. Таке розміщення отворів дозволяє збільшити повітрообмін влітку, а зимою, закривши нижні отвори, зменшити його і забезпечити за рахунок тепла приміщення підігрівання холодного повітря, що поступає через середній отвір, перш ніж він дійде до робочих місць [28].



1 – поворотна панель; 2 – зашивання торця ліхтаря покрівельною сталлю; 3 – збірні залізобетонні плити покриття.

Рисунок 4.1 – Схема аерації обтискного цеху

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто машини і агрегати технологічних ліній обтискного цеху - блюмінг 1150.

Розроблено режим прокатки слябу 150x1200 мм із сталі 08кп на обтискному стані 1150

Були розроблені 13 слайдів в програмі Power Point

Можна відзначити такі заходи для вдосконалення слябінгів:

1. Механізація трудомістких операцій з очищення подін нагрівальних колодязів від сухого та рідкого шлаку.

2. Повна автоматизація процесу прокатки на стані, що досягається внаслідок застосування програмування (особливу складність становить автоматизація роботи маніпуляторів та кантувачів).

3. Скорочення часу, що витрачається на зміну валків завдяки удосконаленню пристроїв для перевалки та конструкції подушок валків з їх підшипниками (в даний час операція зміни валків займає 30-40 хв часу і більше).

4. Освоєння машин вогневої та механічної (фрезерної) зачистки блюмів та слябів та вибір оптимального способу зачистки гарячих блюмів та слябів на ходу при русі їх по рольгангу.

5. Поліпшення конструкції ножиць для різання блюмів і слябів головним чином з метою збільшення їхньої продуктивності (підвищення швидкохідності, в даний час механічні ножиці можуть здійснювати 6-8 різів на хвилину). Освоєння гідравлічних ножиць як найпростіших за конструкцією та зручних в експлуатації.

Розроблено заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки, пожежної і техногенної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ніколаєв, В.О. Виробництво плоского прокату / В.О. Ніколаєв, В.Л. Мазур. – Запоріжжя, ЗДІА, 2010. – 320 с.
2. Николаев, В.А. Горячая прокатка листов и полос / В.А. Николаев. – Запорожье: ЗГИА, 2013. – 169 с.
3. Технология прокатного производства: [учебное пособие для вузов] / Клименко В.М., Онищенко А.М., Минаев А.А. Горелик В.С. – Киев: Вища школа, Головное издательство, 1989. – 311с.
4. Прокатное производство: [учебник для вузов] / И.И. Полухин, Н.М. Федосов, А.А. Королев, Ю.М. Матвеев. – М.: Metallurgy, 1982. – 696с.
5. Технология процессов прокатки и волочения. Листопркатное производство: [учебник для вузов] / М.М. Сафьян, В.Л. Мазур, А.М. Сафьян, А.И. Молчанов. – Киев: Вища школа, Головное издательство, 1988. – 351с.
6. Прицип, М.Г. Механічна обробка та зварювання металів. Учб. Посібник / М.Г. Прицип. - Запоріжжя: ЗДІА, 2003 – 124 с.
7. Сацкий, В.А. Прогрессивная энергосберегающая технология горячей прокатки полос на станах 1150 и 1680 / В.А. Сацкий, В.Т. Тилик, О.Н. Штехно [и др.] // Сталь. – 2001. – №6. – С. 67-69.
8. Кузнецов, И.С. Совершенствование технологии производства проката в обжимном цехе / И.С. Кузнецов, С.И. Морозов, А.А. Сафронов и др. // Сталь. – 1999. – №5. – С. 50-53.
9. Горлов, Г.В. Освоение материало- и энергосберегающих технологий на комплексах слябинг–ШСГП / Г.В. Горлов, Д.П. Кукуй // Сталь. – 2002. – №8. – С. 58-62.
10. Кузнецов, И.С. Использование слитков с повышенным теплосодержанием для производства слябов / И.С. Кузнецов, А.Е. Прахов, В.А. Антонов [и др.] // Сталь. – 2004. – №5. – С. 55.

11. Захур, М.В. Система контроля технологии прокатки и управления скоростными режимами главного привода обжимного стана / М.В Захур, А.В. Светлицкий // Сталь. – 2002. – №8. – С. 64-66.
12. Николаев, В.А. Валки прокатных станов / В.А.. Николаев - Запорожье: ЗГИА,2002. - 176 с.
13. Николаев, В.А. Профилирование и износостойкость листовых валков / В.А. Николаев– Киев: Техника, 1992. – 160 с.
14. Николаев, В.А. Технология прокатки полос и листов. Учебное пособие. В 2 –х частях. Часть I. / В.А. Николаев - Запорожье, ЗГИА, 2003. – 158 с.
15. Патент № 1766747. Вагон-термас для перевозки горячих слитков / В.А. Приймак, А.И. Яловой, Ю.А. Трубачев, А.Б. Рабинович // МПК В61D 39/00. – Днепродзержинский вагоностроительный завод. - Опб. 07.10.1992. – 4 с.
16. Иванченко, Ф. К. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів / Ф. К. Иванченко, В. М. Гребенюк, В. І. Ширяєв– К.: Вища школа, 1995. – 454 с.
17. Королёв, А.А. Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов / Королёв А.А.. – М.: - Metallurgiya, 1969. – 464 с.: ил.
18. Королёв, А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов / Королёв А.А..-4-е изд., перераб. и доп.- М. Metallurgiya,1987. 480 с.
19. Правила технической эксплуатации механического оборудования прокатных цехов/ ВНИИМехчермет. – М. : Metallurgizdat, 1959. – 250 с.
20. Правила технической эксплуатации механического оборудования слябингов / ВНИИМехчермет. - Metallurgiya, 1970. – 151 с.
21. Машины и агрегаты металлургических заводов: Учебник для вузов: В 3-х т. / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник. – М.: Metallurgiya. Т. 3 Машины и агрегаты для сталеплавильных цехов, 1988. – 432 с.
22. Полухин, П.И. Прокатное оборудование / Полухин П.И., Федосов Н.М., Королев А.А., Матвеев Ю.М..-М.Металлургия,1968.-676 с.

23. Анисимов, Л.А. Совершенствование режимов нагрева слитков в регенеративных колодцах блюминга 1150 / Л.А. Анисимов, В.И. Тимошпольский, И.А. Трусова [и др.] // Сталь. – 1999. – №7. – С. 38-43.

24. Шлейнинг, Л.И. Исследование влияния режима подготовки нагревательных колодцев на геометрические размеры слябов / Шлейнинг Л.И., Головина Н.В. // Сталь. – 2005. – №3. – С. 53-54.

25. Аксельруд, Л.Г. Нагревательные колодцы / Аксельруд Л.Г., Сухов И.И., Тымчак В.М. -М. Metallurgizdat:1962.-236 с.

26. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2-х т / Анурьев В.И.- 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, т.2: 1973.- 577 с.: ил.

27. Методические рекомендации к выполнению экономической части дипломного проекта по дисциплине “Организация, планирование и управление деятельностью предприятия”./Разр.: Иващенко О. В. – ЗГИА, 2004. – 30 с.

28. Панасейко С.П. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах / Панасейко С.П.- Запорожье:ЗГИА,2002.-56с.

29. Бринза, В.Н. Охрана труда в черной металлургии / Бринза В.Н. - М.:Металлургия,1982. 336 с.

30. Самойлюк, Е. П. Борьба с шумом и вибрацией в промышленности / Самойлюк Е. П., Сафонов В. В.- К. Выща школа., 1990.- 167 с.

31. Инструкция по охране труда № 0-20-2001 для персонала комбината, обслуживающего газовое хозяйство в цехах и на участках. – Запорожье: ”Днепропетровский металлург”.

32. Технологическая инструкция. ТИ 226-П.03-01-2006. Производство передельных и товарных слябов из слитков углеродистых, низколегированных, и высокоуглеродистых марок сталей. .- Запорожье:”Днепропетровский металлург”.