Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Кваліфікаційна робота магістра

рівень вищої освіти___другий магістерський рівень_____
(другий (магістерський) рівень)

на тему Удосконалення впливу форми калібрів на геометричні та енергосилові параметри процесу прокатки профілів

_____

Виконав: студент ___2__курсу, групи *8.1363-омт*

__Царьов К.С._____
(ПІБ) (підпис)

спеціальності

____*136 Металургія*_____
(шифр і назва)

спеціалізація

_____
(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Обробка металів тиском_____
(шифр і назва)

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

Рецензент Воденнікова О.С._____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2024 року

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

Кафедра *металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*

Рівень вищої освіти *другий магістерський рівень*
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність *136 металургія*
(шифр і назва)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ***МТЕТБ***
Ю.О. Белоконь
"01" 03 2024 року

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

Царьов Костянтин Сергійович
(прізвищє, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення впливу форми калібрів на геометричні та енергосилові параметри процесу прокатки профілів

керівник роботи (проєкту) *Явтушенко Анна Володимирівна* *т.н, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "28" 02 2024року № 359-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта) *01.12.2024*

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) *Вдосконалення прокатки профілів*

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання *07.05.2024*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____ **К. С. Царьов**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

РЕФЕРАТ

Ключові слова: ПРОКАТКА, СТАН, ТОНКА ШТАБА, ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ, СИЛА, ПОТУЖНІСТЬ, СОРТАМЕНТ

Кваліфікаційна робота магістра: на тему “Удосконалення впливу форми калібрів на геометричні та енергосилові параметри процесу прокатки профілів , яка включає 73 стор. машинописного тексту, 16 рис., 23 табл., 17 найменувань переліку посилань.

Виконано опис технологічних процесів на дрібносортних станах різного типу. Показана ефективність обтиснення у калібрах, проаналізовано системи калібрувань валків. Встановлено, що застосування процесу прокатки в гладких валках дозволяє збільшити продуктивність неперервного стана внаслідок запровадження більш інтенсивних режимів; збільшити застосування робочої поверхні валків на 20-30%; збільшити вихід придатного металу внаслідок уникнення дефектів, зв'язаних з не заповненням чи переповненням калібрів металом; зменшити брак сортового прокату через наявність волосовин, тріщин, збільшити срок служби валків.

Проаналізовано технологічні процеси прокатки на станах СЛПА.

THE ABSTRACT

The object of development – influence of groove forms on geometric and power parameters of the rolling process simple profiles.

The description of technological processes in light-section mills of various types. The efficiency of compression in gauges, analyzed system calibrations roll. It is established that the application of the process of rolling in smooth rolls allows to increase the productivity of the continuous mill due to the introduction of more intensive modes; to increase the use of the working surface of the rolls by 20-30%; to increase the yield of metal due to avoid the defects related to not filling or overfilling calibers metal; to reduce the marriage of long products due to the presence of wooloowin, cracks, to increase the service life of the rolls.

Analyzed the production processes of rolling mills, SLPA.

Keywords: ROLLING, ROLLING MILL, ASSORTMENT, THIN STRIP,

STRIP PLATE, TEMPERATURE REGIME, FORCE, POWER

ЗМІСТ

Вступ 6

1. Аналітично пошукова частина 7

1.1 Технологічний процес прокатки на дрібносортному стані 250 7

1.2 Системи калібрів простої форми та їх характеристика 13

1.3 Суміщений ливарно-прокатний агрегат 24

1.4 Лінійні дрібносортні стани 36

2. Параметри деформації в простих калібрах 38

2.1 Визначення середніх параметрів осередку деформації в простих калібрах 38

2.2 Аналіз методів визначення середнього обтиснення у калібрах простої форми 41

3. Вплив форми калібрів на енергосилові параметри при прокатці різної форми 46

3.1 Метод наведеної штаби 47

3.2 Метод відповідної контактної поверхні 49

3.3 Розрахунок енергосилових параметрів по середньому обтисненню по наведеній штабі 50

3.4 Розрахунок енергосилових параметрів по середньому обтисненню по методу відповідної контактної поверхні 64

4. Охорона праці та техногенна безпека 81

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих чинників дрібносортового стана 250 81

4.2. Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів 84

4.3. Виробнича санітарія 86

4.3.1. Опалення і вентиляція 86

4.2.1 Освітлення 87

4.4Заходи з електробезпеки 88

4.4.1 Фактори стану виробничого середовища, які впливають на важкість ураження людини електричним струмом 89

4.5. Заходи з пожежної безпеки 90

4.6. Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти 91

Виводи і рекомендації 96

ВСТУП

Сталь є основним конструкційним матеріалом. Однак в наш час розвивається хімічна промисловість й частково відбувається заміна деяких металевих конструкційних матеріалів більш новими, метало-пластмасовими, пластмасовими та іншими. Для збереження свого положення на ринку конструкційних матеріалів сталеві вироби повинні бути не тільки якісними, але й повинні бути менші енерговитрати на виготовлення метало-виробів, вдосконалена технологія виробництва гарячекатаного листа.

Сортовий прокат є одним з поширених видів прокатної продукції. Сортамент сортового прокату характеризується великим числом видів та розмірів вхідних у нього профілів. Освоєний сортамент сортового прокату налічує більше 1500 профілів і понад 3900 профілерозмірів з масою одного метра довжини від 0,22 до 1100 кг, вироблених із сталей більш ніж 1000марок.

Профілі, що становлять сортамент сортового гарячекатаного прокату, класифікують за розмірами, формою поперечного перерізу і призначенням.

За розмірами сортовий прокат поділяють на крупносортний, середньосортний і дрібносортний.

До дрібносортного прокату відносять круглу сталь діаметром 10 – 30 мм, квадратну зі стороною 8 – 30 мм, періодичні профілі для армування залізобетоних конструкцій № 10 - № 28, кутову сталь шириною до 60 мм, а також шестигранну сталь до № 30 та різноманітні фасонні профілі галузевого призначення еквівалентних розмірів. До дрібносортного прокату і катанці пред'являють високі вимоги по точності розмірів профілю, якості поверхні, кривизні по довжині. [2]

1. АНАЛІТИЧНО ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ПРОКАТКИ НА ДРІБНОСОРТОВОМУ СТАНІ 250

Найбільш розповсюдженні серед неперервних станів – двониткові сортові стани. Їхньою особливістю являється розподіл чистової групи клітей на дві лінії. У кожній чистовій лінії прокатується одна нитка, а в чорновій групі прокатка ведеться в дві нитки одночасно. На таких станах прокатують профілі із киплячих, спокійних та низьколегованих сталей (кругла сталь діаметром 10…20мм). Заготовкою для подібних станів є квадрат зі стороною 80…120мм.

Заготовки зі складу подають магнітним мостовим краном на завантажувальні решітки (1) стана. Тут їх оглядають і поштучно механічним приводом скидають на підвідний до печі (4) рольганг. Скинуті з решіток заготовки транспортуються рольгангом до печі. Біля рольганга є кармани (2) в які скидають браковані заготовки, після чого вони мостовим краном повертаються на склад для ремонту. У кінці підвідного рольганга біля вікна завантаження на окремому фундаменті змонтовано втягувач заготовок (3), який приймає заготовку із рольгангу та задає її у піч. В керамічному рекуператорі повітря підігрівається до 500^{o}C. Газ підігрівається в трубчастому металевому рекуператорі до 200^{o}….300^{o}C. В якості палева використовують коксодоменну суміш. Біля торцевого боку печі змонтовано штовхач (5) кривошипного типу. Штовхач приводиться через трьохступінчастий редуктор від двох спарених електродвигунів змінного струму потужністю по 42 кВт кожний. Схемою передбачено автоматичне та ручне керування механізмами ділянки завантаження. Температура нагрівання заготовки перед прокаткою обмежена декількома факторами: по – перше, температура нагрівання вища 1180^{o}C призводить до збільшення втрат металу в окалину; по – друге, зменшення температури нижче 1160^{o}C обумовлює підвищення опору металу деформації, середнього тиску, сили та потужності

прокатки, а отже, до підвищення витрат електроенергії, спрацювання валків, та погіршення якості профілю; по – третє, прокатка з початковою температурою 1180^{o}C обумовлює погіршення механічних властивостей готового прокату внаслідок появи крупнозернистої структури металу.

Біля вікна видавання заготовок із печі з боку стана установлено розподільний та витягувальний пристрій (7). Розподільний пристрій жолобчастого типу з ексцентриковим приводом по черзі направляє заготовки по лівій та правій нитках. Витягувальний пристрій – роликового типу з пневматичним притисканням верхнього ролика, змонтованого на одній станині з розподільником і забезпечує транспортування заготовки до першої кліті.

Перед чорновою групою клітей установлено двоє летучих кривошипно – важільних ножиць (8) лівого та правого виконання. На ножицях роблять обрізання кінців заготовок, які переохолоджені або розкошлачені. Ножиці забезпечують різання заготовки, яка рухається зі швидкістю 0,18…0,55 м/с. при необхідності заготовка розрізується на частини. Тому ножиці іноді називають ділильними. Чорнова група клітей (9) складається із семи двовалкових клітей з індивідуальним приводом валків постійного струму з регульованою кількістю обертів через знижувальний редуктор та шестеренну кліть. Робочі кліті обладнано гвинтовим натискним та пружинним зрівноважуванням верхнього валка, механізмами осьового регулювання валків та поперечного переміщення клітей. Робочі кліті чорнової групи приводяться від двигунів.

Кантовка розкатів між клітями здійснюється кантувальними роликами, установленими на виході розкату із кліті. Передавання розкату між клітями відбувається двожолобчастими водоохолоджувальними столами. За чорновою групою йде розділення лінії прокатки. Тут же установлено двоє летучих ножиць кривошипного типу (10) (окремо на кожну нитку). Привод ножиць здійснюється від електродвигуна постійного струму потужністю

55кВт з кількістю обертів 480…1200 за хв.. Мінімальна довжина різа дорівнює 1885 мм; ножиці забезпечують швидкість прокатки 1…4,5 м/с. Передача штаби між групами клітей виконується для правої нитки по рольгангу з холостими роликами, для лівої - по жолобу. Довжина розкату який вийшов із чорнової групи клітей, перевищує відстань між групами клітей. За технологічними умовами одержання якісного готового профілю передбачається утворення між групами клітей невеликої петлі. У зв'язку з цим середня ділянка жолоба між групами клітей лівої нитки зроблена приводною і може у разі утворення петлі підійматися, йдучи слідом за розкатом. У днищі нерухомого передавального жолоба біля восьмої кліті вирізано отвір довжиною приблизно 1м для відводу петлі донизу. Цим штучно збільшують стрілу прогину, що запобігає можливості "зав'язування" петлі перед ввідною проводкою. Перед правою чистовою групою лінії прокатки змонтовано обривні ножиці (11), призначені для відділення розкату, який надходить у чистову кліть, у випадку аварійності.

Чистові групи (12 та 13) мають кліті з вертикальними та горизонтальними валками і індивідуальним приводом від двигунів постійного струму через редуктор та шестеренну кліть. Чистову кліть з горизонтальними валками обладнано редуктором, який підвищує оберти валків, в інших клітях – знижувальний редуктор.

Кліті з вертикальними валками мають здвоєний верхній привод від електродвигунів постійного струму з регульованою кількістю обертів. Обертання валків від електродвигунів передається через циліндричний редуктор та шестеренну кліть. Чистова група клітей працює в режимі невеликого натягування розкату між клітями. Між групами клітей передбачається невелика петля. Передача розкату між клітями здійснюється по гладких передавальних столах з лінійками.

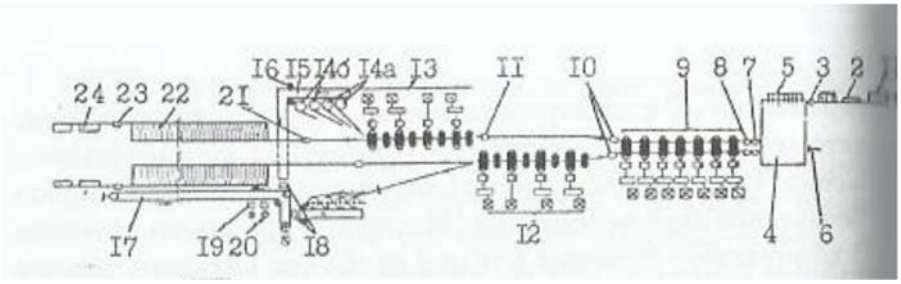


Рис. 1.1 Схема розташування обладнання неперервного двониткового стана 250: 1 – приймальні решітки; 2 – карман для бракованих заготовок; 3 – втягувач заготовок; 4 – нагрівальна піч; 5 – штовхач; 6 – виштовхувач; 7 – розподільний пристрій; 8 – ножиці; 9 – чорнова група клітей; 10 – летучі ножиці кривошипного типу; 11 – обривні ножиці; 12, 13 – неперервні чистові групи клітей; 14 – штабові і сортові моталки; 15 – пластинчатий конвеєр; 16 – бунтов'язальні машини; 17 – крюковий конвеєр; 18 – бунтонавішувач; 19 – бунтознімальний пристрій; 20 – пакетувальна машина; 21 – одноосні летучі ножиці; 22 – холодильник; 23 – ексцентрикові ножиці холодного різання; 24 – карман.

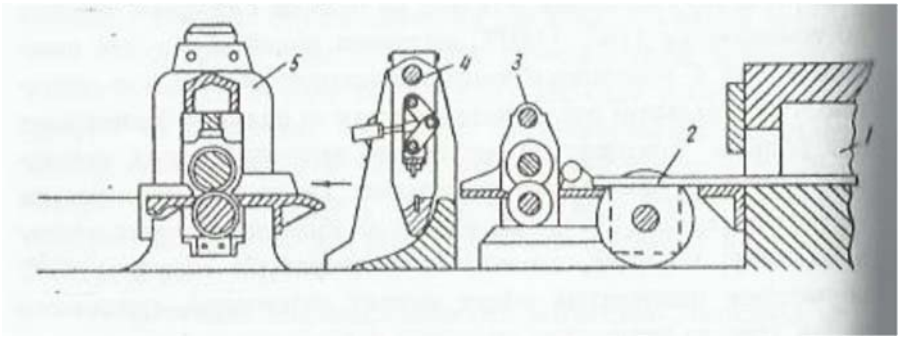


Рис. 1.2 Обладнання між нагрівальною піччю і першою кліттю:

1 – нагрівальна піч;

1 – розподільник заготовок;

2 – витягувальний пристрій;

3 – ножиці;

4 – перша робоча кліть.

Під час прокатки простих профілів (круг, квадрат) у чорнових клітях застосовують прямокутні калібри чи гладку бочку, в наступних клітях – систему овал – ребровий овал, а в трьох-чотирьох останніх клітях калібри, відповідні профілю. Круглий профіль прокатують у калібрах ребровий овал – овал – круг, а квадратний профіль у калібрах квадрат-ромб-квадрат (чотири кліті).

Під час прокатки кутка форму калібрів чорнової групи клітей не міняють, а в чистових клітях виконують спеціальну каліброву із закритими калібрами (чи відкритими), які дозволяють одержати точні розміри полиць по ширині. Заготовка овалу задається в перший фасонний калібр кліті закритого типу. Під час прокатки в непарних клітях з горизонтальними клітями ширина лівої та правої полиць профіль деформують у кліті з вертикальними валками. Товщина полиць та остаточна форма кутка формується в клітях 13 та 15. У чистовій кліті застосовують невеликі величини коефіцієнтів витягання з метою зменшення спрацювання валків і одержання точного профілю. Коефіцієнти витягання полиць приймають в таких межах:

а) Чорнові калібри $\mu = 1{,}6\ldots1{,}8$;

б) Перед чистові $\mu = 1{,}45\ldots1{,}5$;

в) Чистові $\mu = 1{,}25\ldots1{,}3$.

З чистової кліті штаба перевідною стрілкою направляється на моталки для змотування в бунти чи на холодильник. Змотана в бунт штаба зіштовхується на пластинчатий транспортер, де бунтов'язальні машини обв'язують бунт з двох боків.

Подальше охолодження бунтів роблять у висячому положенні на крюковому конвеєрі. Охолодженні бунти знімають бунтознімальним пристроєм, передають на пакетувальну машину, а потім на склад готової продукції.

Основні недоліки стана такі:

- Відсутність вертикальних клітей у чорновій групі і необхідність, через це, кантовки розкатів;
- Прокатка в чорновій групі клітей у дві нитки, що знижує точність висоти та ширини профілю, оскільки в процесі прокатки сила на валки змінюється в залежності від кількості ниток у клітях;
- Прокатка в дві нитки обмежує також початкові розміри заготовок;
- Відсутній контроль якості заготовок до посадки в піч;
- Відсутні прилади контролю натягання штаби або петлі та розмірів профілю.

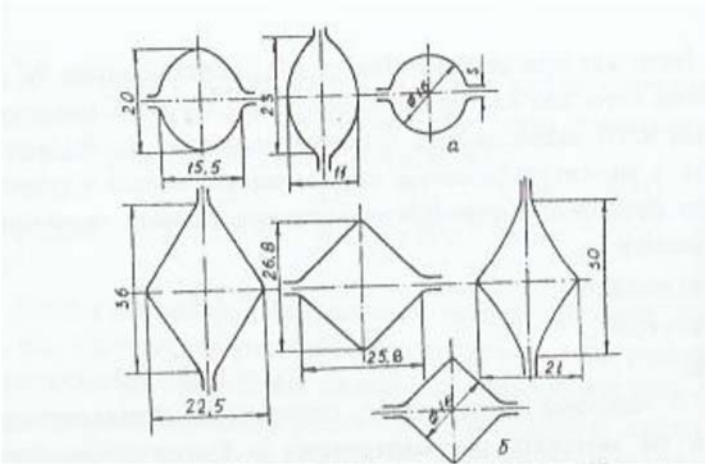


Рис. 1.3 Чистові калібри для прокатки круга (а) і квадрата (б) на дрібно сортному стані.

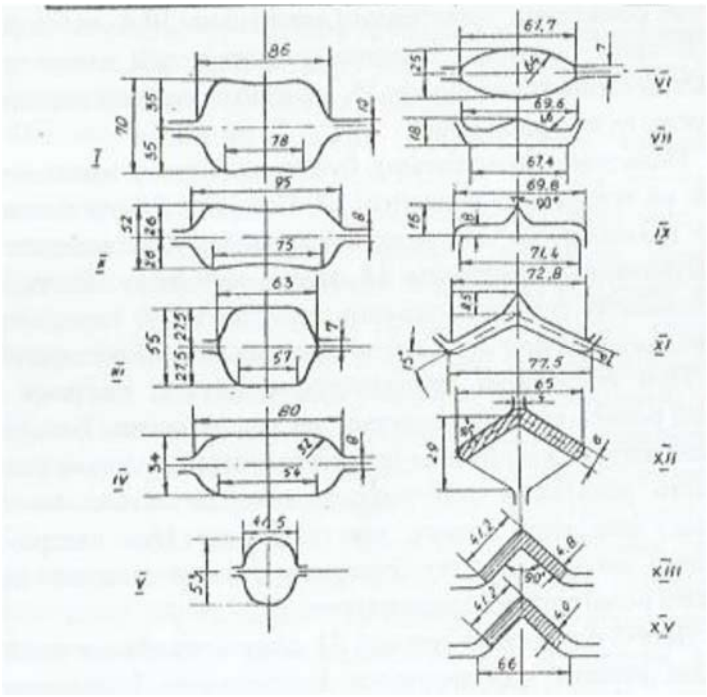


Рис. 1.4 Схема калібрування валків для прокатки кутового профілю 4х40х40 мм (I – XV – номера клітей).

1.2 СИСТЕМИ КАЛІБРІВ ПРОСТОЇ ФОРМИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Розглянемо такі системи калібрів: ящикову (прямокутну); прямокутник – гладка бочка; овал – квадрат; ромб – квадрат; овал – ребровий овал; гладка бочка – гладка бочка. Використання тієї чи іншої системи калібрів обумовлено типом стана, формою готової продукції, матеріалом профілю, що прокатують.

Система ящикових калібрів. Ця система містить ряд послідовно розташованих ящикових (прямокутних) калібрів, яку застосоують на обтискних (блюмінгах) та заготовочних станах неперервного і лінійного типів (рис. 1.5). На валках декілька проходів (1-6). На неперервно – заготовочному (НЗС) та лінійному - заготовочному станах в кожному калібрі штабу прокатують за один прохід. Ящикові калібри мають невеликий уріз рівчака у валки і, отже, підвищену міцність, рівномірний обтиск по ширині

штаби, а нахилені стінки сприяють збільшенню граничного кута захвату штаби валками та величин обтиску.

Щоб запобігти утворенню лампасів, ширина калібру в роз'єднанні повинна складати, мм:

$$B_k = B + \Sigma\triangle b + (5\ldots10),$$

де B – ширина штаби до прокатки;

$\Sigma\triangle b$ – сумарне розширення у всіх проходах в даному періоді кантування.

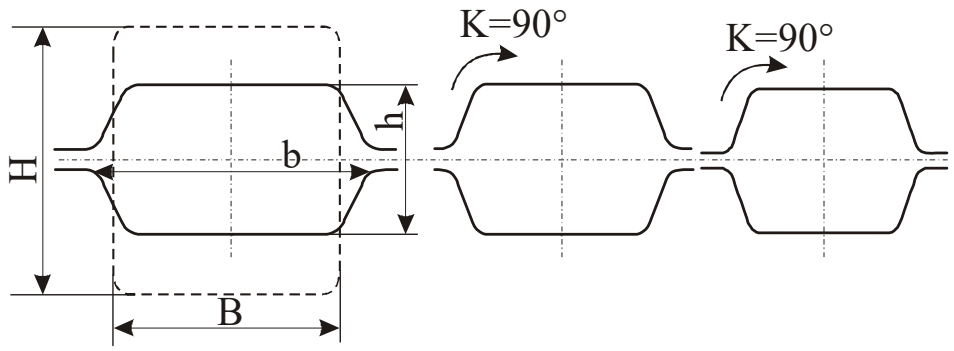


Рис. 1.5 – Ящикова система калібрів

Прокатка в ящикових калібрах характеризується великими кутами захвату (α = 20…30º) і отже, значними абсолютними обтисками (△h = 80…120 мм) за один прохід.

Глибина урізу калібра (h_k) визначається відповідно до його призначення. Чим менше відношення сторін (H/B) штаби, яка задається в калібр, тим менша глибина урізу. Згідно з даними Б. П. Бахтінова та М. М. Штернова при H/B < 1,2 уріз відсутній і $h_k = 0$ (слябінг). Під час прокатки

штаб з відношенням H/B > 1,2 висота урізу валків блюмінга може бути визначена виразом

$$h_k = (0,7…0,9)\, h_{min} .$$

де h_{min} – мінімальна товщина штаби в цьому калібрі.

За даними Б. В. Мерекіна глибину урізу ящикового калібру у валки блюмінга доцільно приймати рівною.

$$h_k \leq 0,2\, D_6$$

І. Я. Тарновський та інші вважають допустимим використання такої залежності

$$0,5h_k = 0,15b_d + 45$$

Фактична глибина урізу калібру на діаметр, виходячи з умов міцності валка, не перевищує h_k = 220 мм, а зазор між валками приймають рівним S = 15…20 мм.

Система прямокутник – гладка бочка. Цю систему застосовують в чорнових клітях лінійних неперервних і сортових станів, а також в чорнових клітях станів з послідовним розташуванням клітей (рис.. 1.6). Вона дуже зручна для прокатки різних профілерозмірів готової продукції. У цій системі, як правило, передбачається кантування штаби після кожного проходу. Коефіцієнти витягань і допустимі кути захвату в ящикових калібрах на 10…15% більше, ніж в гладких валках. Внаслідок великого розширення ефективність прокатки в гладких валках дещо менше, ніж в калібрах. В даній системі калібрів глибина урізу чорнового ящикового калібру у валки дорівнює - $h_к = h – S$,

Де S - зазор між валками, рівний 7…120 мм, у залежності від товщини розкату.

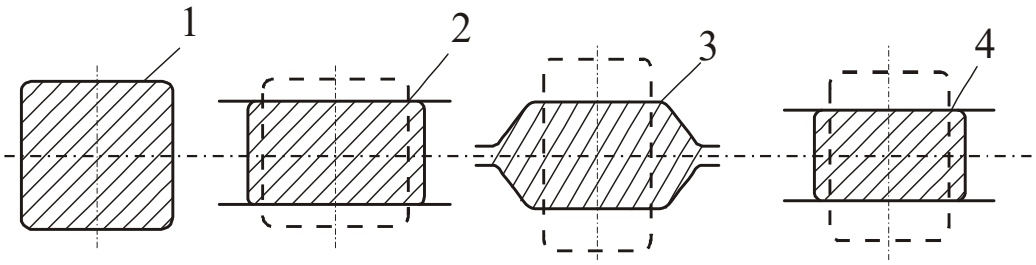


Рис. 1.6 Система прямокутник – гладка бочка (1-заготівка; 2-гладка бочка; 3-ящиковий калібр; 4-гладка бочка).

Система овал – квадрат. Систему овал – квадрат широко застосовують на станах лінійного типу. Вона забезпечує інтенсивну деформацію металу (рис. 1.7). Відношення розмірів осей овала як правило приймають рівним b/h = 2…3. Великі значення b/h забезпечують і великі величини витягань (обтисків), але при цьому погіршуються умови захвату металу валками. У зв'язку з цим для більших розмірів овалів приймають менші значення b/h. Під час прокатки трубної заготовки (d> 80…100 мм) відношення діагоналей овалів знаходиться в межах b/h = 1,3…1,5.

Коефіцієнти витягів в квадратних калібрах $\mu_{кв}$ = 1,2-1,5, а в овалах $\mu_{ов}$ = 1,3-2,0. Великий витяг в овальному калібрі забезпечується більшою шириною штаби, що прокатується в нім і меншого розширення. Невеликий уріз рівчака овального калібру у валяння, забезпечуючи міцність валка, також дозволяє робити в ньому інтенсивний обтиск. Під час прокатки квадратної штаби в овальному калібрі кожного разу метал з ребрових ділянок переходить на поверхню овальної штаби, що підвищує якість готової продукції. Недолік системи - погана стійкість овальної штаби в квадратному калібрі, що вимагає установки щільних лінійок перед валяннями. Наявність великої нерівномірності деформації по ширині штаби обумовлює нерівномірність зносу калібрів. Нерівномірність деформації по ширині штаби обумовлена

різною висотою заготівлі по ширині, заввишки калібру по його ширині і, отже, різними обтисканнями в кожному поперечному перерізі прокатуваного профілю. Чим складніше форми заготівлі і калібру, тим більша міра нерівномірності деформації металу. Окрім овалів одних радіусів застосовують також шестикутні калібри під час прокатки в квадратному калібрі і плоскі овали при прокатці в круглих калібрах (рис.. 1.8, а, б). У шестикутному калібрі параметр m = 0,4b. Часткою випадком є шестикутний калібр, в якому бічні стінки нахилені на кут ≈ 45º. В цьому випадку m = b - 1,41·$h_к$. У плоскому овалі радіус r = $h_к$/2 і параметр m = b - $h_к$.

При прокатуванні в системі овал-квадрат (рис. 1.7) коефіцієнт витягання в овальному калібрі завжди більший, ніж в квадратному. Співвідношення між коефіцієнтами витягання в квадратному і овальному калібрах на основі[4] визначається виразом:

$$\mu_{кв} = 1 + (0,3 - 0,35)\,(\mu_п - 1);$$

$$\mu_{ов} = 1 + (0,6 - 0,5)\,(\mu_п - 1),$$

Де $\mu_{кв}$ и $\mu_{ов}$ - коефіцієнти витягів відповідно в квадратному і овальному калібрах.

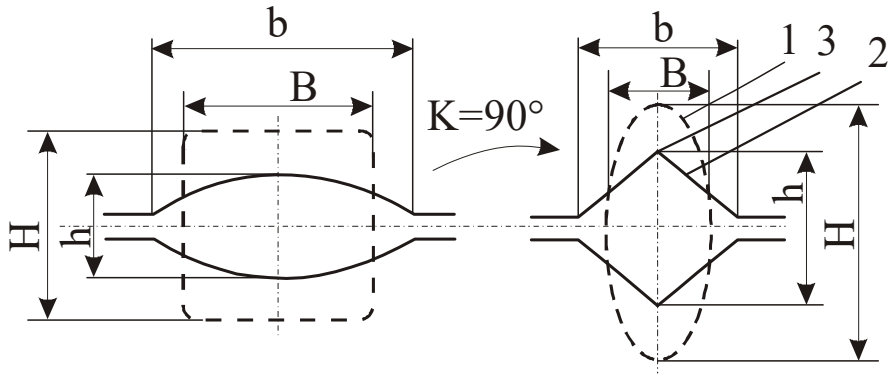


Рис. 1.7 Калібри системи овал-квадрат (сполошні

лінії – калібр; пунктирні - заготівля)

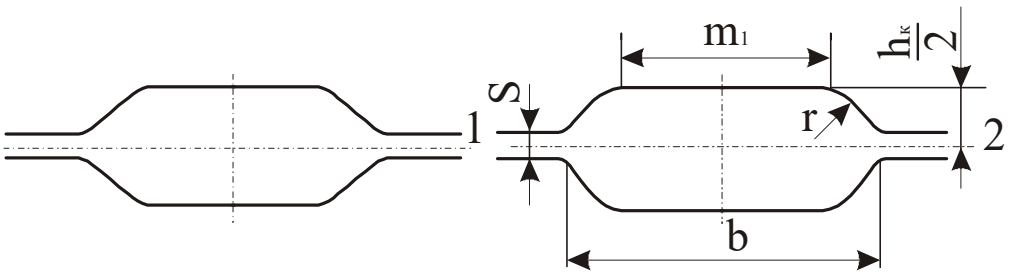


Рис.. 1.8 Калібри: а - шестикутник; б - плоский овал.

Коефіцієнт витягу в парі сусідніх калібрів і співвідношення між коефіцієнтами витягу рівні:

$$\mu_п = \mu_{кв} \cdot \mu_{ов}; \quad \mu_{кв} = \mu_п / \mu_{ов}; \qquad \mu_{ов} = \mu_п / \mu_{кв}$$

Система ромб-квадрат. Систему ромб-квадрат використовують для прокатки квадратних профілів на безперервно - заготовочних станах (рис. 1.9). Для цієї системи характерні порівняно невеликі коефіцієнти витяжок. При цьому внаслідок більшої ширини ромба, коефіцієнт витяжки в ньому дещо більше, ніж у квадратному калібрі. Однак у практичних розрахунках коефіцієнти витяжок в калібрах цієї системи беруть однаковими в межах μ=1,2...1,4.

Кут при вершині ромба становить 100-120º (b/h=1,19-1,73), а в чистового квадратному калібрі ~ 88º. Це необхідно для отримання кута при вершині квадрата рівним 90º після його остигання.

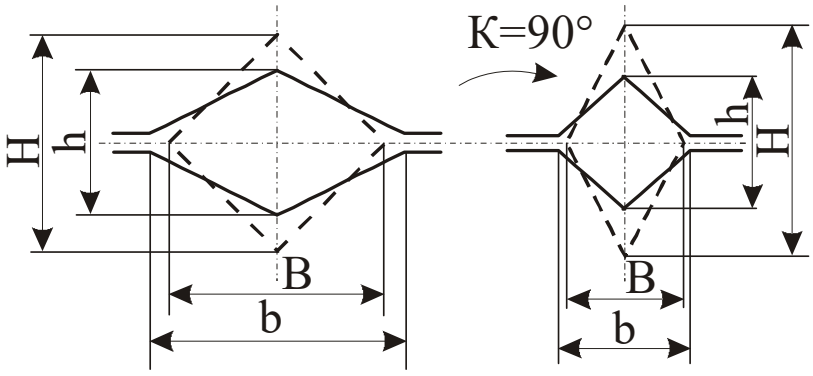


Рис.. 1.9 – Система калібрів ромб – квадрат

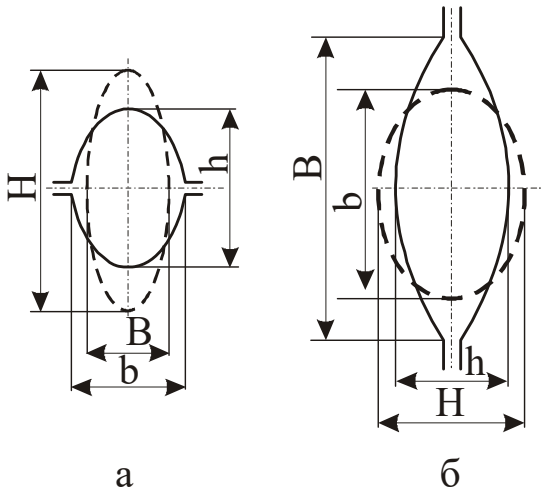


Рис.. 1.10 – Система калібрів: а - овал - ребровий овал;

б - ребровий овал-овал.

Наявність нахилу бічних стінок калібрів забезпечує зменшення розширення металу порівняно з прокаткою в гладких валках при одній і тій же висотної деформації. Фізична сутність впливу похилих стінок калібрів полягає в появі поперечних складових нормальних зусиль, що діють від стінок проти напрямку переміщення течії металу. Незважаючи на недоліки ця система калібрування широко застосовується на станах різного типу. При прокатуванні штаб в цій системі горизонтальні ребра не піддаються деформації, більше охолоджуються і на них можуть з'являтися дефекти у

вигляді волосовин і заходів. На ділянках горизонтальних ребер виникають розтягання напруження, що сприяє утворенню поперечних тріщин. Розтягуючі напруження на ребрах виникають через те, що в результаті більшої величини витягання по розкату має місце нерівномірний розподіл в осередку деформації поздовжніх напружень. Там, де величина витягання буде менше (на ребрах), виникають напруження розтягу. При недостатній пластичності металу (леговані марки сталі) напруження можуть призвести до його руйнування, утворення тріщин. Тому дану систему калібрування не рекомендується застосовувати при прокатці малопластичних металів. Ребра готового квадратного профілю виходять з ребер заготовки, тому дефекти, що мають місце на заготівлі, переходять на ребра готового профілю. Відсутній «перемішування» металу в процесі деформації.

Система овал - ребровий овал. Система вперше була застосована на незперервному дрібносортному стані Макіївського металургійного заводу (рис.10). Реброві овали застосовують з співвідношенням діагоналей h/b = 1,1-1,4, а відношення осей овалу - b/h = 2-3. При цьому, чим більше розміри ребрового овалу, тим менше відношення h/b. Коефіцієнт витягання в реброві овалах $\mu_{р.ов}$ = 1,2-1,4 і визначається в залежності від величини коефіцієнта витягання в парі калібрів овал - ребровий овал і відносини осей овалу b/h за виразом:

$$\mu_{р.ов} \approx 1 + (0{,}35 - 0{,}38)\,(\mu_{п} - 1).$$

Коефіцієнт витягання в однорадиусному овалі, визначають з виразу:

$$\mu_{ов} = \mu_{п} / \mu_{р.ов.}$$

На неперервних станах реброві овали врізають в горизонтальні валки, а однорадіусні - в вертикальні. Ця система володіє наступними перевагами:

- надійне захоплення розкату валками на великих швидкостях;

- самоцентрирование ребрового овалу в овалі, що дозволяє застосовувати просту конструкцію валковою арматурою;

- рівномірність деформації по ширині штаби, що сприятливо позначається на якості поверхні готового профілю;

- хороше видалення окалини з поверхні профілю.

Універсальна система калібрування. Цю систему калібрування використовують при прокатуванні якісних сталей на лінійних сортових станах. Переваги системи - можливість зміни зазору між валками (рис.. 1.11) і отримання круглих профілів різного діаметру з овалів різного розміру. Коефіцієнти витягання в цій системі невеликі: гладка бочка - μ = 1,1-1,2; сходинка - μ = 1,2-1,25. Застосування невеликих витягань забезпечує збереження цілісності малопластичного матеріалу при прокатці. У цій системі, змінюючи висоту калібрів, прокочують різні, але близькі за розмірами, круглі профілі.

Система гладка бочка - гладка бочка. В даний час широко застосовують чорнову прокатку сортових профілів гладкими валками. Сутність її полягає в обтисканні прямокутника з заокругленими крайями поперемінно горизонтальними і вертикальними валками без калібрів або тільки горизонтальними валками з кантовкой розкату на 90º після кожного проходу. В останній, чистовій кліті є калібр за формою готового прокату. Послідовність проходів вказана на рис.. 1.12.

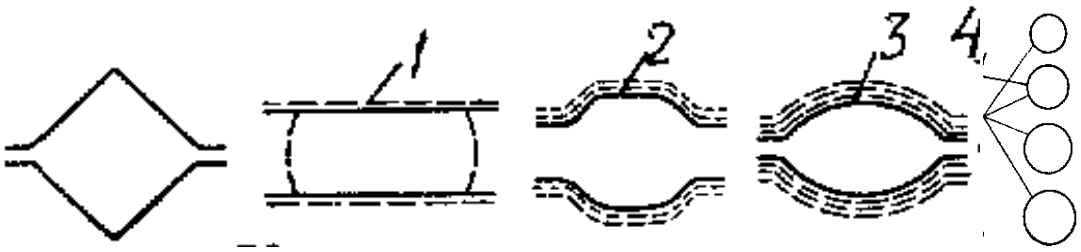


Рис.. 1.11 Універсальна система калібровки валків: 1 – гладка бочка;

2 – сходинка; 3 – овал; 4 – круг.

Застосування процесу прокатки в гладких валках дозволяє підвищити техніко-економічні показники роботи безперервного стану: підвищити використання робочої поверхні валків на 20-30%; збільшити вихід придатного металу в результаті виключення дефектів, пов'язаних з незаповненням або переповненням калібрів металом; зменшити брак сортового прокату за наявності волосовин, тріщин; збільшити термін служби валків завдяки зменшеннязусилля прокатки в гладких валках на 15-20% порівняно з прокаткою в калібрах; зменшити витрату валків в 3-4 рази. Технологія прокатки в гладких валках може бути застосована на існуючих заготовочних і сортових станах будь-якого типу. Відмінною особливістю цього процесу є те, що заготівлю прокочують у двох паралельних циліндричних валках без калібрів і мають вступну проводку, здатну утримувати заготовку при її подачі у валки. Заготовку ставлять у валки проведенням вступної так, щоб зі сторони входу її менша вісь була паралельна робочих поверхонь валків. Схема прокатки за цим способом показана на рис.1.12. Режим обтиснень вибирають з умови, що в кожному проході вихідна товщина розкату повинна бути більше початкової ширини не більше ніж у 1,4 рази.[5]

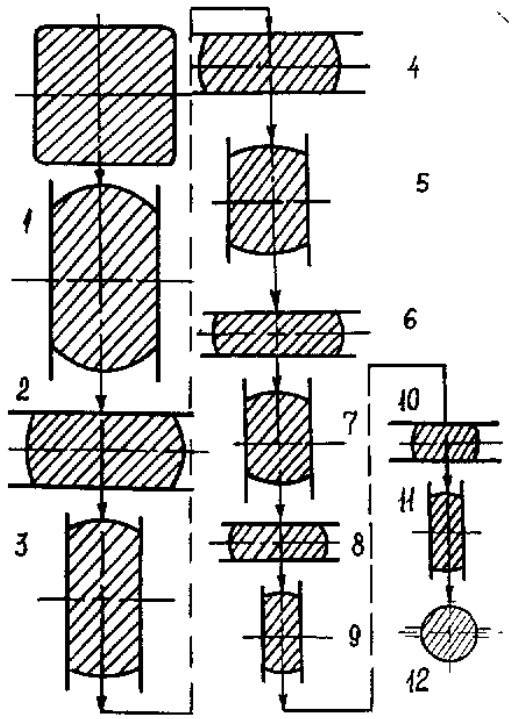


Рис..1.12Послідовність проходів (клітей) при реалізації прокатки в системі гладка бочка – гладка бочка

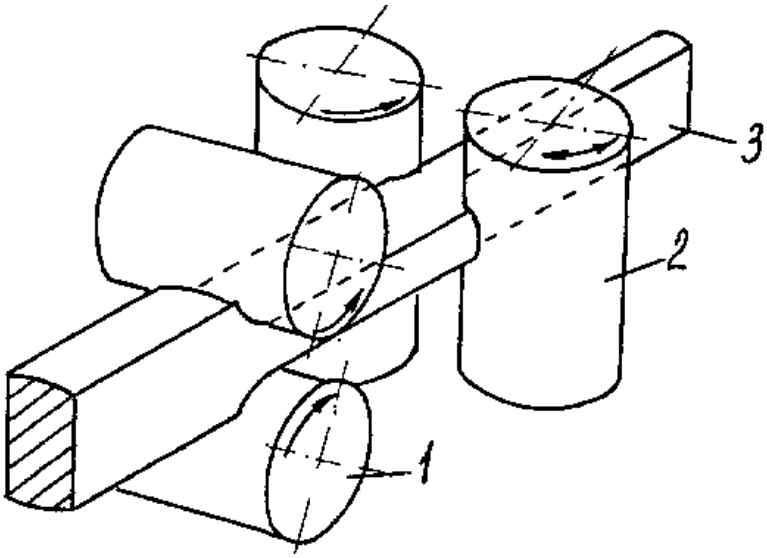


Рис.. 1.13. Прокатка всистемі гладка бочка – гладка бочка: 1 – горизонтальні валки; 2 – вертикальні валки; 3 – штаба.

1.3 СУМІЩЕНИЙ ЛИВАРНО-ПРОКАТНИЙ АГРЕГАТ

Метою дослідження є виявлення переваг і недоліків відомих конструктивних схем поєднання машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) і прокатного стану для розробки рекомендацій по їх використанню. Розглянуті і проаналізовані конструктивні особливості суміщених агрегатів, запропоновано рекомендації по використанню суміщення МБЛЗ і прокатного стану в проектованих ливарно–прокатних агрегатах (ЛПА). Показано, що запропоновані схеми дозволяють будувати ЛПА з мінімальними розмірами і масою устаткування, мінімізувати витрату енергії на здійснення технологічного процесу.

Ефективність процесу безперервного лиття слябів, блюмів або іншої заготовки для її наступної прокатки загальновідома. Але ця ефективність ще більше зростає при поєднанні процесу лиття із прокаткою в одному агрегаті або стані. Застосування цього технологічного процесу для одержання прокату безперервним методом з рідкого металу відкриває великі перспективи в справі підвищення ефективності металургійного виробництва.

При такій технології вдається використовувати первинну теплоту злитка для його деформації, виключити проміжний склад металу й досягти повної безперервності в процесах лиття й прокатки, що забезпечить різке підвищення продуктивності праці.

Машини, що входять в агрегат для виконання цього процесу, стають більш компактними, зменшується їхня маса й необхідні виробничі площі. У зв'язку із цим поряд з експлуатаційними перевагами істотно знижуються також і питомі капіталовкладення, тобто одночасно досягається підвищення продуктивності праці, як живої, так і упредметненої.

З відомих способів сполучення прокатки з безперервним литтям слід зазначити наступні:

1) рідкий метал безпосередньо надходить у міжвалковий простір;

2) початок процесу кристалізації відділено від деформації, але деформація, тобто прокатка, починається, коли серцевина злитка перебуває ще в рідкому стані;

3) прокатку злитка, що утворюється безупинно, здійснюють після закінчення кристалізації.

Перший спосіббув запропонований ще Бессемером і названий беззливковою прокаткою, але в той час його здійснити не вдалося.

В 30-х роках у USA й СРСР були побудовані дослідні стани, спеціально призначені для освоєння цього процесу, як для кольорових металів, так і для сталі. Позитивні результати, однак, не були досягнуті, і стани довелося демонтувати. Основний недолік цього способу полягав в розривах у міру обертання валків скоринки металу, що утворювалася на самому початку зіткнення рідкого металу з валками, що викликало неоднорідність структури металу й інші дефекти. Був проведений ряд досліджень, що довели органічний недолік цього способу виробництва беззливкової прокатки.

Надалі цей процес удалося значно вдосконалити, застосувавши подачу металу не безпосередньо на валки, а через проводки, встановлені між валками. При цьому вдається стабілізувати кут захвата, що повинен бути відносно невеликим і постійним.

Застосування цієї технології замість прокатки штаби зі злитка дало великий економічний ефект не тільки на самому переділі, але також при наступній обробці рулону завдяки значному збільшенню його маси.

Єдиний недолік цих станів із кристалізаторами валкового типу полягає втому, що довжина кристалізатора обмежена довжиною дуги захоплення, і тому швидкість виходу штаби відносно низька (близько 1–2 м/хв.), що лімітує продуктивність агрегату. Однак, незважаючи на це, беззливковий спосіб одержання штаби винятково ефективний, особливо, коли ці агрегати встановлюють біля електролізерів і дозволяють вихідний з них рідкий метал відразу переробляти в рулони штаби.

Виробництво 1т листа, виготовленого цим методом, дешевше, ніж старим способом.

Цей спосібхарактеризується частковим поділом процесів кристалізації й деформації, але деформація, тобто прокатка, починається тоді, коли серцевина злитка перебуває ще в рідкому стані (рис. 1.14), тому валки розташовують біля кристалізатора.

Цей спосіб почали застосовувати кілька років назад в Австрії для сталі при використанні кристалізаторів класичного типу з мідними стінками, по яких сковзає скоринка злитка, що утворюється. Цей процес дозволяє усунути утворення усадочної раковини в центральній частині злитка, але в цьому випадку відбувається деформація при температурі переходу металу з рідкої фази у тверду, коли пластичні властивості металу дуже низькі. Тому в центральній частині можливе утворення тріщин, які будуть заповнюватися матковим розчином з більш високим змістом інгредієнтів сплаву, що може викликати неоднорідність злитка. Крім того, матковий розчин витісняється в задню частину злитка, що, безсумнівно, приведе до неоднорідності хімічного складу злитка по його довжині. Незважаючи на цей недолік, описуваний спосіб все-таки одержав деяке застосування при виробництві сталі. Так, у Німеччині було побудовано агрегат, на якому відливаються сталеві злитки перетином 160×160 мм,що потім прокатуються без розрізування в безперервному стані, що має дві горизонтальні й дві вертикальні кліті, до перетину 90×90 мм. За останні роки не з'являлося повідомлень про подальше поширення цього способу. Для більшості сталей застосування його не забезпечує високої якості прокату. Такий спосіб також виявився непридатним для кольорових металів. Але, мабуть, цей процес іноді виникає й при розглянутих вище способах беззливкової прокатки. Якщо збільшити окружну швидкість валків, то кристалізація може перейти в зону деформації або навіть за її межі. Ще один спосіб полягає в прокатці зливка, що утворюється безупинно, після закінчення кристалізації. Цей спосіб у порівнянні з попередніми забезпечує найкращу якість металу. Увсякому разі,

у результаті прокатки не знижується однорідність безперервно-литого металу, поліпшуються його механічні властивості й розширюється можливий сортамент. У дослідженнях і втіленні їхніх результатів на практиці ВНДІметмашем прийнятий саме цей спосіб як основний при сполученні прокатки з безперервним литтям для алюмінію, міді, сталі, цинку й інших металів.

Головною проблемою, що виникла при цьому, є розробка такої системи кристалізатора, яка б забезпечувала вихід злитка зі швидкістю, достатньою для нормального завантаження безперервного прокатного стану.

У кристалізаторах класичного типу з мідними стінками, по яких повинна сковзати скоринка злитка, що утворюється безупинно, швидкість виходу останнього близько 0,2–4 м/хв., що є недостатнім для повного використання безперервного прокатного стану при його розташуванні в потоці за кристалізатором. У зв'язку із цим були виконані пошуки інших конструкцій кристалізаторів.

За пропозицією ЦНДІчермету для сполучення з безперервним прокатним станом на Омутнинському заводі була випробувана машина конвеєрного типу системи М.Ф. Голдобіна для безперервного лиття блюмів перетином 160×160 мм. Швидкість виходу злитка могла перевищувати 5 м/хв. Машину випробували у виробничих умовах, сполучивши із установленим в одну лінію з нею заготовочним безперервним станом системи ВНДІметмашу.

Тривалі випробування показали, що процес сполучення безперервного лиття злитка великого перетину, що не може утворювати петлю, і прокатки в принципі можливий. Злиток після відливання зберігає температуру, достатню для його наступної прокатки без підігріву, і процес синхронізації руху конвеєрів ливарної машини й прокатного стану здійснювався успішно.

Однак наявність стиків у траків ланцюгів конвеєрів, тобто в окремих ланках кристалізатору, викликала в цих місцях підвищений розпал і, як наслідок, затікання металу в канавки, що утворюються між ланками ланцюга. Це приводило до поганої поверхні злитка і утворенню тріщин.

Із кристалізаторів інших систем (наприклад, таких, у яких стінки рухаються одночасно з металом) тривалим випробуванням піддавали кристалізатор, зроблений у вигляді обода колеса й зовні обтягнутий на кут близько 180° і більше сталевою стрічкою.

Така конструкція названа роторною, її детально випробовували при литті різних металів: алюмінію, цинку, олова, міді й сталі. Як правило, кристалізатор такої системи при випробуваннях виявлявся працездатним. Деяке утруднення, особливо для сталі, викликало здійснення підведення рідкого металу до його дзеркала в кристалізаторі.

У СРСР перший ливарно-прокатний стан із кристалізаторами роторного типу, де були сполучені процеси безперервного лиття й прокатки, був розроблений ВНДІметмашем (під керівництвом П.І. Софійського) разом із Запорізьким алюмінієвим заводом. В 1961 р. на цьому заводі стан був успішно введений в експлуатацію (рис. 1.15). Кристалізатор цього стану зроблений у вигляді обода колеса, обтягнутого зовні сталевою стрічкою.

Завдяки повній безперервності технологічного процесу, при якому дріт прокатується нерозривним потоком (плавильна піч – міксер – кристалізатор – прокатний стан), різко підвищилася продуктивність праці й була досягнута практично повна автоматизація виробництва. Обслуговуючий персонал повинен тільки спостерігати за ходом процесу.

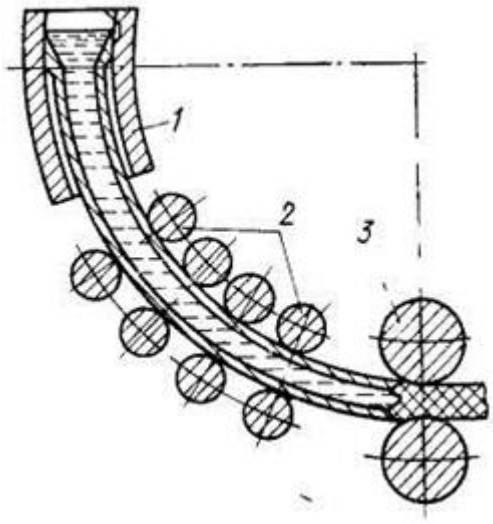


Рис. 1.14 – Схема сполученого процесу неперервного лиття й наступної прокатки металу у двофазному стані: *1* – кристалізатор; *2* – роликова зона вторинного охолодження; *3* – валки першої кліті прокатного безперервного стану

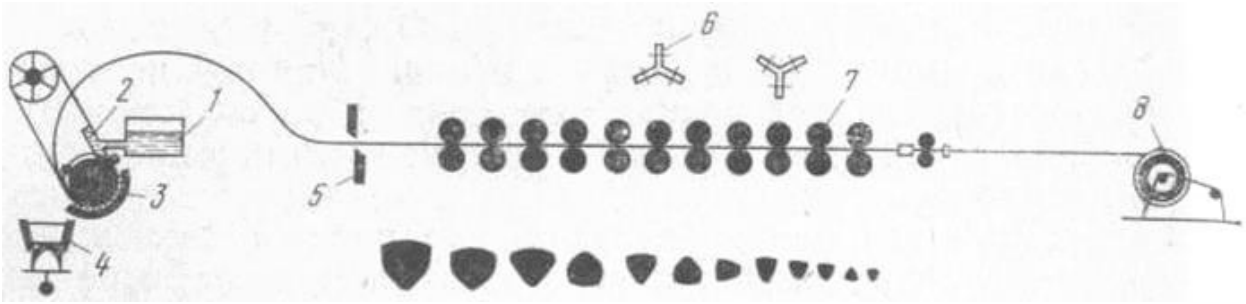


Рис.. 1.15 – Схема ливарно-прокатного стана із кристалізатором роторного типу:

1 – проміжна ванна; *5* – летучі ножиці (аварійні);
2 – дозатор; *6* – схема розташування валків у двох суміжних клітях
3 – кристалізатор; *7* – трьохвалковий безперервний стан;
4 – поперечний переріз кристалізатора; *8* – моталка

Продуктивність кожного із цих агрегатів становила 1,5 т/год. Питомі капітальні витрати знижувалися в 2,7 рази. Річна економія від застосування цих станів значно перевищувала їхню вартість. Строк окупності їх становив усього лише 5-8 міс.

Навідміну від закордонної практики Всесоюзний алюмінієвий і магнієвий інститут (ВАМІ) намітив більш ефективний розвиток цього процесу. У СРСР описані вище стани встановлювали безпосередньо на заводах, що виробляли алюміній, а не перероблювали його. Завдяки цьому використовували розплавлений алюміній з електролізних ванн, внаслідок чого виключалися операції виливка паць і їхнього наступного плавлення, що супроводжує вигар (~2%) і витрата енергії знижувалася до 800 кВт·год./т.

Його продуктивність 4,5-5 т/год., швидкість виходу дроту з валків стана більше 7 м/сек. На Алма-Атинському заводі важкого машинобудування було організовано серійне виробництво цих станів.

Стало доцільним створення ще більш продуктивних станів цього призначення, для чого необхідно збільшити перетин злитка, діаметр колеса кристалізатора й відповідно швидкість прокатки кінцевих перетинів.

Іркутським заводом у червні 1977 р. на серійному ливарно-прокатному стані були успішно проведені досвіди по одержанню катанки зі сплаву АВ-Е підвищеної електропровідності. Стан посиленої конструкції, створений для цієї мети ВНДІметмашем, змонтований на Кандалакшському алюмінієвому заводі.

Виробництво дроту цим способом у цей час становить більше 90% загального обсягу його виробництва. Продуктивність праці в порівнянні зі старим способом зросла в 4–5 разів, а питомі капітальні вкладення знизилися в 4,8 рази.

Ливарно-прокатні стани із кристалізаторами роторного типу застосовують також для безперервного лиття міді з наступною її прокаткою в дріт.

Продуктивність агрегату для мідного дроту становить близько 10 т/год.

До числа багатьох переваг виробництва дроту методом сполучення безперервного лиття й прокатки варто віднести практично необмежену масу бунта, що досягає для алюмінію до 1,5–2 т, а для міді до 3–5 т, тобто в 10–20 разів більше, ніж у звичайних станів. Це досить спрощує подальшу обробку дроту, особливо при волочінні.

Аналогічним методом, тобто сполученням безперервного лиття між ободом колеса й сталевою стрічкою із прокаткою, доцільно освоїти виробництво інших профілів, у тому числі штаби шириною до 300–400 мм.

Для виробництва широких штаб методом сполучення процесів безперервного лиття й прокатки в USA застосовують машину системи Хазелетта, у якій процес безперервного лиття штаби заснований на тім, що рідкий метал надходить у простір, утворений між двома похило розташованими й сталевими стрічками, що безупинно рухаються. Зовні стрічка інтенсивно прохолоджується водою.

Створено дослідно-промислову машину подібного типу для безперервного лиття алюмінієвої штаби шириною до 1000 мм, випробування якої дало позитивні результати. Швидкість виходу штаби товщиною 10-15 мм можна довести до 5–10 м/хв. При такій швидкості стає рентабельною установка прокатного стана за цією машиною для безперервного лиття.

Із проведених робіт з освоєння сполучених процесів безперервного лиття й прокатки кольорових металів можна зробити висновок, що майбутнє виробництва листового прокату з алюмінію й цинку, а також катанки з алюмінію й міді належить процесу безперервного лиття, об'єднаному із прокаткою, і воно повинно розвиватися на базі створених для цієї мети ливарно-прокатних станів.

При створенні станів для об'єднаних процесів безперервного лиття й прокатки сталі виникає більше технічних труднощів, ніж для кольорових металів, але в той же час рішення цієї проблеми по її економічних перевагах більш актуально.

Головна із цих труднощів полягає в низькій швидкості (0,6–5 м/хв.) виходу злитка із кристалізатора в існуючих безперервно-ливарних машинах, що визначає недовикористання продуктивності прокатного стана у випадку його положення в потоці за кристалізатором. Принципово можливі ***два шляхи*** вирішення цього завдання.

Перший, найбільш простий шлях складається в застосуванні декількох кристалізаторів, встановлених у потоці з одним прокатним станом. У цьому випадку передбачена відрізка від злитка, що виходить із кристалізатора, можливо більш довгих шматків, тобто слябів або блюмів, або заготовок, які потім разом з такими ж шматками злитків, що виходять із інших, розташованих паралельно безперервно-ливарних машин, повинні надходити по черзі в прокатний стан. Для вирівнювання температури злитків перед входом у валки стана потрібен їхній підігрів у печах.

Другий шлях складається в такому з'єднанні безперервно-ливарних машин із прокатним станом, при якому злиток із кристалізатора надходить у валки прокатного стана безупинно, без розрізування.

Ця схема по суті найбільш досконала, але її реалізація досить утруднена, головним чином, внаслідок низької швидкості виходу злитка із кристалізатора. Усунення цієї різниці у швидкостях руху металу прокатного стану й при безперервному литті здійснюється одночасно у двох напрямках:

По-перше, вишукуванням нових, більш досконалих систем ливарних машин, які б забезпечували швидкість виходу злитка, достатню для завантаження прокатного стану (не менш, ніж 8–10 м/хв.),

По-друге, застосуванням станів спеціальної конструкції, які було б вигідно експлуатувати при низьких швидкостях входу металу в стан і, зокрема, станів періодичної дії, у тому числі планетарних.

З метою одержання на планетарних станах профілів квадратного перетину (що неможливо на планетарних станах системи Сендзиміра) ВНДІметмашем була запропонована й розроблена принципово нова схема планетарного стану системи О.І. Целікова й В.В. Носаля. Навідміну від

існуючих станів новий агрегат здійснює обтиснення металу із чотирьох сторін, тобто по висоті перетину і його ширині.

Для цієї мети, крім системи робочих валків, розташованих горизонтально, як у звичайних планетарних станів, передбачена й друга система таких же валків, розташованих вертикально.

Сепаратори горизонтальних і вертикальних робочих валків зв'язані між собою зубчастою передачею, що забезпечує почергове проходження по прокатаному металу пари валків, то горизонтальних, то вертикальних.

Стан, що складається з робочої кліті розглянутої конструкції разом з розташованою перед нею кліттю, що подає, може прокатувати заготовку із загальною витяжкою за один прохід, що досягає 80%, тобто він у змозі виконати те ж завдання, що й безперервний стан, до складу якого входить 8–12 клітей.

Дослідний стан, що працює за такою схемою, сполучений з машиною для безперервного лиття радіального типу, а з боку виходу – з безперервним станом для прокатування квадратного перетину в круглий дріт, був побудований і випробуваний ВНДІметмашем.

Проведені дослідження прокатних зразків дали цілком задовільні результати: не було виявлено розривів або слідів заходу; усадочні раковини, що утворюються, при кристалізації злитка під час подальшої прокатки повністю заварювалися. При цьому механічні властивості виявилися більш високими, ніж у звичайної прокатаної сталі.

На підставі виконаних дослідів був зроблений висновок про реальну можливість сполучення безперервного лиття сталевої заготовки з наступною її прокаткою описаним способом відразу при виході з кристалізатора без проміжного розрізування й нагрівання злитка. Такий процес є цілком рентабельним для виробництва сталевої катанки.

Агрегат для здійснення цього процесу складається з одно-струмкової безперервно-ливарної машини (заготовка перетином 115×87 мм),

планетарного стану із двостороннім обтисненням і безперервним станом для прокатки катанки діаметром від 5 до 12 мм (рис. 1.16).

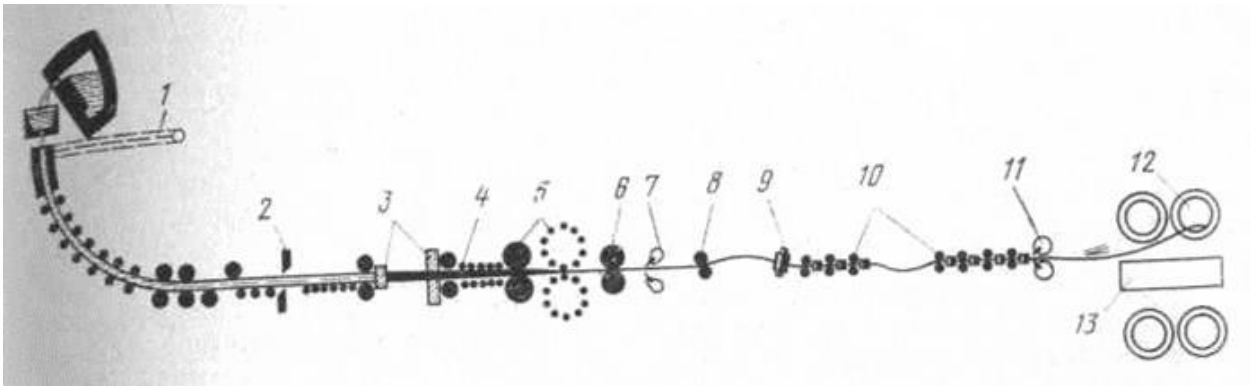


Рис.. 1.16 – Схема агрегату безперервного розливання й прокатки сталевого дроту:

1 – машина безперервного лиття сталі; 8 – чорнова горизонтальна кліть;

2 – ножиці летючі гідравлічні; 9 – чорнова вертикальна кліть;

3 – зачисна машина; 10 – блок чистових клітей;

4 – індукційний нагрівач; 11 – ножиці летючі барабанні;

5 – планетарний стан; 12 – моталки сортові;

6 – тягнучі ролики; 13 – пристрій для збирання бунтів

7 – ножиці летючі;

Представляється також доцільним сполучення прокатки з безперервним литтям сталі шляхом встановлення біля машини радіального типу декількох малогабаритних прокатних клітей замість тягнучих і правильних роликів. Такий стан вигідний при виробництві квадратних заготовок перетином, меншим за 120×120-150×150 мм, і круглих діаметром, меншим за 150-200 мм. Натакому агрегаті можна здійснювати виливку заготовок великого перетину, припустимо, не менших за 180×180 мм, а подальше зменшення їхнього перетину буде відбуватися в малогабаритних прокатних станах, що примикають до вторинної зони кристалізації.

Економічні розрахунки свідчать про те, що, незважаючи на низькі швидкості експлуатації станів такого типу, ці агрегати мають велику

ефективність завдяки усуненню переділу злитків у заготовку й безперервності процесу.

З подібних станів особливої уваги заслуговує конструкція, розроблена ВНДІметмашем разом з ЭЗТМ, для виробництва трубної заготовки діаметром 150 мм. При застосуванні цього процесу різко знижується коефіцієнт витрати металу від 1,35-1,4 при існуючому виробництві до 1,07. Собівартість заготовок при цьому знижується на 12-15%, і якість їх підвищується.

Найбільш продуктивним з них є стан, пущений на заводі Юнайтед Стейтс Стіл у Гері, у якому одно-струмкова ливарна машина встановлена в потоці з підігрівальною прохідною піччю й прокатним станом, що складається із трьох робочих клітей з горизонтальними валками й чотирьох клітей з вертикальними валками. У машині здійснюється безупинне лиття слябів двох перетинів – 235×1400 і 235×1930 мм, які при виході із кристалізатора підігріваються й в одному потоці прокатуються в сляби різних перетинів; при цьому мінімальний перетин сляба становить 150×810 мм. Продуктивність стана близько 2 млн. т/рік.

У Західній Європі було побудовано кілька ливарно-прокатних станів для виробництва сортових заготовок. Так, наприклад, на заводі Фест (Австрія) пущений ливарно-прокатний стан, що складається з радіальної машини із установленим у потоці чотирьох-клітьовим станом, що має по черзі розташовані кліті з горизонтальними й вертикальними валками. Перетин литої заготовки 140×140 мм, а після прокатки 80×80 мм.

Основна перевага цих станів складається в більш високій якості заготовок й зниженні коефіцієнта витрати металу. Продуктивність цих станів з кожним роком підвищується завдяки вдосконаленню процесів неперервного лиття й освоєнню більш високих швидкостей виходу злитка.

Заготовки прокатують перетином від 150×150 до 100×100 мм. Продуктивність цього стана при роботі «плавка на плавку» може досягати 20 тис.т/добу, що приблизно відповідає продуктивності сучасного заготовочного неперервного стану, що встановлений за блюмінгом.

На цьому стані успішно здійснюється розливання сталей широкого сортаменту, що містять від 0,05 до 0,7% С; при цьому більша частка належить високоякісним сталям. Прокатані заготовки характеризуються гарною поверхнею й однорідністю хімічного складу й структури. Проведені дослідження свідчать, що коливання складу металу по всій довжині заготовок перебувають у межах: по вуглецю 0,01%, фосфору 0,004%, алюмінію й сірці 0,001%, кремнію 0,01%.[6]

1.4 ЛІНІЙНІ ДРІБНОСОРТНІ СТАНИ

Е. Ришарт підрозділяє сортопрокатні стани лінійного типу відповідно числу клітей чистової лінії, всі валки якої обертаються з однаковою швидкістю, на стани з 9-8-7-6-5 і 4 клітями.

Кожен з розглянутих нижче станів має підготовчу обтискну кліть, у якій роблять кілька проходів.

Розрізняють стани непарні 9 – 7 – 5 та парні– 8 – 6 – 4.у непарних станів обтискну кліть встановлюють перед першою кліттю чистової лінії, у парних поміщають або перед першою кліттю чистової лінії (тип А), або в стороні від неї (тип В).

На станах типу А перша кліть (тріо) чистової лінії обладнана вертикальним обвідним апаратом Шепфа. Всі дев'ять розташувань сортових станів показано на рис. 1.17.

Діючі дрібносортні стани 250-350 лінійного типу зазвичай складаються з декількох ліній: обжимний, чорновий і чистовий або тільки обжимний і чистовий. У більшості випадків обтискна і чорнова група мають кліті тріо, чистова – змінне дуо. Привод кожної лінії стана, як правило, свій. Це дозволяє збільшити швидкість прокатки в чистовій лінії і, отже, скоротити час процесу, підвищити температуру кінця прокатки і збільшити продуктивність стану.

Вихідна заготовка для дрібносортних станів лінійного типу зазвичай є квадрати перерізом 60х60 – 150х150 мм.

Обтиснена кліть обладнана підйомно - хитним столом з приводними роликами з одного боку і кантовательними апаратами з іншого. При двох чорнових клітях, розташованих в одну лінію, штабапередається з калібру в калібр, з кліті в кліть за допомогою обвідних апаратів.

Прокатка дрібних профілів в чистових калібрах дрібносортних станів лінійного типу ведеться петлями: штаба знаходиться одночасно в декількох клітях і утворює між ними петлі; виходить кінець штаби задають в наступну кліть вручну або по обвідному апарату.

Петльова прокатка скорочує час прокатки, зменшує охолодження металу і дозволяє збільшити довжину і масу штаби. Завдяки можливості прокатки в кілька ниток скорочується ритм прокатки. Все це підвищує продуктивність стану. [**2**]

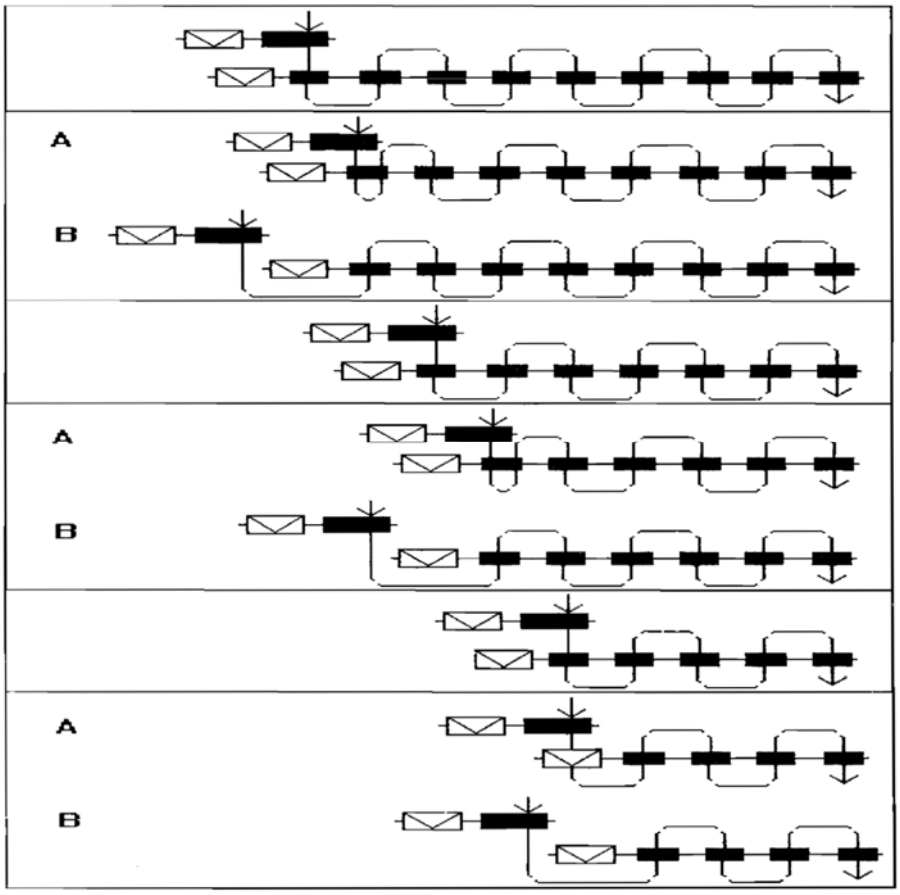


рис.. 1.17 Схема розположення лінійних дрібносортних станів

2. ПАРАМЕТРИ ДЕФОРМАЦІЇ В ПРОСТИХ КАЛІБРАХ

2.1 ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНІХ ПАРАМЕТРІВ ОСЕРЕДКУДЕФОРМАЦІЇ В ПРОСТИХ КАЛІБРАХ

На відміну від прокатки в гладких валках, для прокатки металу в простих калібрах характерна нерівномірна деформація по висоті штаби, що супроводжується змінністю всіх геометричних параметрів по ширині калібру. Абсолютне обтиснення по осі калібру дорівнює:

$$\Delta h = H - h$$

Це обтиснення по осі калібру може бути максимальним (система ромб - квадрат) або мінімальним (прокатка квадратної штаби в овальному калібрі). Максимальне лінійне обтиснення в калібрі використовують для розрахунку допустимого кута захоплення штаби в калібрі. Діаметр калібру по осі дорівнює:

$$D_0 = D_б - (h - S)$$

де $D_б$ - діаметр валка по буртам;

h - висота штаби по осі калібру.

У зв'язку зі змінним діаметром по ширині калібру визначають середній катаючий діаметр в калібрі:

$$D = D_б - (h_{ср} - S)$$

де $h_{ср}$ - середня товщина смуги після прокатки.

Середній катаючий діаметр валків в калібрі відповідає швидкості виходу штаби з валків, без урахування величини випередження, тобто транспортує швидкість валків.

Кут захвату по осі калібру і середній по ширині:

$$\alpha = \sqrt{\Delta h / R_O}\ ; \qquad \alpha_{CP} = \sqrt{\Delta h_{CP} / R}$$

де R_0 і R - мінімальний і середній катаючі радіуси валків в калібрі;

Δh_{cp} - середнє обтиснення по ширині калібру.

Довжина дуги контакту по осі і середня по ширині калібру:

$$l_{do} = \sqrt{R \cdot \Delta h}\ ; \qquad l_d = \sqrt{R \cdot \Delta h_{CP}}$$

Середнє обтиснення по ширині калібру у спрощеному варіанті за методом максимальної ширини (по наведеній штабі) визначається з виразу:

$$\Delta h_{cp} = H_{cp} - h_{cp}$$

де H_{cp} - середня товщина заготовки до прокатки.

Середні товщини штаби до і після прокатки наближено розраховують за виразами:

$$H_{cp} = q_0/B; \quad h_{cp} = q/b$$

де q_0 та q - площі поперечного перерізу заготовки і штаби у калібр.

Для визначення q_0 та q в різних системах калібрів отримані відповідні формули. Так, для визначення q_o і q при прокатці в системі ромб-квадрат використовують наступні формули без урахування заокруглень кутів:

для заготовки $q_0 = HB/2$; $\qquad H_{CP} = \dfrac{HB}{2B} = 0{,}5H;$

для калібру $q = hb/2$; $\qquad h_{CP} = \dfrac{hb}{2b} = 0{,}5h.$

Коефіцієнти витягання по осі калібру і середній рівні:

$$\mu = H/h; \quad \mu_{cp} = q_0/q.$$

Площа штаби до або після прокатки з урахуванням заокруглень приймають рівною:

$$q_i = 0{,}98 \cdot q_i ;$$

В загальному випадку середнє обтиснення дорівнює:

$$\Delta h_{cp} = H_{cp} - h_{cp} = n_0 H - nh = n \cdot h\left(\frac{n_0}{n}\frac{H}{h} - 1\right),$$

де n_0 і n - коефіцієнти форми поперечних перерізів відповідно заготовки та штаби в калібрі.

Коефіцієнти n_0 і n отримують з відносин площ перерізів фасонних заготовок і калібру до площі описаних прямокутників. Для прямокутного (ящикового) калібру $n_0 = n = 1$, для квадратного і ромбічного калібрів з виразів маємо ($n0 = 0{,}5$; $n = 0{,}5$):

$$H_{cp} = n_0 \cdot H = 0{,}5H; \quad h_{cp} = n \cdot h = 0{,}5\ h.$$

Для однорадіусного овалу коефіцієнт n визначається з формули ($b/h < 2{,}4$):

$$n_i = 0{,}69 + 0{,}035\ (2{,}4 - b/h)^3$$

Для ребрового овалу:

$$n_i = 0{,}69 + 0{,}035\ (2{,}4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3$$

Для круглого калібру $n_i = 0{,}785$ (для заготовки $n_i = n_0$, а для калібру $n_i = n$). З виразу випливає, що зі збільшенням відношення b/h коефіцієнт n зменшується. При $b/h = 3{,}3$ коефіцієнт $n = 0{,}67$. Для шестикутного калібру коефіцієнт $n \approx 0{,}77$, для плоского овалу – $n \approx 0{,}88$.

а. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО ОБТИСНЕННЯ У КАЛІБРАХ ПРОСТОЇ ФОРМИ

Для розрахунку середнього обтиснення у калібрах простої форми (при змінному обтиску по ширині калібру) відомо кілька методів:

- ❖ метод наведеної прямокутної штаби;
- ❖ метод відповідної штаби (А. Ф. Головін);
- ❖ метод відповідної контактної поверхні (В. О. Ніколаєв).

Метод наведеної штаби передбачає заміну калібру прямокутником з однаковою шириною (рис.. 2.1, а), а відповідною – замінукалібрупрямокутником з рівним ставленням h/b (рис.. 2.1,б,в).

Метод відповідної штаби А. Ф. Головіна передбачає заміну форм заготовки і калібру прямокутниками з рівновеликими площами поперечних перерізів і рівними відносинами осей:

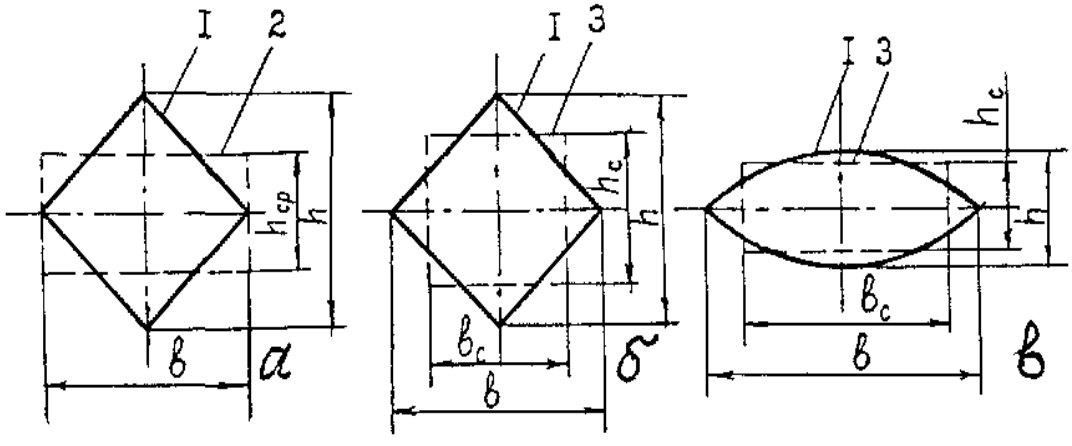


Рис..2.1 Форми профілів (1) наведеною (2) і відповідної (3) штаб

$q_0 = q_{0c}$; $q = q_c$; $H/B = H_c/З_c$; $h/b = h_c/b_c$,

де q_{0c} і q_c - площі прямокутних (відповідних) заготовки і калібру;

H_c і h_c - висота прямокутних (відповідних) заготовки і калібру;

B_c і b_c - ширина прямокутних (відповідних) заготовки і калібру.

Висоту, ширину і обтиснення відповідної штаби (заготовки) розраховують за виразами:

$$H_c = \sqrt{q_0 /(B/H)}; \qquad h_c = \sqrt{q/(b/h)};$$

$$B_c = H_c \cdot B/H; \; b_c = h_c \cdot b/h;$$

$$\Delta h_c \; H_c - h_c.$$

І. Я. Тарновський на підставі теоретичних розрахунків встановив, що визначення обтиснення в овальному калібрі за методом відповідної штаби дає більш близькі результати до розрахунків за вашим методом зміщеного обсягу в осередку деформації, ніж за наведеною штабою. В. С. Смирнов показав, що площа контакту штаби з валками в калібрі, визначена з використанням виразів, з точністю до 1,8% збігається з досвідченою. Автори для розрахунку середнього обтиснення використовують метод зміщеного обсягу і отримують кінцеві вирази для різних систем калібрів.

Основним недоліком є відсутність обліку впливу додаткового обтиснення похилими стінками калібру металу, що йде на розширення. В роботі для системи калібрів квадрат - ромб у припущенні, що фактичний контур обтисненої заготовки описаний прямолінійною залежністю, отримано Δh_{cp}=0,67 Δh. Без урахування додаткового обтиснення уширяющєгося металу за виразом для системи квадрат-ромб середнє обтиснення при $n_0 = n = 0{,}5$ одно $\Delta h_{cp} = \Delta h_n = 0{,}5 \; \Delta h$ (де Δh_n - середнє

обтиснення по наведеній штабі), що суттєво менше ніж обтиснення, отримане в роботі ($\triangle h_{ср} = 0{,}67\triangle h$).

Найбільш об'єктивну кількісну оцінку середнього обтиску в калібрі можна отримати виходячи з форми і розмірів контактної поверхні металу і валків в калібрі, яка визначається виразом:

$$F = k \cdot b \cdot l_{do},$$

де b - ширина штаби контакту з калібром в площині виходу;

l_{do} - довжина контакту по осі калібру;

k - коефіцієнт форми площі контактної поверхні:

$$k = F / F_n, \quad (1.21)$$

де F_n - площа прямокутника зі сторонами b і l_{do}.

Площа F_n визначається експериментально або графо-аналітичним методом при наявності даних про фактичні контури обтисненої в калібрі заготовки. Замінюючи фактичні параметри b і l_{do} через розміри відповідного прямокутника отримаємо:

$$B_{cp} = b\sqrt{k}; \quad l_d = l_{do}\sqrt{k}; \quad l_{do} = \sqrt{R \cdot \Delta h},$$

де $B_{ср}$ і l_d - середні величини ширини і довжини контактної поверхні (сторони відповідного прямокутника).

При знайденому значенні l_d розраховують середнє абсолютне обтиснення в калібрі:

$$\Delta h_k = l_d^2/R,$$

де R - середній катаючий радіус валків в калібрі.

Використовуючи вираз для конкретних поздовжніх перерізів осередку деформації визначають величини Δh_i і R_i, за якими можна визначити фактичний контур, що входить у калібр заготовки. За рахунок розширення металу в калібрі відрізняється від вихідного контуру заготовки. Контур фактичного обтиснення металу в калібрі для систем ромб-квадрат, овал-коло визначали за досвідченими даними Р. Цоухара та автора. Для системи шестикутник-квадрат визначали за аналогією з системою овал-квадрат, а для системи овал-реброві овал - за аналогією із системою овал-коло. З рис..2.2 випливає, що фактична форма контуру 3 заготовки обумовлена вихідними формами заготовки та калібру. Так, при прокатці в системі ромб-квадрат форми заготовки і калібру сприятливі для вільного розширення металу по всій довжині осередку деформації.

Однак метал, що іде на розширення, послідовно обтискується нахиленими стінками калібру у вертикальній площині. Завдяки цьому фактичний середній обтиск у цій системі калібрів зростає у порівняннііз обтискомприведенійштабі. Досвідчені та розрахункові значення середніх коефіцієнтів k наведено в табл.1.1. Наявність або відсутність заокруглень вершин, зміна діаметра валків мало впливають на відношення $\Delta h_k/\Delta h$. При прокатці в системі шестикутник-квадрат розширення має місце лише на ділянці (b) і фактичний контур обтискупоказує ломану лінію 1,3. На всій ширині калібру величина обтиску менша, ніж по осі і тому середній обтискдорівнює $\Delta h_k = 0{,}84\ \Delta h$. В даній системі величини $\Delta h_i/\Delta h$, визначені за виразами практично збігаються. Найбільші відмінності між $\Delta h_п$ і Δh_k спостерігаються в тих випадках, коли коефіцієнт форми заготовки n_o перевищує коефіцієнт форми калібру n [(овал-квадрат, круг-овал, квадрат-шестикутник (овал)]. $\Delta h_п$ і Δh – відповідно середньому обтиску, визначені за наведеною штабі і за відповідної контактної поверхні.

При прокатці в гладких валках ширина контакту мало змінюється по довжині дуги контакту і тому її площу визначають за виразом:

$$F = B_{cp}\sqrt{R \cdot \Delta h_ê}$$

де $B_{ср}$ - середня ширина штаби в осередку деформації [$B_{ср} = 0{,}5(b + B)$].

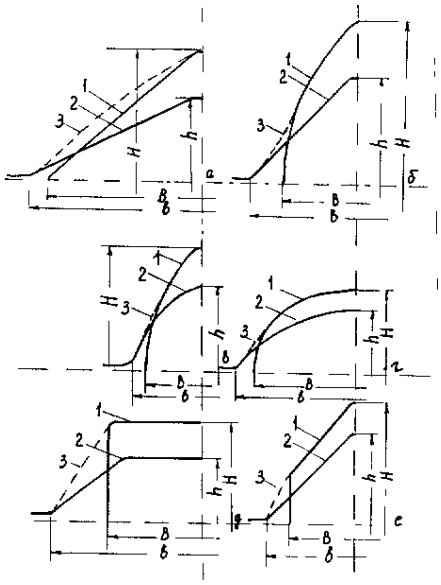


Рисунок2.2. Системи калібрів: а – ромб-квадрат; б – овал-квадрат; в – овал-ребровий овал; г – ребровий овал-овал; д – квадрат–шестикутник; е – шестикутник–квадрат (1 – контур заготовки; 2 – калібр; 3 – контур обтиснення заготовки)

При прокатці в калібрах форма контактної поверхні відрізняється від трапецієподібної. В системі калібрів квадрат-ромб площа контакту описується параболою і може бути розрахована за формулою при k = 0,67. Середня ширина штаби контакту з валками визначається спільним рішенням виразів. Після рішення і перетворень отримаємо:

$$B_{cp} = kb\sqrt{R_0 \Delta h / R\Delta h_к}$$

Таблиця 2.1 – Значення коефіцієнта k для різних систем калібрів

Форма		k	Форма		k
Заготовки	Калібра		Заготовки	Калібра	
Овал	Ребровий овал	0,65	Круг	Овал	0,73
Овал	Круг	0,65	Ребровий овал	Овал	0,8
Овал	Квадрат	0,65	Шестикутник	Квадрат	0,84
Ромб	Квадрат	0,67	Квадрат	Шестикутник	1,0
Квадрат	Ромб	0,67	Квадрат	Овал	1,06

Рішення виразів з урахуванням даних табл.2.1 дає значення $n_k = \Delta h_k/\Delta h$ и $B_{ср}/b$. [7]

3. ВПЛИВ ФОРМИ КАЛІБРІВ НА ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ ПРИ ПРОКАТЦІ РІЗНОЇ ФОРМИ

За вихідними даними табл. 3.1 кліті 7 – 15 прорахувати середній обтиск за методами:

а) наведеної прямокутної штаби для калібру овал – ребровий овал;

б) відповідної контактної поверхні для калібру овал – ребровий овал.

За отриманими даними розрахувати енергосилові параметри, визначити середньо - нормальне контактне напруження, силу і потужність прокатки для даних стану 250: ст.. 3, $D_в = 250$, чавунні валки, $t_к = 1000$ °С.

Табл.. 3.1 Параметри калібрування валків для прокатки круглого профілю діаметром 20 мм (чистова група)

№ *n/n* кліті	Калібр	Параметри режиму деформації						
		H, мм	B, мм	h, мм	b, мм	△h, мм	△b_o, мм	μ
7	Ребровий овал	-	-	62,7	48,2	-	-	-
8В	Овал	48,2	62,7	32	69	16,2	6,3	1,335
9	Ребровий овал	69	32	45	38	24	6	1,21
10В	Овал	38	45	26,6	50,3	11,4	5,3	1,365
11	Ребровий овал	50,3	26,6	35,1	30,6	15,2	4	1,17
12В	Овал	30,6	35,1	19,2	41,7	11,4	6,6	1,433
13	Ребровий овал	41,7	19,2	26,3	22	15,4	2,8	1,29
14В	Овал	22	26,3	18,3	27,8	3,7	1,5	1,215
15	Круг	27,8	18,3	20	20	7,8	1,7	1,135

3.1 Метод наведеної штаби

Середнє обтиснення по ширині калібру у спрощеному варіанті за методом наведеної прямокутної штаби визначається з виразу:

$\Delta h_{ср} = H_{ср} - h_{ср}$;

де $H_{ср}$ - середня товщина заготовки до прокатки;

А в загальному випадку середнє обтиснення дорівнює:

$$\Delta h_{ср} = H_{ср} - h_{ср} = n_0 H - nh = n \cdot h\left(\frac{n_0}{n}\frac{H}{h} - 1\right),$$

де n_0 і n - коефіцієнти форми поперечних перерізів відповідно заготовки та штаби в калібрі.

Коефіцієнти n_0 і n отримують з відносин площ перерізів фасонних заготовок і калібру до площі описаних прямокутників.

Для однорадіусного овалу коефіцієнт n визначається з формули (b/h < 2,4):

$n_i = 0,69 + 0,035\ (2,4 - b/h)^3$

$n_{8в} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - b/h) = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 69/32) = 0,69;$

$n_{10в} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - b/h) = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 50,3/26,6) = 0,69;$

$n_{12в} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - b/h) = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 41,7/19,2) = 0,69;$

$n_{14в} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - b/h) = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 27,8/18,3) = 0,71.$

Для ребрового овалу: $n_i = 0,69 + 0,035\ (2,4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3$

$n_7 = 0,69 + 0,035\ (2,4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3 = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 1,3)^3 = 0,736;$

$n_9 = 0,69 + 0,035\ (2,4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3 = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 1,18)^3 = 0,753;$

$n_{11} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3 = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 1,15)^3 = 0,758;$

$n_{13} = 0,69 + 0,035\ (2,4 - h_{р.ів}/b_{р.ів})^3 = 0,69 + 0,035\ (2,4 – 1,19)^3 = 0,751.$

Для круглого калібру $n_i = 0,785$

$$H_{ср} = n_i \cdot H$$

$H_{ср\ 7в} = 0,736 \cdot 75 = 55,2$ мм;

$H_{ср\ 8в} = 0,69 \cdot 48,2 = 33,26$ мм;

$H_{ср\ 9в} = 0,753 \cdot 69 = 51,96$ мм;

$H_{ср\ 10в} = 0,69 \cdot 38 = 26,22$ мм;

$H_{ср\ 11в} = 0,758 \cdot 50,3 = 38,13$ мм;

$H_{ср\ 12в} = 0,69 \cdot 30,6 = 21,11$ мм.

$H_{ср\ 13в} = 0,751 \cdot 41,7 = 31,32$ мм;

$H_{ср\ 14в} = 0,71 \cdot 22 = 15,62$ мм;

$H_{ср\ 15в} = 0,785 \cdot 27,8 = 21,82$ мм;

$$h_{ср} = n_i \cdot h$$

$h_{ср\ 7к} = 0,736 \cdot 62,7 = 46,15$ мм;

$h_{ср\ 8к} = 0,69 \cdot 32 = 22,08$ мм;

$h_{ср\ 9к} = 0,753 \cdot 45 = 33,9$ мм;

$h_{ср\ 10к}$ = 0,69 · 26,6 = 18,35 мм;

$h_{ср\ 11к}$ = 0,758 · 35,1 = 26,6 мм;

$h_{ср\ 12к}$ = 0,69 · 19,2 = 13,25 мм;

$h_{ср\ 13к}$ = 0,751 · 26,3 = 19,7 мм.;

$h_{ср\ 14к}$ = 0,71 · 18,3 = 12,9 мм;

$h_{ср\ 15к}$ = 0,785 · 20 = 15,7 мм.

$\Delta h_{ср} = H_{ср} - h_{ср}$

$\Delta h_{ср\ 7к}$ = 55,2 - 46,15 = 9,05 мм;

$\Delta h_{ср\ 8к}$ = 33,26 – 22,08 = 11,18 мм;

$\Delta h_{ср\ 9к}$ = 51,96 – 33,9 = 18,06 мм;

$\Delta h_{ср\ 10к}$ = 26,22 – 18,35 = 7,87 мм;

$\Delta h_{ср\ 11к}$ = 38,13 – 26,6 = 11,53 мм;

$\Delta h_{ср\ 12к}$ = 21,11 – 13,25 = 7,86 мм;

$\Delta h_{ср\ 13к}$ = 31,32 – 19,7 = 11,62 мм;

$\Delta h_{ср\ 14к}$ = 15,62 – 12,9 = 2,72 мм;

$\Delta h_{ср\ 15к}$ = 21,82 – 15,7 = 6,12 мм;

3.2 Метод відповідної контактної поверхні

$n_k = 0,65;$ $n_k = \Delta h_к / \Delta h;$ $\Delta h_к = n_k \cdot \Delta h.$

$\Delta h_{7к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 12,3 = 8$ мм;

$\Delta h_{8к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 16,2 = 10,53$ мм;

$\Delta h_{9к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 24 = 15,6$ мм;

$\Delta h_{10к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 11,4 = 7,41$ мм;

$\Delta h_{11к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 15,2 = 9,88$ мм;

$\Delta h_{12к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 11,4 = 7,41$ мм;

$\Delta h_{13к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 15,4 = 10,01$ мм;

$\Delta h_{14к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 3,7 = 2,4$ мм;

$\Delta h_{15к} = n_k \cdot \Delta h = 0,65 \cdot 7,8 = 5,07$ мм;

Табл.. 3.2 Середнє обтиснення

№ *n/n* кліті	Метод навед. штаби	Метод відпов. конт. поверхні
	Середнє обтиснення Δh, мм	
7	9,05	8
8В	11,18	10,53
9	18,06	15,6
10В	7,87	7,41
11	11,53	9,88
12В	7,86	7,41
13	11,62	10,01
14В	2,72	2,4
15	6,12	5,07

3.3 Розрахунок енергосилових параметрів по середньому обтисненню по наведеній штабі

Визначаємо енергосилові параметри при прокатці круглого профілю з діаметром 20 мм, на дрібносортовому стані 250 з діаметром валків по буртах у чистовій групі – 250 мм; швидкість штаби в чистовій кліті v_{15} = 7 м/с.

Знаходимо температуру розкату в кожному проході, при прокатці температура розкату із часом знижується.

$$t_n = t_н - \Delta t_к, \qquad \Delta t_к = \frac{t_н - t_к}{n},$$

де $t_н$ і $t_к$ – температура початку прокатки й температура після виходу смуги з останньої кліті, ^{0}C; n – кількість клітей.

$$t_н = 1180^0\,C; \qquad t_к = 1000^0\,C,$$

$$\Delta t_к = (1108 - 1000)/9 = 12\ ^0C.$$

Із цього треба, що після кожного калібру температура металу знижується на 12^0C.

Знаходимо температуру розкату після кожного проходу:

$t_7 = 1108 – 12 = 1096\ ^0C$;

$t_8 = 1096 – 12 = 1084\ ^0C$;

$t_9 = 1084 – 12 = 1072\ ^0C$;

$t_{10} = 1072 – 12 = 1060\ ^0C$;

$t_{11} = 1060 – 12 = 1048\ ^0C$;

$t_{12} = 1048 – 12 = 1036\ ^0C$;

$t_{13} = 1036 – 12 = 1024\ ^0C$;

$t_{14} = 1024 – 12 = 1012\ ^0C$;

$t_{15} = 1012 – 12 = 1000\ ^0C$.

Окружна швидкість валків у всіх клітях дорівнює:

$v_1 \cdot q_1 = v_2 \cdot q_2 = \ldots = v_n \cdot q_n$,

$q_{15} = \pi D^2/4 = (3{,}14 \cdot 20^{2)}/4 = 314$

$q_{14} = 314 \cdot 1{,}135 = 356$

$q_{13} = 356 \cdot 1{,}215 = 433$

$q_{12} = 433 \cdot 1{,}29 = 559$

$q_{11} = 559 \cdot 1{,}433 = 801$

$q_{10} = 801 \cdot 1{,}17 = 937$

$q_9 = 937 \cdot 1{,}365 = 1279$

$q_8 = 1279 \cdot 1{,}21 = 1548$

$q_7 = 1548 \cdot 1{,}335 = 2067$

Тоді: $v_n = v_{15} \cdot q_{15}/q_n$, м/с

$v_7 = v_{15} \cdot q_{15}/q_7 = 7 \cdot 314/2067 = 1{,}06$ м/с;

$v_8 = v_{15} \cdot q_{15}/q_8 = 7 \cdot 314/1548 = 1{,}42$ м/с;

$v_9 = v_{15} \cdot q_{15}/q_9 = 7 \cdot 314/1279 = 1{,}72$ м/с;

$v_{10} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{10} = 7 \cdot 314/937 = 2{,}35$ м/с;

$v_{11} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{11} = 7 \cdot 314/801 = 2{,}74$ м/с;

$v_{12} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{12} = 7 \cdot 314/559 = 3{,}93$ м/с;

$v_{13} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{13} = 7 \cdot 314/433 = 5{,}08$ м/с;

$v_{14} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{14} = 7 \cdot 314/356 = 6{,}17$ м/с;

$v_{15} = v_{15} \cdot q_{15}/q_{15} = 7 \cdot 314/314 = 7$ м/с;

Визначаємо середній контактний тиск :

$$p_{ср} = \sigma_{ф}[1 + 0{,}48 \cdot f_{п} \cdot n_{ф} (1 - a)\, \ell_{d}/h_{ср}],$$

де $\sigma_{ф}$ – опір металу деформації; $f_{п}$ – показник тертя.

$$\sigma_{ф} = \beta \cdot \sigma_{т},$$

де $\sigma_{т}$ - щира границя текучості; β - коефіцієнт Лоде.

$$\sigma_{т} = \sigma_{тб} \cdot k_{t} \cdot k_{\varepsilon} \cdot k_{u},$$

де $\sigma_{тб}$ – базисний опір металу деформації; k_{t}, k_{ε}, k_{u} – поправочні коефіцієнти, що враховують відповідно температуру, ступінь і швидкість деформації металу.

$$a \approx \Delta b \cdot h_{ср}/\Delta h \cdot B_{ср},$$

Формула поправочного коефіцієнта k_{t} залежно від температури має вигляд:

$$k_{t} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{t}{400} - 2\right)^{0.7},$$

де t – температура металу, ^{0}C.

$$k_{t7} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1096}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}77;$$

$$k_{t8} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1084}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}79;$$

$$k_{t9} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1072}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}82;$$

$$k_{t10} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1060}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}85;$$

$$k_{t11} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1048}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}87;$$

$$k_{t12} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1036}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}9;$$

$$k_{t13} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1024}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}93;$$

$$k_{t14} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1012}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}95;$$

$$k_{t15} = 1{,}66 - 1{,}1 \cdot \left(\frac{1000}{400} - 2\right)^{0.7} = 0{,}98.$$

Формула для розрахунку коефіцієнта k_ε:

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

Ступінь деформації $\varepsilon = \Delta h/H$;

$\varepsilon_7 = 9{,}05/55{,}2 = 0{,}16;$

$\varepsilon_8 = 11{,}18/33{,}26 = 0{,}34;$

$\varepsilon_9 = 18{,}06/51{,}96 = 0{,}35;$

$\varepsilon_{10} = 7{,}87/26{,}22 = 0{,}3;$

$\varepsilon_{11} = 11{,}53/38{,}13 = 0{,}3;$

$\varepsilon_{12} = 7{,}86/21{,}11 = 0{,}37;$

$\varepsilon_{13} = 11{,}62/31{,}32 = 0{,}37;$

$\varepsilon_{14} = 2{,}72/15{,}62 = 0{,}17;$

$\varepsilon_{15} = 6{,}12/21{,}82 = 0{,}28.$

Тоді:

$k_{\varepsilon 7} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}16)^2] = 1{,}12;$

$k_{\varepsilon 8} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}34)^2] = 1{,}36;$

$k_{\varepsilon 9} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}35)^2] = 1{,}37;$

$k_{\varepsilon 10} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}3)^2] = 1{,}32;$

$k_{\varepsilon 11} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}3)^2] = 1{,}32;$

$k_{\varepsilon 12} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}37)^2] = 1{,}38;$

$k_{\varepsilon 13} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}37)^2] = 1{,}38;$

$k_{\varepsilon 14} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}17)^2] = 1{,}13;$

$k_{\varepsilon 15} = 1 + 0{,}43[1 - 6{,}3(0{,}5 - 0{,}28)^2] = 1{,}3.$

Формула для розрахунку поправочного коефіцієнта k_u:

при $u < 10$ з$^{-1}$, $k_u = 0{,}22 + 0{,}072\,(7 + \ln u)$,

при $u > 10$ з$^{-1}$, $k_u = 1{,}03 + 0{,}1\,((\ln u) - 2{,}3)^{1{,}5}$,

Величина ступеня швидкості деформації $u = v \cdot \frac{\varepsilon}{\ell_d}$,

$$\ell d = \sqrt{\triangle hR}$$

$$\ell d_7 = \sqrt{9{,}05 \cdot 125} = 33{,}6$$

$$\ell d_8 = \sqrt{11{,}1 \cdot 125} = 37{,}2$$

$$\ell d_9 = \sqrt{18{,}06 \cdot 125} = 47{,}5$$

$$\ell d_{10} = \sqrt{7{,}87 \cdot 125} = 31{,}4$$

$$\ell d_{11} = \sqrt{11{,}53 \cdot 125} = 37{,}9$$

$$\ell d_{12} = \sqrt{7{,}86 \cdot 125} = 31{,}3$$

$$\ell d_{13} = \sqrt{11{,}62 \cdot 125} = 38{,}1$$

$$\ell d_{14} = \sqrt{2{,}72 \cdot 125} = 18{,}4$$

$$\ell d_{15} = \sqrt{6{,}12 \cdot 125} = 27{,}6$$

$u_7 = 1060 \cdot 0{,}16/33{,}6 = 5{,}05$ с$^{-1}$;

$u_8 = 1420 \cdot 0{,}34/37{,}2 = 12{,}98$ с$^{-1}$;

$u_9 = 1720 \cdot 0{,}35/47{,}5 = 12{,}67$ с$^{-1}$;

$u_{10} = 2350 \cdot 0{,}3/31{,}4 = 22{,}45$ с$^{-1}$;

$u_{11} = 2740 \cdot 0{,}3/37{,}9 = 21{,}69\ c^{-1}$;

$u_{12} = 3930 \cdot 0{,}37/31{,}3 = 46{,}46 c^{-1}$;

$u_{13} = 5080 \cdot 0{,}37/38{,}1 = 49{,}33 c^{-1}$;

$u_{14} = 6170 \cdot 0{,}17/18{,}4 = 57{,}01\ c^{-1}$;

$u_{15} = 7000 \cdot 0{,}28/27{,}6 = 71{,}01\ c^{-1}$.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих чинників дрібносортового стана 250

Дослідження проводили на заводі «Дніпроспецсталь» на дрібно сортовому стані 250.

Основними потенційно небезпечними й шкідливими чинниками виробничого середовища на стані можна назвати: теплові виділення, пил, шум, вібрація, електричний струм, електромагнітне поле.

Для всіх цих чинників негативного впливу на організм людини розроблені гранично допустимі концентрації (ГДК). Вплив на людину шкідливих чинників з перевищенням норм ГДК веде до виникнення професійних захворювань.

Шум – шкідливийподразнювальнийчинник, якийдіє на органи слуху і весь організмлюдини.

Оскількилюдинасприймає звуки в дужевеликомудіапазоніінтенсивності звуку і звуковоготиску, то користуватися для оцінки звуку абсолютнимиїхзначеннями незручно. До того ж вухолюдиниздатнереагувати на відноснузмінуцихпараметрів, а не на абсолютну. Тому прийнятооцінюватизвуковийтиск та інтенсивністьстосовноїхзначень на порозічутності у відносних логарифмічних одиницях – децибелах (дБ).

На підприємствахвимірювання шуму на робочихмісцях з метою контролю йоговідповідностісанітарно-гігієнічнимвимогам повинно проводитисяне рідше одного разу на рік. [10]

Нормами передбачається робочі зони з рівнем звуку, що перевищує 80 дБА, позначені спеціальними знаками, а тим, хто працює у цих зонах, повинні видаватися ЗІЗ органів слуху. Забороняється навіть короткочасне перебування людей у зонах з рівнем звукового тиску більше135 дБ.

Вухо людини може сприймати звуки із частотою до 20000 Гц. Надмірний шум впливає на здоров'я працюючих і приводить до збільшення травматизму,зниженню працездатності, підвищує стомлюваність. Тривалий вплив шуму може привести до часткової або повної втрати слуху.[13]

Одним з найбільш небезпечних виробничих чинників є іонізуюче випромінювання (ІВ) – це випромінювання, що здатне прямо або побічно і непрямо викликати іонізацію оточуючого середовища, тобто утворення позитивно і негативно заряджених іонів.

Розрізняють опромінення зовнішнє і внутрішнє. Зовнішнє – це опромінювання, яке біологічний об’єкт одержує від зовнішніх джерел випромінювання. Внутрішнє – це результат опромінення продуктами розпаду радіонуклідів, що потрапляють в організм людини з повітрям, їжею або іншим шляхом. Радіонукліди, що потрапили в організм, залежно від елемента можуть осідати в різних його тканинах: кістках (стронцій), щитовидній залозі (йод), шлунково-кишковому тракті, м’язах (цезій). Знаходячись там, вони випромінюють α-, β-, γ-промені і викликають біологічні несприятливі зміни.

Залежно від поглиненої дози опромінення та індивідуальних особливостей організму викликані зміни можуть мати зворотний або незворотний характер. При незначних дозах опромінення уражені тканини відновлюються. Тривалий вплив доз, які перевищують гранично допустимі межі, може викликати незворотні зміни в окремих органах або в усьому організмі й виразитися в формі променевої хвороби.[11]

Джерела іонізуючих випромінювань широко застосовуються в прокатному виробництві на різних ділянках стана: для дефектоскопії металу (контроль якості злитків, що надходять зі сталеплавильного цеху), контроль якості зварних з'єднань. Знаходження в поле дії випромінювання становить

серйозну небезпеку для людини. Однак при дотриманні певних технічних і організаційних вимог застосування радіоактивних речовин безпечно.

Застосування в промисловості електромагнітних коливань, супроводжується виникненням у навколишньому середовищі електромагнітних полів. При перевищенні допустимих рівнів впливу електромагнітного поля на людину може виникнути професійне захворювання (санітарна карта) таблиця 4.1

Таблиця 4.1 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесу вальцювальника

№ п/п	Чинники виробничого середовища й трудового процесу	Норм. зн. (ГДК, ГДУ)	Фактич. знач.	III клас – шкідливі й небезпечні умови й характер праці			Час дії чинника, %, за зміну
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: I клас небезпеки_____ _____ II клас небезпеки_____ _____ III-IV клас небезпеки_____ _____						
2	Пил і переважно фіброгеної дії, мг/м^3	6	19,1		3,1		100
3	Вібрація (загальна й локальна), дБ						
4	Шум, дБА	80	87		7		100
5	Інфразвук, дБ						
6	Ультразвук, дБ						
7	Неіонізуюче випромінювання: -радіочастотний діапазон, В/м -діапазон промислов. частоти, кв/м -оптич. діапазон (лаз. випром.), Вт/м^2						
8	Мікроклімат у приміщенні в теплий період: - температура повітря, ^{0}С - швидкість руху повітря, м/сек - відносна вологість повітря, % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	16-25 0,1-0,2 40-60 140	30 0,3 40	5	160		100 75 100
9	Важкість і напруженість праці	категорія важкості праці –середньої важкості, категорія напруженості праці - напружена					

Висновок: Чинники виробничого середовища й трудового процесу по нормативним значенням перевищують фактичне значення: 3 чинника – II ступеня; 1чинник – I ступеня.

4.2. Міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

При наявності різноманітних небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища розробляються міри захисту від їхнього негативного впливу.

У зв'язку з тим, що природного освітлення в цеху майже немає, на робочому місці має застосовуватися штучне освітлення. Штучне освітлення створюють електричним джерелом світла, яке включають в міру необхідності, регулюють інтенсивність світлового потоку і його спрямованість.

Як заходи щодо зниження рівня шуму можна запропонувати наступне:

- зменшення шуму у джерелі його виникнення;
- звукоізоляція джерела шуму;
- застосування звукопоглинаючих матеріалів;
- віддалення джерел шуму від працюючих.

Крім заходів технологічного і технічного характеру, коли не вдається знизити рівень шуму до допустимих значень, застосовуються ЗІЗ органів слуху:

а) антифони у вигляді вкладишів із суміші волокон органічної бактерицидної вати і ультратонких полімерних волокон (знижують шум на 15-30 дБ);

б) навушники (знижують шум на 30-40 дБ);

в) шоломи - при дії шуму з рівнем більше 120 дБ.

Пропонуються інженерні рішення, що забезпечують механізацію й автоматизацію виробничих процесів, герметизацію устаткування, що є джерелом виділення шкідливих речовин, а також рішення, що дозволяють безпечно для працюючих експлуатувати технологічне устаткування (сигналізація, дистанційне керування з пульта, підривні або запобіжні клапани й ін.), наведено в таблиці 4.2.[13]

Таблиця 4.2 – Технологічні міри захисту від впливу небезпечних і шкідливих факторів

№ п / п	**Небезпечний або шкідливий фактор (припустиме значення)**	**Проектований захисний пристрій**	**Тип пристрою**	**Місце установки**
1	Частини, що рухаються, технологічнеуст аткування й штаба	Защитні кожухи, поруччя, огородження	Стаціонарні, переносні	Окремі вузли устаткування, ділянки стана й ін. Технологічні лінії
2	Електромагнітне поле (20 В/м)	Захисні екрани	Стаціонарні, переносні	Перед джерелом випромінювання
3	Іонізуюче випромінювання (0,0072 Кл/кг)	Корпуса приводів виготовляють із матеріалів поглинаючих або що екранують дане випромінювання; захист відстанню і часом	Стаціонарні, переносні	Перед джерелом випромінювання
4	Шум (80 дБА)	Захисні екрани, звукоізоляційні кабіни	Стаціонарні, переносні	Пости керування станом
5	Теплове випромінювання (140 Вт/м^2)	Ізоляція всіх тепловиділяючих частин устаткування, спеціальними теплоізоляційними матеріалами	Стаціонарні, переносні	-
6	Електричний струм (не більше	Ізоляція всіх провідників	Стаціонарні, переносні	Місце установки: устаткування або

	0,01 А)	електричного струму й токоведучі частини, заземлення устаткування		проведення ремонтних робіт
7	Технологічний пил та інші виділення газів в атмосферу	Система витяжок і вентиляції, індивідуальні засоби захисту (респіратор, протигаз)	Стаціонарні, переносні	Технологічні ділянки із забрудненою атмосферою

4.3. Виробнича санітарія

4.3.1. Опалення і вентиляція

Виходячи з категорій виконуваних робіт з тяжкості, характеристики виробничих приміщень по надлишку явного тепла, з урахуванням періодів року (теплих, холодних, перехідних) таблиця 4.3. можна встановити відповідно до вимог санітарних норм, параметрів повітряного середовища для робочої зони виробничих приміщень. Відповідно до Держстандарту працю робітників на стані можна охарактеризувати, як середньої тяжкості (категорія II б).

Створення й підтримка припустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні є складним завданням, рішення йде в наступних напрямках: раціональне розміщення устаткування, впровадження більше раціональних технологічних процесів, раціональна теплова ізоляція устаткування, раціональна вентиляція й опалення, використання засобів індивідуального захисту.[12]

Таблиця 4.3. – Оптимальні параметри мікроклімату

Сезон	Категорія робіт	Температура повітря, ^{0}C	Оптимальна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря м/с
Холодний й перехідний, температура < +10^{0}C	Середньої тяжкості II б	17-19	60...40	0,3
Теплий, температура + 10 ^{0}C и вище	Середньої тяжкості II б	16-25	60…40	0,4

Трудова діяльність людини завжди протікає в певних метеорологічних умовах. У цей час всі припустимі й оптимальні параметри мікроклімату зведені в ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.005-98, ССБТ.

4.3.2. Освітлення

Освітлення у виробничих будинках може здійснюватися природним і штучним світлом. При недостатності природного освітлення використовується спільне освітлення.

Природне освітлення в прокатному цеху здійснюється через вікно в бічних стінах і через верхні світлові прорізи (ліхтарі). Природне освітлення нормують за допомогою коефіцієнта природної освітленості (КПО).

$$\ell_n = \ell \cdot m \cdot c, \qquad (4.1)$$

де $\ell^{III} = 3$ – значення КПО (%), певне з урахуванням характеру зорових робіт;

m = 0,9 - коефіцієнт світлового клімату;

c = 0,75 - коефіцієнт сонячності клімату

Природне освітлення для VII розряду буде дорівнювати:

$$\ell^{VII} = \ell^{III} \cdot m \cdot м = 3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 2,025\ \%.$$

Для нормального природного освітлення в цеху очищають скло від пилу й бруду, не рідше 4 рази в рік.

Також використовується штучне освітлення за допомогою ламп накалювання й газорозрядних ламп (люмінесцентні, ртутні високого тиску) таблиця 4.4. Особливості прокатного виробництва спричиняє виготовлення

світильників у закритому виконанні. Штучне освітлення підрозділяють на робоче, аварійне й евакуаційне. Необхідність наявності аварійного освітлення пов'язана з тим, що відхилення робочого освітлення може привести до тривалого порушення технологічного процесу. Евакуаційне освітлення призначене для безпечної евакуації людей. Нормування виробничого освітлення здійснюється згідно ДБН В.2.5-28-2006.[11]

Таблиця 4.5. – Нормування значення КПО при природному і штучному освітлені

Найменування відділення, ділянки, робочого місця	Розряд зорової роботи	Система загального освітлення, освітленість		Аварійне освітлення, лк	
		При люмінесцент-них лампах, лк	При лампах накалювання, лк	Для продовження робіт	Для евакуації лк
Стан 250	VII	200	75	5% від освітленості (не менш 2 лк)	0,5

Висновок: У зв'язку з недостатнім природним освітленням в цеху застосовують світильники з лампами накалювання й ДРЛ (дугова, ртутна лампа високого тиску), а також світильники з люмінесцентними лампами.

4.4Заходи з електробезпеки

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

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

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

Однією з основних причин поразки електричним струмом є пробій ізоляції. При ушкодженні ізоляції електроустаткування напруга може випадково з'явитися на металевих частинах (на корпусі, кожусі, станині, броні кабелю й т.д.), які в нормальному положенні не перебувають під напругою. При сполученні з металевими конструкціями, які оказались під напругою, виникає небезпека поразки електричним струмом.

У цеху з підвищеною температурою повітря використовують наступні міри захисту від поразки електричним струмом [14]:

- захист від дотику до струмоведучих частин;

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

- захист від струмів надмірної сили (короткого замикання).

У цеху застосовують огородження й ізоляцію струмоведучих частин, розміщають їх на недоступній висоті, використовують знижену напругу.

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

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

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

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

4.4.1 Фактори стану виробничого середовища, які впливають на важкість ураження людини електричним струмом

Стан повітря робочої зони та особливості виконання самого виробничого приміщення значно впливають на тяжкість ураження електричним струмом. Наприклад, зі збільшенням вологості повітря зменшується опір на ділянці підключення людини в електричну мережу, знижується опір ізоляції електроустановки, що дуже небезпечно. Підвищення температури повітря посилює потовиділення у людини, зволожуються одяг, взуття.

Тому відповідно до ПУЕ усі виробничі приміщення поділяють на три категорії за ступенем небезпеки ураження електричнимструмом:

- приміщення без підвищеної небезпеки;
- приміщення з підвищеною небезпекою;
- приміщення особливої небезпеки.

Категорії визначаються за наявністю факторів підвищеної або особливої небезпеки в данному приміщенні. До факторів підвищеної небезпеки належать:

- температура повітря вища 35 ^{o}C;
- відносна вологість повітря вища 75%;
- наявність струмопровідного пилу;
- наявність струмопровідної підлоги;
- можливість одночасного торкання до електроустановки і металевих конструкцій, які мають контакт із землею.

4.5. Заходи з пожежної безпеки

У відповідності з будівельними нормами й правилами (ОНТП 24-86) виробничі будинки підрозділяються на категорії. Відповідно до цього цех гарячої прокатки ставиться до категорії Г. Категорія Г - неспаленні речовини й матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і

полум'я; тверді, рідкі й газоподібні речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

Безпосередньо на розглянутій виробничій ділянці пожежна безпека забезпечується розробкою евакуації персоналу, наявність засобів повідомлення про пожежу, засобів пожежогасіння (сокири, багри, лопати, ящики з піском вогнегасники).

У цеху гарячої прокатки заводу «Дніпроспецсталь (ДСС)» установлені протипожежні перешкоди, які представляють собою неспаленні перекриття, стіни, вікна й двері виконані з матеріалів, які згоряють за час не менш ніж 1,2 години.

Протипожежний зв'язок існує телефонний й автоматичний.

Автоматичний зв'язок установлюється в тих місцях, де не завжди присутні робітники.

Аналіз пожеж показує, що основними причинами їх виникнення є несправності теплових агрегатів, технологічного устаткування, електричних установок, розряди статичної й автоматичної електрики.

Процес гасіння палаючих речовин зводиться до активного впливу на процес горіння в зоні реакцій і досягається застосуванням вогнегасних засобів: пари, піни, твердих порошків, вогнегасників.

Речовини при введенні в зону горіння гальмують хімічну реакцію окислювання, дисоціірують на іони, які вступають у реакцію з іонами палаючої речовини й придушують горіння.

Для гасіння пожежі застосовують:

- порошкові вогнегасники ВП-5 - призначені для гасіння загорянь легко займистих і горючих рідин, електроустановок, що перебувають під напругою.
- вуглекислотні вогнегасники ВВ-5 - призначені для загорянь різних речовин і матеріалів, за винятком тих, які можуть горіти без доступу повітря. Їх можна застосовувати для гасіння електроустановок, що перебувають під напругою не понад 1000 В.[13]

4.6. Розрахунок вентиляції для видалення надлишкової теплоти

У термічному відділенні прокатного цеху обсягом 5000 м^3 для нагрівання стана встановлено дві нагрівальні печі з тепловиділяючою поверхнею площею 6 м^2. Температура усередині печі $t_{вн}$ = 1200^{o}С. Стінки печей цегельні із шамоту ізольовані діатановою цеглою товщиною δ_1 = 461 мм. Кожух печі зі сталі товщиною δ_2 = 3 мм. Продуктивність печі 55,6 кг/с. Початкова температура металу, що витягає з печі, $t_{нач}$ = 1170^{o}С. До моменту вивезення з відділення метал остигає до $t_{кін}$ = 1162^{o}С. Температура зовнішнього повітря $t_{зов}$ = 20^{o}С. Температура повітря у відділенні $t_{від}$ = 25^{o}С. Температура повітря, що йде, $t_{ух}$ = 300^{o}С.

Знайдемо загальне тепловиділення в термічному відділенні в плині години. Основні джерела теплоти - нагрівальні печі й метал, що остигає (іншими джерелами зневажаємо).

Тепловиділення від нагрівальних печах визначається по формулі:

$$Q_п = R\,(t_{вн} – t_{від}) \cdot S,\ Вт \qquad (4.2)$$

де R – коефіцієнт теплопередачі стінок печі, дж/(м^{2}сК); S – сумарна площа тепловиділяючих поверхонь, м^2.

Коефіцієнт теплопередачі стінки печі розраховується по формулі:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}}, \qquad (4.3)$$

де α_1 і α_2 – коефіцієнти тепловіддачі на внутрішній і зовнішній поверхнях печі (вони відповідно рівні 14 і 9,3 Дж/(м^{2}сК));

λ_1 і λ_2 – коефіцієнти теплопровідності шамотної цегли й кожуха печі (вони відповідно рівні 0,93 і 7,0 Дж/(м^{2}сК)).

Тоді:

$$R = \frac{1}{\frac{1}{14} + \frac{0,461}{0,93} + \frac{0,003}{7} + \frac{1}{9,3}} = 1,48 \quad \text{Дж}/(\text{м}^2\text{сК}).$$

Тепловиділення від нагрівальних печей:

$$Q_п = 1,48\ (1200 - 25) \cdot 6 = 10434 \text{ Дж/с}.$$

Знаходимо тепловиділення від металу, що остигає:

Нехай З = 0,14 Дж/(кг · К), тоді:

$$Q_м = 55,6 \cdot 0,14(1170 - 1162) = 62,2 \text{ Дж/с}.$$

Далі загальна кількість теплоти, що виділяється у відділення від нагрівальних печей і металу, що остигає:

$$Q_{общ} = Q_п + Q_м = 10434 + 62,2 = 10496 \text{ Дж/с}.$$

Приймаємо втрати тепла через огородження будинку відділення рівним 20% загального надходження теплоти. Тоді, надлишкова кількість теплоти:

$$Q_{изб} = Q_{общ} \cdot 0,8 = 10496 \cdot 0,8 = 8397 \text{ Дж/с.}$$

Кількість повітря, який необхідно ввести для видалення надлишкової теплоти:

$$V_{пов} = \frac{3600 \cdot Q}{C_в \cdot (t_{ух} - t_{нар})},\ м^3 / год \qquad (4.4)$$

де $C_в$ – об'ємна теплоємність повітря, кдж/м^{3}ДО.

$$Vn = \frac{302291}{1,256 \cdot (30 - 20)} = 24068\ м^3 / год$$

Знаходимо кратність повітрообміну:

$$К = \frac{V_{воз}}{V_{пом}}, \qquad (4.5)$$

де $V_{пом}$ – обсяг термічного відділення, м^3;

$$K = \frac{24068}{5000} = 4{,}8,$$

Тобто повітря в приміщенні в плині години обмінюється приблизно 5 разів.

ВИВОДИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. На основі проведеного аналізу технології прокатки трьох дрібносортних станів, установлені переваги й недоліки кожного. Запропоновано зміну технології прокатки, замінивши деякі кліті універсальними, що дозволить збільшити продуктивність стана.

2. Ознайомлення з технологією й устаткуванням дрібносортного стану 250 для прокатки круглої сталі діаметром 20 мм. Стан складається з 15 клітей. Швидкість прокатки 7м/с. На стані передбачені відділення обробки заготівлі з лініями дефектоскопії й обдирково-шліфувальних верстатів.

3. Виконані розрахунки на міцності станини й валків показали, що на проектованому стані діючі напруги не перевищують припустимих значень.

4. Створення найбільш оптимальних умов роботи праці це раціональне розміщення встаткування, впровадження більше раціональних технологічних процесів, використання індивідуальних засобів захисту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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