

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повна найменування кожного навчального закладу)

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

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський)

(другий (магістерський) рівень)

на тему Аналіз процесу прокатування
слябіє на слябінгу 1150

Виконав: студент 2 курсу, група 8.1362-омт

Зайцев Данило Олександрович

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

136 Металургія

(цифри і назва)

спеціалізація

(цифри і назва)

освітньо-професійна програма

обробка металів тиском

(цифри і назва)

Керівник к.т.н. доц. Бондаренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент Бєлоконь Ю.О.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2023 року

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень

Спеціальність 136 металургія

Освітньо-професійна програма обробка металів тиском

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕГБ
Ю.О. Белоконь

" 07 " 03 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ**

Зайцев Данило Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз процесу прокатування слівіє на слівінгу 1150
керівник роботи (проекту) Бондаренко Юлія Володимирівна к.т.н, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання, посада)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "07" 05 2023 року № 1580-с від 09.10.2023

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) аналіз сучасних режимів прокатки слівіє на обшисному стані 1150.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Реферат. Вступ. Аналітично-пошукова частина. Аналіз алгоритміє розрахунку коефіцієнта рівнодійних сил, Експериментальна та розрахункова частина Охорона праці та техногенна безпека, Висновки. Перелік джерел посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення, презентаційний матеріал 12 слайдах (на 12 сторінках)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|--|---|---------------------|
| | | завдання прийняв |
| <u>Розділ 1</u> <u>Дослідницько-</u> <u>розрахункова</u> <u>частина</u> | <i>Бондаренко Ю.В., доцент</i> | |
| <u>Розділ 2 Аналіз</u> <u>алгоритмів</u> <u>розрахунку</u> <u>коефіцієнта</u> <u>рівнодіючих сил</u> | <i>Бондаренко Ю.В., доцент</i> | |
| <u>Розділ 3</u> <u>Експериментальна</u> <u>та розрахункова</u> <u>частина</u> | <i>Бондаренко Ю.В. доцент</i> | |
| <u>Розділ 4 Охорона</u> <u>праці та</u> <u>техногенна</u> <u>безпека</u> | <i>Бондаренко Ю.В. доцент</i> | |
| <u>Нормоконтроль</u> | <i>Белоконь Ю.О. завідувач кафедри</i> | |

7. Дата видачі завдання 07.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | <u>Вступ</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 2 | <u>Реферат</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 3 | <u>Аналітично-логічна частина</u> | <i>до 30.06.2023</i> | |
| 4 | <u>Аналіз алгоритмів розрахунку коефіцієнта</u> <u>рівнодіючих сил</u> | <i>до 19.11.2023</i> | |
| 5 | <u>Експериментальна та розрахункова частина</u> | <i>до 26.11.2023</i> | |
| 6 | <u>Охорона праці та техногенна безпека</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |
| 7 | <u>Висновки</u> | <i>до 30.11.2023</i> | |

Студент _____ *Зайцев Д.О.*
(підпис) (підписати та вказати прізвище)

Керівник проекту (роботи) _____ *Ю.В. Бондаренко*
(підписати) (підписати та вказати прізвище)

Реферат

Кваліфікаційна робота магістра: 75 стр. ,8 рисунків , 8 таблиць, 22 джерел посилань

ЦЕХ,ОБТИСК, БЛЮМІНГ, СЛЯБІНГ, РЕЖИМ ДЕФОРМАЦІЇ, ШТАБА, ЗУСИЛЛЯ, ПРОКАТКА, ЕНЕРГОСИЛОВІ ПАРАМЕТРИ, ТЕПЛОЄМКІСТЬ, ТЕРМООБРОБКА, НАГРІВАЛЬНІ КОЛОДЯЗИ

Метою випускної роботи є аналіз сучасних режимів прокатки слябів на обтискному стані 1150

Об'єкт дослідження: слябінг 1150.

У аналітично-пошуковій частині роботи розглянуто технологію виробництва слябів на слябінгу 1150.

Можна відзначити такі заходи для вдосконалення слябінгів: 1. Механізація трудомістких операцій з очищення подін нагрівальних колодязів від сухого та рідкого шлаку. 2. Повна автоматизація процесу прокатки на стані, що досягається внаслідок застосування програмування (особливу складність становить автоматизація роботи маніпуляторів та кантувачів). 3. Поліпшення конструкції ножиць для різання блюмів і слябів головним чином з метою збільшення їхньої продуктивності (підвищення швидкості, в даний час механічні ножиці можуть здійснювати 6-8 різів на хвилину). Освоєння гідравлічних ножиць як найпростіших за конструкцією та зручних в експлуатації.

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

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 6 |
| 1 АНАЛІТИЧНА-ПОШУКОВА ЧАСТИНА..... | 9 |
| 1.1 Характеристика комбінату «Запоріжсталь» і обтискного цеху..... | 9 |
| 1.2 Техніка безпеки при обслуговуванні прокатних станів на блюмінгах та слябінгах..... | 17 |
| 2. АНАЛІЗ РОЗРАХУНКІВ ПРИ ПРОКАТЦІ НА СЛЯБІНГУ 1150..... | 22 |
| 2.1 Розрахунок допустимого обтиску та режиму деформації слябу.... | 22 |
| 2.2 Розрахунок режиму обтисків..... | 30 |
| 2.3 Розрахунок зусилля прокатки..... | 39 |
| 2.4 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки слябу з використанням зливків з підвищеною тепломісткістю..... | 42 |
| 3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ БЛЮМІВ..... | 45 |
| 3.1 Загальна характеристика нагрівальних колодязів..... | 45 |
| 3.2 Режими термічної обробки..... | 55 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА..... | 60 |
| 4.1 Підготовка поверхонь.Опис небезпечних факторів..... | 60 |
| 4.2 Засоби захисту на металургійному виробництві..... | 64 |
| 4.3 Термообробка.Опис небезпечних факторів..... | 71 |
| ВИСНОВКИ..... | 73 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 74 |

ВСТУП

На кінцевому етапі металургійного виробництва здійснюється обробка металів шляхом прокатки. За допомогою прокатки можна отримати різні заготівлі. Однак найчастіше ця технологія використовується для отримання спеціальних злитків-напівфабрикатів - блюмів або слябів. За рядом показників сляби та блюми дуже схожі, проте між ними і є низка відмінностей:

Блюми. Є сталевими напівфабрикатами у вигляді квадратних злитків зі злегка закругленими кінцями. Отримують блюми-напівфабрикати методом обтиснення на спеціальних станах. У більшості випадків зливки-блюми важать 10-15 тонн, сторона злитка складає 15-45 см, а довжина - від 1 до 5 м. Блюмінг-стани також використовуються і для отримання деяких виробів - балок, швелерів і таке інше.

Сляби. Сляби також є сталевими напівфабрикатами, проте від блюмів вони відрізняються габаритами. Сляб має вигляд довгої смуги чотирикутної прямокутної форми. Товщина 10-25 см, а ширина від 3 см до 2 м (довжина зазвичай знаходиться в межах 1,5-5 метрів). Сляби одержують на спеціальних слябінг-станах, які мають відмінну будову від блюмінг-станів.

На технологію блюмінгу дуже схожий слябінг. У чому між ними різниця? Головна відмінність полягає в тому, що на слябінг-машині встановлено не 1, а 2 пари валків. Вони розташовані один щодо одного у перпендикулярному напрямку. Під час прокату злиток-заготівля обжимається одразу у двох напрямках. Може здатися, що слябінги мають більшу популярність у металургії, проте це абсолютно не так. Справа все в тому, що продуктивність слябінг-стану в 2-2,5 рази нижче, ніж продуктивність блюмінгу. Тому сьогодні ці два методи використовуються нарівні один з одним для вирішення різних технологічних завдань.

Також варто звернути увагу, що у всьому світі блюмінг-технологія досить давно вийшла із вжитку. Чому це сталось? Викликано це тим, що блюмінг все ж таки далеко не ідеальний. Його головний мінус - при прокаті утворюється велика кількість окалини та обрізків. Через це збільшується кінцева витрата сталі, що негативно впливає на її кінцеву ціну для споживача.

У технології блюмінгу є безліч переваг, які відсутні у конкуруючих технологій прокату:

Можна регулювати ступінь підйому верхньої валки – завдяки цьому можна регулювати ступінь обтиснення напівфабрикату-блюму, а також регулювати його загальну товщину.

Є можливість керування швидкістю обкатки - це помітно полегшує процес обкатки, що дозволяє отримати заготовлю високої якості.

За допомогою тих самих валків можна отримати різні за масою і діаметром перерізу блюми. Це помітно підвищує продуктивність блюмінг-стану. У разі зміни замовлення оператору не доведеться змінювати установку цілком, достатньо лише трохи змінити параметри.

Блюмінг-цех зазвичай складається із трьох основних частин. У першому блоці монтуються електричні двигуни для обертання станин на установках блюмінга. Зазвичай монтується відразу кілька моторів як на випадок аварії, так і для ситуацій, коли потрібна додаткова потужність для агрегатів. У другому блоці безпосередньо монтується блюмінг-установка + допоміжні механізми подачі металевих заготовок. Третій блок є допоміжним - тут збираються та зберігаються всі відходи виробництва (окалини, обрізки тощо).

Блюмінг має вигляд двох станин, які об'єднані у клітинну установку (висота від 6 до 10 метрів). Станини являють собою виливки, що обертаються, на які кріпляться великі металеві валки зі сталі з нікелевими і хромовими добавками. Технологія роботи подібної установки дуже проста: валки під дією електричного струму здійснюють повільне обертання навколо

своєї осі, а при попаданні між ними сталевого зливка відбувається його обтиснення - у результаті утворюється блям.

Сучасний етап розвитку прокатного виробництва характеризується постійним підвищенням вимог до якості продукції, що випускається. При цьому однією з найбільш значущих характеристик якості металопродукату є наявність на поверхні дефектів. Поверхневі дефекти, будучи концентраторами напруги, значно погіршують міцнісні та пластичні характеристики прокату в процесі його подальшої обробки та експлуатації.

Досвід роботи більшості прокатних станів, що діють, показує, що дефекти на поверхні металопродукату є однією з основних причин отримання продукції невідповідної якості. При цьому в структурі шлюбу найбільшу частку займають дефекти, що перейшли на готовий прокат із вихідних заготовок.

Незважаючи на значну кількість досліджень щодо освіти та розвитку поверхневих дефектів можна констатувати, що на сьогоднішній день відсутня єдина думка про вплив технологічних параметрів прокатки на якість поверхні готової металопродукції. Даний факт пояснюється складністю та недостатньою вивченістю процесів перебігу металу при прокатуванні у калібрах. Таким чином, дослідження закономірностей формозміни поверхневих дефектів заготівель при прокатуванні в калібрах на сьогоднішній день залишаються актуальними.

1 АНАЛІТИЧНА-ПОШУКОВА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика комбінату «Запоріжсталь» і обтискного цеху

Слябінг (англ. Slabbing), високопродуктивний прокатний стан, призначений для обтиснення великих злитків (масою до 45 т) у великі плоскі заготовки - сляби, що є напівпродуктом для виготовлення широких листів. На відміну від блюмінгу та блюмінгу-слябінгу(С), С. — вузькоспеціалізований стан з двома парами валків — горизонтальними та вертикальними; встановлюється на металургійних заводах, у прокатних цехах яких є високопродуктивні листові стани. Найбільшого поширення набули універсальні двоклітинні С.

Перша кліть має 2 горизонтальних валка діаметром 1100-1370 мм, а друга - 2 вертикальних валка діаметром 900-1220 мм і розташовується поруч з першою так, щоб сляб прокочувався одночасно у двох клітях, як у безперервному стані. Річна продуктивність універсального С. від 3 до 7 млн. т. Привід валків здійснюється реверсивними електродвигунами постійного струму. Потужність індивідуального приводу кожного з горизонтальних валків до 7 МВт, а сумарна потужність приводу двох вертикальних валків 4 МВт. Маса механічного обладнання С. досягає 9 тис. т. У сучасних конструкціях універсальних С. для горизонтальної кліті застосовуються цільнолиті станини, які прикріплені до плитовин за допомогою анкерних кілець. Довжина бочки горизонтальних валків відповідає максимальній ширині слябу, що дозволяє вести прокатку слябів при підвищених обтисканнях. У натискних механізмах використовуються гвинтові та черв'ячні передачі від високошвидкісних двигунів, що забезпечують підйом верхнього валка до 2000 мм і більше зі швидкістю до 250 мм/сек. Вертикальна кліть С. складається з трьох частин, які з'єднуються анкерними

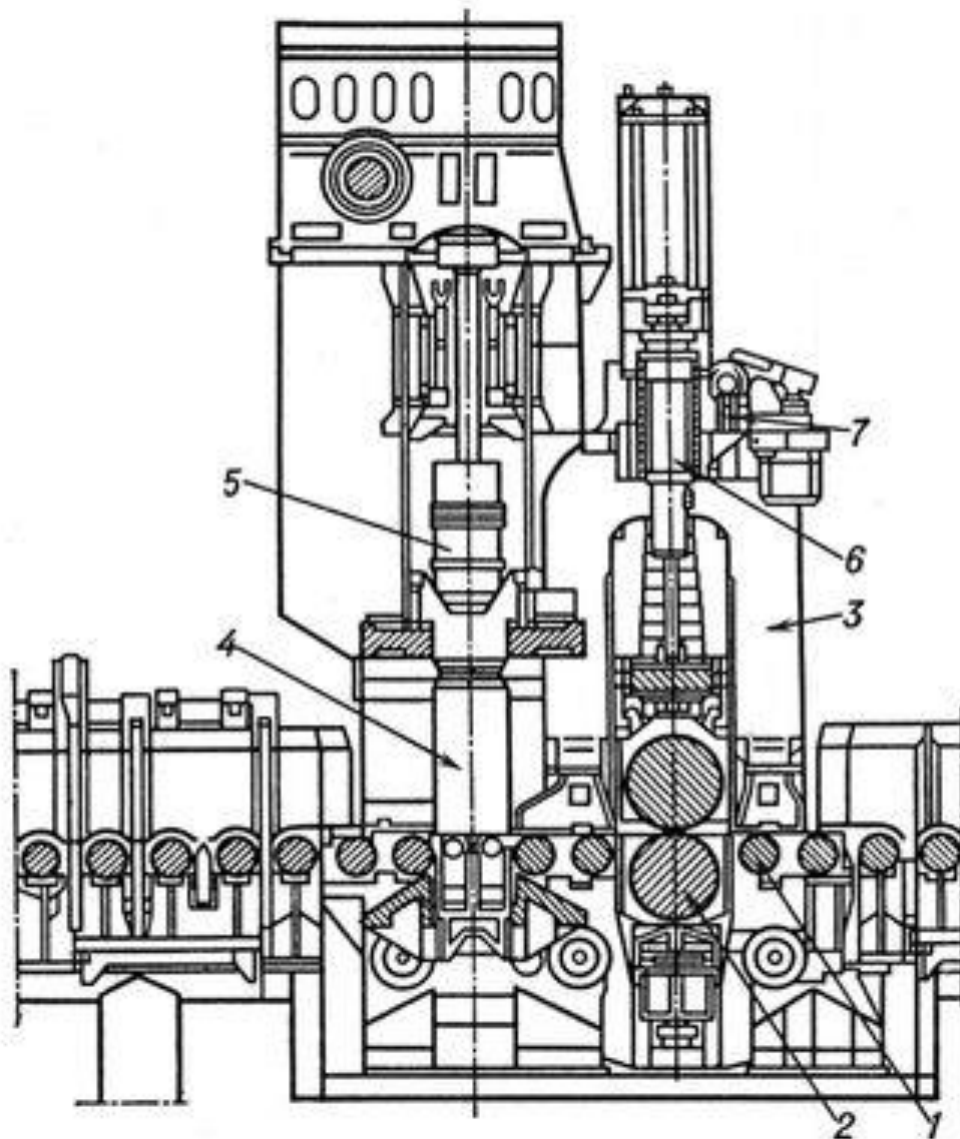
кільцями. Повертання кожному вертикальному валку передається через незалежний редуктор та вертикальний універсальний шпindel.

До складу власне С. входять робоча кліть (рис.1.1), двигуни та механізми приводу та перевалки валків. До допоміжного обладнання С. відносяться злитковози, рольганги, машина вогневої зачистки слябів, ножиці для різання слябів, холодильники, штабелювальники та інші механізми. Технологічний процес у цеху С. включає наступні операції: доставку гарячих злитків зі сталеплавильного цеху до нагрівальних колодязів; підігрів злитків у вертикальному положенні в колодязях до 1100-1280 ° С (залежно від марки сталі); подачу злитків за допомогою злитковозів до приймального рольгангу С.; зважування та подачу зливка до валків С.; прокатку слябу в універсальній кліті за 19-31 прохід з обтисканнями горизонтальними валками на 50-120 мм за прохід та зняттям розширення вертикальними валками; вогневе зачищення поверхні металу в потоці; різання на сляби необхідної довжини; таврування та передачу слябів по рольгангу на проміжний склад для охолодження та огляду або до ширококутового стану гарячої прокатки листів, встановленого безпосередньо за С.

Прокатні стани типу С. з'явилися в США в кінці 19 - початку 20 ст. в результаті розвитку конструкцій та спеціалізації обтискних та універсальних станів.

У СРСР перший С. 1100 (цифри - діаметр горизонтальних валків, мм) встановлено в 1937 на заводі "Запоріжсталь". Надалі він був реконструйований та його продуктивність була підвищена на 30%. Сучасні вітчизняні С. 1150 конструкції Новокраматорського заводу, введені в експлуатацію у 60-ті рр., продуктивністю до 5 млн. т слябів на рік працюють на Магнітогорському, Жданівському та Карагандинському металургійних підприємствах. У 60-70-х роках. великі С. (1200-1370) встановлені на металургійних заводах США, ФРН, Японії та інших країн. Однак у зв'язку з інтенсивним розвитком безперервного лиття сталі, при якому собівартість

виробництва слябів знижується на 8—10%, кількість С., що вводяться в експлуатацію, помітно зменшилася.



1 -станіні роліки; 2- горизонтальні валки; 3-станина; 4-вертикальні валки; 5- шпиделя; 6- рівноважуючий пристрій ;7-нажимний механізм

Рисунок 1.1 Робоча кліть універсального слябінгу:

З мартенівського цеху зливки безпосередньо подаються в проліт нагрівальних колодязів цеху слябінгу, де за допомогою колодязевого кліщового крана вони знімаються з піддонів і завантажуються в нагрівальні колодязі для нагрівання до відповідної температури перед прокаткою.

Сучасні нагрівальні колодязі є рекуперативними, мають по дві осередки, що вміщують від 6 до 16 злитків. Форма осередків колодязя близька до квадрата зі стороною 4-6 м, хоча є конструкції колодязів з осередками прямокутної форми з розмірами близько 3X8 м при глибині 3,9-4,5 м.

Повітря перед подачею в пальники підігрівається в керамічних рекуператорах до 800-850° С, а горючий газ підігрівається в трубчастих рекуператорах до 300-350° С. В якості палива застосовується змішаний (доменний і коксівний) газ з теплотворною здатністю 1000 , що подається з центру подини або біля колодязів з верхнім опаленням з пальників, розташованих над зливками.

Час нагріву злитків до температури прокатки, що відповідає приблизно 1200-1250° С, залежить від ваги посаджених злитків і температури їх і коливається в межах від 3 до 9 год.

При опаленні колодязя з центру подини гарячі гази з пальника піднімаються вгору, доходять до кришки, омивають стінки комірки і через канали, розташовані в нижній частині бічних стін, йдуть вниз у керамічні рекуператори.

При верхньому розташуванні пальників швидкість нагрівання зменшується, але корисна площа для розміщення злитків при цьому збільшується.

За кордоном, зокрема в США, будуються переважно рекуперативні колодязі з верхнім опаленням.

Зазвичай у колодязі близько 80% злитків сідають гарячими. У цьому випадку питома витрата тепла (при нагріванні злитків маловуглецевої сталі) становить 250-400 ккал/кг.

У таблиці 2 для прикладу наведено теплові потужності деяких сучасних нагрівальних колодязів, що діють на вітчизняних заводах.

У таблиці 2 для прикладу наведено теплові потужності деяких сучасних нагрівальних колодязів, що діють на вітчизняних заводах.

Таблица 1.1 Теплові потужності нагрівальних колодязів

| Тип колодцев | Завод | Топливо | Температура подогрева, °С | | Вес садки, т | Удельная тепловая мощность · 10 ³ ккал/т |
|----------------|--|---------------|---------------------------|------|--------------|---|
| | | | воздуха | газа | | |
| Регенеративные | Кузнецкий металлургический комбинат | доменный газ | 750 | 750 | 40 | 125 |
| | Магнитогорский металлургический комбинат | » | 850 | 850 | 50 | 112 |
| | «Запорожсталь» | » | 850 | 850 | 55 | 96,4 |
| Рекуперативные | «Азовсталь» | смешанный газ | 850 | — | 90 | 77,8 |

На Магнітогорському металургійному комбінаті визнано доцільним при нагріванні до температури стомлення використовувати більш калорійний змішаний газ (коксувальний у суміші з доменним). На заводі «Запоріжсталь» для підвищення теплової потужності колодязів також передбачається опалювати їх у період нагрівання калорійнішим газом (суміштю доменного та природного газів).

Останнім часом за кордоном спостерігається тенденція до будівництва колодязів із підвищеною тепловою потужністю. Для цього насамперед застосовується газ із вищою теплотворною здатністю. Так, рекуперативні колодязі блюмінгу 1145 заводу фірми «Юнайтед Стейтс Стіл Корп» у Ферліс Хілс (США) опалюються коксівним газом або сумішшю коксувального та природного газів теплотворною здатністю 5000 ккал/м³. На заводі "Грейт Лейке Стіл" у Детройті (США) рекуперативні колодязі слябінгу 1145 опалюються змішаним газом теплотворною здатністю 3400 ккал/м³ і т.д.

Після досягнення заданої температури зливки кліщовим краном подаються на злитковоз, який підвозить їх до приймального рольгангу слябінгу.

Слябінг є універсальним прокатним станом. Характерною особливістю його є наявність поряд з основною робочою клітиною, що має пару горизонтальних валків, додаткової робочої кліті з валками вертикально розташованими (рис. 14).

За кожний прохід злиток одночасно обтискається по висоті горизонтальними валками 1 і шириною — вертикальними 2. Через 6—8 перепусток проводиться кантування зливка. При цьому збивається окалина з усіх поверхонь.

Як горизонтальні, і вертикальні валки слябінга мають гладку циліндричну бочку. Привід кожного з горизонтальних валків індивідуальний (від двигунів потужністю 6000 к. с.), привід вертикальних валків загальний (від двигуна 4000 к. с.) або роздільний (від двох двигунів потужністю по 2000 к. с.).

Характерним параметром слябінгу є діаметр горизонтальних валків. У сучасних станів діаметр валків сягає 1150 мм. На такому слябінгу можлива прокатка злитків вагою до 25 т та отримання слябів вагою до 12 т.

Слябінги є найпродуктивнішими агрегатами з усіх наявних типів обтискних станів. Однак через обмежений асортимент продукції вони встановлюються на тих заводах, де прокочується тільки листова продукція. Там же, де прокочується, крім листового металу, ще й сортового, встановлюються блюмінги-слябінги, які не мають вертикальних валків. На горизонтальних валках, крім гладкої бочки, що служить для обтиснення злитків у перших перепустках і прокатки слябів, є ящиківі калібри, що служать для прокатки блюмів.

На блюмінгах-слябінгах також можна прокочувати сляби, щоправда, меншої ширини і з деякою втратою продуктивності за рахунок додаткових ребрових перепусток для обтиску країв смуги. Причому при ребровому пропуску витрачається значний час для підйому верхнього валка, внаслідок чого продуктивність блюмінгу нижче, ніж продуктивність слябінгу.

Удосконалення технологічного процесу як на блюмінгах-слябінгах, так і на слябінгах повинно відбуватися насамперед у напрямку ваги злитків, що прокочуються, і ширини слябів. Резервом підвищення продуктивності при прокатці на слябінгу є метод одночасної прокатки двох злитків, коли продуктивність слябінгу підвищується на 30-40%.

З розвитком виробництва листового металу останніми роками збільшується і кількість обтискних станів: слябінгів та блюмінгів-слябінгів. Так, в 1958 р. на заводах США працювало 11 слябінгів продуктивністю 15093 тис. т злитків, 7 блюмінгів-слябінгів продуктивністю 6705 тис. т злитків і 102 блюмінгу продуктивністю 81323 тис. т злитків на рік [1]. введено в дію ще близько шести нових слябінгів.

Сучасні слябінги відрізняються великою довжиною горизонтальних валків-до 2300-2440 мм. На цих слябінгах стає можливим прокочувати сляби завширшки до 1900 мм, тоді як на слябінгах старої конструкції можна прокочувати сляби завширшки до 1500 мм.

Широкі сляби дозволяють надалі вести прокатку основної маси продукції на безперервному стані гарячої прокатки без розширення, що дозволяє використовувати сляби подвійної довжини (до 6 м замість 2,5 м), а отже, і підвищити продуктивність безперервних станів гарячої прокатки.

Продуктивність блюмінгу чи слябінгу визначається за формулою

$$A = \frac{3600}{\Sigma t_m + \Sigma t_n} G ,$$

де t_m - машиний час прокатування злитку, сек

t_n -загальний час пауз при прокатуванні одного злитку, сек

$$A = \frac{3600}{\Sigma t_m + \Sigma t_n} G ,$$

Таблиця 1.2- Загальні характеристик блюмінгів та слябінгів

| Показатели | Блюминг | | | Слябінг |
|--|------------------|-------------------|---|--|
| | 850 | 1000 | 1150-1200 | 1420-1500 |
| Вес слитка для слябов, т | 3,2 | 6,0 | 10; 15 | 18, 2; 25 |
| Размер слитка для слябов, мм | 650 × 450 × 1600 | 1000 × 550 × 1900 | 1170 × 625 × 2250 1470 × 625 × 2100 1600 × 720 × 2100 | 625 × 1080 × 1750 790 × 890 × 1750 660 × 1430 × 1750 710 × 1660 × 1750 840 × 1720 × 2500 |
| Сортамент слябов, мм | | | | |
| толщина | 75-130 | 75-175 | 100-250 | 90-250 |
| ширина | 400-700 | 600-900 | 500-1500 | 700-1900 |
| Диаметр валков, мм | 830 | 950-1000 | 1150-1250 | 1150 900 |
| Длина бочки валков, мм | 2000 | 2350 | 2800 | 2100 2400 |
| Число оборотов валков, об/мин | 0-60-150 | 0-50-120 | 0-50-120 | 0-40-80 0-65-175 |
| Мощность главного двигателя, л. с. | 4000 | 6000 | 2 × 5000-6000 | 2 × 5000-6000 3000-4000 |
| Мощность всех электродвигателей, л. с. | 7000 | 10000 | 16000 | 20000 |
| Средняя производительность, т/час | 120 | 200 | 300-500 | 350-600 |
| Общий вес оборудования стана, т | 3000 | 1500 | 6000 | 7000 |

Примечание. Числитель—горизонтальные валки, знаменатель—вертикальные валки.

G-вага зливка, т.е.

Число перепусток при прокатці визначається за формулою

$$n = \frac{\lg F_0 - \lg F}{\lg \lambda_{\text{ср}}},$$

де F_0 - початковий переріз зливка, см^2 ;

F - кінцевий переріз слябу, см^2 ;

$\lambda_{\text{ср}}$ -середня витяжка за пропуск.

Максимальний абсолютний обтиск при прокатці слябів з маловуглецевої сталі становить 50-80 мм.

Після прокатки розкат надходить до ножиць, що встановлюються з задньої сторони табору в одну лінію з ним. Ножиці поперечного різання з паралельними ножами із зусиллям різання до 2500 т мають кривошипний привід від чотирьох двигунів потужністю по 250 л. с. Максимальний переріз слябів, що розрізаються на таких ножицях 200X1500 мм. Тривалість різання 7-12 сек.

Після обрізки кінців і порізки гуркоту сляби надходять на склад, де проводиться їх таврування та огляд. Наявні дефекти поверхні (захід сонця, полони, раковини) вирубуються.

Останнім часом широкого поширення набуває суцільна вогнева зачистка слябів і блюмів безпосередньо після прокатки. При вогневій зачистці дефектний поверхневий шар металу товщиною 1,5-2,5 мм знизу і зверху сляба оплавляється полум'ям киснево-ацетиленових пальників і видаляється при проходженні слябу через машину вогневої зачистки. Швидкість руху слябів при вогневій зачистці становить 04-06 м/сек.

1.2 Техніка безпеки при обслуговуванні прокатних станів на блюмінгах та слябінгах

Найбільш поширеним обтискним станом є одноклітинний реверсивний блюмінг, на якому прокочують як блюми, так і сляби. Слябінги менш поширені, ніж блюмінги, внаслідок їх високої вартості та порівняно вузького призначення (призначені лише для прокатки слябів). Слябінг має дві кліті: одну з горизонтальними та одну з вертикальними валками. Привід горизонтальних валків здійснюється від двох індивідуальних електродвигунів через універсальні шпинделі. Привід вертикальних валків здійснюється від електродвигуна через універсальний шпиндель та конічні передачі. Решта обладнання слябінгу та технологічний процес прокатки слябів в основному аналогічний роботі блюмінгу.

Технологічний процес прокатки злитків починається з нагрівання в нагрівальних колодязях. Нагріті зливки укладаються колодязевим краном на візок перекидач (злитковоз) з дистанційним керуванням, що подає їх на приймальний рольганг стану [1,21].

Для попередження звалювання поставлених злитків люльку перекидача роблять досить глибокою. Якщо злиток, що впав, не заважає руху

злитковозу, його видалення проводять в період пауз. Негайне видалення злитка, що впало, можливе тільки після подачі сигналу про призупинення робіт. Кожна така операція викликає необхідність присутності людей поблизу злитковозу, що пов'язане з небезпекою травмування. Тому всі роботи з видалення злитка, що впав, виробляють під керівництвом майстра.

Блюмінг має маніпулятори з обох боків та кантувачі з передньої сторони табору. Привід кожної пари лінійок маніпулятора здійснюється від двох електродвигунів. Кантувальник має чотири гаки з самостійним приводом. Безаварійна робота блюмінгу багато в чому залежить від справного стану та правильної експлуатації цих пристроїв. При прокатуванні злитків масою 8-16 т в маніпуляторах і кантувачі нерідко виникають великі динамічні напруги, які призводять до поломки обладнання, що працює в умовах високих температур. Це пов'язано з негайною зупинкою блюмінгу та проведенням ремонтних робіт. Тому кантування зливка виробляють плавно, після його повної зупинки. Пересування розкату рольгангу від калібру до калібру маніпуляторами здійснюють плавно, без ривків, з наростанням зусиль. Неприпустиме виправлення кривизни гуркоту за допомогою маніпуляторів.

У практиці роботи блюмінгів не виключена можливість травмування робітників лінійками маніпуляторів при збиранні окалини з приймального рольгангу. Щоб усунути застрягання окалини, у робочих і у приймальних рольгангів не ставлять поперечних плит, у цьому випадку вся окалина провалюється в приймальні бункери, звідки її прибирають за допомогою спеціальних пристроїв. У разі застосування на прийомних рольгангах плит окалину, що накопичилася, прибирають за допомогою довгих гребків, ні в якому разі не стаючи на борти рольгангів.

При ремонтах маніпуляторів можуть бути випадки притискання робочих лінійками внаслідок їхнього випадкового включення. Тому при ремонтах застосовують ключі-жетони, що замикають пускові пристрої на

пультах керування. Рейки маніпуляторів протягом усього ходу до граничного заднього положення закривають запобіжними кожухами.

При роботі на блюмінгах особливу увагу слід звертати на безпечний доступ до сполучних шпинделів та кулаків для їхнього змащення. На блюмінгах перших випусків, які не мали огорож шпинделів і майданчиків для доступу до них, відстань між сполучними шпинделями була досить значною, тому випадків затягування ними робітників на блюмінгах не було. На сучасних блюмінгах для безпечного доступу до верхнього сполучного шпинделя обладнані майданчики з поручнями, а нижній шпиндель огорожений поручнями.

Для зручного доступу до окремих частин табору з обох боків кліті на рівні рольгангів влаштовують постійні майданчики зі сходами та поручнями, захищеними від впливу тепловипромінювання знімними сітчастими щитами.

Прокатка злитків на блюмінгу супроводжується викидами з великою швидкістю частинок окалини, уламків металу та бризок шлаку. У практиці роботи вітчизняних і зарубіжних блюмінгів мали місце випадки, коли частки, що відлітають, призводили до руйнування скління пультів управління і травмування операторів і перебуває у стані обслуговуючого персоналу Г5, 22].

На сучасних блюмінгах і слябінгах для видалення окалини на рольгангу, що підводить, встановлюють окалиноломатели гідравлічного або механічного типу з надійним захистом від окалини, що відлітає. Застосування окалиноломателей перед блюмінгами і слябінгами не тільки підвищує ступінь безпеки, але також сприяє поліпшенню якості поверхні блюмів, слябів і заготовок. Для захисту від частинок окалини, що відлітають при прокатці, осколків металу і бризок шлаку перед валками на станині навішуються міцні сітчасті щити або густі ланцюгові завіси. З цією ж метою збоку стану проти прорізу в станині і збоку робочих рольгангів встановлюють щити, що знімаються з густої, міцної сітки. Крім того,

проміжок між валками з боку, протилежного сполучним шпинделям, закривають запобіжним щитом.

Для захисту операторів від окалини, що відлітає, скління тієї частини пультів управління, де необхідна хороша видимість, виконують з небіючого скла типу сталініт. Решту поверхні скління виконують з армованого скла або захищають скла густими металевими сітками [23].

Часто поломка валків, натискних пристроїв та запобіжних склянок блюмінгу пов'язана із застосуванням великих обтискань унаслідок поганої видимості показчика натискного пристрою. Основними вимогами безпеки для запобігання високим обтисканням є хороше освітлення показчика та його регулювання відповідно до розчину валків, яке виробляють тільки при повній зупинці стану. Останнім часом в обтискних цехах за кордоном циферблат показчика натискного пристрою розташовують у пульті керування блюмінгом, при цьому показники при циферблаті в пульті синхронні з показчиком режимного пристрою на блюмінгу.

Після прокатки блюми і сляби, рухаючись рольгангом, проходять машину вогневої зачистки і далі транспортуються рольгангом до ножиць для різання на мірні довжини і обрізки переднього і заднього кінців. Від ножиць сляби та блюми рольгангами та механізмами для збирання передаються на склад або ж транспортуються до рельсоболочного стану і далі до станів остаточної прокатки.

Для видалення обрізків на блюмінг застосовують пристрої конвеєрного типу. Для безпеки та покращення санітарно-гігієнічних умов праці в цеху розвантажувальну частину конвеєра обрізків виводять з обтискного прольоту за межі будівлі або у скрапний проліт.

У нормальному робочому стані конструкція та розміри жолоба, за яким обрізки потрапляють від ножиць на конвеєр, виключають можливість застрягання обрізків як переднього, так і заднього кінців розкочування та забезпечують прибирання обрізків будь-якої довжини.

Якщо обрізки конвеєром транспортуються в коробки, то останні встановлюють бетоновані ями, що мають такі розміри, щоб в них розміщувалося одночасно не менше двох коробок. Щоб уникнути застрягання обрізків на жолобі, глибину ями роблять такою, щоб відстань від верхнього краю коробки, що стоїть у ямі, до нижнього краю жолоба становила не менше 700 мм. Крім того, не слід допускати переповнення коробок обрізками [24].

Зазвичай коробки з обрізками прибирають краном, вантажопідйомна частина якого обладнана сержками, що виключають ручну зачіпку вушок коробки. Іноді видалення обрізків роблять електромостовим краном з електромагнітом. У цьому випадку обрізки охолоджують у ямі водою, яку подають у такій кількості, щоб уникнути інтенсивного пароутворення.

У тих випадках, коли після видалення коробки з обрізками на дні ями залишаються окремі шматки, їх охолоджують, а потім видаляють електромагнітом. Впускання робітника в яму без дозволу майстра та зупинки конвеєра неприпустимо.

В окремих випадках з конвеєра обрізки надходять безпосередньо на залізничні вагони або встановлені на них мульди. Знаходження людей у вагонах або на платформах під час завантаження не допускається [5].

2. АНАЛІЗ РОЗРАХУНКІВ ПРИ ПРОКАТЦІ НА СЛЯБІНГУ 1150

Розрахуємо параметри деформації злитка 2Б типу перетином 780×1600 на сляб перетином 160×1400 мм.

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

2.1 Розрахунок допустимого обтиску та режиму деформації слябу

2.1.1 Визначення допустимого обтиску з умови захвату металу валками

Для рішення цього завдання знайдемо коефіцієнт тертя в сталому процесі і при захваті. Найгірші умови захвату мають місце в початкових проходах, при найбільш високій температурі металу – $t = 1200\text{-}1220^\circ \text{C}$.

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

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

Коефіцієнт тертя при захваті розкату валками дорівнює

$$f_з = f \cdot k_з \quad (2.2)$$

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

Базовий коефіцієнт тертя дорівнює

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

де t - температура металу, °С.

Коефіцієнти k_T і k відповідно рівні:

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

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

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

де v – окружна швидкість валків.

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

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

2.2 Розрахунок режиму обтисків

Початкові дані:

$$h_0 = 780 \text{ мм}; h_k = 150 \text{ мм}; b_0 = 1200 \text{ мм}; b_k = 1100 \text{ мм}$$

Марка сталі – Сталь 3ПС

1. Знаходимо катаючий діаметр з урахуванням переточки валків

$$D_k = 0,9 \cdot D_{\min}$$

$$D_k = 0,9 \cdot 1150 = 1035 \text{ мм}$$

2. Знаходимо середній обтиск за прохід

Приймаємо $\alpha_{\max} = 17^\circ$

$$\Delta h_{\text{ср.}} = D_k (1 - \cos 17)$$

$$\Delta h_{\text{ср.}} = 1150 (1 - 0,9563) = 50 \text{ мм}$$

3. Визначаємо сумарний обтиск в горизонтальних валках

$$\sum \Delta h = h_0 - h_k,$$

де h_0 – початкова товщина

h_k – кінцева товщина

$$\sum \Delta h = 780 - 150 = 630 \text{ мм}$$

4. Визначаємо кількість проходів в горизонтальних валках

$$n = \sum \Delta h / \Delta h_{\text{ср}}$$

$$n = 630 / 50 \approx 13$$

5. Розподіляємо абсолютний обтиск за проходами в горизонтальних валках

$$\sum \Delta h = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \dots + \Delta h_{13}$$

$$\sum \Delta h = 100 + 90 + 80 + 70 + 60 + 50 + 45 + 35 + 30 + 25 + 20 + 15 + 10 = 630 \text{ мм}$$

6. Знаходимо товщину розката за проходами

$$h_i = h_{i-1} - \Delta h_i$$

$$h_1 = 780 - 100 = 680 \text{ мм}$$

$$h_2 = 680 - 90 = 590 \text{ мм}$$

$$h_3 = 590 - 80 = 510 \text{ мм}$$

$$h_4 = 510 - 70 = 440 \text{ мм}$$

$$h_5 = 440 - 60 = 380 \text{ мм}$$

$$h_6 = 380 - 50 = 330 \text{ мм}$$

$$h_7 = 330 - 45 = 285 \text{ мм}$$

$$h_8 = 285 - 35 = 250 \text{ мм}$$

$$h_9 = 250 - 30 = 220 \text{ мм}$$

$$h_{10} = 220 - 25 = 195 \text{ мм}$$

$$h_{11} = 195 - 20 = 175 \text{ мм}$$

$$h_{12} = 175 - 15 = 160 \text{ мм}$$

$$h_{13} = 160 - 10 = 150 \text{ мм}$$

7. Знаходимо розширювання за проходами в горизонтальних валках

$$\Delta b_i = 0,35 \cdot \frac{\Delta h_i}{h_{i-1}} \sqrt{R_k \cdot \Delta h_i}$$

$$\Delta b_1 = 0,35 \cdot \frac{100}{780} \sqrt{575 \cdot 100} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_2 = 0,35 \cdot \frac{90}{680} \sqrt{575 \cdot 90} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_3 = 0,35 \cdot \frac{80}{590} \sqrt{575 \cdot 80} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_4 = 0,35 \cdot \frac{70}{510} \sqrt{575 \cdot 70} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_5 = 0,35 \cdot \frac{60}{440} \sqrt{575 \cdot 60} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_6 = 0,35 \cdot \frac{50}{380} \sqrt{575 \cdot 50} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_7 = 0,35 \cdot \frac{45}{330} \sqrt{575 \cdot 45} = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_8 = 0,35 \cdot \frac{35}{285} \sqrt{575 \cdot 35} = 5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_9 = 0,35 \cdot \frac{30}{250} \sqrt{575 \cdot 30} = 5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_{10} = 0,35 \cdot \frac{25}{220} \sqrt{575 \cdot 25} = 5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_{11} = 0,35 \cdot \frac{20}{195} \sqrt{575 \cdot 20} = 5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_{12} = 0,35 \cdot \frac{15}{175} \sqrt{575 \cdot 15} = 5 \text{ мм}$$

$$\Delta b_{13} = 0,35 \cdot \frac{10}{160} \sqrt{575 \cdot 10} = 5 \text{ мм}$$

8. Знаходимо сумарне розширювання за проходами

$$\sum \Delta b = \Delta b_1 + \Delta b_2 + \Delta b_3 + \dots + \Delta b_{13}$$

$$\sum \Delta b = 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 10 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 + 5 = 100 \text{ мм}$$

9. Визначаємо сумарний обтиск в вертикальних валках

$$\sum \Delta h_b = b_0 - b_k + \sum \Delta b$$

$$\sum \Delta h_b = 1200 - 1100 + 100 = 200 \text{ мм}$$

10. Розподіляємо обтиск за проходами в вертикальних валках

$$\sum \Delta h_b = \Delta h_{b1} + \Delta h_{b2} + \Delta h_{b3} + \dots + \Delta h_{b13}$$

$$\sum \Delta h_b = 10 + 11 + 12 + 13 + 14 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 = 200 \text{ мм}$$

11. Знаходимо ширину розката за проходами

$$b_1 = b_0 - \Delta h_{b1} + \Delta b_1$$

$$b_2 = b_1 + \Delta b_2 - \Delta h_{b2}$$

$$b_1 = 1200 - 21 + 10 = 1189 \text{ мм}$$

$$b_2 = 1189 + 10 - 20 = 1179 \text{ мм}$$

$$b_3 = 1179 - 19 + 10 = 1170 \text{ мм}$$

$$b_4 = 1170 + 10 - 18 = 1162 \text{ мм}$$

$$b_5 = 1162 - 17 + 10 = 1155 \text{ мм}$$

$$b_6 = 1155 + 10 - 16 = 1149 \text{ мм}$$

$$b_7 = 1149 - 15 + 10 = 1154 \text{ мм}$$

$$b_8 = 1154 + 5 - 14 = 1135 \text{ мм}$$

$$b_9 = 1135 - 14 + 5 = 1126 \text{ мм}$$

$$b_{10} = 1126 + 5 - 13 = 1118 \text{ мм}$$

$$b_{11} = 1118 - 12 + 5 = 1111 \text{ мм}$$

$$b_{12} = 1111 + 5 - 11 = 1105 \text{ мм}$$

$$b_{13} = 1105 - 10 + 5 = 1100 \text{ мм}$$

12. Знаходимо площу розката за проходами

$$F_i = h_i \cdot b_i$$

$$F_0 = 780 \cdot 1200 = 936000 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 680 \cdot 1189 = 808520 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 590 \cdot 1179 = 695610 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 510 \cdot 1170 = 596700 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 440 \cdot 1162 = 511280 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = 380 \cdot 1155 = 438900 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = 330 \cdot 1149 = 379170 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = 285 \cdot 1154 = 328890 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = 250 \cdot 1135 = 283750 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = 220 \cdot 1126 = 247720 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = 195 \cdot 1118 = 218010 \text{ мм}^2$$

$$F_{11} = 175 \cdot 1111 = 194425 \text{ мм}^2$$

$$F_{12} = 160 \cdot 1105 = 176800 \text{ мм}^2$$

$$F_{13} = 150 \cdot 1100 = 165000 \text{ мм}^2$$

13. Знаходимо коефіцієнт витягування за проходами

$$\mu_i = F_{i-1} / F_i$$

$$\mu_1 = 936000 / 808520 = 1,155$$

$$\mu_2 = 808520 / 695610 = 1,161$$

$$\mu_3 = 695610 / 596700 = 1,164$$

$$\mu_4 = 596700 / 511280 = 1,167$$

$$\mu_5 = 511280 / 438900 = 1,165$$

$$\mu_6 = 438900 / 379170 = 1,158$$

$$\mu_7 = 379170 / 328890 = 1,164$$

$$\mu_8 = 328890 / 283750 = 1,148$$

$$\mu_9 = 283750 / 247720 = 1,143$$

$$\mu_{10} = 247720 / 218010 = 1,136$$

$$\mu_{11} = 218010 / 194425 = 1,121$$

$$\mu_{12} = 194425 / 176800 = 1,100$$

$$\mu_{13} = 176800 / 165000 = 1,073$$

14. Знаходимо довжину розката за проходами

$$l_i = l_{i-1} \cdot \mu_i$$

$$l_1 = 2,1 \cdot 1,155 = 2,4 \text{ м}$$

$$l_2 = 2,4 \cdot 1,161 = 2,8 \text{ м}$$

$$l_3 = 2,8 \cdot 1,164 = 3,2 \text{ м}$$

$$l_4 = 3,2 \cdot 1,167 = 3,8 \text{ м}$$

$$l_5 = 3,8 \cdot 1,165 = 4,4 \text{ м}$$

$$l_6 = 4,4 \cdot 1,158 = 5,1 \text{ м}$$

$$l_7 = 5,1 \cdot 1,164 = 6,0 \text{ м}$$

$$l_8 = 6,0 \cdot 1,148 = 6,8 \text{ м}$$

$$l_9 = 6,8 \cdot 1,143 = 7,8 \text{ м}$$

$$l_{10} = 7,8 \cdot 1,136 = 8,9 \text{ м}$$

$$l_{11} = 8,9 \cdot 1,121 = 10,0 \text{ м}$$

$$l_{12} = 10,0 \cdot 1,100 = 11,0 \text{ м}$$

$$l_{13} = 11,0 \cdot 1,073 = 11,8 \text{ м}$$

15. Знаходимо кути захоплення за проходами

$$\alpha_n = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_n}{R}}$$

$$\alpha_1 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_1}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{100}{517,5}} = 25^\circ$$

$$\alpha_2 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_2}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{90}{517,5}} = 24^\circ$$

$$\alpha_3 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_3}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{80}{517,5}} = 22^\circ$$

$$\alpha_4 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_4}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{70}{517,5}} = 21^\circ$$

$$\alpha_5 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_5}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{60}{517,5}} = 19^\circ$$

$$\alpha_6 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_6}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{50}{517,5}} = 18^\circ$$

$$\alpha_7 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_7}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{45}{517,5}} = 17^\circ$$

$$\alpha_8 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_8}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{35}{517,5}} = 15^\circ$$

$$\alpha_9 = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_9}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{30}{517,5}} = 14^\circ$$

$$\alpha_{10} = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_{10}}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{25}{517,5}} = 13^\circ$$

$$\alpha_{11} = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_{10}}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{20}{517,5}} = 11^\circ$$

$$\alpha_{12} = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_{10}}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{15}{517,5}} = 10^\circ$$

$$\alpha_{13} = 57,3 \sqrt{\frac{\Delta h_{10}}{R}} = 57,3 \sqrt{\frac{10}{517,5}} = 8^\circ$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Таблиця 2.1- Результати розрахунку режиму обтисків

| № | h _o , мм | b _o , мм | h ₁ , мм | b ₁ , мм | Δh, мм | Δb, мм | Δh _B , мм | α ° | F, мм ² | μ | l, м |
|----|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------|-------------------------|-----|-----------------------|-------|---------|
| 1 | 780 | 1200 | 680 | 1191 | 100 | 11 | 20 | 25 | 809880 | 1,155 | 2,4 |
| 2 | 680 | 1191 | 590 | 1182 | 90 | 10 | 19 | 24 | 697380 | 1,161 | 2,8 |
| 3 | 590 | 1182 | 510 | 1174 | 80 | 10 | 18 | 22 | 598740 | 1,164 | 3,2 |
| 4 | 510 | 1174 | 440 | 1166 | 70 | 9 | 17 | 21 | 513040 | 1,167 | 3,8 |
| 5 | 440 | 1166 | 380 | 1158 | 60 | 8 | 16 | 19 | 440040 | 1,165 | 4,4 |
| 6 | 380 | 1158 | 330 | 1151 | 50 | 8 | 15 | 18 | 379830 | 1,158 | 5,1 |
| 7 | 330 | 1151 | 285 | 1144 | 45 | 7 | 14 | 17 | 326040 | 1,164 | 6,0 |
| 8 | 285 | 1144 | 250 | 1136 | 35 | 6 | 14 | 15 | 284000 | 1,148 | 6,8 |
| 9 | 250 | 1136 | 220 | 1129 | 30 | 6 | 13 | 14 | 248380 | 1,143 | 7,8 |
| 10 | 220 | 1129 | 195 | 1121 | 25 | 4 | 12 | 13 | 218595 | 1,136 | 8,9 |
| 11 | 195 | 1121 | 175 | 1114 | 20 | 4 | 11 | 11 | 194950 | 1,121 | 10,0 |
| 12 | 175 | 1114 | 160 | 1107 | 15 | 3 | 10 | 10 | 177120 | 1,100 | 11,0 |
| 13 | 160 | 1107 | 150 | 1100 | 10 | 2 | 9 | 8 | 165000 | 1,073 | 11,8 |

2.3 Розрахунок зусилля прокатки

Розрахунок зусилля прокатки введемо за методом Головина –

Тягунова $K_t = 1500^\circ \text{C}$ – температура плавлення сталі

$\delta_B = 400 \text{ МН} / \text{м}^2$ – межа міцності сталі

1. Визначаємо температурний коефіцієнт

$$K_{ti} = (t_{\text{пл}} - 75 - t_i) / t_{\text{пл}}$$

$$K_{t1} = (1500 - 75 - 1250) / 1500 = 0,116$$

$$K_{t2} = (1500 - 75 - 1240) / 1500 = 0,123$$

$$K_{t3} = (1500 - 75 - 1230) / 1500 = 0,130$$

$$K_{t4} = (1500 - 75 - 1220) / 1500 = 0,136$$

$$K_{t5} = (1500 - 75 - 1210) / 1500 = 0,143$$

$$K_{t6} = (1500 - 75 - 1200) / 1500 = 0,150$$

$$K_{t7} = (1500 - 75 - 1190) / 1500 = 0,156$$

$$K_{t8} = (1500 - 75 - 1180) / 1500 = 0,163$$

$$K_{t9} = (1500 - 75 - 1170) / 1500 = 0,170$$

$$K_{t10} = (1500 - 75 - 1160) / 1500 = 0,176$$

$$K_{t11} = (1500 - 75 - 1150) / 1500 = 0,183$$

$$K_{t12} = (1500 - 75 - 1140) / 1500 = 0,190$$

$$K_{t13} = (1500 - 75 - 1130) / 1500 = 0,196$$

2. Визначаємо опір деформації

$$K = K_t \cdot \delta_B,$$

де K_t - температурний коефіцієнт

$$K_1 = 0,116 \cdot 400 = 46,4 \text{ МПа}$$

$$K_2 = 0,123 \cdot 400 = 49,2 \text{ МПа}$$

$$K_3 = 0,130 \cdot 400 = 52 \text{ МПа}$$

$$K_4 = 0,136 \cdot 400 = 54,4 \text{ МПа}$$

$$K_5 = 0,143 \cdot 400 = 57,2 \text{ МПа}$$

$$K_6 = 0,150 \cdot 400 = 60 \text{ МПа}$$

$$K_7 = 0,156 \cdot 400 = 62,4 \text{ МПа}$$

$$K_8 = 0,163 \cdot 400 = 65,2 \text{ МПа}$$

$$K_9 = 0,170 \cdot 400 = 68 \text{ МПа}$$

$$K_{10} = 0,176 \cdot 400 = 70,4 \text{ МПа}$$

$$K_{11} = 0,183 \cdot 400 = 73,2 \text{ МПа}$$

$$K_{12} = 0,190 \cdot 400 = 76 \text{ МПа}$$

$$K_{13} = 0,196 \cdot 400 = 78,4 \text{ МПа}$$

3. Визначаємо довжину осередка деформації

$$l_i = \sqrt{R \cdot \Delta h_i}$$

$$l_1 = \sqrt{575 \cdot 100} = 239,8 \text{ мм}$$

$$l_2 = \sqrt{575 \cdot 90} = 227,5 \text{ мм}$$

$$l_3 = \sqrt{575 \cdot 80} = 214,5 \text{ мм}$$

$$l_4 = \sqrt{575 \cdot 70} = 200,6 \text{ мм}$$

$$l_5 = \sqrt{575 \cdot 60} = 185,7 \text{ мм}$$

$$l_6 = \sqrt{575 \cdot 50} = 169,9 \text{ мм}$$

$$l_7 = \sqrt{575 \cdot 45} = 160,9 \text{ мм}$$

$$l_8 = \sqrt{575 \cdot 35} = 141,8 \text{ мм}$$

$$l_9 = \sqrt{575 \cdot 30} = 131,3 \text{ мм}$$

$$l_{10} = \sqrt{575 \cdot 25} = 119,8 \text{ мм}$$

$$l_{11} = \sqrt{575 \cdot 20} = 107,2 \text{ мм}$$

$$l_{12} = \sqrt{575 \cdot 15} = 92,8 \text{ мм}$$

$$l_{13} = \sqrt{575 \cdot 10} = 75,8 \text{ мм}$$

4. Визначаємо середню висоту осередку деформації

$$h_{\text{сери}} = (h_{i-1} + h_i) / 2$$

$$h_{cep1} = (780 + 680) / 2 = 730 \text{ мм}$$

$$h_{cep2} = (680 + 590) / 2 = 635 \text{ мм}$$

$$h_{cep3} = (590 + 510) / 2 = 550 \text{ мм}$$

$$h_{cep4} = (510 + 440) / 2 = 475 \text{ мм}$$

$$h_{cep5} = (440 + 380) / 2 = 410 \text{ мм}$$

$$h_{cep6} = (380 + 330) / 2 = 355 \text{ мм}$$

$$h_{cep7} = (330 + 285) / 2 = 307,5 \text{ мм}$$

$$h_{cep8} = (285 + 250) / 2 = 267,5 \text{ мм}$$

$$h_{cep9} = (250 + 220) / 2 = 235 \text{ мм}$$

$$h_{cep10} = (220 + 195) / 2 = 207,5 \text{ мм}$$

$$h_{cep11} = (195 + 175) / 2 = 185 \text{ мм}$$

$$h_{cep12} = (175 + 160) / 2 = 167,5 \text{ мм}$$

$$h_{cep13} = (160 + 150) / 2 = 155 \text{ мм}$$

5. Визначаємо коефіцієнт зовнішнього тертя

$$f_3 = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot (1,05 - 0,0005 \cdot t),$$

де K_1 - коефіцієнт який враховує хімічний склад матеріалу валків

K_2 – коефіцієнт який враховує швидкість прокатки

K_3 – коефіцієнт який враховує хімічний склад смуги

$$f_1 = 1 \cdot 0,96 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1250) = 0,40$$

$$f_2 = 1 \cdot 0,96 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1240) = 0,41$$

$$f_3 = 1 \cdot 0,96 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1230) = 0,41$$

$$f_4 = 1 \cdot 0,96 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1220) = 0,42$$

$$f_5 = 1 \cdot 0,95 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1210) = 0,42$$

$$f_6 = 1 \cdot 0,95 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1200) = 0,43$$

$$f_7 = 1 \cdot 0,95 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1190) = 0,43$$

$$f_8 = 1 \cdot 0,95 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1180) = 0,43$$

$$f_9 = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1170) = 0,44$$

$$f_{10} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1160) = 0,44$$

$$f_{11} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1150) = 0,44$$

$$f_{12} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1140) = 0,45$$

$$f_{13} = 1 \cdot 0,94 \cdot 1 (1,05 - 0,0005 \cdot 1130) = 0,45$$

6. Визначаємо коефіцієнт, який враховує вплив зовнішнього тертя

$$n'\delta_I = 1 + f_3 \cdot (l_i / h_i - 1)$$

$$n'\delta_1 = 1 + 0,40 (239,8 / 680 - 1) = 0,74$$

$$n'\delta_2 = 1 + 0,41 (227,5 / 590 - 1) = 0,75$$

$$n'\delta_3 = 1 + 0,41 (214,5 / 510 - 1) = 0,76$$

$$n'\delta_4 = 1 + 0,42 (200,6 / 440 - 1) = 0,77$$

$$n'\delta_5 = 1 + 0,42 (185,7 / 380 - 1) = 0,78$$

$$n'\delta_6 = 1 + 0,43 (169,6 / 330 - 1) = 0,79$$

$$n'\delta_7 = 1 + 0,43 (160,9 / 285 - 1) = 0,81$$

$$n'\delta_8 = 1 + 0,43 (141,8 / 250 - 1) = 0,81$$

$$n'\delta_9 = 1 + 0,44 (131,3 / 220 - 1) = 0,82$$

$$n'\delta_{10} = 1 + 0,44 (119,8 / 195 - 1) = 0,83$$

$$n'\delta_{11} = 1 + 0,44 (107,2 / 175 - 1) = 0,83$$

$$n'\delta_{12} = 1 + 0,45 (92,8 / 160 - 1) = 0,81$$

$$n'\delta_{13} = 1 + 0,45 (75,8 / 150 - 1) = 0,78$$

7. Визначаємо контактний тиск

$$p_{сер} = K \cdot n'\delta, \text{ де}$$

K – опір деформації

$n'\delta$ – коефіцієнт, який враховує тертя

$$p_{сер1} = 46,4 \cdot 0,74 = 34,3 \text{ МПа}$$

$$p_{cep2} = 49,2 \cdot 0,75 = 36,9 \text{ МПа}$$

$$p_{cep3} = 52 \cdot 0,76 = 39,5 \text{ МПа}$$

$$p_{cep4} = 54,4 \cdot 0,77 = 41,8 \text{ МПа}$$

$$p_{cep5} = 57,2 \cdot 0,78 = 44,6 \text{ МПа}$$

$$p_{cep6} = 60 \cdot 0,79 = 47,4 \text{ МПа}$$

$$p_{cep7} = 62,4 \cdot 0,81 = 50,5 \text{ МПа}$$

$$p_{cep8} = 65,2 \cdot 0,81 = 52,8 \text{ МПа}$$

$$p_{cep9} = 68 \cdot 0,82 = 55,7 \text{ МПа}$$

$$p_{cep10} = 70,4 \cdot 0,83 = 58,4 \text{ МПа}$$

$$p_{cep11} = 73,2 \cdot 0,83 = 60,7 \text{ МПа}$$

$$p_{cep12} = 76 \cdot 0,81 = 61,5 \text{ МПа}$$

$$p_{cep13} = 78,4 \cdot 0,78 = 61,1 \text{ МПа}$$

8. Визначаємо площу контактної поверхні

$$F = \frac{b_{n-1} + b_n}{2} \cdot \sqrt{R \cdot \Delta h_n}$$

$$F_1 = \frac{1200 + 1191}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 100} = 271856 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = \frac{1191 + 1182}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 90} = 256046 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = \frac{1182 + 1174}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 80} = 239605 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = \frac{1174 + 1166}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 70} = 222651 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = \frac{1166 + 1158}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 60} = 204744 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = \frac{1158 + 1151}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 50} = 185643 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = \frac{1151 + 1144}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 45} = 175108 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = \frac{1144+1136}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 35} = 153330 \text{ мм}^2$$

$$F_9 = \frac{1136+1129}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 30} = 140996 \text{ мм}^2$$

$$F_{10} = \frac{1129+1121}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 25} = 127912 \text{ мм}^2$$

$$F_{11} = \frac{1121+1114}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 20} = 113649 \text{ мм}^2$$

$$F_{12} = \frac{1114+1107}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 15} = 97835 \text{ мм}^2$$

$$F_{13} = \frac{1107+1100}{2} \cdot \sqrt{517,5 \cdot 10} = 79341 \text{ мм}^2$$

9. Визначаємо зусилля прокатки

$$P = p_{\text{сеп}} \cdot F, \text{ де}$$

$p_{\text{сеп}}$ – контактний тиск

F – площа контактної поверхні

$$P_1 = 34,3 \cdot 0,271 = 9,3 \text{ МН}$$

$$P_2 = 36,9 \cdot 0,256 = 9,5 \text{ МН}$$

$$P_3 = 39,5 \cdot 0,239 = 9,4 \text{ МН}$$

$$P_4 = 41,8 \cdot 0,222 = 9,2 \text{ МН}$$

$$P_5 = 44,6 \cdot 0,204 = 9,0 \text{ МН}$$

$$P_6 = 47,4 \cdot 0,185 = 8,8 \text{ МН}$$

$$P_7 = 50,5 \cdot 0,175 = 8,7 \text{ МН}$$

$$P_8 = 52,8 \cdot 0,153 = 8,0 \text{ МН}$$

$$P_9 = 55,7 \cdot 0,140 = 7,7 \text{ МН}$$

$$P_{10} = 58,4 \cdot 0,127 = 7,4 \text{ МН}$$

$$P_{11} = 60,7 \cdot 0,113 = 6,8 \text{ МН}$$

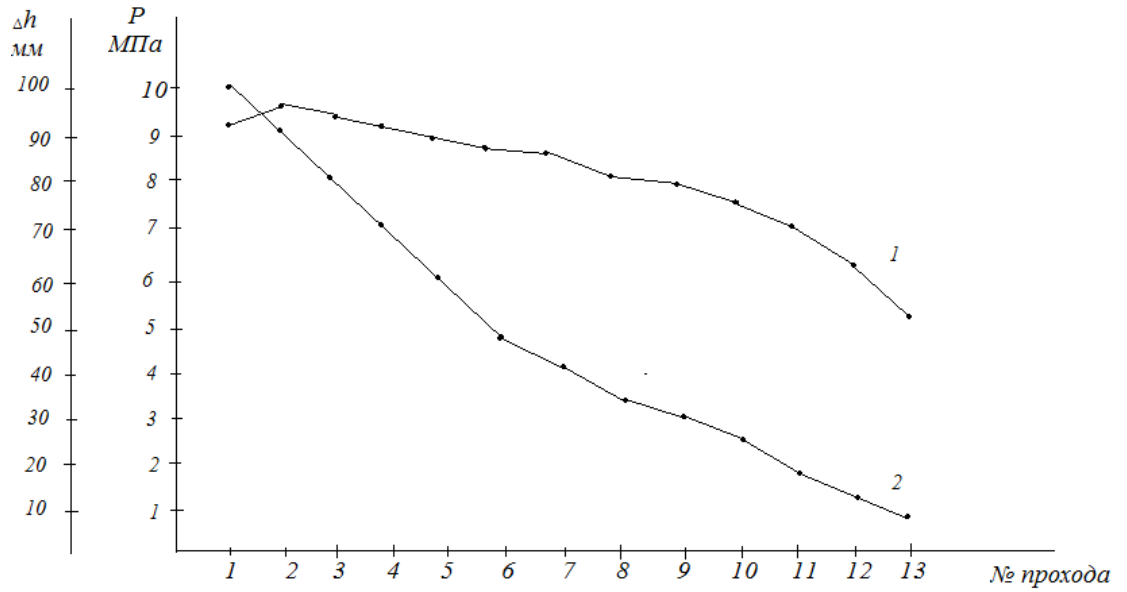
$$P_{12} = 61,5 \cdot 0,097 = 5,9 \text{ МН}$$

$$P_{13} = 61,1 \cdot 0,079 = 4,8 \text{ МН}$$

Результати розрахунку зводимо у таблицю.

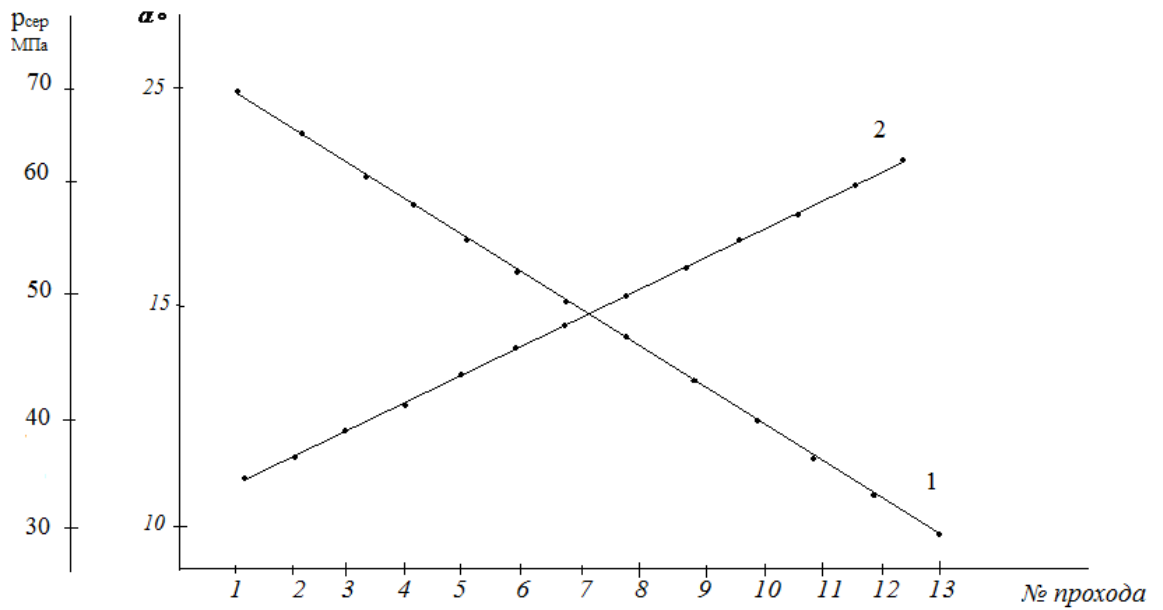
Таблиця 2.2 - Результати розрахунку зусилля прокатки

| № пропуску | Температурний коефіцієнт K_t | Опір деформації K , МН/м ² | Довжина осередку деформації l , мм | Середня висота осередку деформації $h_{\text{сер.}}$, мм | Коефіцієнт зовнішнього тертя f_3 | Зовнішнє тертя n/δ | Контактний тиск $p_{\text{сер.}}$, МН/м ² | Зусилля прокатки P , МН |
|------------|--------------------------------|---|--------------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------|---|---------------------------|
| 1. | 0,116 | 46,4 | 239,8 | 730 | 0,40 | 0,74 | 34,3 | 9,3 |
| 2. | 0,123 | 49,2 | 227,5 | 635 | 0,41 | 0,75 | 36,9 | 9,5 |
| 3. | 0,130 | 52 | 214,5 | 550 | 0,41 | 0,76 | 39,5 | 9,4 |
| 4. | 0,136 | 54,4 | 200,6 | 475 | 0,42 | 0,77 | 41,8 | 9,2 |
| 5. | 0,143 | 57,2 | 185,7 | 410 | 0,42 | 0,78 | 44,6 | 9,0 |
| 6. | 0,150 | 60 | 169,6 | 355 | 0,43 | 0,79 | 47,4 | 8,8 |
| 7. | 0,156 | 62,4 | 160,9 | 307,5 | 0,43 | 0,81 | 50,5 | 8,7 |
| 8. | 0,163 | 65,2 | 141,8 | 267,5 | 0,43 | 0,81 | 52,8 | 8,0 |
| 9. | 0,170 | 68 | 131,3 | 235 | 0,44 | 0,82 | 55,7 | 7,7 |
| 10. | 0,176 | 70,4 | 119,8 | 207,5 | 0,44 | 0,83 | 58,4 | 7,4 |
| 11. | 0,183 | 73,2 | 107,2 | 185 | 0,44 | 0,83 | 60,7 | 6,8 |
| 12. | 0,190 | 76 | 92,8 | 167,5 | 0,45 | 0,81 | 61,5 | 5,9 |
| 13. | 0,196 | 78,4 | 75,8 | 155 | 0,45 | 0,78 | 61,1 | 4,8 |



1- зусилля прокатки; 2- абсолютного обтиску

Рисунок 2.1 - Залежність абсолютного обтиску, зусилля прокатки по проходах

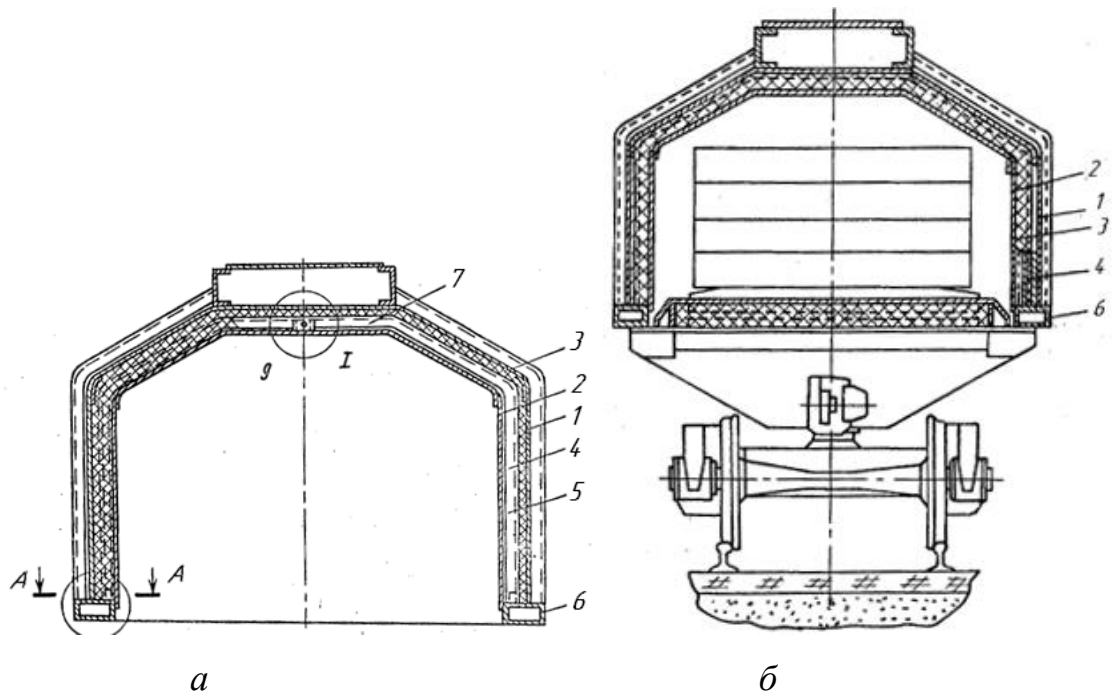


1- кут захоплення; 2- середній контактний тиск

Рисунок 2.2 - Залежність кута захоплення та середнього контактного тиску по проходах

2.4 Розрахунок енергосилових параметрів прокатки слябу з використанням злиwkів з підвищеною тепломісткістю

Для вивчення можливості використання злиwkів з підвищеною тепломісткістю для прокатки слябів у роботі провели розрахунок температурного режиму прокатки слябу при плавці сталі 08пс. Для отримання злитків з підвищеною тепломісткістю використовували гарячого посаду металу (900 °С). Для підвищення надійності та зниження тепловтрат у дипломному проекті пропонується використати теплоізоляційний ковпак (рис. 2.3, 2.4).



a – загальний вид ковпака; *б* – ковпак встановлений на вагон

1- зовнішня обшивка; 2 – внутрішня обшивка; 3 – теплоізоляція; 4 – стійка; 5 – кінці стійок; 6 – закріплення; 7 – верхній кінці стійок

Рисунок 2.3 – Теплоізоляційний ковпак:

Відомий теплоізоляційний ковпак вагона-термоса [15] (рис. 2.3) містить зовнішню 1 і внутрішню 2 обшивки, між якими розташована теплоізоляція 3 і Г-образні стійки 4, попарно встановлені в одній площині з

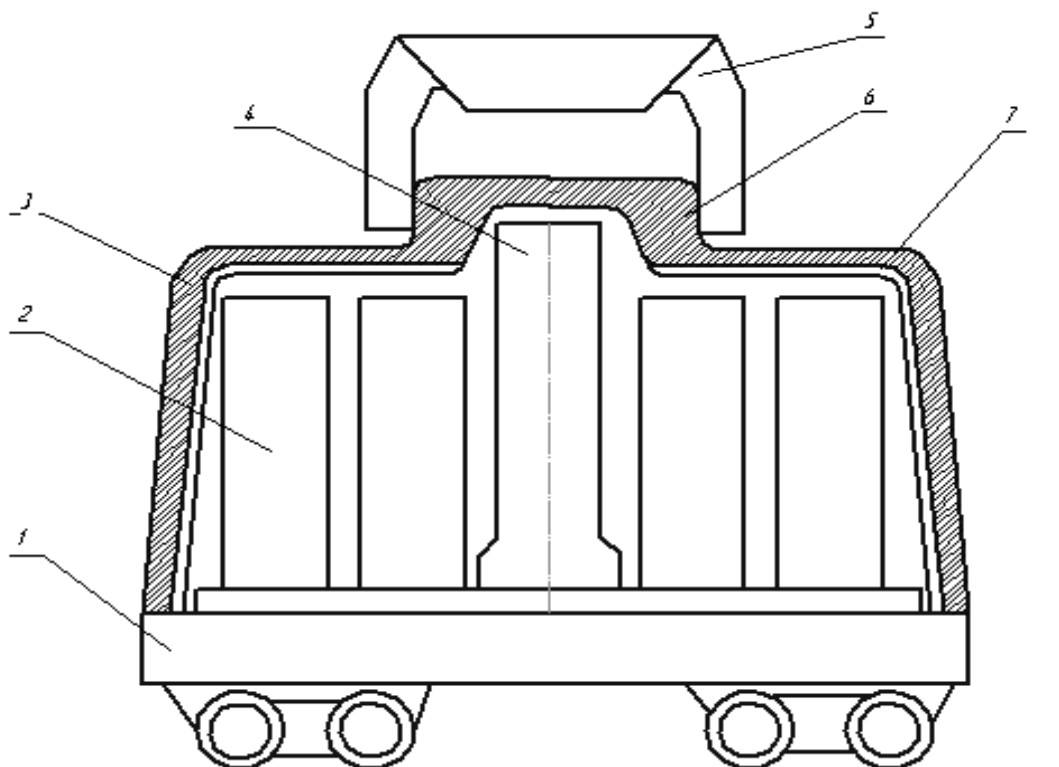
певним кроком по довжині ковпака, нижні кінці 5 стійок 4 закріплені на нижньої об'язки 6 за допомогою настановних виступів, розташованих усередині стійок 4 з зазором їх стінок. Верхні кінці стійок 4 з'єднані між собою віссю.

На одному з верхніх кінців стійок 4 може бути встановлений за допомогою жорстко прикріпленої пластини регулювальний болтом з контргайкою взаємодіючих ступорной планкою жорстко закріпленої на другому верхньому кінці. У цьому випадку один з верхніх кінців 7 стійок 4 в місці з'єднання віссю виконаний з поздовжнім пазом. З метою забезпечення доступу в зону вузла з'єднання верхніх кінців 7 стійок 4 внутрішня обшивка має спеціальні вікна. Укладання теплоізоляції і монтаж внутрішньої обшивки можуть здійснюватися в такий спосіб. Корпус теплозахисного ковпака встановлюють на кантувач дахом вниз і повертають на 45. У цьому положенні укладається теплоізоляція 3 на одній його половині. Після цього на цю половину встановлюється блок з ряду стійок 4 із закріпленою на них внутрішньою обшивкою 2, при цьому, нижні кінці 5 стійок 4 вставляються в установчі виступи, а верхні кінці 7 стійок закріплюються за допомогою спеціального монтажного пристосування. Аналогічно укладається теплоізоляція і встановлюється обшивка 2 зі стійками 4 на другій половині корпусу теплозахисного ковпака. Після цього поєднуються отвори на верхніх кінцях 7 стійок 4 і вставляється на вісь, за рахунок обертання болта забезпечується роздвіження стійок 4 і, отже, необхідне притиснення шару ізоляції. Фіксація стійок 4 в заданому положенні забезпечується за допомогою стопорення болта контргайкою. В результаті забезпечення притиснення теплоізоляції до зовнішньої обшивки виключається можливість її зміщення і усадки при дії вібраційних та ударних навантажень, що виникають при русі вагона [15].

З метою підвищення якості, збільшення виходу придатного, а також економії енергії розроблена і здійснена технологія прокатки на обтискних станах злитків з використанням теплоізоляційного ковпака. Технологія

істотно не змінюється у порівнянні з існуючою. Злиток киплячої сталі після розливання та подальшого роздягання у стріперному відділенні накриваються теплоізоляційним ковпаком. Під час навантаження і транспортування злитків до нагрівальних колодязів відбувається часткове вирівнювання температури по перетину злитка. Відразу ж після зняття з платформи ковпака злитки по черзі подають на нагрівальні колодязі для нагрівання під прокатку. Час від розливання до зняття ковпака встановлюється для кожного типу злитків. Застосування цього способу прокатки дозволило збільшити вихід придатного на 1% в результаті зменшення втрат на окалину і зниження кінцевої обрізу, а також заощадити енергію.

Конструкція теплоізоляційного ковпака представлена на рис.2.2.



1 – піддон; 2 – злиток; 3 – ковпак; 4 – центрова; 5 – кліщі; 6 – місце для захвату; 7 – поверхня, що відбиває тепло

Рисунок 2.4 Теплоізоляційний ковпак (горизонтальний розріз):

Теплоізоляційний ковпак для перевезення гарячих злитків містить зовнішню обшивку 3, закріплену з внутрішньої сторони останньої теплоізоляцію і поперечні елементи жорсткості, розташовані послідовно уздовж ковпака паралельно один одному. Поперечні елементи жорсткості такого теплозахисного ковпака розташовані між зовнішньою і середньою обшивками, що утворюють повітряний прошарок, який зменшує теплопередачу через стінку 3 і кришку ковпака. У зв'язку з відсутністю, додаткової обшивки такий теплозахисний ковпак має значно меншу вагу, металоемність, а також трудомісткість і вартість виготовлення.

Зміну температури приблизно визначали по вираженню:

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

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

де t_i – температура металу в наступному проході;

t_1 – температура розкату після першого проходу.

На рисунку 2.2 представлена номограма, яка дозволяє залежно від потужності осередків і необхідної продуктивності визначити технологію нагрівання зливків з рідкою серцевиною по тріступінчастому режимі.

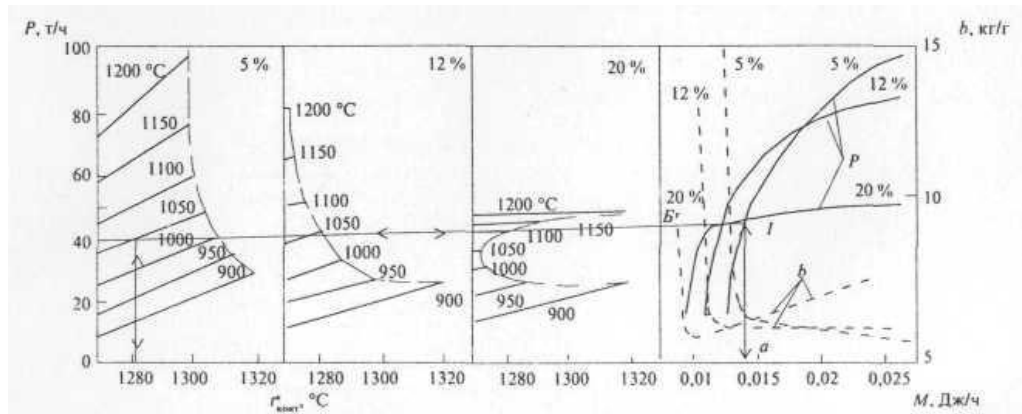


Рисунок 2.5 – Номограма для визначення технологічних параметрів нагрівання зливка з рідкою серцевиною (5, 12 і 20%)

Відповідно до номограми приймаємо вихідну температуру рівної $t_1 = 1250^\circ\text{C}$ для отримання зливка з рідкою серцевиною 5%. Тому для другого проходу одержуємо:

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

Температура металу після проходу дорівнює

$$t_2 = 1250 - 1 = 1249^\circ\text{C}.$$

Для інших проходів значення температури металу розраховуємо аналогічно. В останньому проході спад температури прийнятий рівним $\Delta t = 14^\circ\text{C}$. Енергосилові параметри прокатки слябу після використання зливка з підвищеною теплоємністю представлені табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати силових параметрів процесу

| № проходу | σ_T , Н/мм ² | p_{cp} , Н/мм ² | F_k , мм ² | P , МН | M_{np} , МН×м | N_{np} , кВт |
|-----------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------|----------|-----------------|----------------|
| 1 | 35,1 | 70,8 | 318865 | 22,6 | 2,88 | 7357 |
| 2 | 35,3 | 70,7 | 292135 | 20,7 | 2,45 | 6361 |
| 3 | 36,0 | 71,7 | 278863 | 19,8 | 2,24 | 6563 |
| 4 | 36,8 | 70,7 | 277053 | 19,6 | 2,18 | 6560 |
| 5 | 39,5 | 73,3 | 275242 | 20,2 | 2,21 | 7517 |
| 6 | 40,3 | 74,3 | 249607 | 18,5 | 1,85 | 6275 |
| 7 | 43,5 | 77,0 | 247954 | 19,1 | 1,87 | 6344 |
| 8 | 46,7 | 78,8 | 243822 | 19,2 | 1,84 | 6242 |
| 9 | 53,9 | 85,3 | 241755 | 20,6 | 1,92 | 6524 |
| 10 | 57,1 | 88,3 | 212536 | 18,8 | 1,55 | 5258 |
| 11 | 62,1 | 92,2 | 197081 | 18,2 | 1,38 | 4686 |
| 12 | 64,0 | 95,3 | 165102 | 15,7 | 1,01 | 3432 |

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

3 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ БЛЮМІВ

3.1 Загальна характеристика нагрівальних колодязів

Нагрівальні колодязі – основний тип нагрівальних пристроїв, установлюваних перед обтискними станами (блюмінгами і слябінгами).

Схема розрізу нагрівального колодязя представлена на рис. 3.1.

Переваги нагрівання великих злитків у нагрівальних колодязях у порівнянні з нагріванням їх у печах інших типів наступні [5]:

1. Внаслідок вертикального розташування злитків у нагрівальному колодязі усувається небезпека зсуву усадочної раковини при надходженні в колодязь злитків з незастиглою серцевиною;

2. Завдяки вертикальному розташуванню злитків більша частина їхньої поверхні обмивається продуктами згоряння палива і одержує тепло шляхом випромінювання від кладки, що забезпечує більше рівномірне і швидке нагрівання металу, чим у печах інших типів;

3. Завантажують і вивантажують великовагові злитки у вертикальному положенні порівняно просто (кранами).

Як відомо, тепло, що втримується в тільки що затверділому злитку сталі з температурою поверхні приблизно не менш 1000°C , досить для того, щоб вся маса металу злитка була доведена до температури прокатки (близько 1250°C). Тому такий злиток досить було б витримати якийсь час у неопалюваної, але добре теплоізолюваній камері для вирівнювання температури по перетину злитка. Потім злиток без додаткового підігріву можна було б видавати на стан для прокатки.

Нагрівальні колодязі – печі періодичної дії; робочий простір завантажують тільки після того, як всі злитки попередньої садки видані. Ці колодязі характеризуються змінними в часі тепловим і температурним

режимами. На рис. 3.1 показаний графік температурного режиму, а також теплового баланс колодязя.

При видачі з колодязя нагрітих злитків і посадці в нього нової партії злитків кладка робочої камери нагрівального колодязя сильно проохолоджується головним чином внаслідок випромінювання при відкриванні кришки. Тому при нагріванні злитків гарячого посаду в перший період температура поверхні злитків вище температури поверхні кладки. У результаті цього основним споживачем тепла на початку нагрівання є кладка робочого простору колодязя.

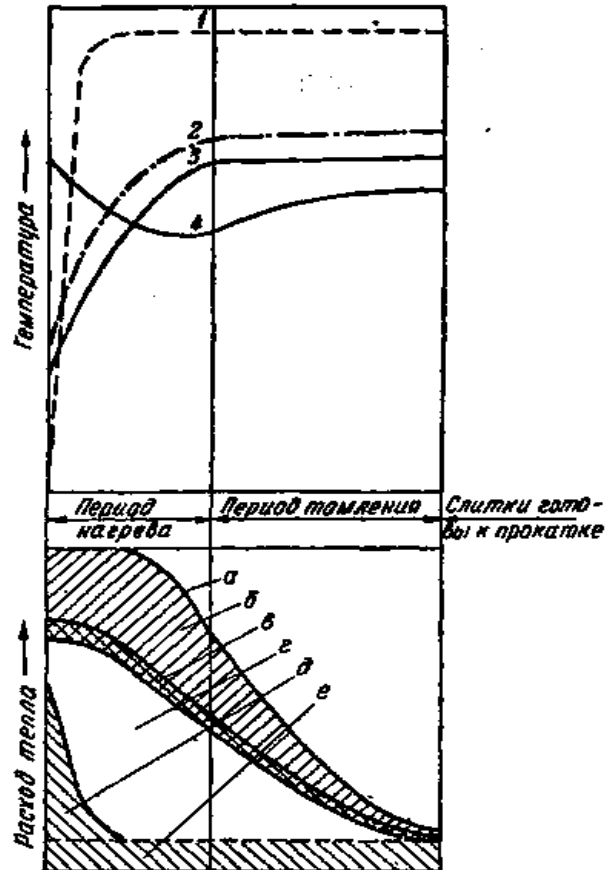
У початковій стадії нагрівання в нагрівальний колодязь подають максимально можлива кількість тепла, що відповідає теплової потужності колодязя [25].

У міру того, як температура внутрішньої поверхні кладки наближається до робочого значення, збільшується частка тепла, що поглинає металом. Ця стаття витрати досягає максимального значення в той момент, коли температура поверхні кладки стає приблизно рівної робочому значенню. Витрата тепла, рівної теплової потужності колодязя, зберігається доти, поки показання імпульсної термопари не досягнуть заданого значення. До цього моменту досягає максимально припустимого значення температура тієї частини поверхні злитка, що нагрівається найбільше швидко. Потім витрата палива починає поступово скорочуватися так, що температура в місці установки термопари залишається постійною [23].

Період від початку нагрівання до моменту досягнення імпульсною термопарою заданої температури зветься періоду нагрівання. Цей період характеризується максимальною витратою палива й безперервним підвищенням температури поверхні злитків і продуктів, що відходять, згоряння палива.

З моменту досягнення в імпульсній крапці заданої температури починається період томління.

Протягом цього періоду температура поверхні найбільш нагрітих частин злитків залишається постійною, а усередині злитка й по його поверхні відбувається вирівнювання температури, що характеризується тим, що температура середини злитка й менш нагрітих його частин наближається до температури найбільш нагрітої частини поверхні.



1 – температура кришки; 2 – температура продуктів, що відходять, згорання палива; 3 – температура поверхні злитка; 4 – температура середини злитка; а – загальна витрата тепла; б – втрати тепла із продуктами згорання палива; в – втрати тепла внаслідок неповноти горіння палива; г – витрата тепла на нагрівання металу; д – тепло, що поглинає кладкою, охолодженої при відкриванні колодязя; е – втрати тепла через кладку

Рисунок 3.1 – Температурний режим і тепловий баланс нагрівального колодязя при нагріванні злитків гарячого посаду

У міру скорочення перепаду температур між поверхнею і серединою, а також вирівнювання температури по поверхні злитків скорочується кількість

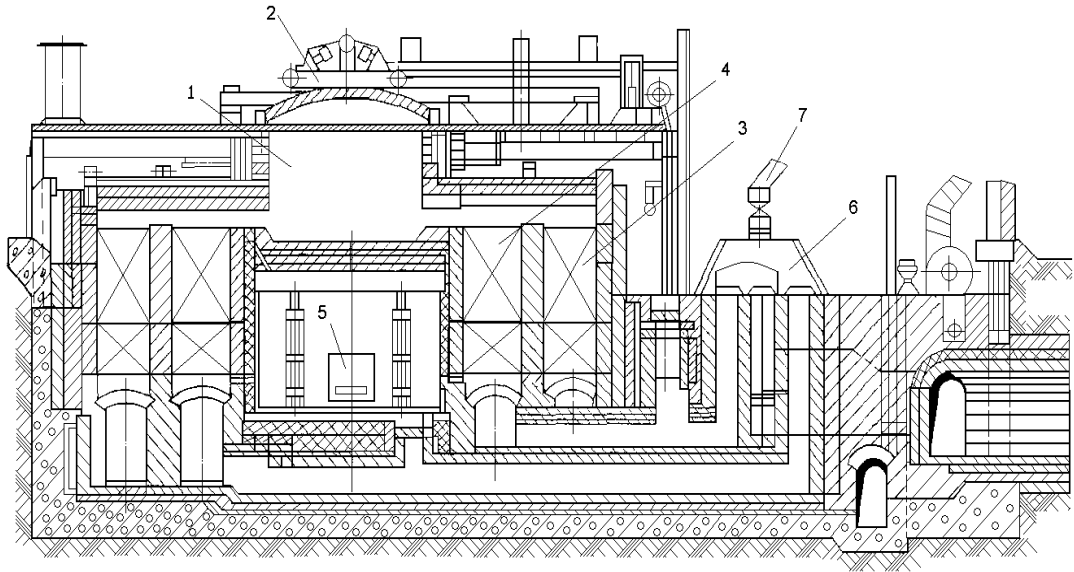
тепла, що може бути сприйнято злитками. Відповідно скорочується подача палива в колодязь. У період томління температура продуктів, що відходять, згоряння палива залишається приблизно постійною, тому що температура поверхні злитків мало змінюється [25].

Кінець періоду томління і момент готовності злитків до прокатки визначається по досягненні необхідного перепаду температур усередині і по висоті злитка, а витрата тепла при цьому стає мінімальним, рівним приблизно витраті тепла холостого ходу колодязя [24].

Робочий простір регенеративних нагрівальних колодязів у плані має форму витягнутого прямокутника (рис. 4.2). Із двох торців робочого простору колодязя розташовано по двох регенератора: найближчий до робочого простору – для підігріву газу, далекий – для підігріву повітря. Газ і повітря, підігріті в регенераторах, зустрічаються в просторі над насадкою газового регенератора, після чого палаюча суміш через полум'яне вікно входить у робочу камеру і обмиває злитки. Продукти згоряння виходять із робочої камери через полум'яне вікно протилежного торця і попадають у другу пару регенераторів. Через певні проміжки часу здійснюється перекидання клапанів, після чого рух газу і повітря відбувається у зворотному напрямку.

Регенеративні колодязі поєднують у групи по чотирьох. У відділенні колодязі мають у своєму розпорядженні довгу сторону поперек прольоту, кладку чотирьох колодязів групи містять у загальний каркас. Для колодязів однієї групи передбачають загальні робочі площадки, приміщення теплового щита і димар.

Кришки регенеративних колодязів звичайно аркового типу, що набирають у масивних литих рамах. Кришку пересувають поперек прольоту відділення колодязів. Для пересування кришок застосовують індивідуальні візки з рейковим механізмом



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

Рисунок – Схема розрізу регенеративного колодязя

Кладка борова регенеративних нагрівальних колодязів органічно пов'язана із кладкою робочого простору. Перекидні і регульовальні клапани розташовують у прибудові під площадкою. На площадках прибудови розташовують приміщення теплових щитів. Вентилятори розташовують у прибудові під площадками [25].

Газ і повітря в регенераторах звичайно підігрівається до $750-850^{\circ}\text{C}$.

З регенеративних колодязів шлаки забирають у рідкому виді періодично.

Подачу газу і повітря, збирання продуктів згоряння палива і систему автоматичного регулювання колодязів проектують таким чином, щоб була забезпечена зовсім самостійна робота кожного колодязя групи.

Кладку робочого простору, регенераторів, димоходів, борова і димарів, футеровку і ізоляцію газо- і повітропроводів нагрівальних колодязів виконують із різноманітних вогнетривких виробів, термоізоляційної і звичайної глиняної цегли, жаротривкого і ізоляційного бетону, вогнетривких

пластичних мас, глинобетону, шлакобетону, різних мертелей і порошоків та інших матеріалів.

Для кладки нагрівальних колодязів використовують наступні вогнетриви: шамотні, динасові, магнезитові, хромомагнезитові, шамотні легковагі і трепельні. У тому числі у вигляді нормальної цегли, простих, складних і особливо складних фасонних виробів.

Динасові вироби. Характерні властивості динасу – висока стійкість проти деформації під навантаженням при високих температурах (раптове руйнування без попередньої деформації настає при 1600-1700° С), а також додатковий необоротний ріст при нагріванні (до 1-1,5%). Вогнетривкість динасових виробів не нижче 1710°С, зміст Si₂, не менш – 94,5%. Термічна стійкість динасу при температурах менш 600°С дуже погана; вище цієї межі коливання температури динас витримує добре. Термічна стійкість при водяному охолодженні 1-2 теплосміни. Динасову цеглу використовують для кладки стін, насадок і зводів регенераторів, арок і стін робочого простору.

Магнезитові вироби. Високовогнетривкі магнезитові вироби добре протистоять впливу основних шлаків і окислів заліза, характеризуються порівняно більшою сталістю обсягу при високих температурах і високій механічній міцності. Термостійкість виробів з обпаленого магнезиту звичайно низька, а термостійкість виробів із плавленого магнезиту перебуває в межах від задовільної до гарної. Під впливом водяної пари магнезитові обпалені вироби розсипаються.

Хромомагнезитові і магнезитохромитові вироби. Вогнетривкість хромомагнезитових виробів не нижче 2000°С. Стійкість під навантаженням при високих температурах змінюється в широких межах залежно від змісту MgO і характеру домішок. Найбільш звичайні значення вогнетривкості 1450-1470°С для початку розм'якшення і руйнування зразків через 50-100°С після початку деформації. Термічна стійкість хромомагнезитової цегли вище, ніж магнезитового, а в термічно стійкої цегли спеціальних марок цілком задовільна. У нагрівальних колодязях хромомагнезитову цеглу застосовують

для кладки верхнього шару подини, нижньої частини стін і перевалів між робочим простором і регенераторами.

Шамотні вироби. У шамотних виробках, виготовлених відповідно до існуючих стандартів, зміст Al_2O_3 не повинне бути менш 30%. Шамотні вироби, зроблені з каоліну (вторинного утворення) або з вогнетривких каолінітових глин найбільш чистих різновидів, звичайно містять не менш 38% Al_2O_3 . Вогнетривкість шамотних виробів $1680^{\circ}C$, температура початку деформації під навантаженням $2\text{кг}/\text{см}^2$, не нижче $1300^{\circ}C$, термічна стійкість при водяному охолодженні 18-20 теплозмін. Шамотна цегла застосовується для кладки стін, подини і зводів борова; стін і насадок регенераторів; нижніх рядів подини і перевалів, а також окантовочного пояса стін робочого простору.

Шамотні легковагі вироби виготовляють методом вигоряючих добавок. Вогнетривкість – $1680^{\circ}C$, зміст Al_2O_3 – 38,9%, коефіцієнт теплопровідності – 0,60 ккал/м·град·годин, термічна стійкість при водяному охолодженні більше 30 теплозмін. Легковагі вироби застосовуються для теплової ізоляції броні та ізоляції зводів регенераторів.

Гази, які використовують при роботі нагрівальних колодязів

Для технологічних потреб на комбінаті «Запоріжсталь» використовуються доменний, коксовий і природний гази. Холодні (ненагріті) горючі гази в суміші з повітрям при певній температурі запалюються і згоряють, виділяючи тепло, необхідне для технологічних цілей. Горінням газом називається процес бурхливого окислювання горючих складових газу киснем повітря.

Температурою запалення горючих газів називається та температура, при якій починається мимовільний процес горіння газу без підведення тепла ззовні. Для запалення холодного ненагрітого горючого газу необхідно, щоб горючий газ був змішаний з повітрям у певних співвідношеннях.

Мінімальна кількість холодного ненагрітого горючого газу в повітряній суміші, при якому відбувається запалення (вибух) газоповітряної

суміші, називається нижньою межею займистості даного газу. Максимальна кількість горючого газу в суміші з повітрям, вище якого холодна, ненагріта газоповітряна суміш стає негорючою, називається верхньою межею займистості даного газу.

Зазначене вище ставиться до холодного, ненагрітого горючого газу при звичайних умовах тиску і температури. При температурах вище температури запалення газу газоповітряні суміші згоряють при будь-якім співвідношенні газу з повітрям.

Таблиця 3.1 – Температури запалення і межі займистості горючих газів у суміші з повітрям

| Найменування горючого газу | Температура займистості, °С | Межі запалення газу в суміші з повітрям (% газу суміші) при темп. +20°С и тиску 760 мм рт. | |
|----------------------------|-----------------------------|--|---------|
| | | нижній | верхній |
| Доменний | 680 | 40-53 | 65-73 |
| Коксовий | 640 | 5-6 | 30-32 |
| Припопний | 645 | 5 | 15 |

Важливою характеристикою горіння газу є швидкість поширення полум'я, тобто швидкість руху фронту горіння стосовно не-не-запаленого газоповітряної суміші. Швидкість горіння різних газів не однакова, і тому відповідно розраховуються пальники для різних горючих газів. Необхідною умовою стійкого горіння газу є строга відповідність швидкостей витікання газу з пальника і швидкості горіння газу, а також сталість тиску газу.

При різких коливаннях тиску газу різко коливається і швидкість витікання газу з пальників. При цьому може відбутися або відрив полум'я від пальника з його потуранням і заповнення топлень і димоходів незгорілим газом, або проскакування полум'я в пальник і газопровід. В обох випадках це явище небезпечно, тому що може відбутися вибух газу або в топленні і димоходах, або в газопроводі з їхнім руйнуванням і небезпекою травмування людей [3].

Задачі та можливості автоматичного регулювання процесу нагрівання злитків

Автоматизація процесу нагрівання злитків – ефективний засіб для підвищення продуктивності нагрівальних колодязів, зниження питомої витрати палива і браку по нагріванню, а також для полегшення керування нагрівальними колодязями, що дозволяє скоротити число обслуговуючого персоналу і полегшити його працю.

Ефективність, застосування автоматичного регулювання визначається не тільки якістю використовуваної схеми автоматизації, але також і особливостями самого нагрівального пристрою. Ідеальним з погляду автоматизації є нагрівальний пристрій, що при однакових вихідних умовах дозволяє одержати точну повторюваність усього процесу нагрівання. Існуючі типи нагрівальних колодязів ще досить далекі від такого ідеального стану.

Для сучасних нагрівальних колодязів передбачаються наступні основні вузли схеми автоматичного регулювання.

1. Автоматичне регулювання температури в робочому просторі колодязя.
2. Автоматичне регулювання співвідношення паливо повітря.
3. Автоматичне регулювання тиску в робочому просторі колодязя.
4. Автоматичне відключення подачі палива (у випадку падіння тиску газу або повітря).
5. Автоматичне керування приводами перекидних клапанів нагрівальних колодязів.

Режими нагрівання злитків

Приклад режиму нагрівання злитків 1 групи марок сталей (у тому числі і з рідкою серцевиною) при роботі автоматизованої системи керування нагріванням злитків наведений у таблиці 4.2

Посадка злитків в осередки виробляється при температурі осередку 1400-1420 °С, витрата газу 3800 м³/г, співвідношення повітря/ газ не більше:

1,1 – при нагріванні і 1,0 при томлінні, розрідження перед шибером не більше: 18 кгс/м^2 – при нагріванні і 16 кгс/м^2 – при томлінні.

Посадка злитків в осередки виробляється при температурі осередку $1400\text{-}1420 \text{ }^\circ\text{C}$, витрата газу $3800 \text{ м}^3/\text{г}$, співвідношення повітря/ газ не більше: 1,1 – при нагріванні і 1,0 при томлінні, розрідження перед шибером не більше: 14 кгс/м^2 – при нагріванні і 10 кгс/м^2 – при томлінні.

Мінімальна температура томління – $1320 \text{ }^\circ\text{C}$, максимальна температура томління – $1360 \text{ }^\circ\text{C}$,

Таблиця 3.2 – Режим нагрівання злитків 1-го типу 1 групи марок сталей (у тому числі й з рідкою серцевиною) при роботі автоматизованої системи керування нагріванням злитків.

| Посад | Час транспортування, година.-мін. | Нагрівання осередку до температури, $^\circ\text{C}$, з наступним закриттям газу, повітря, шибера | | Загальний мінімальний час нагрівання, година.-мін. |
|-------|-----------------------------------|--|-------------------------------|--|
| | | Час, хв | Температура, $^\circ\text{C}$ | |
| ж | 1-10---1-20 | 1320 | | 2-20 |
| ж | 1-21---1-30 | 1320 | | 2-20 |
| ж | 1-31---1-40 | 1340 | | 2-20 |
| ж | 1-41---1-50 | 1340 | | 2-25 |
| ж | 1-51---2-00 | 1340 | | 2-35 |
| | | З томлінням | | |
| | | Час, хв | Температура, $^\circ\text{C}$ | |
| г | 2-01---2-10 | 15 | 1340 | 2-50 |
| г | 2-11---2-20 | 15 | 1340 | 3-05 |
| г | 2-21---2-30 | 15 | 1340 | 3-20 |
| г | 2-31---2-40 | 30 | 1360 | 3-30 |
| г | 2-41---3-00 | 30 | 1360 | 3-35 |
| г | 3-01---3-30 | 30 | 1360 | 3-45 |
| г | 3-31---4-00 | 45 | 1360 | 4-10 |
| г | 4-01---4-30 | 45 | 1360 | 4-30 |
| г | 4-31---5-00 | 45 | 1360 | 4-45 |
| г | 5-01---5-30 | 60 | 1360 | 5-10 |
| г | 5-31---6-00 | 60 | 1360 | 5-25 |
| г | 6-01---6-30 | 60 | 1360 | 5-45 |
| г | 6-31---7-00 | 60 | 1360 | 6-00 |
| г | 7-01---7-30 | 60 | 1360 | 6-10 |

3.2 Режими термічної обробки

Термічна обробка металів і сплавів являє собою сукупність технологічних операцій, пов'язаних з нагріванням, витримкою і охолодженням і, у деяких випадках, зі зміною хімічного складу поверхневого шару.

Термічна обробка може бути проміжною і остаточною. Головним завданням проміжної термічної обробки є зниження твердості сталі для її кращої оброблюваності різальним інструментом або обробкою металів тиском.

Таблиця 3.3 – Хімічний склад сталі

| Марка сталі | Al | Si | Mn | Cu | Ni | S | C | P | Cr |
|-------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| Сталь 08ю | 0,02 – 0,08 Al | не більше 0,03 | 0,25-0,45 | не більше 0,20 | не більше 0,15 | не більше 0,03 | не більше 0,10 | не більше 0,025 | не більше 0,10 |
| Сталь 08кп | не більше 0,08 | не більше 0,03 | 0,25-0,50 | не більше 0,25 | не більше 0,25 | не більше 0,04 | 0,05-0,11 | не більше 0,035 | не більше 0,10 |
| Сталь 08пс | не більше 0,08 | 0,05-0,17 | 0,35-0,65 | не більше 0,25 | не більше 0,25 | не більше 0,04 | 0,05-0,11 | не більше 0,035 | не більше 0,10 |
| Сталь 3пс | не більше 0,08 | 0,05-0,17 | 0,40-0,65 | не більше 0,30 | не більше 0,30 | не більше 0,05 | 0,14-0,22 | не більше 0,04 | не більше 0,30 |
| Сталь 3кп | не більше 0,08 | не більше 0,07 | 0,30-0,60 | не більше 0,30 | не більше 0,30 | не більше 0,05 | 0,14-0,22 | не більше 0,04 | Не більше 0,30 |
| Сталь 10пс | не більше 0,08 | не більше 0,03 | 0,5 | не більше 0,25 | 0,3 | не більше 0,04 | 0,08-0,12 | не більше 0,035 | не більше 0,8 |

Остаточна термічна обробка деталей має на меті додати сталі такі властивості, які потрібні в умовах експлуатації деталей. За допомогою термічної обробки можна змінити міцність, жароміцність, пластичність, в'язкість, технологічні властивості (ковкість, зварюваність, оброблюваність різанням)

Першим етапом термічної обробки є нагрівання.

Вибір температури нагрівання сталі тісно пов'язаний з діаграмою стану "залізо - вуглець". Нагрівання може вироблятися в печах з газовою атмосферою (електричних, газових, мазутних), у рідких середовищах (розплавлених металах і солях), а також струмами високої частоти.

Ніж складніше форма виробу і більше його розміри, чим більше в сталі змісту вуглецю і легуючих елементів (менше теплопровідність сталі), тим повільніше необхідно нагрівати сталь. Якщо виріб помістити в середовище, нагріту до високих температур, то в початковий момент розподіл температури по перетині деталі буде нерівномірним (на поверхні виробу температура вище, ніж у серцевині). Це викликає неоднакове розширення різних шарів виробу, що може привести до деформації виробу і до появи тріщин.

Другим етапом термічної обробки є витримка, що повинна забезпечити повний прогрів виробу по перетині для завершення фазових перетворень, а також повну гомогенізацію аустеніту. Час витримки при даній температурі залежить від форми і розмірів виробу і від состава сталі. Чим вище температура нагрівання, тим менше потрібен час витримки.

Третім етапом термічної обробки є охолодження. Швидкість і спосіб охолодження головним чином визначають властивості сталі після термічної обробки.

Основними видами термічної обробки, що по-різному змінюють структуру і властивості сталі, є відпал, нормалізація, гартування і відпускання. Залежно від вимог, пропонується до напівфабрикатів

(вилівкам, куванням, прокату і т.д.) і до готових виробів призначаються ті або інші види термічної обробки.

Гомогенізуючий відпал

Основна мета гомогенізуючого відпалу – одержання однорідної (гомогенної) структури шляхом усунення дендритної ліквациї. Оскільки ця ліквация виникає через неповноту дифузії при кристалізації і у період наступного охолодження, відпал проводять в умовах, благоприємствуючих дифузії: при тривалій витримці і високій температурі. Тому відпал такого роду часто називають дифузійним. Однак повністю усунути дендритну ліквацию в легованих сталях дуже важко, тому що для цього потрібна витримка тривалістю в сотня годин при температурі більше 1200°C . Оскільки інтенсивність процесу дифузії залежить від перепаду концентрацій, а останній із часом убуває, ефективність гомогенізації також убуває згодом. Найбільш відчутні результати відпалу спостерігаються в перші 8 - 10 ч витримки, швидкість вирівнювання концентрації обернено пропорційна квадрату відстані між ділянками з різною концентрацією. Тому чим менше розмір злитка, тим менше, за інших рівних умов, розвиток одержують дендрити, і тим, отже, ефективніше процес гомогенізації. Деформація литого металу прискорює гомогенізацію. При безперервному розливанні стали спостерігається менша ліквация, чим у злитку, відлитому в ізложниці.

Швидкість нагрівання при гомогенізації у випадку посадки гарячих злитків не обмежують і приймають не менш 100 град/г. Доцільно, щоб злитки при посадці мали можливо більше високу температуру (не нижче $700\text{-}750^{\circ}\text{C}$).

Під впливом високої температури при гомогенізуючем відпалі відбувається ріст зерна. Однак спеціальної термічної обробки для усунення великої зернистості не потрібно, оскільки здрібнювання зерна досягається при наступній гарячій обробці тиском (прокатка), що доцільно проводити з

використанням нагрівання під відпал. Так, сталі 30ХГСНА можна рекомендувати наступний режим: нагрівання до 1220° С витримка 2 ч, підйом температури до 1270° С – витримка 1,5 ч, підйом температури до 1300° С – витримка 2 ч, охолодження до 1250° С – прокатка [4].

Відпал для зняття напруг

Зм'якшуючий відпал використовують для злитків з легованих сталей. Під впливом легуючих елементів, особливо таких, як хром, нікель, марганець і ін., ці сталі здобувають підвищену схильність до охолодження аустеніту. При розливанні порівняно швидко остигає поверхня злитка, що стикається зі стінками ізложниці, і в результаті в зовнішній його зоні утворюються структури сорбіто-трооститного типу або навіть мартенсит, що володіють високою твердістю. У результаті відпалу твердість знижується і полегшується обдирання злитка на металорізальних верстатах для видалення поверхневих дефектів.

Поряд із цим відпал сприяє зняттю внутрішніх напружень, які виникають у злитку з кількох причин.

Насамперед, поява внутрішніх напружень пов'язане з нерівномірністю об'ємних змін при тепловій усадці. Оскільки зовнішні шари злитка проохолоджуються швидше внутрішніх, вони прагнуть до стиску, чому останні перешкоджають. У такий спосіб у зовнішній зоні виникають напруги, що розтягують, а у внутрішньої – стискаючі. В умовах підвищеної температури такі напруги викликають пластичне розтягання зовнішніх шарів без порушення сплосності. При подальшому зниженні температури зовнішня зона, перейшовши в пружний стан, уподібнюється «твердому кільцю» і затримує стиск внутрішньої. У результаті усередині остиглого злитка виникають напруги, що розтягують.

Інша причина появи внутрішніх напружень – структурні перетворення. У процесі охолодження відбувається перетворення аустеніту в мартенсит або в структуру перлітного типу. Питомий обсяг структур мінімальний в

аустеніту й максимальний у мартенситу. Оскільки охолодження по перетині злитка йде нерівномірно, різні зони проходять через критичні крапки в різний час. Отже, об'ємні зміни, зв'язані зі структурними перетвореннями, також відбуваються не одночасно по всьому злитку, що, у свою чергу, викликає внутрішні напруження. Внутрішні напруження можуть виникнути і з інших причин, пов'язаних з умовами затвердіння металу в ізложниці. Наприклад, при наявності нерівностей на її поверхні можливо «зависання» окремих обсягів злитка, у результаті чого виникає опір тепловій усадці прилягаючих обсягів. Це неминуче приведе до внутрішніх напруг або тріщин.

Небезпека внутрішніх напружень у злитку збільшується тим, що лита сталь має грубу грубозернисту будову, обумовлена впливом дуже високої температури в період затвердіння злитка. Тому охолодження злитків, особливо з легованих сталей, без вживання необхідних заходів обережності супроводжується розвитком таких великих напруг, які нерідко приводять до тріщин. У зв'язку із цим доцільно завантажувати злитки в піч для нагрівання під прокатку в гарячому стані (безпосередньо після затвердіння в ізложницях). Такий варіант нагрівання називають гарячим посадом. Він дає великий економічний ефект завдяки скороченню витрати енергії і загальної тривалості обробки [4].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Підготовка поверхонь.Опис небезпечних факторів

Для видалення дефектів, окалини, оксидів та інших домішок із поверхні сталі на різних стадіях її обробки використовуються різні методи. Серед них: (а) вогнева зачистка з використанням стаціонарних або ручних пальників або пік для випалювання домішок; (б) шліфування поверхні; (в) знежирення з використанням детергентів чи розчинників; і (г) травлення з використанням кислот або перекису водню для розчинення окалини та оксидів.

Кожна з цих операцій пов'язана зі своїми небезпечними факторами. Вогнева зачистка може бути пов'язана для працівників з металевим димом та пилом, шумом та опіками від пік вогневої зачистки. Легуючі компоненти сталі збільшувати ризик диму чи пилу. Шліфування поверхні також призводить до утворення пилу, крім того, пов'язана з механічними небезпеками. Знежирювальні розчинники можуть бути отруйними. Кислоти можуть спричиняти хімічні опіки. Знежирення та травлення сталевих листів та смуг відбувається у великих резервуарах з намотувальних механізмів по краях. Намотувальні механізми мають безліч захоплень, які необхідно оцінити з погляду ризиків.

Контроль небезпечних факторів

Вогнева зачистка та шліфування поверхні повинні виконуватись у камерах з гарною витяжною вентиляцією. Там, де вентиляція не може знизити вплив шкідливих факторів до рівнів, що не перевищують відповідних граничних рівнів впливу, працівники повинні забезпечуватись засобами захисту органів дихання. Де необхідно, працівники, які займаються вогневою зачисткою, повинні забезпечуватись засобами захисту органів слуху.

Працівники, що входять в контакт з травильними кислотами або перекисом водню, повинні забезпечуватися стійким до кислот та інших хімічних речовин спецодягом, захисними окулярами та лицьовими щитками, взуттям та гетрами, а також, де необхідно, засобами захисту органів дихання. Особливу обережність необхідно проявляти при поводженні з фтористоводневою кислотою, оскільки вона, крім опіків, також викликає серйозні отруєння.

Наскільки це можливо, травильні ванни і резервуари для розчинників, що знежирюють, повинні бути закриті кришками і обладнані витяжною вентиляцією, що контролює поширення парів.

Слід вжити заходів для запобігання випадковому потраплянню кислот у перекис водню або розчинники. Кислоти не повинні зберігатися поруч із розчинниками або перекисом водню.

Намотувальні апарати та інше обладнання, що використовується в операціях підготовки поверхні, повинні бути забезпечені відповідною огорожею.

Металеві відходи після підготовки поверхні необхідно відправляти в цикл використання вторинної сировини або утилізувати таким чином, щоб мінімізувати вплив пилу.

Загальний огляд небезпечних чинників

Багато небезпечних чинників, що у виробництві чавуну і сталі, також є і у ливарних виробництвах. Серед них: • розпалювання печей;

- пил та волокна;
- окис вуглецю;
- паровий вибух;
- пил кристалічного кремнезему, що утворюється під час вибивання виливків та набивання футерування;

- робота з розплавленим металом, окалиною та шлаком

Кожна піч має бути забезпечена інструкціями з експлуатації, що містять вказівки щодо її роботи, обслуговування, можливих несправностей та

заходів, які слід вжити у разі їх виникнення. Роботодавець повинен упевнитися, що оператори знають зміст цих інструкцій.

Більшість ливарних виробництв характерні небезпеки, пов'язані з наявністю гарячого металу. Небезпечні фактори можуть бути специфічними для конкретної ливарної технології. Наприклад, використання магнію створює ризик раптового спалаху, який відсутній в інших металоліварних галузях.

Правила техніки безпеки для транспортних ковшів, що перекидаються вручну.

Транспортні ковші, що перекидаються вручну, повинні мати вбудований фіксуєчий пристрій, що запобігає випадковому перекиданню. Великі транспортні ковші (>500 кг) повинні мати самоблокований протиперекидний пристрій.

Розливні ковші з жорсткими дугами повинні мати запобіжний пристрій, що запобігає розгойдування або перекидання дуги. Підвіску ковшів необхідно ізолювати від нагрівання променистою енергією.

Ковші, що транспортуються виловними навантажувачами, повинні оснащуватися арматурою, що забезпечує їх стійкість у захватах навантажувача.

Ковші не повинні підвішуватися на крані або іншому вантажопідйомному пристрої під час наповнення, якщо немає спеціально змонтованих для цієї мети пристроїв, ізолюючих працівників від можливих виплесків.

Ковші не повинні переповнюватись.

Фіксуєчі пристрої на розливних та транспортних ковшах необхідно задіяти перед наповненням, щоб запобігти випадковим виплескуванням; вони повинні відкриватися лише безпосередньо перед перекиданням ковша.

Для фіксуєчих пристроїв і зубчастих барабанів, що самоблокуються, слід використовувати тільки призначені для них мастильні матеріали.

Ковші та інше обладнання, призначене для розплавленого металу, має бути сухим і, в ідеалі, підігріватись перед використанням.

Стопорні механізми на сифонних ковшах необхідно закріплювати перед транспортуванням, щоб унеможливити їх випадкове спрацювання під час руху.

Технічний нагляд за ковшами

Ковші та їх опорні, фіксуючі та перекидні механізми повинні регулярно перевірятися компетентною особою.

Щоразу перед наповненням, розливанням або транспортуванням ковші для шлаку та їх допоміжні пристрої повинні піддаватися зовнішньому огляду.

Результати перевірок, включаючи ремонт тріщин та інших дефектів, слід документувати.

Рекомендований дрібний ремонт та виправлення необхідно планувати та здійснювати вчасно.

Повинна діяти система, що забезпечує внесення виправлень та перевірку завершення таких робіт.

Випуск плавки

Працівники, що випускають плавки з вагранок, повинні дотримуватись суворих заходів індивідуального захисту.

Працівники, які займаються розкриттям льоток, та контролюючі особи повинні переконатися, що жодні люди, які не зайняті безпосередньо у роботі на вагранці, не мають доступу до небезпечної зони.

Відкидні днища

Відкидання днища вагранки – це небезпечна операція, яку мають виконувати лише досвідчені та підготовлені працівники під відповідним наглядом.

Обов'язковою вимогою є вогнетривка підлога чи шар сухого піску, який падали б пічні виломки.

4.2 Засоби захисту на металургійному виробництві

Працівники металургійних та розливних цехів ливарного виробництва повинні забезпечуватись відповідними ЗІЗ, такими як каски, темні шибки для захисту очей та лицьові захисні щитки, а також алюмінієвим спецодягом, зокрема, захисними фартухами, крагами та чоботями.

У особливих зонах використання засобів захисту має бути обов'язковим, а також необхідно проводити відповідний інструктаж щодо їх експлуатації та обслуговування.

У будь-якій зоні ливарного виробництва, де є силікат натрію, завжди повинен бути наготові фонтанчик для промивання очей.

Запобігання пожежам та вибухам

Крайню обережність необхідно виявляти у місцях зберігання великих кількостей амінів.

Витік із стрижневого ящика є головною причиною утворення великих скупчень цих речовин. Інше джерело пов'язаної з ними небезпеки - виділення аміну у вигляді газу з ливарних стрижнів, що виготовляються. При поводженні з цим матеріалом необхідно завжди виявляти велику обережність, а для видалення парів з робочої зони повинна використовуватися правильно організована витяжна вентиляція.

Абразивна обробка

Абразивноструминна обробка повинна проводитися в ізольованому, закритому приміщенні.

Будь-які камери для абразивноструминної обробки повинні регулярно перевірятися з метою переконатися, що установка для аспірації пилу працює нормально і відсутні витоки, через які дріб або вода можуть потрапити до ливарного цеху.

Рекомендується вивішувати на дверях kabіни повідомлення, що попереджає працівників про те, що йде обробка абразивно-струминним апаратом і несанкціонований вхід заборонено.

Кремнезем, пісок та інші токсичні матеріали не повинні використовуватись.

Абразивні круги

Усі небезпечні деталі механізмів повинні мати відповідну огорожу, забезпечену автоматичними системами блокування, що вимикають обладнання під час його видалення.

Небезпечні щілини між колом та основою шліфувального верстата необхідно усунути, а також звернути пильну увагу на будь-які інші застереження, які можна зробити при обслуговуванні абразивних кіл та у регулюванні їх швидкості.

Необхідно суворо дотримуватись правил обслуговування будь-якого електроустаткування, включаючи особливості його заземлення.

Технологічні та відхідні гази

Виготовлення форм. Просочений пісок смолою покривається феноло або сечовиноформальдегідною смолою і нагрівається доти, поки форма не затвердіє. У виготовленні ливарних форм по гарячих ящиках піщано-смоляна суміш видавлюється поверх нагрітого шаблону і утворює форму. У виготовленні ливарних форм холодними ящиками (за допомогою «холодного затвердіння») затвердіння відбувається при кімнатній температурі. Іноді для прискорення затвердіння використовують газоподібні каталізатори (наприклад, вуглекислий газ, діоксид сірки). Вуглекислий газ у концентраціях 3% і вище викликає збільшення глибини дихання. При концентраціях вище 10 % швидко настає втрата свідомості, яка проходить, якщо працівника Безпека та охорона праці в чорній металургії та сталеливарній промисловості 100 негайно видалити з вуглекислотної атмосфери і дати кисень. При розчиненні діоксиду сірки у воді утворюється сірчиста кислота, яка при вдиханні викликає гостре подразнення слизових

оболонки. У серйозних випадках це призводить до сильного набряку легень та смерті. У схильних до цього людей вплив діоксиду сірки може спричинити астму.

Виготовлення шаблонів. Шаблони для ливарних форм виготовляються з дерева, армованих поліефірів, пластмас, пінопласту або воску. Віск часто містить каніфоль, респіраторний алерген, що виділяється під час нагрівальних стадій процесу виготовлення шаблонів.

Виготовлення ливарних стрижнів. Якщо в центрі литої конструкції повинна знаходитися окремо розташована деталь, або в литій деталі має бути отвір, у форму вставляються ливарні стрижні, виготовлені з вогнетривких матеріалів. Вогнетривкі матеріали часто складаються з синтетичних волокон, які мають дратівливу дію на шкіру. Вуглекислий газ та діоксид сірки часто виділяються із сполучних речовин під час виготовлення ливарних стрижнів.

Виготовлення оболонкових ливарних форм. У виробництві ливарних форм використовують просочений смолою пісок. Ці фенольні або формальдегідні смоли становлять небезпеку у разі вдихання, ковтання або контакту зі шкірою. Характеристики конкретного сполучного необхідно отримати від постачальника, який повинен дати рекомендації щодо запобіжних заходів при спільній експлуатації, переміщенні та зберіганні.

Виготовляє ливарні форми по гарячих ящиках. Працівники наражаються на ризик внаслідок впливу ряду небезпечних для здоров'я агентів, включаючи фенолоформальдегідні та сечовиноформальдегідні смоли, сечовинофурфуриловий спирт, формальдегід, аміак, синильну кислоту (ціаністий водень), бензол і толуол.

Виготовлення форм холодними ящиками (виготовлення форм холодним затвердінням). Нагрівання стрижневого ящика можна уникнути завдяки використанню піщано-смоляних каталітичних систем, що отверджаються при кімнатній температурі, або уретанових систем з використанням газоподібних каталізаторів. Потенційно небезпечні побічні продукти цих каталізаторів включають сечовиноформальдегід,

сечовинофурфуриловий спирт, формальдегід, фосфорну та сірчану кислоти, фенолоформальдегід та ізоціанат.

Перша допомога

З травмами, викликаними розплавленим металом, окалиною, шлаком чи впливом лужної пилу, потрібно негайно звертатися по медичну допомогу.

Прокатні стани.. Опис небезпечних факторів

Механізація технологічних процесів зменшила кількість «пасток», але вони все ще існують, особливо на установках холодної та чистової прокатки.

У будь-якому прокатному стані існує ризик влучення між вальцями.

Серйозні травми можна отримати під час роботи з ріжучими та кромкообрізними верстатами та ножицями гільйотинами, якщо їх небезпечні частини не обгороджені належним чином.

Серйозні травми, особливо в гарячій прокатці, можуть бути отримані, якщо робітники намагаються перетнути рольганг у невстановлених місцях.

Використання великої кількості нафти, інгібіторів корозії тощо, які зазвичай застосовуються шляхом розпилення, представляє одну з характерних небезпек для працюючих на листопрокатних станах.

Навіть у автоматизованих цехах можливі нещасні випадки під час робіт із заміни важких вальців у клітях.

Опіки, очні та інші травми в гарячій прокатці можуть бути викликані окалиною, що розлітається, і частинками пилу, а також ударами кінців кабелів. Очі можуть також страждати від надто яскравого світла.

Якщо працівники стосуються гострого краю сталевих листа чи смуги, вони можуть порізатися.

При недокаті у вигляді «гармошки» або перекосах матеріал, що застряг у вальцях і викидається в робочу зону, може завдати працівникам серйозних травм.

При згортанні легованої свинцем сталі або використання відрізних дисків, що містять свинець, виникає небезпека вдихання отруйних частинок. Тому необхідно постійно контролювати концентрацію свинцю на робочому

місці, а робітники, які піддаються ризику вдихання свинцю, повинні регулярно проходити медичний огляд.

Зварювання встик призводить до утворення озону, який при вдиханні може викликати подразнення, подібне до того, що викликає (NO_x). Робочі нагрівального колодязя і нагрівальної печі можуть відчувати вплив шкідливих газів, склад яких залежить від палива (колошниковий газ, коксовий газ, нафта) і зазвичай включає окис вуглецю і двоокис сірки.

Стратегії контролю

Захоплення вальців повинні бути ретельно огорожені відповідно до проведеної оцінки ступеня небезпеки, і повинен здійснюватися суворий нагляд з метою запобігання травмуванню обертовим та рухомих обладнанням.

Небезпечні частини необхідно надійно огородити з метою запобігти серйозним травмам від різальних і крайобрізних верстатів, а також гільйотинних ножиць.

Необхідно звернути увагу на безпеку порізів при роботі на смузі та листопрокатних станах.

Необхідно прокинути достатню кількість містків із відповідними перильними огорожами та зобов'язати працівників користуватися ними.

Крім регулярного очищення підлог з метою запобігти підскальзування, спотикання і падіння, необхідно монтувати обрешітки і видавати працівникам поглинаючі матеріали та чоботи з протиковзними підошвами.

Оптимізація планування дозволяє зменшити частоту заміни вальців. Заміна важких вальців у клітках не повинна проводитися поспіхом і без належних інструментів.

Масило-охолоджувальні рідини для прокатки та інші мастильні та охолоджувальні агенти на водній основі необхідно регулярно змінювати для того, щоб уникнути зараження бактеріями. Там, де для цієї мети використовуються бактерицидні речовини, вони не повинні бути отруйними

для працівників – ні власними силами, ні в поєднанні з іншими інгредієнтами.

Пости управління мають бути спроектовані з урахуванням вимог ергономіки

Установки нанесення покриттів. Опис небезпечних факторів

Установки нанесення покриттів використовують різні типи матеріалів нанесення на поверхню сталі. Вони можуть включати, серед іншого, цинк, цинкові сплави, олово, хром та пластмаси у вигляді рідин, твердих речовин або розплавлених металів, які згодом затверджуються або спікаються нагріванням, або листові матеріали, що закріплюються на поверхні металу за допомогою клею. Деякі пластифікатори мають алергічну дію на шкіру. Металеві дими, наприклад, хрому та цинку, можуть бути отруйними.

Багато установок нанесення покриттів використовують відпалювальні печі, гарячі розчини в цеху зачистки, електроліти та розплави, роботів, що виконують завантаження та вивантаження рулонів, а також пов'язані з цим стропувальні функції.

Зазвичай, біля установки нанесення покриттів розташовано кілька майданчиків для зберігання рулонів. Краї рулонів зазвичай є гострими.

Оцінка ризиків

Експлуатація печей, відкритого вогню, гарячих розчинів та розплавленого металу становить ризик впливу надмірних температур; ця небезпека посилюється в жаркому та вологому кліматі, а особливо при носінні захисного спецодягу та засобів індивідуального захисту.

Цинкові тиглі можуть нагріватись за допомогою електромагнітної індукції. У цих зонах можуть існувати потужні магнітні поля.

Стратегії контролю

Для захисту персоналу, зайнятого виробничою діяльністю та технічним обслуговуванням, від таких небезпек, як хімічні ванни, нагріті поверхні та розплавлений метал повинні використовуватися огороження, поручні, камери та попереджувальні знаки.

Навчання та підготовка працівників мають виняткову важливість як у разі приходу на нову для співробітника роботу, так і коли в обладнання чи технологію вносяться зміни.

Працівники повинні забезпечуватись відповідними ЗІЗ.

Слід бути обережними як при вступі на майданчик для зберігання рулонів, так і просто при знаходженні поряд з яким-небудь рулоном. На майданчик для зберігання рулонів мають входити лише уповноважені на це люди.

Специфікації безпеки матеріалів, що відображають хімічні та фізичні джерела небезпеки, необхідно надавати для всіх небезпечних хімічних речовин, причому мовою, зрозумілою працівникам та відповідним рівнем їх утворення.

Працівники та керівництво повинні вміти розпізнавати симптоми термічного стресу.

Зони, у яких діють сильні електромагнітні поля, мають бути позначені попереджувальними знаками, і з електронними стимуляторами серця чи металевими імплантатами повинні уникати їх.

Будь-які хімічні речовини повинні оцінюватися з точки зору їхньої потенційної токсичності та фізичної небезпеки, і більш небезпечні матеріали необхідно замінювати на менш небезпечні скрізь, де це можливо.

Технології покриття металу, пов'язані з небезпечними забруднювальними речовинами, можуть вимагати встановлення місцевої витяжної вентиляції для видалення забруднювача від місця знаходження працівника. Повітрозабірні пристрої систем припливної вентиляції необхідно розташовувати далеко від випускних труб, щоб потенційно отруйні гази не могли знову потрапити у вентиляційну систему.

Правила техніки експлуатації

Робоче місце має бути спроектоване так, щоб подача сировини та видалення продукції відбувалися без завад для безпечної роботи.

При зберіганні та перевезенні повинен дотримуватися принципу безпечного поділу.

4.3 Термообробка.Опис небезпечних факторів

При термообробці залізна продукція контролювано нагрівається і охолоджується, у результаті змінюються її фізичні чи механічні характеристики без зміни її форми. Термообробка використовується для зняття напруги в металі, що виникли під час холодної прокатки, для підвищення його твердості або міцності, або зміни електромагнітних властивостей. Деякі види термообробки включають загартування, коли нагріта сталь занурюється в холодну ванну з водою або олією, де вона швидко охолоджується. Технологія термообробки, що найчастіше використовується – це відпал, коли сталь повільно нагрівається, витримується при якійсь температурі, а потім охолоджується. Часто це відбувається в закритій печі з використанням інертного газу для запобігання окисленню або іншого газу для надання сталі особливих властивостей.

Небезпечні фактори термообробки включають: опіки і обварювання, механічні джерела небезпеки при поводженні зі сталлю і небезпечні фактори відпалових газів, що включають азот, водень і окис вуглецю. Ізоляційні волокнисті матеріали для печей можуть наразити працівників на небезпеки в результаті контакту з волокнами.

Контроль за небезпечними факторами

Робоча зона та проходження через неї продукції повинні бути продумані так, щоб мінімізувати контакт працівників з гарячою сталлю і можливість обварювання в результаті гартових операцій.

З інертними отжиговими газами слід поводитися так, щоб запобігти їх скупчення в закритих приміщеннях крім печі, щоб уникнути удушення. Відпалювальні печі повинні вважатися небезпечними замкнутими просторами.

Методика поводження з займистими відпаловими газами (наприклад, воднем) повинна мінімізувати можливість накопичення вибухових сумішей.

Окис вуглецю не повинен використовуватися для науглерожування (збільшення вмісту вуглецю в поверхневому шарі металу), якщо є можливість застосувати більш безпечну технологію.

У печі необхідно використовувати найбезпечніший із можливих ізоляційних матеріалів. Говорячи загалом, це означає використання ізоляційних волокнистих матеріалів з низьким вмістом волокон, що вдихаються, які не перетворюються на кремнезем при нагріванні. Ніколи не слід використовувати стиснене повітря для очищення виготовлених із волокнистих ізоляційних матеріалів залишків ущільнень навколо корпусів печей.

ВИСНОВКИ

У аналітично-пошуковій частині роботи розглянуто технологію виробництва слябів на слябінгу 1150.

Можна відзначити такі заходи для вдосконалення слябінгів:

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

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

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

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

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

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

У розділі "Охорона праці та техногенна безпека" розглянуто шкідливі і небезпечні виробничі фактори. Розроблено заходи з поліпшення умов праці, електробезпеки, пожежної і техногенної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ніколаєв В.О., Мазур В.Л. Виробництво плоского прокату. Запоріжжя, ЗДІА.2010. 320 с.
2. Николаев, В.А. Горячая прокатка листов и полос. Запорожье: ЗГИА, 2013. 169 с.
3. Клименко В.М., Онищенко А.М., Минаев А.А. Горелик В.С. Технология прокатного производства: [учебное пособие для вузов]. Киев: Вища школа, Головное издательство. 1989. 311с.
4. Сафьян М.М., Мазур В.Л., Сафьян А.М., Молчанов А.И. Технология процессов прокатки и волочения. *Листопрокатное производство*. Киев: Вища школа, Головное издательство. 1988. 351с.
6. Прищип М.Г. Механічна обробка та зварювання металів. Запоріжжя: ЗДІА, 2003. 124 с.
7. Сацкий В.А., Тилик В.Т., Штехно О.Н. Прогрессивная энергосберегающая технология горячей прокатки полос на станах 1150 и 1680. *Сталь*. 2001. №6. С. 67-69.
8. Кузнецов И.С., Морозов С.И., Сафронов А.А. и др. Совершенствование технологии производства проката в обжимном цехе. *Сталь*. 1999. №5. С. 50-53.
9. Горлов Г.В., Кукуй Д.П. Освоение материало- и энергосберегающих технологий на комплексах слябинг–ШСГП. *Сталь*. 2002. №8. С. 58-62.
10. Кузнецов, И.С. Прахов А.Е., Антонов В.А. Использование слитков с повышенным теплосодержанием для производства слябов. *Сталь*. 2004. №5. С. 55.
11. Захур М.В., Светлицкий А.В. Система контроля технологии прокатки и управления скоростными режимами главного привода обжимного стана. *Сталь*. 2002. №8. С. 64-66.

12. Николаев В.А. Валки прокатных станов .Запорожье: ЗГИА.2002. 176 с.
13. Николаев В.А. Профилирование и износостойкость листовых валков. Киев: Техника, 1992. 160 с.
14. Николаев В.А. Технология прокатки полос и листов. Учебное пособие. В 2 –х частях. Часть I. Запорожье. ЗГИА. 2003. 158 с.
15. Приймак В.А., Яловой А.И., Трубачев Ю.А., Рабинович А.Б.. Вагон-термас для перевозки горячих слитков. Патент № 1766747 МПК В61D 39/00. Днепродзержинский вагоностроительный завод. Опб. 07.10.1992. 4 с.
16. Иванченко Ф. К., Гребенюк В. М., Ширяев В. І. Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. К.: Вища школа. 1995. 454 с.
17. Анисимов Л.А., Тимошпольский В.И., Трусова И.А. Совершенствование режимов нагрева слитков в регенеративных колодцах блюминга 1150. *Сталь*. 1999. №7. С. 38-43.
18. Шлейнинг Л.И., Головина Н.В. Исследование влияния режима подготовки нагревательных колодцев на геометрические размеры слябов. *Сталь*. 2005. №3. С. 53-54.
19. Панасейко С.П. Методические указания к выполнению раздела «Охрана труда» в дипломных проектах.Запорожье:ЗГИА.2002.56с.
20. . Самойлюк, Е. П., Сафонов В. В Борьба с шумом и вибрацией в промышленности. К. Вища школа. 1990.167 с.
21. Инструкция по охране труда № 0-20-2001 для персонала комбината, обслуживающего газовое хозяйство в цехах и на участках. – Запорожье: ”Днепровский металлург”.
22. Технологическая инструкция. ТИ 226-П.03-01-2006. Производство передельных и товарных слябов из слитков углеродистых, низколегированных, и высокоуглеродистых марок сталей. .- Запорожье:”Днепровский металлург”.