

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної магістерської роботи

зі спеціальності 136 – Металургія
за освітньо-професійною програмою – Металургія чорних металів

Тема роботи: «УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ З
ВИГОТОВЛЕННЯ КВАДРАТНОЇ СТАЛЕВОЇ ЗАГОТОВКИ РОЗМІРОМ
100X100 ММ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКОЮ»

Виконав:
магістрант групи МЧМ-23-1м _____ Владислав ЛЕНЧЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер _____ Вікторія ЧУБЕНКО

Завідувач кафедри _____ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг
2024 р.

РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему:

«Удосконалення технологічних рішень з виготовлення квадратної сталеві заготовки розміром 100x100 мм безперервної розливкою»

Обсяг роботи: пояснювальна записка стор, табл., рис, використаних джерел

Мета роботи: дослідити процес безперервної розливки сталі для прийняття технологічних рішень з удосконалення процесу виготовлення заготовки 100x100 мм

Об'єкт дослідження: технологічний процес безперервної розливки сталі.

Предмет дослідження: розробка технічних рішень з удосконалення технології виготовлення квадратної сталі розміром 100x100 мм безперервною розливкою

Методи дослідження: теоретичний аналіз технологічних процесів безперервної розливки сталі, визначення обладнання та швидкісних режимів, розрахункові методи визначення ефективності процесу.

Результати роботи: в роботі проаналізовано існуючі способи безперервної розливки сталі, визначено обладнання, що забезпечує процес, розроблено удосконалену технологію, що дозволяє покращити структуру сталі та підвищити вихід годного матеріалу, розраховано економічну ефективність, виконано санітарно-екологічну оцінку прийнятих рішень.

СТАЛЕВИЙ КВАДРАТ, МАШИНА БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ, СТРУКТУРА МАТЕРІАЛУ

ЗМІСТ

| | |
|---|--|
| ВСТУП | |
| 1 АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ..... | |
| 1.1 Загальна характеристика процесу безперервної розливки сталі.. | |
| 1.2 Класифікація машин безперервного лиття заготовок | |
| 1.3 Устаткування та пристрої, що використовується на машинах безперервної розливки..... | |
| 1.4 Схеми компонування обладнання для безперервної розливки..... | |
| 1.5 Структура безперервно-ливої сталі..... | |
| 1.6 Задачі дослідження..... | |
| 2 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КВАДРАТНОЇ СТАЛІ | |
| 2.1 Баланс металу при розливці..... | |
| 2.2 Особливості планування цехів безперервної розливки..... | |
| 2.3 Технологічний процес безперервної розливки сталі..... | |
| 2.4 Визначення ефективності машин безперервної розливки..... | |
| 2.5 Висновки до розділу..... | |
| 3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.. | |
| 4 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ..... | |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... | |
| Список літературних джерел..... | |
| Додатки..... | |

ВСТУП

Безперервна розливка сталі забезпечує підвищення конкурентоспроможності металургійних підприємств завдяки якій досягається оптимізація і мінімізація витрат енергії, економія ресурсів, що витрачається на отримання сталевих виробів, забезпечується висока якість отриманої продукції, зменшується потреби у складному дороговартісному обтискному обладнанні, зменшується чисельність персоналу, зменшується час на виробництво металовиробів, підвищується продуктивність процесу, існує можливість автоматизації виробництва. Процес безперервного лиття сталі має суттєві переваги в порівнянні з розливкою у виливниці через те, що зменшуються втрати металу та сплаву приблизно на 20 % на обрізі кінців виробів. Завдяки безперервному розливанню та кристалізації сплаву отримується виріб з рівномірною структурою за усією шириною та довжиною [5].

Розвиток технології безперервного розливання сталі і обладнання для її здійснення за останні роки забезпечило суттєвий розвиток металургійного виробництва та збільшення його ефективності. Виробниками продукції на машинах безперервного лиття заготовок пропонуються нові рішення х удосконалення технологічного процесу та підвищення його ефективності, що забезпечують підвищення якості продукції, збільшення продуктивності агрегатів.

З'явилося покоління удосконалених устаткувань для отримання виробів, що характеризуються простотою настроювання, мало енергозатратних та високопродуктивних, що забезпечує високу конкурентоспроможність та ефективність. Останні досягнення в області безперервної розливки сталі на металургійних підприємствах дозволяють створювати всі необхідні передумови для виробництва великого сортаменту профілів з високою одиничною потужністю основних агрегатів. З покращеною структурою

матеріалу, що дозволяє підвищити вихід годного металу та зменшити кількість браку. Такі рішення стимулюють реконструкцію та модернізацію існуючих машин безперервного лиття заготовок. Процеси удосконалення таких машин потребують подальшого розвитку і впровадження у виробничі процеси.

Тому в роботі потрібно запропонувати та дослідити способи удосконалення технології виготовлення сталевих квадратів розміром 100x100, за запропонувати устаткування, що дозволяє здійснити таку технологію.

1. АНАЛІЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ

1.1 Загальна характеристика процесу безперервної розливки сталі

Безперервна розливка сталі – це процес отримання металовиробів з рідкої сталі, що утворюються безперервно по мірі надходження рідкого матеріалу з проміжного ківшу в кристалізатор з одного боку і видалення частково затверділого металовиробу з протилежного боку. Така розливка сталі здійснюється у машинах безперервної розливки сталі (МБРС) (рис.1.1).

Така розливка рідкої сталі представляє технологічний процес виготовлення металопродукції, що характеризує перехід металевих сплавів з рідкого стану в твердий, при якому одночасно надається певна геометрична форма та розміри металовиробу. Якість продукції цілком залежить від умов охолодження та кристалізації сталевих матеріалів. Це забезпечує отримання більш високоякісної продукції у порівнянні з дискретною розливкою сталі у виливниці.



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд машини безперервного лиття заготовок

У кристалізаторі відбувається прискорене охолодження і затвердіння матеріалу через те, що цей елемент устаткування виготовляється з матеріалів, що має високу теплопровідність, наприклад, з міді або латуні та інтенсивне охолоджується водою.

Використання технологічних процесів безперервної розливки сталі в сталеплавильному виробництві сприяє економії капіталовкладень через те, що існує можливість виключити витрати на виливниці, їх обслуговування та ремонт, відпадає потреба у використанні цеху підготовки вагонів для транспортування, стріперного відділення, відпадає необхідність у обтискних та заготівельних прокатних станах, забезпечує суттєву економію в матеріалах при розливанні сталі, забезпечує зменшення обрізи, дозволяє економити електричну енергію, що витрачалась до впровадження нової технології на підігрівання зливків перед прокатуванням на безперервно-заготівельному стані. Разом з цим, така технологія дозволяє зменшити екологічне

забруднення атмосфери, отримати більш якісну продукцію, відкриває можливість автоматизувати та механізувати технологічний процес, покращити умови праці робітників [1].

Машина безперервного розливання сталі та сплавів є сучасним технологічним агрегатом, що дозволяє отримати якісні вироби та захищає метали та сплави від вторинного окислення завдяки використанню високоякісних вогнетривів. Таке устаткування забезпечує оптимальні величини коливання та автоматично підтримує необхідний рівень металу та сплаву в кристалізаторі [2, 3, 4].

Велике насичення металургійних підприємств по усьому світу машинами безперервного лиття заготовок відбулося ще на початку 21-го століття. Це дозволило скоротити обсяги інвестицій і термін їх окупності при будівництві нових та реконструкції підприємств та цехів, які вже існують. Існує суттєве зменшення питомих витрат на виробництво металопродукції.

Багато уваги приділяється створенню ливарно-прокатних агрегатів для виготовлення прокатної продукції потрібної форми.

Процес безперервного розливання сталі полягає у тому, що рідких метал, який знаходиться в розливному ківші, підноситься до машини безперервного лиття заготовок і заливається у поміжний ківш, де регулюється рівень рідкого металу. З цього ківшу в подальшому, металевий сплав надходить у кристалізатор-охолоджувач, де попередньо вводиться затравку, яка запобігає розливанню рідкого металевого сплаву, виступає у якості днища для першої порції рідкого металу під час його кристалізації. Після того, як метал затвердів, затравка витягується з кристалізатора разом із затверділою частиною зливку.

Процес надходження сталі у кристалізатор є безперервним. В кристалізаторі твердіє матеріал тільки зовні, а серцевина при цьому залишається в'язкою. Ця серцевина у твердий стан переходить більш повільно і довше залишається рідкою. Для подальшої кристалізації зливок надходить до зони вторинного охолодження, де і відбувається кристалізація

за усім поперечним перерізом. Таким чином існує можливість отримати виріб нескінченної довжини.

Процес безперервної розливки сталі має свої переваги та недоліки.

До переваг машин безперервної розливки сталі у порівнянні з дискретною розливкою сталі знаходять у наступному [7]:

Відбувається зменшення капітальних вкладень за рахунок скорочення виробничих площ під обладнання та устаткування. Таке зменшення складає 30-35%, а інколи такі витрати можуть доходити до 50%. При дискретній розливці сталі у виливниці, металевий сплав спочатку виплавляють у печі, потім виливають у виливниці, далі охолоджують їх та спрямовують до нагрівних колодязів, де відбувається нагрівання перед обробкою металів тиском. Виконують прокатування на блюмінгах або слябінгах. У подальшому ці вироби спрямовують до безперервно-заготівельного стану, де отримують заготовки потрібної форми та розмірів.

При використанні машин безперервної розливки сталі ми відразу отримуємо заготовки, потрібних форм та розмірів. Це дає можливість уникнути використання великої кількості виливниць, стріперних кранів, сталерозливних ківшів, що встановлюють на візки, процедури вилучення зливків з виливниць, устаткування, яке здійснює підготовку потягів з виливницями та пристосуванні піддонів. Для отримання сортової заготовки відпадає необхідність у обтискних блюмінгах, у безперервно-заготовочному прокатному стані, відпадає необхідність виконання обтискних операцій на такому обладнанні, у виробниках, які обслуговують обтискні прокатні стани.

Використання машин безперервного лиття сталей дає перевагу в економії сировини та матеріальних і енергетичних ресурсів через те, що відпадає необхідність у нагріванні металу перед обробкою тиском у нагрівних колодязях, зникає необхідність у великих енергоємних обтискних цехах. Це дозволяє скоротити витрати електроенергії на 75-80% порівняно зі звичайною технологією отримання заготовок на прокатних станах.

Розливання сталі на машинах безперервної розливки дозволяє підвищити вихід годного металу через те, що зменшуються втрати металу на його обріз, устаткування машини забезпечує отримання виробів потрібної мірної довжини, існують можливість підвищення якості внутрішньої будови металу та сплаву, рівномірна кристалізація забезпечує отримання рівномірної будови, зменшуються відходи металу та сплаву на брак, що забезпечує підвищення вихід готового матеріалу на 10-20%;

Безперервна розливка сталі забезпечує підвищення продуктивності цеху. Ріст продуктивності відбувається за рахунок підвищення виходу годного металу і обсягу його виробництва, скорочуються витрати часу на обтискне виробництво, зменшується кількість операцій на виготовлення зливка та заготовки;

Виконується оптимальне поєднання з роботою прокатних станів, що забезпечує виготовлення якісної продукції з мінімальними витратами. Наприклад, на сучасних листопрокатних станах продуктивність прокатування обмежується габаритами крупних зливків для отримання великогабаритних слябів. Збільшення продуктивності такого прокатного стану можливе при збільшенні його ширини, висоти, товщини. А це, у свою чергу, викликає необхідність у збільшенні висоти розливних площадок, збільшення підкранових шляхів та глибини колодязів, при збільшенні маси виробу потрібно збільшувати вантажопідйомність крану. Застосування машин безперервного розлиття сталі таку проблему дозволяє вирішити.

Відбувається підвищення якості готової продукції за рахунок створення однорідної внутрішньої структури під час кристалізації. При виготовленні окремих зливків у виливницях зростає ліквідація у внутрішньому шарі виробу і його хімічна неоднорідність під час кристалізації рідкого матеріалу. Під час кристалізації зовнішні шари зливка кристалізуються у першу чергу, потім внутрішні, міжосьовий цент зливка кристалізується у останню чергу. В цьому центрі зосереджуються тугоплавкі компоненти матеріалу, що призводять до виникнення неоднорідності як у поперечному

так і поздовжньому напрямках. Машини безперервного лиття забезпечують мінімальну ліквідацію, а металеві включення подрібнюються, що забезпечує отримання більш однорідної структури матеріалу. Це сприяє отриманню однорідних механічних властивостей за усім поперечним перерізом безперервно-литого зливка. Цей факт дає підстави при виконанні розрахунків на міцність, стійкість та витривалість зменшувати коефіцієнт запасу, можна використовувати менше матеріалу, що дає додаткову економію металу.

При отриманні виробів на машині безперервної розливки сталі отримується більш якісна форма через те, що утворюються рівні та прямолінійні поверхні виробу в порівнянні зі зливками, що отримані дискретно у виливницях через те, що виливниці мають нахилену форму. Такі вироби полегшують процеси охолодження, транспортування, складування, нагрівання та подальшу його обробку.

Технологічний процес безперервної розливки сталі дозволяє скоротити кількість обслуговуючого персоналу приблизно на 20-30%. Таке скорочення можливе через те, що відпадає необхідність у робітниках, які обслуговують заготівельні та обтискні прокатні стани, які працюють на нагрівних колодязях, обслуговують стриперні відділення тощо.

Можливий високий рівень автоматизації виробничого процесу, встановлення автоматичних ліній, автоматичне контролювання якості виробу та технологічних параметрів.

Отримання більш точних за довжиною виробів дозволяє скоротити обріз, це дає можливість не використовувати відповідне обладнання на обрізанні та прибирання обрізі.

Використання машин безперервної розливки сталі дозволяє покращити екологічну обстановку, зменшити запиленість повітря у цеху, яка виникає при утворенні обрізі, при знятті окалини. Зменшуються шкідливі викиди, в багатьох цехах вмісту СО взагалі не зафіксовано.

Вода, що призначена для охолодження кристалізатору не забруднюється через те, що вона циркулює по замкнутому колу по

замкнутим оборотним системам водозабезпечення, в яких відбувається інтенсивне очищення води в декілька ступенів. З метою ретельного очищення води використовують флотаційні прилади та водовідстійники.

При роботі на машині безперервного розливання сталі покращуються умови праці через те, що виключаються шкідливі види робіт. Зникає необхідність у прибиранні скрапу та вогнетривів, непотрібно укладати сифонні проводки, відсутні операції з встановлення виливниць. Все це покращує умови роботи працівників.

Поряд з перевагами існують і недоліки використання машин безперервного розливу сталі та сплаву. До таких недоліків можна віднести те, що існують ускладнення при розливанні напівспокійних і киплячих сталей, деяких марок легованих та неіржавіючих матеріалів.

При прокатуванні виробів зі слябів процес обмежено мінімальною сутінню обтиснення, яка залежить від марки матеріалу а товщини виробу. Для багатьох марок сталей з метою отримання оптимальної внутрішньої структури потрібно виконати обтиснення, що дорівнює чотирьом або чотирикратне. Отримуються виріб обмеженої маси та поперечними розмірами. Швидкість розливання менша за швидкість прокатування через низьку швидкістю кристалізації матеріалу.

1.2 Класифікація машин безперервного лиття заготовок

Машини безперервної розливки сталі класифікуються за декількома ознаками. За конструктивним виконанням існує на декілька видів: вертикальної конструкція (рис. 1.1, *а*), з вигином виробу (рис. 1.1, *б*), радіальної конструкції (рис. 1.1, *в*), горизонтальна машина (рис. 1.2), роторна (рис. 1.3).

Кількістю струмків у машині безперервної розливки може бути від одного до восьми [6].

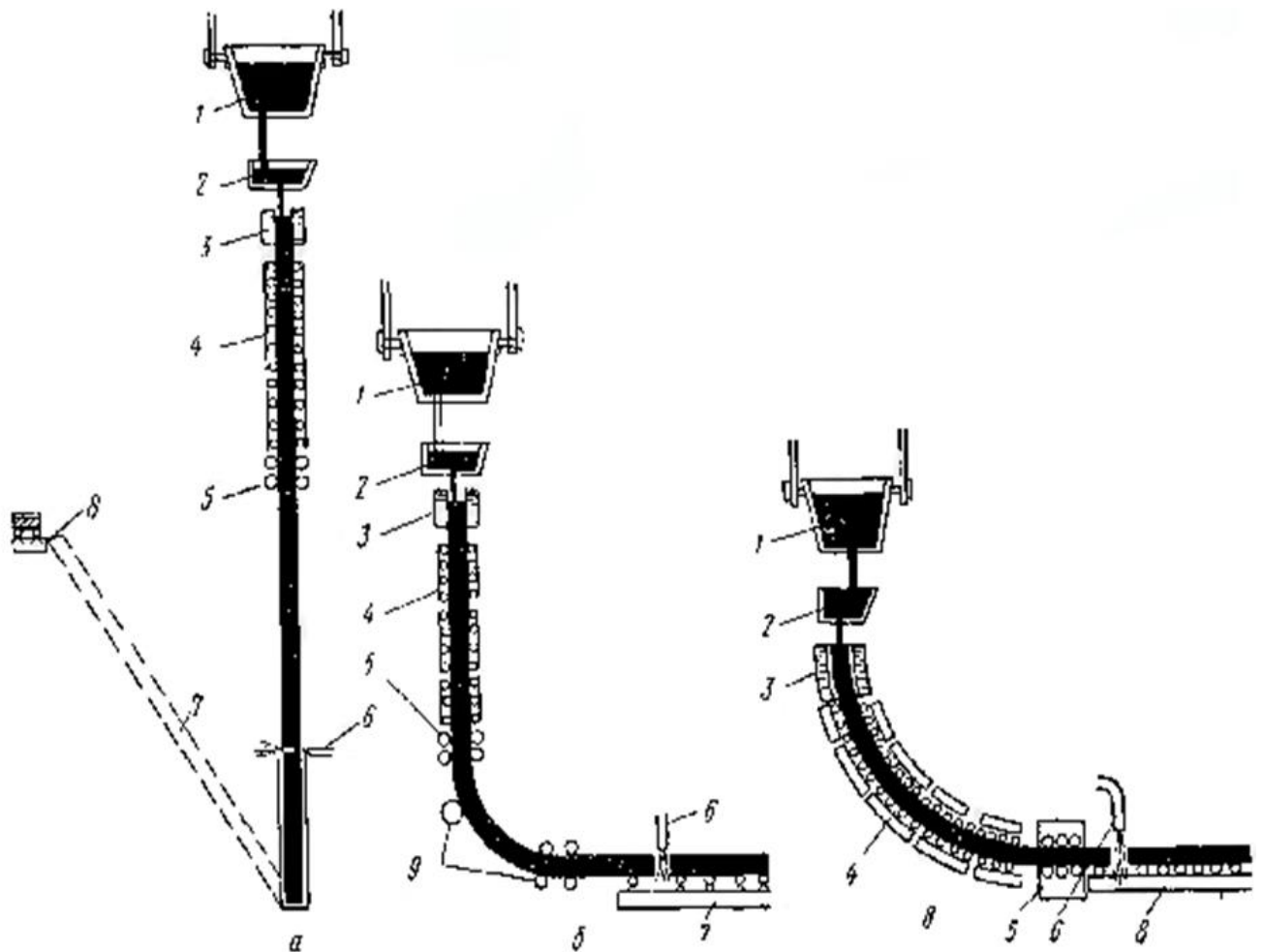


Рисунок 1.1 – Схема МБРС:

a – вертикальна машина; *б* – з вигином виробу; *в* – радіальна конструкція; 1 – сталерозливний ківш; 2 – проміжний ківш з регулюванням рівня металу; 3 – кристалізатор-охолоджувач; 4 – зона вторинного охолодження; 5 – тягучі ролики; 6 – різак для автоматичного розрізання матеріалу; 7 – підйомник; 8 – рольганг; 9 – вигинаючий механізм

Першими були введені у експлуатацію машини безпервного лиття вертикального типу (рис. 1.1, *a*). Принцип дії вертикальної машини в наступному: рідкий металевий сплав з розливного ківшу, який може мати ємність від 10т до 200 т, надходить до проміжного ківшу безперечно, де регулюється рівень рідкого металу, чи сплаву. Проміжний ківш

використовується для попередження потрапляння рідкого шлаку у кристалізатор та забезпечує доволі рівномірне, плавне та точне регулювання швидкості розливки рідкої сталі. Регулюється швидкість розливання рідкої сталі при допомозі стопорних механізмів, якими обладнано проміжний ківш. Кількість таких механізмів залежить від кількості кристалізаторів, що одночасно застосовують в машині безперервного лиття. Метал, з розливного ківшу поступає до кристалізатора, який інтенсивне охолоджується водою.

Такі машини мають переваги через те, що усі процеси кристалізації матеріалів відбуваються у вертикальній площині. Такий спосіб кристалізації дозволяє отримати доволі високоякісний виріб з однорідною внутрішньою структурою матеріалу та спрощує конструкцію та будову машини безперервної розливки. Але поряд з перевагами існують і недоліки таких машин у конструктивному виконанні. Недолік у обмеженні швидкості розливки рідкого матеріалу через обмеження технологічної довжини установки, що потребує високу будівлю та додаткові капіталовкладення.

З метою уникнення цього недоліку будують машини з вигином затверділого матеріалу (рис. 1.1, б). Після того, як виріб вигинається його розрізають у горизонтальній площині. Використання такого конструктивного прийому дозволяє збільшити швидкість розливання рідкої сталі і забезпечує спрощення її подачі до холодильника.

Охолодження матеріалу у зоні вторинного охолодження повинно відбуватися доволі повільно щоб запобігти утворенню тріщин та інших дефектів. В той же час в зоні вторинної кристалізації повинна здійснитися повна кристалізація виробу за усім поперечним перерізом. Через це потрібно особливу увагу приділяти конструкції охолоджуючих устаткувань. Рекомендується використовувати ролико-форсуночну систему охолодження. В ній передбачені форсунки, де здійснюється автоматичне розпилення води і забезпечується регулювання її подачі у зону вторинного охолодження. Ролики попереджають грані зливка від розпирання, що особливо важливо

при неперервній розливці зливків, що мають поперечний переріз великого розміру.

Зона вторинного охолодження машини безперервної розливки сталі має поділяють на декілька секцій, де існують різні обсяги витрати води. Загальні витрати води на вторинне охолодження залежать від розмірів матеріалу. Наприклад, для виробів, що мають поперечний переріз 150×640 мм витрати води складають 45-65 м³/год, а переріз 170×1050 мм – 65-80 м³/год.

Рух металевого сплаву при безперервній розливці сталі на машині безперервного лиття відбувається за допомогою тягнучих роликів, що розташовані в одній або двох клітках тягнучих. Обтиснення при цьому у тягнучих роликах не відбувається.

Відбувається подальше поступове опускання нижнього кінцю затверділого кінцю матеріалу і від нього періодично відрізається виріб мірної довжини за допомогою киснево-газових різаків. Металовироби спрямовують на рівень підлоги цеху або до похилого транспортеру чи вертикальний ліфт.

При опусканні нижнього повністю затверділого кінця зливка від нього періодично відрізаються заготовки мірної довжини за допомогою використання киснево-газових різаків. Заготовки спрямовують на рівень підлоги цеху або направляють по похилому транспортеру, або рухають у вертикальний ліфт.

Використання машин безперервного розливання сталі вертикального типу забезпечує оптимальні умови кристалізації металовиробів та витягування зливку.

Машини безперервного лиття заготовок радіального типу мають більшу швидкість розливки сталі ніж попередні [6]. В машинах безперервної розливки сталі радіальної конструкції кристалізатор має форму дуги певного радіусу закруглення (рис. 1.1, в). При виході з кристалізатора зливок або заготовка потрапляють в жорсткі клітці вторинного охолодження, що складаються з роликів секцій, які охолоджуються за допомогою системи водних форсунок.

На висоту установлення машини радіального типу суттєво впливає радіус закруглення кристалізатору. Цей радіус повинен на виході металовиробу забезпечити горизонтальне положення. Такий радіус повинен бути не менший за $(30...35) \times b$, де b – товщина зливка, мм.

Після того, як заготовка, що затверділа, проходить зону вторинного охолодження, вона потрапляє у правильно-тягнучі кліті. У таких клітях одночасно відбувається витягування виробу та його випрямлення. Після повного затвердіння, отримана заготовка подається до холодильника.

Така конструкція радіальної машини безперервної розливки сталі забезпечує компактне вписування обладнання в габарити розливних цехів та ділянок. У порівнянні з машинами безперервної розливки сталі вертикального типу, радіальна конструкція дозволяє збільшити швидкість розливання рідкого матеріалу, що забезпечує збільшення продуктивності процесу. До недоліків таких машин можна віднести те, що отримана затверділа заготовка при вирівнюванні на виході з тягнуче-правильних роликів суттєво деформується, де ускладнює розливання матеріалів, які мають схильність до тріщиноутворення в гарячому стані. Це призведе до погіршення якості заготовки. також на якість отриманого виробу мають вплив неметалеві включення, які знаходяться на стінках кристалізатора через, те, що вони піднімаються до стінок малого радіусу, що також може викликати виникнення додаткових тріщин та пор. Такі машини переважно використовують для отримання заготовок, які в подальшому прокатують на сортових прокатних станах.

Висоту машини також дозволяють зменшити устаткування безперервної розливки сталі криволінійного типу. На таких машинах при закінченні вторинного охолодження зливок вирівнюється поступово, що дозволяє зменшити деформацію в цій зоні у виникнення тріщин та пор. до недоліків таких машин потрібно віднести те, що у порівнянні з іншими устаткуваннями, вони мають складну встановлення роликів, що знаходяться

у кінцевій зоні вторинного охолодження. Такі устаткування широке розповсюдження отримали при виготовленні безперервно-литих слябів.

Доволі широке застосування мають машини безперервної розливки сталі горизонтального типу (рис. 1.2). вони є доволі компактними у розташуванні та зручними у обслуговуванні. Такі машини дозволяють повністю уникнути деформацію матеріалу при розливанні та кристалізації його. Такі машини дозволяють отримувати вироби з крихких та схильних до тріщиноутворення матеріалів. Але недоліки цього обладнання у тому, що зменшується якість внутрішнього шару продукції через те, що існуючі газові бульбашки та неметалеві включення впливають до верхньої грані і там концентруються.

Такі машини для встановлення у цеху потребують його велику довжину, займають немало площу та невелику висоту.

Устаткування безперервної розливки сталі роторного типу (рис. 3.3) має кристалізатор, який побудовано у вигляді колеса і зовні обтягнутий сталеву стрічкою [4]. Це обладнання використовується для отримання алюмінієвого дроту. Такі машини з успіхом використовують, для отримання виробів з м'яких матеріалів: алюмінію, цинку, олова.

Машина безперервної розливки сталі може мати декілька струмків, у яких металевий сплав розливається і затвердіває одночасно. Такі машини дозволяють підвищити продуктивність цеху. В цілому, кількість таких струмків може дорівнювати від одного до восьми.

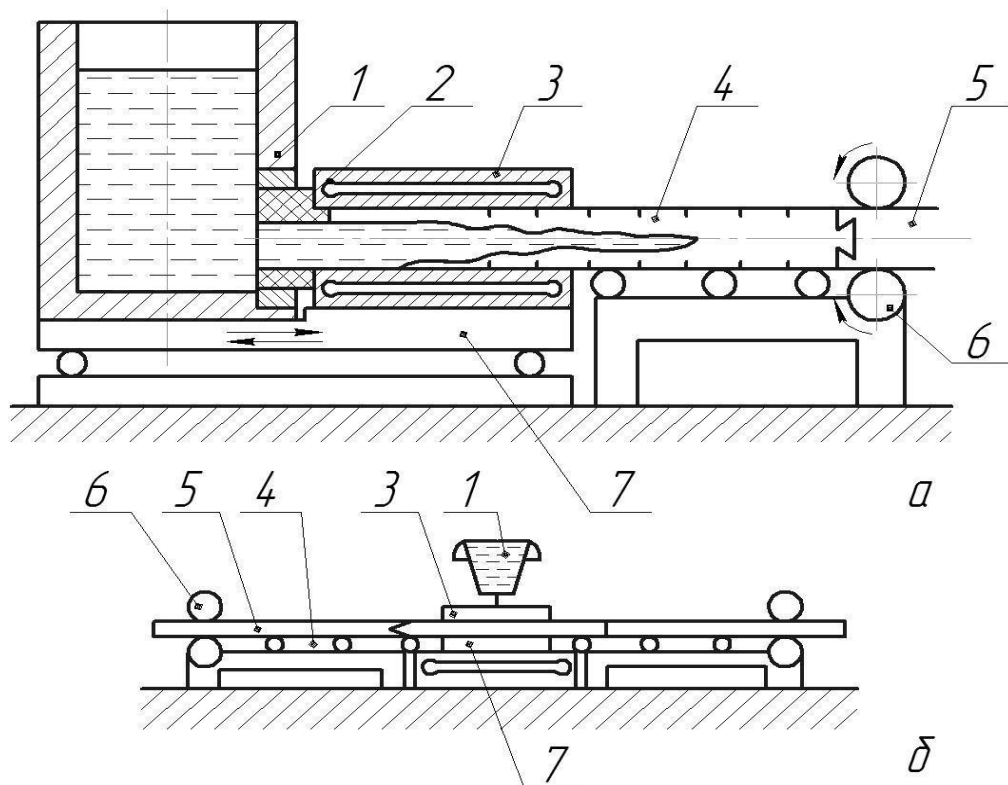


Рисунок 1.2 – Схеми МБЛЗ горизонтального типу:

a – з однобічним; *б* – двобічним витягуванням злитка: 1 – приймач металу; 2 – стакан-живильник; 3 – кристалізатор-охолоджувач; 4 – отриманий виріб; 5 – затравка; 6 – тягнуча кліть; 7 – візок

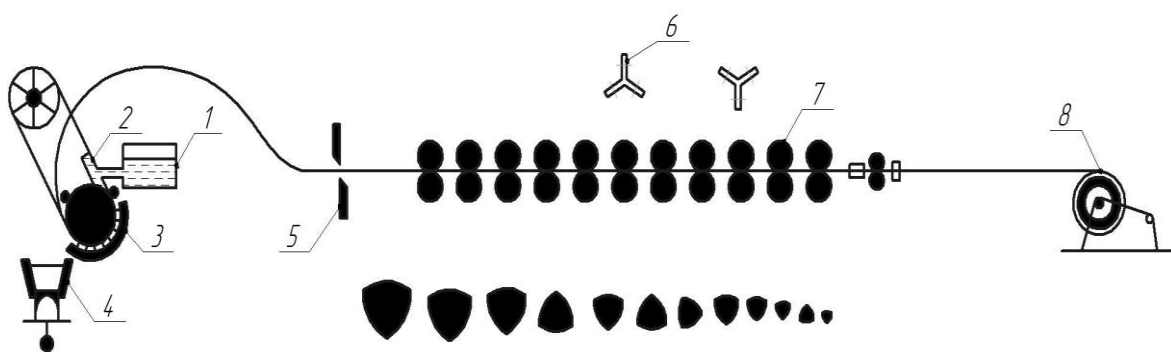


Рисунок 1.3 – Схема обладнання із кристалізатором роторного типу для алюмінієвого дроту: 1 – проміжний ківш; 2 – дозатор рідкого металу; 3 – кристалізатор-охолоджувач; 4 – поперечний переріз кристалізатора; 5 – летучі ножиці (аварійні); 6 – схема розташування валків; 7 – тривалковий безперервний стан; 8 – моталка [6]

1.3 Устаткування та пристрої, що використовується на машинах безперервної розливки

Машина безперервної розливки сталі складається з наступних елементів та устаткувань (рис. 1.4): сталерозливний 1 і проміжний 2 ківші, кристалізатор-охолоджувач 3, тягнучих роликів 7; системи вторинного охолодження, пристрої для витягування заготовки з кристалізатора, обладнання для нарізання і переміщення зливка.

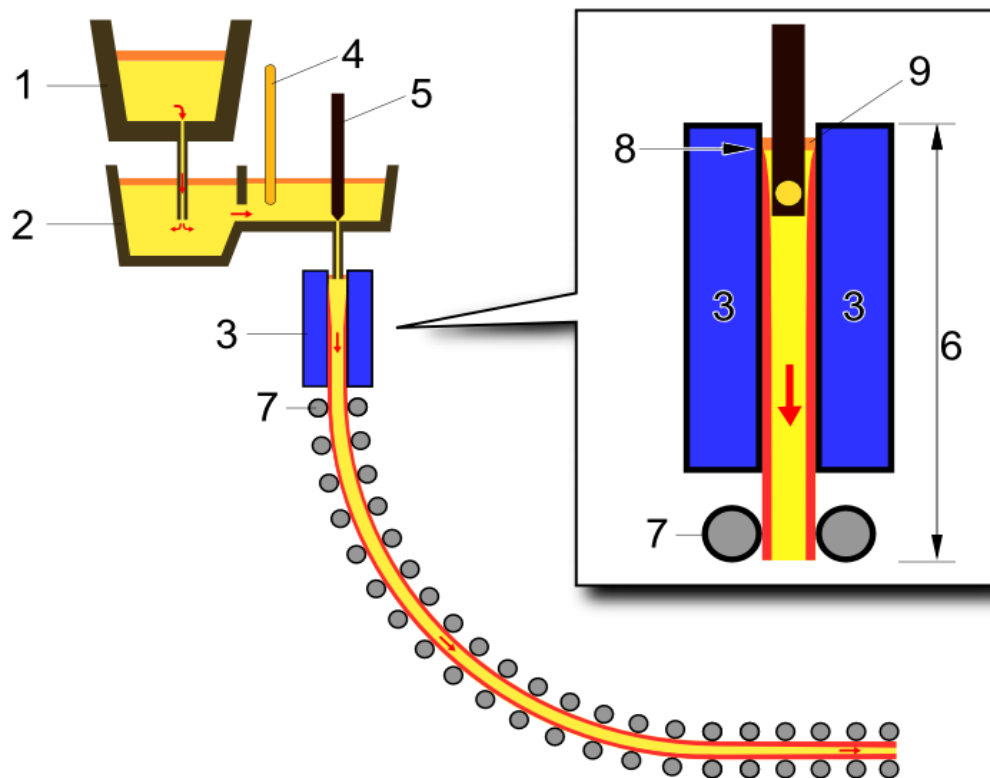


Рисунок 1.4 – Схема машини безперервного лиття:

- 1 – ківш подачі рідкого металу (розливний ківш); 2 – проміжний ківш;
- 3 – кристалізатор-охолоджувач;
- 4 – заслонка; 5 – стопор; 6 – зона кристалізації; 7 – тягнучі ролики;
- 8 – зона початку кристалізації; 9 – подача холодної води

Розташування та взаємодія кожного окремого устаткування та елемента машини безперервної розливки сталі показано на рис. 1.5, де видно конструктивне виконання кожного з них.

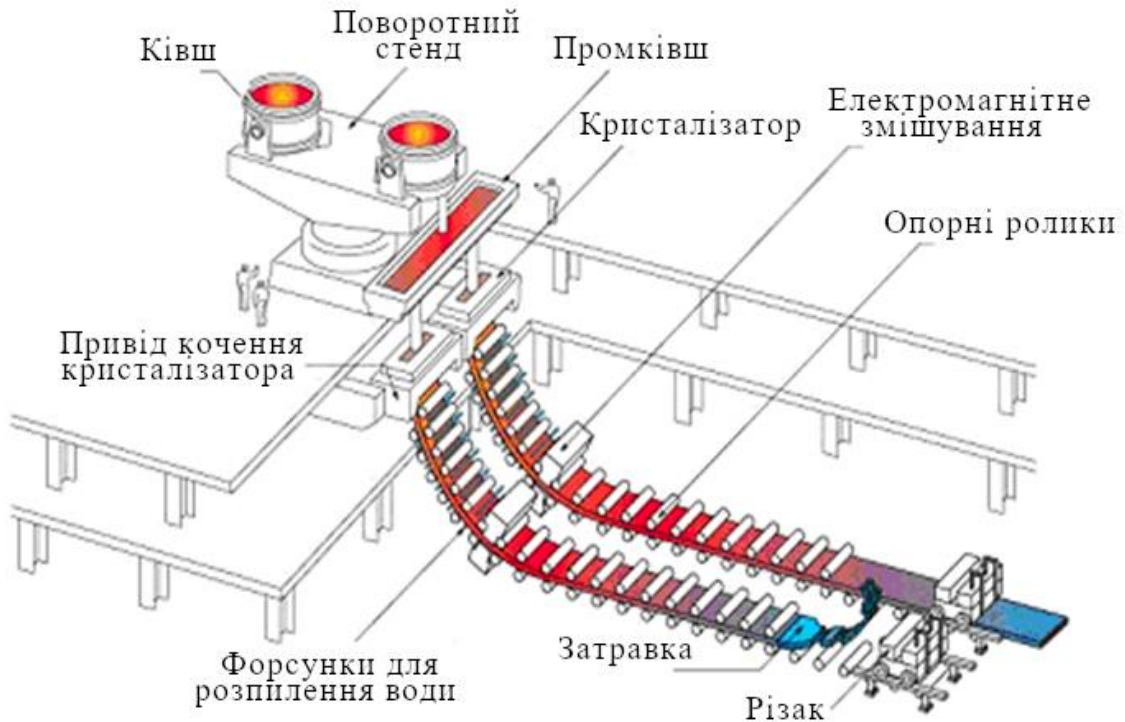


Рисунок 1.5 – Основні функціональні елементи машини безперервної розливки сталі

Поворотний стелнд – це устаткування, де розташовують сталерозливні ківші, забезпечує передачу цих ківшів з резервного положення в положення розливки і навпаки. Це дає можливість забезпечити безперервний процес розливки сталі, підймання та і опускання ківшів при розливці, а також безперервне зважування ківшів перед їх розливкою.

Проміжний ківш – уявляє собою обладнання, що забезпечує точне надходження рідкого металу в кристалізатор завдяки правильно направленому струмені. Таке обладнання забезпечує виливання рідкої сталі в декілька кристалізаторів одночасно і може здійснювати безперервну розливку методом «плавка на плавку» при зміні сталерозливних ківшів без зупинки розливу і дозволяє не зменшувати швидкість розливання.

Проміжний ківш виступає буферною ємністю, через те, що він допомагає узгоджувати потрапляння рідкого металу із сталерозливного ківшу в кристалізатор-охолоджувач.

Кристалізатор – пристрій, що призначений для приймання рідкого металу та сплаву, забезпечує формування зливка або заготовки заданої форми та розмірів поперечного перерізу і первинного його охолодження. Кристалізатор, як правило, виконується з міді і охолоджується в процесі роботи водою.

Зона вторинного охолодження – це ділянка, яка дозволяє створити найбільш якісні умови для повної кристалізації рідкого металу та сплаву, що виходить з кристалізатора-охолоджувача. Ця ділянка машини забезпечує рівномірне охолодження сталевих матеріалів і його кристалізацію за усією довжиною постачання води форсунками, підтримання її геометричної форми роликками, що дозволяє отримати потрібну форму поперечного перерізу і якість та внутрішню структуру металу та сплаву.

Тягнуче-правильна машина – це устаткування, яке призначено для витягування литого матеріалу з кристалізатора, випрямлення його, що найбільше потребує в радіальних і криволінійних конструкціях машин безперервного лиття сталі та сплаву і подальшої подачі до машини або механізму розрізання отриманої заготовки на мірні довжини; також така машина забезпечує подачу затравки в кристалізатор-охолоджувач, утримання її в цьому кристалізаторі під час початку кристалізації першої порції металу, витягування з затверділою частиною отриманого матеріалу з кристалізатора, також забезпечує відділення затравки від затверділої заготовки.

Машина або механізм для розрізання заготовок – устаткування, яке забезпечує розділення безперервно литого металу та сплаву на мірні довжини у відповідності з потрібними розмірами та технічними вимогами.

Кристалізатор, як вже було зазначено, застосовується для забезпечення початкової стадії кристалізації і формування матеріалу потрібної форми та розмірів.

В промисловості дуже часто використовують збірні кристалізатори. Вони складаються з попарно скріплених гвинтами сталевих (рис. 1.6) і мідних пластин. Такі кристалізатори мають зазор 4 між скріпленими пластинами, де протікає охолоджувальна вода. Товщина окремих пластин кристалізатора-охолоджувача може дорівнювати 12-20 мм, але можна застосовувати і тонші пластини, що мають товщину 5-6 мм.

Також на машинах безперервного розливу сталі застосовують кристалізатори, що мають цілісно відлитий або кований мідний блок. Такі блоки мають стінки товщиною 150-175 мм, вони забезпечують водне охолодження за рахунок того, що у стінках просвердлені отвори.

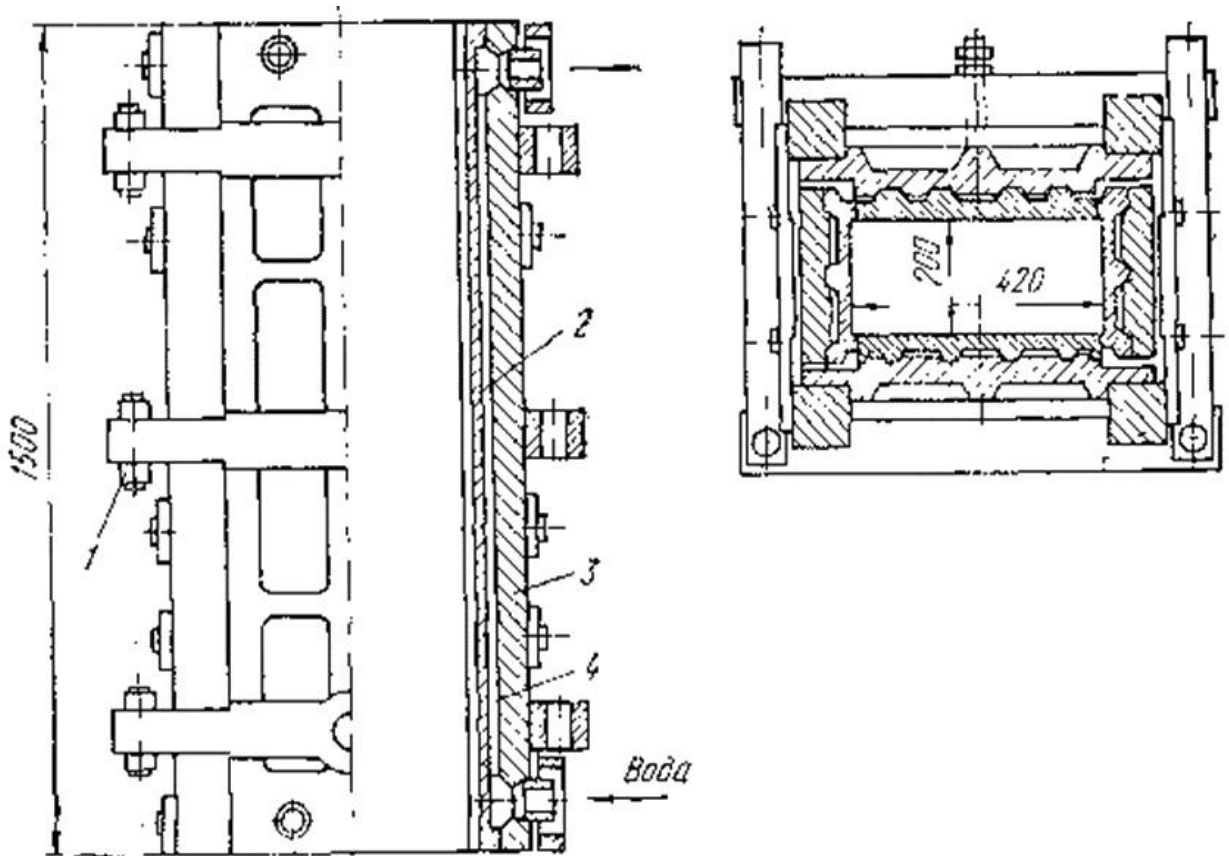


Рисунок 1.6 – Кристалізатор машини безперервної розливки сталі: 1 – елементи для з'єднання, 2 – мідна пластина; 3 – сталевий корпус кристалізатора; 4 – зазор для подачі рідини

Такі корпуси може мати будь-яка конструкція кристалізатора машини безперервного розлиття сталі, з будь-якою кількістю рівчаків.

Вода, що охолоджує мідні стінки кристалізатора, рухається по каналах і має швидкістю руху 6-10 м/с. Загальні витрати води, що надходить до стінок кристалізатора залежать від розміру поперечного перерізу заготовки або зливка і дорівнює відповідно для матеріалів з поперечним розміром 150×640, 150×800 і 170×1030 мм відповідно 180, 240 і 280 м³/год.

Стінки кристалізатора можуть мати різну форму, як пряму, так і хвилясту. За висотою кристалізатора стінки звичайно розміщують паралельно одна до одної. При виготовленні плоских зливків або заготовок великого поперечного перерізу стінкам задається зворотна конусність до 1%. Це відбувається через те, що в результаті усадки металу при охолодженні заготовка відходить від стінок і виведення тепла в цих зонах зменшується.

Висота кристалізатора машини безперервної розливки сталі робиться такою, щоб вона забезпечувала утворення досить масивної корки в зливку або заготовці при виході з кристалізатора, виключаючи можливість її розривання. Висота кристалізатора залежить від розміру поперечного перерізу зливка чи заготовки. наприклад, для квадратних виробів, що мають поперечний переріз 200×200 мм застосовують кристалізатори, що мають довжину 500-800 мм. Для кристалізаторів, які призначені для отримання квадратних і круглих заготовок більшого перерізу, довжина може складати 1000-1100 мм. Для кристалізаторів, що призначені для отримання слябових звиробів прямокутного перерізу, які мають товщину до 200 мм і шириною до 1200 мм застосовують кристалізатори довжиною від 500-800 мм до 1500 мм.

З метою уникнення так званого «підвисання» зливка чи заготовки в кристалізаторі, він має зворотно-поступальний рух, тобто коливання, крок якого дорівнює 10-50 мм. Потрібно зробити узгодження режимів роботи механізмів коливання кристалізатора МБРС і тягнучої кліті. Це забезпечується застосуванням відповідної електричної схеми або важелів і

ексцентриків, або використовують гідравлічну систему коливання кристалізатора.

З метою зменшення тертя між стінками кристалізатора машини безперервного розливання рідкої сталі і поверхнею заготовки під час розливки металу та сплаву кристалізатор змащується. Що відбувається як правило, частіше автоматично і рідше вручну.

Рідке мастило до кристалізатора подається або через канали, які просвердлені в його стінці, які розташовано декілька вище меніску металу, або подача мастила відбувається у верхню частину кристалізатора-охолоджувача, потім це мастило витікає рівномірним шаром на стінку кристалізатора. В якості мастила можна використовують репійникове і рапсове мастило та парафін. При роботі машини витрачають мастило в кількості 50-150 г на 1 т металу чи сплаву, що кристалізується.

Термін дії кристалізатора-охолоджувача обмежується величиною зношення, допустимою деформацією і ступенем руйнування мідних стінок та розкриття з'єднань між стінками і мідних пластин в місцях стиків. Після зношення мідних стінок, їх можна відновити переточуванням або наплавленням.

В дослідженнях рекомендується використовувати більш доскональну форму кристалізатора.

Використання високошвидкісного кристалізатору має свої переваги (рис. 1.7) [16]. Такий кристалізатор має воронкоподібну форму: угорі - витягнутий переріз у формі овального профілю, донизу він має прямокутну форму перерізу, перехід від однієї форми до іншої потрібно уважно підібрати. Такий тип кристалізатору забезпечує оптимальне підведення металу й достатню поверхню контакту кристалізатора з матеріалом, який знаходиться в кристалізаторі. Такі дії оптимізують умови відведення тепла й доставки шлакоутворювальної суміші.

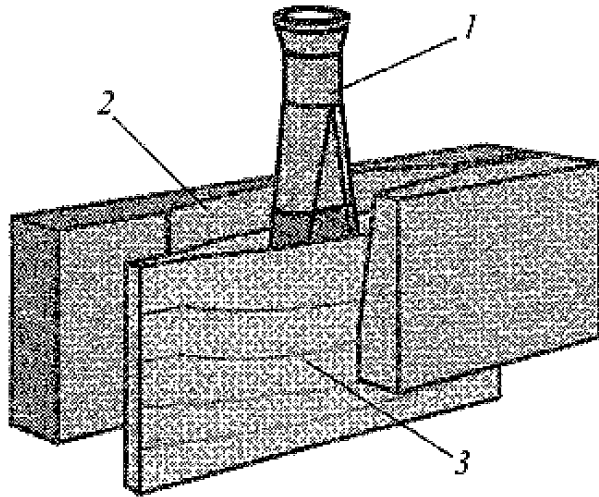


Рисунок 1.7 - Схема кристалізатора і заглибної склянки МБЛЗ фірми SMS [16]: 1 - заглибна склянка; 2 - кристалізатор; 3 - форма для знаходження металевого сплаву, що кристалізується

1.4 Схеми компонування обладнання для безперервної розливки

Існує декілька варіантів побудови та розташування машини безперервної розливки сталі.

У середині минулого століття було створено дослідний зразок ливарно-прокатного модуля у ВНДІМЕТМАШ та введено в дію в 1963 році. Цей ливарно-прокатний модуль використовувався для отримання сталевих катанки. До його складу входить радіальна машина безперервної розливки сталі з кристалізатором охолоджувачем, який має поперечний переріз 38x45 мм. до складу цього обладнання також входить універсальний стан планетарного типу та чистова група клітей, яка забезпечує отримання катанки, що має діаметр 6 мм [4].

Схему такого агрегат показано на рис. 1.7 [4].

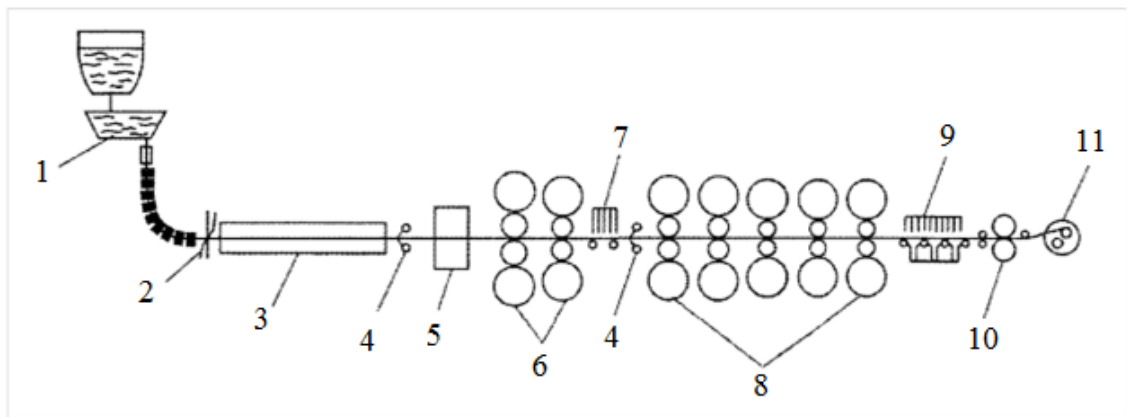


Рисунок 1.7 Схема агрегата DSP: 1 – машина для розливання сталі; 2 – маятникові ножиці; 3 – нагрівальна туннельна піч; 4 – механізми видалення окалини; 5 – кліть с вертикальними валками для розрихлення окалини; 6 – чорнові прокатні кліти; 7 – устаткування для охолодження безперервно-литих зливків; 8 – безперервна чистова група клітей; 9 – холодильник; 10 – летучі ножиці; 11 – моталка

Цей агрегат є доволі економічно вигідним. Він використовується для виготовлення багатьох видів продукції: для отримання дрібно- сортного прокату простих профілів таких, як круг, квадрат, шестикутник, арматурна сталь тощо. Прототип такого агрегату працює на заводі АТ "Електросталь», який випускає катанку з високолегованих сплавів (рисунок 1.8).

До складу такого агрегату входять: однорівчачова радіальна машина безперервного лиття сталі, устаткування для вирівнювання температури, сортовий універсальний планетарний стан, безперервна група прокатних клітей, ділянки термісної обробки матеріалів, моталки для змотування в бунти або ножиці для розрізання на мірні довжини.

Ливарно-прокатні агрегати мають певні переваги у порівнянні з сортовими прокатними станами до яких відносять наступні: висока продуктивність, яка може досягати до 500 тис. т/рік; забезпечують низькі питомі капітальні вкладення у обладнання цеху; дозволяють зменшити собівартості готових виробів на 20%; агрегат виконує обробку будь-яких марок сталей, отримуються вироби підвищеної якості, що мають добрі

механічні та фізичні властивості, скорочується виробничий цикл у 10-20 разів, що дуже важливо при виготовленні продукції з високолегованих сталей та сплавів.

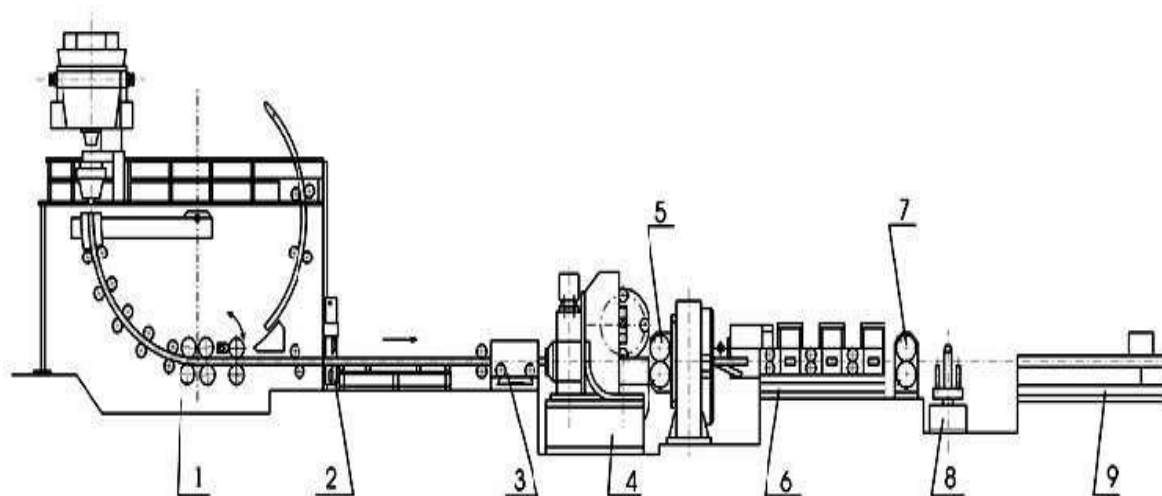


Рисунок 1.8. Схема розташування ливарно-прокатного агрегату з планетарним станом для сортового прокату та катанки: 1 - однорівчачова МБРС; 2 - маятникові летючі ножиці; 3 - індукційне підігрівне устаткування; 4 - сортовий планетарний стан; 5 - летючі ножиці для обрізання металу; 6 - група клітей поздовжнього прокатування; 7 - барабанні летючі ножиці для обрізання під час руху матеріалу; 8 - моталки для змотування дроту; 9 - устаткування для прибирання бунтів.

Застосування суміщення технологічних процесів виплавки сталі та наступне прокатування дозволяє створювати модульні технології в металургії. Такі технології дозволяють суттєво зменшити виробничі витрати на процеси отримання металовиробів.

Останнім часом впроваджується у виробництво використання валкової розливки рідкої сталі. Така технологія має суміщення двох окремих технологічних процесів: кристалізація рідкого металу та пластична деформація. Пластична деформація у цьому випадку відбувається поступово, а саме тільки тієї частини матеріалу, що встигла зовні закристалізуватися, а потім і всієї маси матеріалу [4]. Особливу зацікавленість уявляють собою ті агрегати, які здатні виготовляти безпосередньо з рідкої сталі такі рулони гарячекатаних смуг, що мають товщину в декілька міліметрів і менше.

Такі технології дозволяють забезпечити виготовлення такої продукції, що має досить точні геометричні розміри за шириною, товщиною, та довжиною, з мінімальними допусками на розміри. Таким чином, отримується продукція точного профілю, доброї якості зовнішньої поверхні та потрібних механічних властивостей.

Використання таких нових технологій дозволяє виготовлення надтонких смуг, які мають товщину меншу одного мм, забезпечує отримання однакового порядку величини допусків на товщину, що і при холодному прокатуванні.

Постійно виконуються наукові дослідження процесів відливання тонких чорнових смуг, які мають два головних напрямку. До таких напрямків відносяться:

- Напрямок з використанням стрічкового кристалізатора, як наприклад, для процесу DSC [4];
- Напрямок, де використовується кристалізатор валкового типу, як описано у [9, 10].

Використання кристалізатора стрічкового типу засновується на тому, що у цьому обладнанні є в наявності рухома горизонтальна стрічка, яка охолоджується знизу за допомогою спреєрів. Такий спосіб уявляє собою однобічне охолодження розплаву на стрічці. Через це можуть виникнути недоліки через, які пов'язані призводять до відхилення розміру смуги за товщиною, та погіршується якість поверхні смуг. Цей недолік можна уникнути у тому випадку, якщо встановити у робочу лінію обладнання від однієї кліти до трьох, де відбувається гаряче прокатування.

За останніми роками створено багато устаткувань безперервного розлиття сталі між двома валками, які обертаються та безперервно охолоджуються [11, 12, 13]. Такі валки відіграють роль валків кристалізаторів.

Для скорочення періоду отримання безперервно-литих виробів у суміщенні з прокатуванням валки-кристалізатори розташовують

безпосередньо проміжним розливним ківшом. У цьому випадку відбувається «м'яке обтиснення» металу у двофазному стані, тобто суміщається безперервна розливка і прокатка в одному агрегаті. Суть «м'якого обтиснення» у тому, що відбувається обтиснення металу тоді, коли зливоч зовні закристалізувався, але має в'язку серцевину. У цьому випадку відбувається швидке зближення фронтів кристалізації, що прискорює процес затвердіння і сприяє поліпшенню якості смуги. М'яке обтиснення є ефективним способом зменшення товщини смуги, уникнення пор та тріщин та отримання якісної зовнішньої поверхні матеріалу. Але, у цьому випадку можливе витікання металу з торців, що попереджається боковими стінками [12] та ущільненнями. За такою технологією виготовлять лист, які мають товщину 1,5 – 5 мм.

Температура видачі смуги з валків залежить від марки сталі оброблюваного матеріалу. Для низьковуглецевої сталі така температура складає приблизно 1300⁰С. У робочій лінії такого агрегату суміщення процесів для покращення зовнішньої поверхні отриманих виробів може бути встановлено прокатні кліті для одержання особливо тонких смуг.

При проведенні дослідження використовувалася дослідна установка, що показано на рис. 1.9. на цій схемі видно, як виливається рідка сталь з проміжного ківшу, що розташовано безпосередньо над мідними валками кристалізаторами [3]. Далі рідка сталь підтримується затравкою і кристалізується. Процес кристалізації відбувається повільно. Отримавши кристалічну кірку, сталь надходить до зони вторинного охолодження, де отримує більшу зону кристалізації. Процес відбувається без натягіння, тому на виході з зони вторинного охолодження утворюється петля. Після чого, виріб, який має ще тверде серцевину спрямовується у прокатну кліть, де і відбувається м'яке обтиснення. Після чого смуга рухається до холодильника, де і відбувається процес її охолодження. Після чого, охолоджена смуга за допомогою моталок змотується у мотки.

Процеси суміщення валкової розливки з прокатуванням набули широкого розповсюдження при виготовленні тонких листів з алюмінієвих сплавів. Такі агрегати мають нахил задньої частини 15° валкової кліті та оснащені засобами автоматизації та керування. Використовуються для прокатування листів, які мають товщину від 2 до 8 мм і ширину до 2000 мм.

Для виробництва смуг з жароміцної сталі, з неіржавіючої, магнітострикційної та інших з особливими властивостями використовують ливарно-прокатні агрегати з непривідними валками.

При обробці матеріалу відбувається його швидке охолодження, що забезпечує утворення дрібнозернистої структури та підвищення механічних властивостей.

В умовах суміщення валкової розливки з прокаткою виготовляють смуги з низьковуглецевої сталі, що містить вуглець $C < 0,05 \%$, смуги з неіржавіючої сталі, кремніємарганцевистої, а також зі сталевих сплавів, які мікролеговані ніобієм і ванадієм.

За проектом «Castrip» вважається, що двовалкові устаткування стають рентабельними при річному обсязі виробництва, який досягає 300–400 тис. т.

Валкові ливарно-прокатні агрегати, що працюють на підприємствах, забезпечують отримання смуги, що має товщину 0,5–3 мм і ширину до 2000 мм. Всебічне впровадження ВЛПА вимагає вирішення ряду технологічних та технічних задач таких як, наприклад, стабілізація ширини полос, що отримується у валках-кристалізаторах, використання надійного устаткування та засобів для захисту рідкої ванни металу, освоєння процесу для відливання-прокатування смуг з середневуглецевих марок сталі, підвищення рівня якості поверхневих шарів смуг, що отримується в технологічному процесі.

Ливарно-прокатні агрегати широко використовуються для виготовлення тонкого листа.

Такі устаткування дозволяють виконувати в єдиному технологічному потоці послідовно операції розливання рідкої сталі, що має температуру розливки в залежності від марки сталі, наприклад, для низьковуглецевої сталі приблизно 1600°C, виконувати контрольовану прокатку, охолодження, термічну обробку, зачищення, травлення, холодне прокатування, правлення і остаточної обробки продукції.

Швидке затвердіння рідкого матеріалу при валковій розливці дозволяє зменшити мікроліквацію, що підвищує внутрішню якість виробу.

При виготовленні тонких смуг та стрічок на ливарно-прокатних агрегатах існує можливість регулювання температурного режиму між прокатними валками та моталками. Це дає можливість регулювати якість внутрішньої поверхні матеріалу, що обробляється і отримувати вироби з потрібними механічними властивостями. Такі агрегати мають невелику довжину, яка дорівнює від 20 до 60 м. Вони є доволі гнучкими. Що дає їм великі переваги у порівнянні з іншими способами обробки матеріалів.

Процеси валкової розливки сталі мають свої особливості та переваги, які знаходяться в наступному:

- відбувається зменшення витрат енергії на отримання прокату за рахунок зміни форми кристалізатора, що забезпечує прискорення кристалізації;
- через те, що виключається використання нагрівних печей тому, що «м'яке обтиснення» здійснюється матеріалу який знаходиться у гарячому стані суттєво зменшуються викиди парникових газів таких, як CO₂, NO₂, SO₂;
- відбувається суттєве скорочення виробничих площ через компактність валкового агрегату в порівнянні з іншими;
- зменшується собівартість виробництва металовиробів.

Технологічний процес валкової розливки сталі має також і недоліки до яких відносять:

- існує можливість витікання рідкого матеріалу з боків валків-кристалізаторів на що потрібно створювати додаткове устаткування для запобігання цього явища;

- подача рідкого матеріалу у валки-кристалізатори може відбуватися нерівномірно, потрібні додаткові дії для зменшення збурення рідкої сталі і підтримання постійного рівню розплаву в валках-кристалізаторах;

- складності в отриманні смуг необхідної точності за товщиною;

- складності в отриманні смуг з однаковою якістю за довжиною та шириною.

Для знешкодження таких недоліків використовують комп'ютерне курування технологічних процесів.

Валки –кристалізатори виготовляють з мідні матеріали, мідно-хромові, інколи використовують нікелеве покриття валків. Бокові стінки кристалізаторів виготовляють з нітриду бору, або нітриду кремнію. Існує декілька варіантів для покращення бокового утриманні рідкого матеріалу. Наприклад, до таких способів відносять використання електромагнітного поля, застосування ультразвукових коливань, або додавання мікрохолодильників або інших порошоків [14].

Для того, щоб відбулося рівномірне розподілення рідкого матеріалу за шириною кристалізатора використовують сопла, що мають плоску форму. Такі сопла за рахунок зменшення швидкості подавання рідкого матеріалу в простір між валками-кристалізаторами, зменшують величину коливальних рухів поверхні рідкої ванни, що утворилась під час розливання. Такий процес сприяє вирівнюванню температури металевого розплаву. Здійснюють внутрішнє спреєрне охолодження за усією шириною валків-кристалізаторів за допомогою води. З метою економії води розробляють валки з охолодженням через випаровування.

Існують технологічні процеси, де за допомогою валкової розливки виготовляють листову продукцію, яка має високу точність поперечних та

поздовжніх розмірів, високу якість поверхневого шару, де відсутні будь які дефекти, достатньо чисту поверхень. Таку технологію суміщають з процесами прокатування, де безпосередньо за валками кристалізаторами встановлюють прокатні валки, де відбувається обтиснення оброблюємого виробу. Обтиснення матеріалу здійснюється у м'якому стані, тоб-то у такому стані де матеріал має тверду зовнішню поверхню та в'язку серцевину. Таким чином при подальшому холодному прокатуванні можна отримати листи, що мають товщину до 0,8 мм, які повністю відповідають вимогам стандарту.

Таким чином відбувається суміщення валкової розливки-прокатки. Увесь процес можна поділити на дві стадії: перша стадія кристалізація з м'яким обтиснення під час якої матеріал повністю кристалізується, і друга стадія: обтиснення повністю затверділого матеріалу.

Коли виготовлення смуги відбувається у одній парі валків-кристалізаторів потрібно стабільно стабільно підтримувати рівень та глибину кратера рідкої ванни. У цьому випадку тверда частина смуги, що утворилася під час кристалізації повинна отримувати близько 50 % обтиснення. Це максимально забезпечить ущільнення рідкого металу чи сплаву.

1.5 Структура безперервнолитої сталі

Структуру безперервно-ливої сталі можна розділити на три зони:

- 1 – затверділа кірка, яка складається з дрібних кристалів;
- 2 – зона стовпчастих кристалів;
- 3 – осьова зона рівноважних кристалів.

В третій зоні можуть утворюватися пористість і ліквация. Осьова зона безперервно-литих виробів уявляє собою тепловий центр, де відбувається затвердіння у останню чергу. В цьому центрі під час кристалізації утворюються конвективні потоки, де можливе утворення пористості. На рисунку 1.3 наведено основні види кристалічних структур.

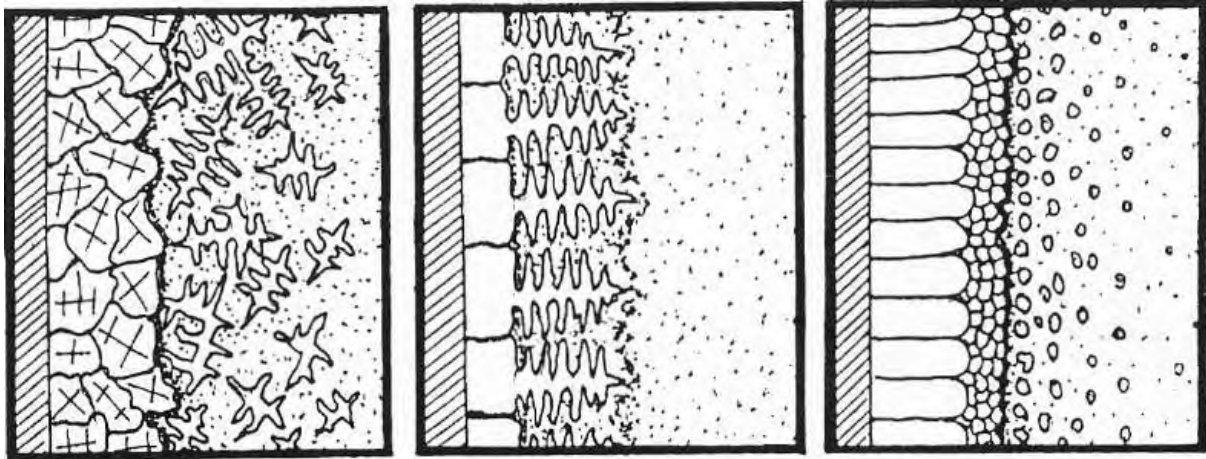


Рисунок 1.3 – Типи кристалічних структур безперервно-литих виробів: а) структура рівновісних дендритів; б) структура стовпчастих кристалів; в) рівноосна структура

Переважно в умовах кристалізації безперервно-литих заготовок створюється структура нерівновісних дендритів (рис. 1.3 а). розвиток зони дендритів залежить від хімічного складу матеріалу і температури перегріву над температурою ліквідус. На таку структуру має позитивний вплив конвективних і віхревих течій, перепадів тисків рідин.

При дії вібрації така дендритна структура має перетворення.

Також існує можливість нерівномірного розподілення тепла, що призведе до виникнення внутрішньої напруги, яка призведе до виникнення поверхневих тріщин та внутрішніх дефектів, що погіршує механічні властивості матеріалу, погіршує якість.

1.6 Задачі дослідження

Мета роботи: удосконалити технологічні рішення виготовлення сталевого квадрату 100x100 мм безперервної розливкою. Для досягнення мети роботи потрібно вирішити наступні задачі.

До недоліків потрібно віднести те, що багато існує відходів через зменшення якості продукції. Для підвищення обсягу готової продукції, потрібно удосконалити технологічних процес отримання виробу веденням в

зону вторинної кристалізації вібраційної дії, що дозволяє покращити структуру виробу, що кристалізується у машині безперервної розливки сталі. Для цього потрібно встановити у зоні вторинного охолодження пневмомеханічний генератор, що забезпечить вібраційну дію в перпендикулярному напрямку до виході матеріалу з кристалізатора.

Дослідити поведінку матеріалу, визначити раціональну частоту коливань пневмомеханічного генератора, розрахувати збільшення виходу готової продукції, запропонували пропозиції у зміні технології, визначити економічну ефективність пропонуємої технології, передбачити заходи з охорони праці.

РОЗДІЛ 2 ПРОПОЗИЦІЇ З УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КВАДРАТНОЇ СТАЛІ

1.5 Баланс металу при розливки

Баланс металу при литті прокатуванні в рівноважному стані розраховують за трьома напрямками:

1. Баланс металу, що входить у осередок деформації і виходить з нього за одиницю часу. Такий баланс описується наступним рівнянням:

$$b_p h_p \rho_p v_p = b_c h_c \rho_c v_c,$$

де b_p – ширина осередку у валках-кристалізаторах, який заповнено рідиною;

h_p – зазор між валками кристалізаторами, який заповнено рідиною, що утворює товщину смуги;

ρ_p – густина рідини;

v_p - швидкість розливання рідкою сталі;

b_c – ширина отриманої смуги;

h_c – висота затверділої смуги;

ρ_c густина матеріалу отриманого листа;

v_c – швидкість руху смуги.

2. Баланс тепла, що вноситься рідким металом чи сплавом і виноситься смугою, яка закристалізувалася у валках кристалізаторах.
3. Баланс металу, який обумовлено рівновагою сил, що діють у осередку деформації. Такий баланс дає підстави вважати, що сума усіх сил, що діють у осередку деформації у валках кристалізаторах дорівнює нулю. Ці можна записати виразом:

$$\Sigma X=0.$$

2.2 Особливості планування цехів безперервної розливки

Для отримання квадратного виробу, що має розміри 100x100 мм було використано машину безперервного лиття заготовок радіального типу (рис. 22).

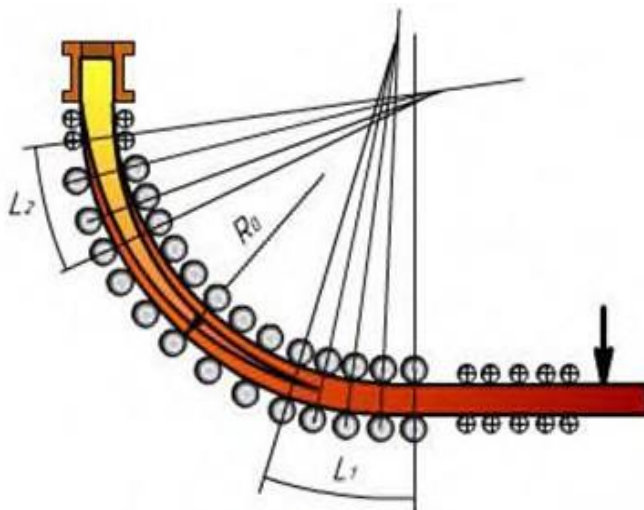


Рисунок 2.2 – Схема МБЛЗ радіального типу (L_1 – ділянка розгинання виробу;

L_2 – ділянка загинання; R_0 – базовий радіус виробу)

З рисунку видно, що матеріал виходить з вертикального кристалізатору і починає згинатися до базового радіусу. Цей процес дозволяє отримати сприятливі умови для спливання неметалевих включень на початку

затвердіння. Використання такої схеми дозволить отримати якісний потрібний профіль і мінімізувати кількість можливих дефектів таких, як утворення тріщин, розривів. Усе це сприяє збільшенню виходу годного матеріалу.

При встановлені у цеху з метою оптимальної роботи для машин безперервної розливки сталі, як правило, споруджують спеціальні прольоти або будують окремі будівлі. При розливці всього обсягу чи більшої частини сталі на агрегаті безперервної розливки стали в складі цеху розташовують окремі відділення безперервного розливки сталі. Таке відділення може знаходитися в окремій будівлі або у складі головної будівлі цеху.

Існує декілька схем розташування таких машин безперервної розливки. Їх можна поділити на дві групи: лінійна та блокова. Такі схеми дозволяють розташовувати машини безперервної розливки талі як у окремій будівлі, так і у прибудові і у головні будівлі цеху. Перевага надається встановленню окремих будівель для відділень безперервної розливки сталі. Вони повинні мате аераційне розривання до 36 м від головної будівлі цеху. У випадку коли цех має невеликий обсяг виробництва, машини безперервної розливки розташовують лінійно у трьох прольотах головної будівлі. Такі заходи дозволяють зменшити капітальні вкладення та забезпечити раціональну організацію робіт в цеху та благосприятливі умови роботи.

У випадку коли, машини безперервної розливки обладнано рухомими поворотними стендами, її розташовують у головній будівлі. Такі поворотні стенди забезпечують безперервну передачу ківшів, яка наповненні рідкою сталлю з прольоту, що обслуговується ливарними кранами у прольоти в яких розміщено машини безперервної розливки сталі. Така схема забезпечує швидку заміну ківшів при розливці сталі методом «плавка на плавку».

Для блокового розміщення машин безперервного розлиття сталі використовують окремі будівлі. Такі відділення у своєму складі мають декілька прольотів, які паралельні прольотам головного корпусу будівлі і зв'язаних з цими будівлями сталевізними шляхами.

Підготування проміжних ківшів здійснюється у найближчому до головної будівлі прольоті. У цьому ж прольоті розташовують і ділянку позапічної обробки сталі та сплавів. За цим прольотом розташовують розливні прольоти, де і відбувається розливання рідкої сталі на машини безперервного лиття. Кількість таких прольотів визначається кількістю безперервних машин. По закінченню виготовлення виробів, зливків та заготовок, їх спрямовують до складу. Для цього розташовують транспортну лінію, яка забезпечує передачу отриманого матеріалу на склад. На складі також і зберігаються запасні частини та запасне обладнання.

Відділення безперервного розливання сталі з лінійним розташуванням машин розливки сталі має поперечні сталевізні колій, що пов'язані з головним корпусом. Це багатопротітна будівля, що має прольоти, які розташовано паралельно до головної будівлі цеху.

Відділення з лінійним розташуванням машин має розподільчий прольот, у якого висота така сама, як і у відділеннях з блоковим розташуванням машин. Така ж сама і висота робочого майданчика у цеху. Розподільчий прольот у цьому цеху дорівнює 27-30 м, а ширина решти прольотів знаходиться у межах від 24 м до 36 м.

2.3 Технологічний процес безперервної розливки сталі

Технологічний процес складається з окремих технологічних операцій з виготовлення продукції, що дозволяють отримати якісний виріб при мінімальних витратах енергії.

При безперервній розливці сталі, рідкий метал або сплав з розливного ківша прямує до проміжного ківша, який встановлено в робоче положення і попередньо нагрітий. У цьому ківші підтримують постійний рівень рідкого металу. При досягненні робочого рівня в проміжному ківші відкриваються випускні отвори стаканів-дозаторів. З них рідка сталь безперервно рухається до мідного кристалізатора-охолоджувача, де і відбувається інтенсивне охолодження оброблюваного матеріалу. В кристалізаторі і відбувається

надання заготовці потрібної форми і профілю та розмірів одночасно з формуванням її зовнішньої поверхні. Після отримання робочої швидкості розливання рідкої сталі та сплавів і стабілізації її рівня, в кристалізаторі машини безперервної розливки сталі виконується автоматизоване регулювання рівня металу з застосуванням стопора проміжного ківша.

Виникає необхідність у зменшенні величини тертя. Для зменшення коефіцієнту тертя між стінками кристалізатора та заготовкою додають мастило, яке вільно протикає між матеріалом, що кристалізується, та стінками кристалізатора. Коли відбувається прилипання оброблюваного сплаву та сталі до кристалізатора, існує можливе зависання цього матеріалу під час кристалізації, утворення розривів кірки, що погіршує поверхню заготовки, призводить до аварій під час розливання. Для попередження цих негативних явищ, кристалізатору надають зворотно-поступальний рух, що створюється шляхом коливання кристалізатора. На виході з кристалізатора температура низьковуглецевої сталі повинна бути на рівні $1100\div 1150$ °С. Така температура дозволить сформувати виріб, що має тверду зовнішню кірку та в'язку серцевину. При перевищенні зазначеної температури матеріал не матиме можливість охолоджуватися, зовнішня кірка буде дуже тонкою і не зможе всередині утримувати в'язку серцевину, що може призвести до руйнування матеріалу, зменшення виходу годного виробу. При температурі нижче за 1100 °С виникне багато нерівномірних стовпчастих кристалів, які призведуть до утворення пористої та неякісної структури виробів. Це також є негативним явищем і призводить до створення дефектів.

Таким чином, ми отримаємо заготовку, яка має рідку серцевину і тверду зовнішню кірку. Таку заготовку витягують з кристалізатора і подають у зону вторинного охолодження, де отриманий виріб твердіє за усім поперечним перерізом. Від умов кристалізації у зоні вторинного охолодження залежить якість мікроструктури заготовки, кількість її внутрішніх та зовнішніх дефектів. У цій зоні здійснюється посилене відведення тепла охолоджувальним середовищем, що складається з

водоповітряної суміші. Температура кристалізації матеріалу залежить від його марки.

Затверділа кірка, що утворилася в кристалізаторі під час первинної кристалізації, має відносно невелику товщину, яка дозволяє виконати інтенсивне відведенні теплоти від утвореного матеріалу. Швидкість кристалізації сталі, а відповідно і обсяг виробництва квадратних виробів визначається інтенсивністю відведення теплоти охолоджувальним середовищем. Для інтенсифікації процесу відведення тепла та формування однорідної мікроструктури заготовок у зоні вторинного охолодження металу в роботі пропонується встановити пневмомеханічний генератор хвиль, який забезпечує вібраційну дію на оброблюваний матеріал. Така вібраційна дія спрямовані перпендикулярно металу, що рухається з кристалізатора. Генератор встановлено на відстані $0,3 \pm 0,35$ м від торця кристалізатора, з якого виходить оброблюваний матеріал.

При зменшенні такої відстані установки зовнішня кірка, яка щойно утворилася, буде дуже тонкою та слабкою і може зруйнуватися під дією вібрації, що призведе до порушення технологічного режиму, утворенню бракованих виробів, зменшенню обсягу виробництва квадратних виробів, що має розмір 100×100 мм.

При збільшенні відстані встановлення генератору понад $0,35$ м, сталь буде мати майже сформовану кристалічну мікроструктуру за усім поперечним перерізом, яку неможливо змінити вібраційної дією.

У дослідженнях використовувалася сталь Ст 20. На виході з кристалізатора сталь Ст 20 має температуру 1100 ± 1150 °С. Для прискорення процесу кристалізації і покращення якості оброблюваного матеріалу, в зоні вторинного охолодження металу встановлюють пневмомеханічний генератор, який забезпечує вібраційну дію на матеріал, що оброблюється. Стиснене повітря подається на вхід в генератор.

Щоб запобігти перегрів генератора, на нього подається змащувально-охолоджуюча рідина. При роботі генератору змінюється величина

стисненого повітря, в залежності від умов роботи. Зміна тиску на вхід дає можливість регулювати частоту коливання генератору, що дозволяє забезпечити найбільш раціональний вплив певну марку сталі. Режим роботи генератору – безперервний, що дозволяє забезпечити безперервну роботу устаткування і отримати безперервно-литий виріб.

Було ретельно досліджено вплив зміни тиску на вході в генератор на частоту його коливань (табл. 2.1).

Дослідження дозволили виявити раціональну частоту коливань генератору, якою признано в межах 50-75 Гц.

У випадку зменшення частоти коливань генератору нижче за 50 Гц призводить до утворення нерівномірної структури виробу, що впливає на його якість внутрішньої поверхні. У випадку збільшення частоти коливань генератору більше за 75 Гц може бути утворено занадто щільної структури, яка веде до утворення внутрішніх стискуючих напружень, що можуть призвести до виникнення внутрішніх тріщин і пор у матеріалі, що зменшити вихід годного виробу. Таким чином, в результаті проведених досліджень вдалося підвищити обсяг виробництва годного матеріалу квадратного профілю 100x100 мм на 20 %.

Таблиця 2.1 – Результати дослідження впливу зміни тиску на вході в генератор на частоту коливань:

| P_1 , Па | P_2 , Па | f , Гц |
|------------|------------|----------|
| 100 | 75 | 50 |
| 200 | 125 | 60 |
| 300 | 160 | 71 |
| 400 | 200 | 75 |

P_1 – тиск повітря на вході у генератор; P_2 – тиск повітря на виході з генератору, f – частота коливання генератору.

Така вібраційна обробка не є складною, забезпечує сприятливі умови кристалізації металу та поліпшує якість безперервнолитих заготовок.

Створення хвиль у генераторі потребує мінімальних енергетичних затрат у порівнянні з іншими генераторами хвиль.

Обов'язковою останньою операцією отримання профілю 100x100 мм є операція м'якого обтиснення. Вона здійснюється у зоні вторинного охолодження, коли кристалізація матеріалу досягне 50 % у прокатних клітках (рис. 2.3). Зона м'якого обтиснення повинна закінчуватися при повній кристалізації матеріалу.

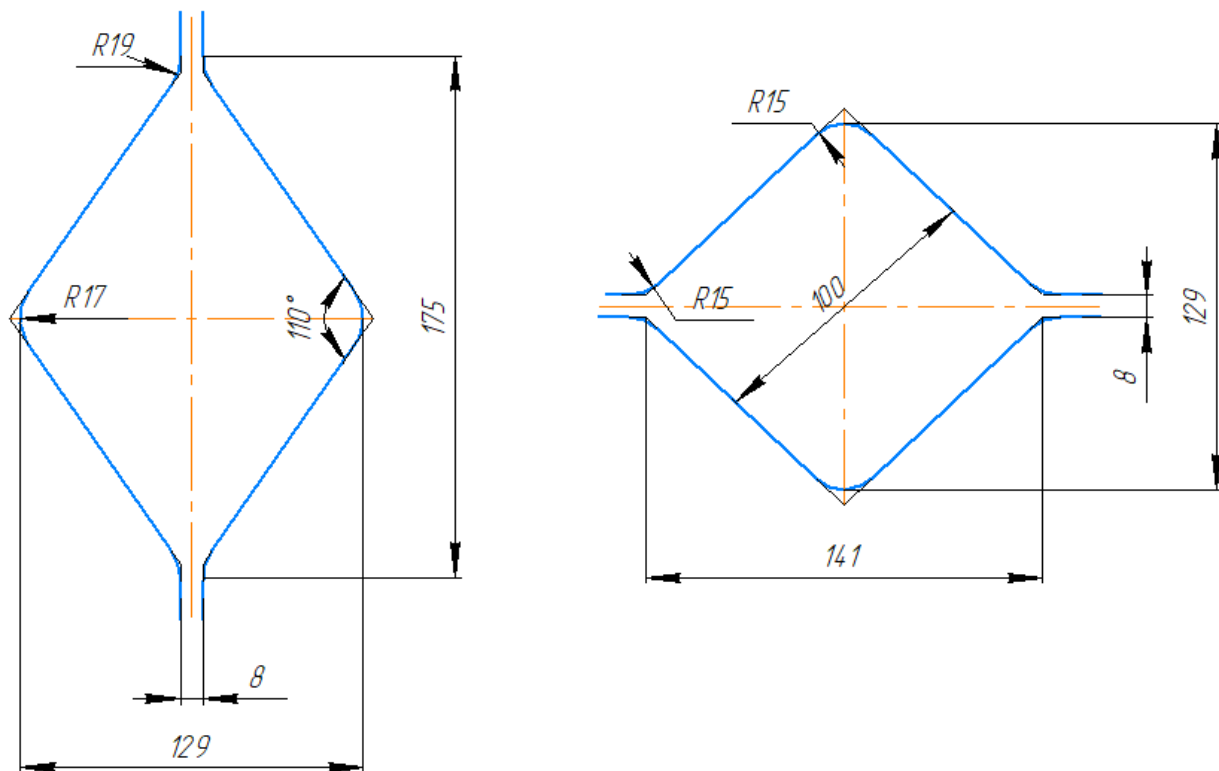


Рисунок 1.3 – Схема калібрування прокатних валків

На рисунку 1.3 показано схему калібрування прокатних валків при м'якому обтисненні. Прокатні валки розташовано безпосередньо за тягнучими роликками. На виході з тягнучих роликків розташовано дві прокатні клітки. Перша клітка має вертикальні прокатні валки, що здійснюють бокове обтиснення смуги. Друга клітка має горизонтальне розташування калібрів. Прокатні клітки мають ромбічні калібри, де відбувається пророблення матеріалу, що дозволяє покращити його структуру. Чергування вертикальних та горизонтальних калібрів дозволяє вести обробку без кантування смуги.

У другій прокатній клітці, що має горизонтальні прокатні валки, остаточно формується профіль квадратного перерізу 100x100 мм. Ця

прокатна кліть має два прокатних валка, у яких калібри мають діагонально врізану квадратну форму. Така схема калібрувань дозволяє отримати квадратний профіль, що має точні розміри, мінімальні граничні відхилення від розмірів, точні кути профілю, що дорівнюють 90° , добре пророблену внутрішню поверхню.

Точність розмірів профілю залежить від точності калібрування прокатних валків. Розрахунок калібрування у двох останніх калібрах розраховується за наступними формулами:

Чистовий калібр має квадратну форму, діагонально врізану, висота та ширина якого дорівнює:

$$b=h=1,41c=1,41 \times 100=141 \text{ мм}$$

де c – це бік квадрату, який дорівнює 100 мм

Передчистовий калібр має ромбічну форму.

Площа квадратного калібру дорівнює:

$$F_{\text{КВ}} = c^2=100 \times 100=10000 \text{ мм}^2.$$

Визначаємо площа ромбічного калібру:

$$F_p = \mu_1 \cdot F_{\text{КВ}},$$

де μ_1 – витяжка в останньому калібрі.

Визначається розширення, його можна визначити за формулами Зибеля та Чекмарьова, а можна скористатися графіками ([2] рис. 54, 57).

Ширина ромбічного калібру, враховуючи кантування:

$$h_p = b_{\text{КВ}} - \Delta b_{\text{КВ}}=129 \text{ мм.}$$

Ширина ромба:

$$b_p = \frac{2b_p}{h_p}=175 \text{ мм.}$$

Визначається абсолютне обтиснення в квадратному та ромбічному калібрі:

$$\Delta h_{\text{КВ}} = b_p - h_{\text{КВ}}.$$

Висота ромбічного калібру:

$$h_p = 1,41c - h_p.$$

Катаючий діаметр ромбічних і квадратних діагонально врізаних калібрів визначається за формулою:

$$D_k = D_0 - \frac{h}{2}$$

де D_0 – номінальний діаметр.

Уширення квадратної смуги в ромбічному калібрі, визначається за формулою Зибеля:

$$\Delta b = 0,4 \sqrt{(h_{\text{КВ}} - h_{\text{П}}) \frac{D_k - h_{\text{П}}}{2} \cdot \frac{h_{\text{КВ}} - h_{\text{П}}}{h_{\text{КВ}}}}$$

Катаючий діаметр для прямокутного калібру або ящикового визначається за формулою:

$$D_k = D - h + S.$$

Величину обтиснення розраховуємо з урахуванням кута захоплення, який рекомендується $\alpha = 26^\circ$:

$$\Delta h = D_k (1 - \cos \alpha).$$

За отриманими розрахунками будемо схеми калібрувань, які дозволяють отримати виріб точного розміру.

2.4 Визначення ефективності машин безперервної розливки

Для визначення ефективності машини безперервної розливки сталі потрібно розрахувати наступні показники: пропускну спроможність машин безперервної розливки сталі, тривалість розливання, кількість плавок.

При розрахунку та проектування відділень безперервної розливки сталі та сплавів необхідно обрати тип МБРЗ, визначити кількість струмків в кожній з цих машин і визначити необхідну для роботи з метою забезпечення необхідної продуктивності цеху кількість машин.

Визначаємо пропускну спроможність агрегату.

Під пропускну спроможністю МБРЗ і МБРС розуміється максимально можлива продуктивність машини безперервної розливки сталі під час її безперебійного ритмічного забезпечення її металом та сплавом.

Пропускна спроможність машини безперервної розливки сталі та безперервного розливання заготовок залежить від наступних чинників: характеристики машини безперервної розливки, типу сталеплавильного агрегату, тривалості розливки стали та сплавів, такту розливки матеріалу, кількості плавок в серії, ємності сталеплавильного агрегату.

Пропускна проміжність машини безперервного розлиття сталі визначається за формулою:

$$P = \frac{1440}{(\eta \cdot T_1 + T_2) \cdot \eta \cdot Q \cdot \Phi \cdot K}, \text{ т/добу}, \quad (2.1)$$

де 1440 – кількість хвилин на добу;

T_1 – час розливки матеріалу, хв;

T_2 – час підготовки машини безперервного лиття до проведення серії плавок, хв;

η – кількість плавок в серії при сталевій розливці методом «плавка на плавку»;

Q – середня маса плавки, т;

Φ – фактичний фонд роботи машини безперервної розливки сталі, діб/рік;

K – коефіцієнт завантаження машини безперервної розливки сталі, дорівнює $K = 0,98$.

Розрахунок швидкості розливки матеріалу на машині безперервного лиття

Визначаємо протяжність рідкої фази вихідного матеріалу, м:

$$L_{ж.ф} = \alpha \cdot a^2 \cdot V_{\max}, \text{ м}, \quad (2.2)$$

де α – поправочний коефіцієнт, який залежить від форми та розмірів отриманої заготовки, хв/м² і приймає значення:

для заготовок квадратної форми – 240;

для заготовок прямокутної форми, які мають ширину до 1200 мм – 290;

для прямокутних заготовок, які мають ширину більше 1200 мм – 340;

a – розмір сторони квадрату, або товщини слябу, м.

Швидкість розливання матеріалу на машині безперервного лиття можна визначити за виразом:

$$\lg V = 0,87 - (0,0224 + 0,0006 \cdot H) \cdot \lg B, \text{ м/хв}, \quad (2.3)$$

де V – швидкість розливки на машині безперервного лиття, м/хв.;

H – товщина заготовки, мм;

B – ширина заготовки, мм.

Для виробу, що має квадратну форму, можна визначити необхідну швидкість розливання за формулою:

$$V = \frac{480}{H}, \text{ м/хв}, \quad (2.4)$$

Визначення тривалості розливання матеріалу на машині безперервної розливки і розрахунок необхідної кількості струмків

Час, що потрібний на розливку сталі на машині безперервного лиття залежить від ємності розливного ківшу, що потрібно врахувати під час визначення тривалості розливання. Час розливки не повинен перевищувати величини, які наведено у табл. 21.

Тривалість розливання також залежить від кількості плавки і повинен дорівнювати цьому числу або бути кратним циклу плавки, що відбувається у сталеплавильному агрегаті.

Тривалість розливання можна визначити за формулою:

$$\tau = 35,14 + 0,094 \cdot E, \text{ хв}, \quad (2.5)$$

де E – маса сталі, що розливається на машині безперервного лиття, т, дорівнює ємності ківшу, у нашому випадку ємність ківшу дорівнює 50 т.

Тоді, тривалість розливання буде дорівнювати:

$$\tau = 35,14 + 0,094 \cdot 50 = 39,84 \text{ хв.}$$

Ця тривалість розливанні декілька менша за максимально можливу тривалість, які відповідно таблиці 2.1 дорівнює 40 хв.

Таблиця 2.1 – Максимальна тривалість розливання в залежності від маси сталі

| | | | | | | | | |
|--------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Ємність ківшів, т | 20 | 50 | 100 | 140 | 200 | 250 | 300 | 400 |
| Час розливання, хв | 30 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 |

Визначаємо вагу 1 погонного метру отриманого матеріалу, в залежності від поперечного перерізу виробу. Для цього використовуємо формулу 2.6.

$$M_1 = 1 \times a \times b \cdot 7800, \text{ кг}, \quad (2.6)$$

де a, b – розміри перерізу заготовки, м;

7800 кг/м – маса рідкого матеріалу, що розливається в машину безперервного лиття.

При виготовленні сталевого квадратного виробу, що має розміри 100x100 мм, отримаємо, що маса одного погонного метра дорівнює:

$$M_1 = 1 \times 0,1 \times 0,1 \times 7800 = 78 \text{ кг}.$$

Визначаємо продуктивність одного струмка машини безперервної розливки за формулою:

$$Pr_1 = M_1 \cdot V_p, \text{ кг/хв}, \quad (2.7)$$

де V_p – робоча швидкість розливання сталі на машині безперервної розливки.

Для нашого ківшу швидкість розливання дорівнює $V_p = 3,5$ м/хв.

Тоді продуктивність одного струмка машини безперервного лиття буде дорівнювати:

$$Pr_1 = 78 \times 3,5 = 273 \text{ кг/хв}.$$

Приймаємо, що швидкість розливання дорівнює циклу плавки матеріалу в сталеплавильному агрегаті. Тоді продуктивність машини безперервної розливки буде дорівнювати:

$$Pr_3 = \frac{EK}{\tau_{пл}}, \text{ кг/хв}, \quad (2.8)$$

Ємність ківшу дорівнює:

$$EK=50 \text{ т} = 50000 \text{ кг}.$$

Продуктивність розливання розливного ківшу:

$$Pr_3=50000 \cdot 0,98/40=1225 \text{ кг/хв}$$

Кількість струмків МБРЗ визначається за формулою:

$$n = \frac{PP_3}{PP_1}. \quad (2.9)$$

І буде дорівнювати: $n=1225/273=4,48$.

Приймаємо найближче більше значення 5. Значить кількість струмків буде дорівнювати 5.

Визначаємо коефіцієнт завантаження за формулою:

$$K = \frac{n}{n'}. \quad (2.10)$$

Якщо K дріб, то слід приймати ціле число, що його перевищує.

Тоді, коефіцієнт завантаження дорівнює:

$$K=4,48/5=0,896$$

При визначенні машини безперервної розливки сталі, було прийнято, що машина працює 320 діб на рік. Тоді фактичний термін роботи складає $320 \cdot \frac{1,8}{2} = 288$ діб на рік. При цьому, швидкість витягування залишається незмінною. Можливо також використання обох факторів водночас.

Визначення фонду робочого часу машини безперервної розливки

Під час визначення фонду робочого часу роботи машини безперервного лиття з календарної кількості годин роботи устаткування за рік виключають тривалість зупинок агрегату на поточний, профілактичний та капітальний ремонт, налагодження та перебудову струмків машини, що

виконують для зміни поперечного перерізу відлитого виробу, ліквідацію негативних результатів проривів і заміну вузлів обладнання для безперервного розлиття, що показано в табл.2.2..

Таблиця 2.2 – Річний фонд робочого часу машини безперервної розливки

| Види витрат часу | Періодичність | Річний фонд | |
|--|---------------------------|-------------|-------|
| | | діб | годин |
| 1. Профілактичний та поточний ремонт | 8 год. / тиждень | 12 | 312 |
| 2. Капітальний ремонт | 1 раз/ рік | 9 | 216 |
| 3. Знешкодження наслідків проривів: | | | |
| - з потраплянням металу за межі змінного блоку | 0,1 % від розлитих плавок | 2 | 48 |
| - локалізація проривів в межах змінного блоку | 0,5 % від розлитих плавок | 9 | 216 |
| 4. Заміна кристалізатора-охолоджувача | через 100 плавок | 2 | 48 |
| 5. Заміна секцій вторинного охолодження | через 750 плавок | 2 | 48 |
| 6. Перебудова машини за товщиною матеріалу, що кристалізується | 1 раз на місяць | 2 | 48 |
| 7. Перебудова машини за шириною матеріалу, що кристалізується | 4 рази на місяць | 4 | 96 |
| Разом: | | 43 | 1032 |
| Річний фонд часу роботи МБРС | | 320 | 7720 |
| Річний фонд роботи ВБРС | | 370 | 8765 |
| Коефіцієнт використання МБРС | | 87% | |

Час, що необхідний для зупинки машини безперервного лиття визначають, враховуючи наступне:

- а) капітальний ремонт виконують один раз на рік на протязі 9÷14 діб;
- б) планово-профілактичний ремонт виконують протягом однієї доби кожен місяць, не враховуючи той термін, коли виконують капітальний ремонт;
- в) профілактичний ремонт машини безперервного лиття виконується в термін 7÷9 годин на один тиждень, за винятком одного тижня кожного місяця, коли проводять планово-профілактичний ремонт, і двох тижнів на рік, коли проводять капітальний ремонт;
- г) для знешкодження негативних наслідків проривів рівчаків машини витрачають 5÷7 год.

Кількість проривів при безперервній розливці сталі залежить від таких параметрів як швидкість розливки, від тривалості паузи між розливками, від кількості плавок і приблизно дорівнює 0,5÷2% кількості здійснених плавок. Впродовж року здійснюють плавку на машині безперервного лиття, що визначається формулою:

$$n_{пл} = \frac{\Phi}{\tau_p + \frac{\tau_n}{n_c}}, \quad (2.11)$$

де Φ – фонд часу роботи машини безперервної розливки сталі, який можна може дорівнювати у межах $(6,9 \div 7.2) \cdot 10^3$ год/рік; приймаємо 7200 год/рік, що менше розрахованого

τ_n – тривалість паузи між плавками на сталеплавильному агрегаті, год, приймаємо 2 год.

n_c – кількість плавок, що здійснюється в серії, приймаємо 10 плавок.

Оптимальне число плавок в серії вважається менше двадцяти. У середньому рекомендується приймати, що кількість плавок дорівнює 10 за одну серію.

Під час розливки і кристалізації рідного матеріалу відбувається зношення мідних стінок кристалізатора-охолоджувача. Тому його потрібно регулярно змінювати. Зміна відбувається кожні 100 плавок. Зміна кристалізатора триває протягом 30-40 хв.

З конструкції машини безперервного розлиття сталі видно, що одразу за кристалізатором встановлено зону вторинного охолодження. Ця зона, також, з часом під час роботи зношується. Через це її потрібно змінювати кожні 70÷90 плавок. Тривалість такої заміни триває 90÷110 хв.

Періодично відбувається на машині безперервної розливки сталі зміна розмірів заготовок. Для цього потрібно перенастроювати машину. Тривалість такого перенастроювання дорівнює 6÷7 год. Таке перенастроювання здійснюється від трьох до п'яти раз на місяць.

Коефіцієнт використання машини безперервного лиття сталі визначається відношенням річного фонду роботи машини до річного фонду роботи відділення безперервного розливання.

Таким чином, ми створили умови, що дозволяють отримати якісний квадратний виріб, що має розміри 100x100 мм, у якого вдалося зменшити внутрішні дефекти такі як тріщини, пори, створити більш однорідну структури і збільшити швидкість кристалізації, зменшити час обробки. Чим і підвищили вихід готового матеріалу на 20 %.

2.5 Вплив технологічних параметрів процесу на якість безперервно-литого виробу

На внутрішню структуру сталевих виробів, що отримано безперервної розливкою, суттєвий вплив має технологічні параметри процесу розливки. На якість матеріалу впливає інтенсивність охолодження його у кристалізаторі, особливо це помічено у зоні вторинної кристалізації. Від цих показників залежить розмір структурних зон, центральна осьова пористість, ліквіація, пори, тріщини тощо. Особливий вплив на процес мають такі параметри, як температура металу в проміжному ківші і подальша витяжка матеріалу.

2.5 Висновки до розділу

Розглянуто способи безперервної розливки сталі і внесено пропозиції щодо удосконалення технології виготовлення прямокутної смуги, що має розмір 100x100 мм.

Такі заходи полягають у тому, що у зоні вторинного охолодження матеріалу, що кристалізується, накладається вібраційна дія з частотою від 50 до 75 Гц за допомогою пневмомеханічного генератора хвиль, що спрямована перпендикулярно виходу металу з кристалізатора, де відбувається первинна кристалізація квадратного сталевого матеріалу, що має розміри 100x100 мм. Такі вібраційні дії дозволяють удосконалити структуру матеріалу за рахунок більш рівномірного та направлено затвердіння, що забезпечить збільшення випуску годного матеріалу, його якості, зменшити відсоток браку та обрізі. Такі заходи дозволяють збільшити вихід годного матеріалу на 20 %.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Заходи з удосконалення технологічних рішень

Заходи з оптимізації діяльності машини безперервного лиття заготовок полягають у тому, що у зоні вторинного охолодження матеріалу, що кристалізується, накладається вібраційна дія з частотою від 50 до 75 Гц за допомогою пневмомеханічного генератора хвиль, що спрямована перпендикулярно виходу металу з кристалізатора, де відбувається первинна кристалізація квадратного сталевого матеріалу, що має розміри 100x100 мм. Така вібраційна дія дозволяє максимально покращити умови кристалізації виготовляемого виробу за рахунок покращення внутрішньої структури матеріалу через її упорядкування за рахунок зменшення зони стовпчастих кристалів, зменшення внутрішніх, які призводять до утворення внутрішніх дефектів таких як тріщини, пори. Це дозволяє знизити кількість матеріалу,

що спрямовано у обріз та відходи. Отримується більш щільний матеріал, збільшується швидкість кристалізації і, відповідно зменшується час, що потрібно для виготовлення виробу. Такі заходи дозволяють підвищити вихід годного матеріалу і, відповідно обсяг виробництва. Таким чином, в роботі передбачено можливість збільшити річний обсяг виробництва продукції на 20 %.

Але для утворення вібраційної дії з заданою частотою коливань потрібно додаткове устаткування: пневмомеханічний генератор, який має доволі просту конструкцію і не важкий в обслуговуванні та надійний в роботі.

3.2 Виробнича програма

Обсяг виробництва продукції цеху безперервної розливки визначають виходячи з річного фонду робочого часу і питомої продуктивності машини безперервної розливки сталі [1, 27, 44].

Річну виробничу потужність машини безперервної розливки, що забезпечує отримання сталевих квадратів розміром 100x100 мм розраховують за формулою:

$$Q = P_T T_\Phi, \quad (3.1)$$

де Q – річна виробнича потужність, т;

P_T – технічна норма годинної продуктивності машини безперервної розливки сталі, т;

T_Φ – фактичний час роботи машини безперервного лиття сталі, год.

Фактичний час роботи машини безперервної розливки сталевих виробів розраховують за формулою:

$$T_\Phi = [T_K - (T_{вих} + T_{св} + T_{к.р})] r_{зм} (100 - T_{нр}) / 100, \quad (3.2)$$

де T_K – календарний час дії машини безперервної розливки сталі, дів;

$T_{вих}$ – кількість вихідних днів на рік;

$T_{св}$ – святкові дні на рік;

$T_{к.р}$ – тривалість капітальних ремонтів, що відбулося за рік, дів;

r – кількість змін роботи за одну добу;

$t_{зм}$ – тривалість однієї зміни, год.;

T_{np} – тривалість простоїв у відсотках до номінального часу роботи.

Врахувавши усі чинники, що впливають на роботу обладнання, враховуючи усі види ремонту, отримаємо фактичний час роботи машини безперервного лиття:

$$T_{\phi}=7700 \text{ год.}$$

Технічна норма продуктивності машини безперервного розлиття квадратних сталевих виробів, що мають розмір 100x100 мм, визначаються за формулою:

$$P_T=3600M/t, \quad (3.3)$$

де M – маса потрібного виробу, що отримується безперервною розливкою визначається за формулою:

$$M= hxbxl\rho,$$

де h – висота виробу, дорівнює 100 мм;

b – ширина виробу, дорівнює 100 мм;

l – довжина виробу, дорівнює 12 м;

ρ – густина матеріалу виробу, для сталевих виробів дорівнює 7860 кг/м³.

Підставивши перелічені дані, отримаємо:

$$M=0,943 \text{ т;}$$

Машина має 5 струмків, що значить, що одночасно виготовляється 5 виробів. Тоді маса усіх виробів дорівнює:

$$M=0,943 \times 5=4,7 \text{ т}$$

t – такт роботи устаткування, що витрачається на виготовлення виробу, с; визначається за формулою:

$$t=t_M+t_{II};$$

t_M – машинний час роботи обладнання, що необхідно для виготовлення одиниці виробу на машині безперервної розливки, який дорівнює $t_M=39,84$ хв;

$$t_{II} = \text{час пауз, } t_{II} = 5 \text{ хв.}$$

Тоді, такт роботи машини безперервної розливки матеріалу дорівнює 44, 84 хв, або 2690 с.

Технічна норма продуктивності для машини безперервної розливки квадратного сталевого виробу дорівнюється:

$$P_T = 3600 \cdot 4,7 / 2690 = 6,3 \text{ т/год.}$$

Річний обсяг виробництва продукції, що виготовляється на одній машині безперервної розливки до модернізації за формулою 3.1 буде дорівнюватися:

$$Q_{\text{до}} = 6,3 \cdot 7700 = 48510 \text{ т/рік.}$$

Запропоновані пропозиції дозволяють збільшити обсяг виробництва сталевого квадрату на машині безперервної розливки. На підставі отриманих даних видно, що після введення вібраційної дії у зоні вторинного охолодження відбувається збільшення обсягу виробництва за рахунок збільшення годного матеріалу до 20 %, що складає:

$$Q_{\text{після}} = Q_{\text{до}} \cdot K, \quad (3.4)$$

де $Q_{\text{до}}$ – річний обсяг виробництва ливарної продукції у цеху до впровадження наведених рекомендацій, т;

K – коефіцієнт збільшення обсягу виробництва, який після встановлення пневматичного генератору у зону вторинного охолодження з метою утворення вібрацій: $K = 1,2$.

$$Q_{\text{після}} = 48510 \cdot 1,2 = 58212 \text{ т/рік.}$$

Збільшення обсягу виробництва ΔQ складе:

$$\Delta Q = Q_{\text{після}} - Q_{\text{до}} = 58212 - 48510 = 9702 \text{ т.}$$

Значить збільшення обсягу виробництва за новою технологією відбулося на 9702 т.

3.3 Визначення амортизаційних відрахувань

Перелік основного та допоміжного обладнання, що використовується для виготовлення сталевих квадратів 100x100 мм та амортизаційні відрахування на них занесено в таблицю 3.1.

Амортизаційні відрахування розраховували за формулою:

$$AB = V_{поч} \cdot H_a. \quad (3.5)$$

Залишкова вартість обладнання:

$$V_{зал} = V_{поч} - AB. \quad (4.6)$$

Таблиця 3.1 — Розрахунок амортизаційних відрахувань

| Назва обладнання | Вартість на початок року, млн. грн | Амортизаційні відрахування, млн. грн. | Залишкова вартість осн. зас., млн. грн. |
|--|------------------------------------|---------------------------------------|---|
| Будівлі і споруди | | | |
| Будівля дільниці | 67,5 | 3,37 | 63,13 |
| Склад | 59,0 | 2,96 | 56,04 |
| АПП | 43,2 | 2,16 | 41,04 |
| Основне обладнання | | | |
| Підйомно-транспортне обладнання | 20,5 | 1,1 | 19,9 |
| Вузли машини безперервної розливки сталі | 56,7 | 2,8 | 52,9 |
| Прокатна кліть | 19,0 | 0,95 | 18,05 |
| Система охолодження | 14,9 | 3,97 | 10,93 |
| Допоміжне обладнання | | | |
| Ножиці для розрізання | 12,15 | 2,2 | 9,95 |
| Калібрувальний інструмент | 14,0 | 2,8 | 11,91 |
| Рольганги | 8,2 | 2,03 | 6,17 |
| Гаковий кран | 30,3 | 6,1 | 24,2 |
| Σ | 345,45 | 17,2 | 328,2 |
| Нове обладнання (устаткування пневмомеханічного) | 0,35 | 0,017 | 0,28 |

| | | | |
|-------------|-------|-------|--------|
| генератору) | | | |
| Σ | 345,8 | 17,22 | 328,48 |

Амортизаційна вартість на одну тону ливарної продукції:

– до використання нового обладнання, що забезпечує вібрації:

$$AB_{\text{до}} = \sum AB / Q_{\text{пл}} = 17200000 / 48510 = 345,6 \text{ грн.}$$

– після впровадження нового вібраційного обладнання:

$$AB_{\text{після}} = 17220000 / 58218 = 293,4 \text{ грн.}$$

Зміни амортизаційної вартості на одну тону ливарної продукції:

$$\Delta AB = AB_{\text{після}} - AB_{\text{до}} = 293,4 - 345,6 = - 47,2 \text{ грн.}$$

Амортизаційна вартість на 1 тону ливарної продукції зменшується, навіть при збільшенні абсолютного значення амортизаційних відрахувань через те, що збільшується обсяг виробництва продукції.

3.4 Розрахунок вартості матеріальних ресурсів

Вироби, які були отримані в умовах накладення вібраційної дії у зоні вторинного охолодження мають покращення внутрішньої будови матеріалу за рахунок отримання рівномірної рівновісної структури, уникнення внутрішніх тріщин та пор, це зменшить витрати металу на обріз, що забезпечує зниження втрат металу на 20 %.

Склад матеріальних ресурсів та результати розрахунку їх вартості показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вартість матеріальних ресурсів

| Назва матеріалу з вказуванням одиниць виміру | Норма використання, нат. одиниць | Ціна, грн. | Кількість використання за базовою технологією, грн. | Кількість використання за новою удосконаленою технологією, грн. |
|--|--|------------|---|---|
| | за базовою технологією /за новою удосконаленою технологією | | | |
| Сировина і основні ливарні матеріали, т | 1,00 | 9000 | 9000 | 9000 |

| | | | | |
|--|-------|------|------------|------------|
| Допоміжні матеріали: | | | | |
| Енерговитрати, кВт·год. | 20,73 | 1,7 | 105,7 | 105,7 |
| Вода на один. продукту, м ³ | 7,9 | 31,4 | 248,1 | 248,1 |
| Σ на 1 т продукції, грн./т | | | 9353,8 | 9353,8 |
| Річний обсяг виробництва, т | | | 48510 | 58212 |
| Σ на 1 рік, тис. грн. | | | 453714,030 | 544503,406 |

Чисельність робітників ливарного цеху і річний фонд їх заробітної плати наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок штату робітників цеху безперервної розливки і фонду заробітної плати за новою технологією

| Професії робітників | Штат, осіб | | Тарифна ставка, грн. | | Кількість відпрацьованих змін | ФОП, тис. грн. |
|--|------------|-----------|----------------------|----------|-------------------------------|----------------|
| | явочний | списковий | погодина | за зміну | | |
| Оператор | 6 | 6 | 124 | 992 | 180 | 178560 |
| Крановщик | 6 | 6 | 120 | 960 | 180 | 172800 |
| Слюсар ремонтник | 4 | 4 | 100 | 800 | 180 | 144000 |
| Настроювальник | 6 | 6 | 124 | 992 | 180 | 178560 |
| Терміст | 6 | 6 | 120 | 960 | 180 | 172800 |
| Всього | 28 | 28 | - | 26600 | | 846720 |
| Премії (30%) | | | | | | 254016 |
| Доплати за роботу в нічний час (20 %) | | | | | | 169344 |
| Всього основна заробітна плата | | | | | | 1270080 |
| Додатковий ФЗП (20%) | | | | | | 254016 |
| Всього загальний ФЗП | | | | | | 1524096 |
| Відрахування на соцстрах (22 % від усього) | | | | | | 335301,12 |
| Σ | | | | | | 1859397,12 |

Фонд заробітної плати робітничого персоналу після нових технічних рішень зменшився в 1,2 разів за рахунок зменшення трудомісткості операцій з видалення дефектів зливка, тобто за базовою технологією потрібно для

здійснення технологічного процесу 28 робітників і фонд заробітної плати – 2231276,54 грн.

Фонд заробітної плати до впровадження нових рішень складає:

$$\Phi ЗП_{1т до} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}}) / Q_{\text{до}} = 2231276,5 / 48510 = 46 \text{ грн./т.}$$

Після модернізації при впровадженні нових технічних рішень

$$\Phi ЗП_{1т після} = 1859397 / 58212 = 32 \text{ грн./т.}$$

Середньомісячна заробітна плата одного працівника:

$$ЗП_{\text{роб}} = \text{ОЗП}_{\text{всього}} / n \cdot 12 = 1859397,12 / 28 \cdot 12 = 15533 \text{ грн.}$$

Розраховуємо ЗП адміністративного та обслуговуючого персоналу підрозділу. Результати розрахунку покажемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Визначення витрат на утримання адміністративного та обслуговуючого апарату

| Посада | Кількість, осіб | Оклад, грн. | Річний ФЗП, грн. |
|--------------------------------|-----------------|-------------|------------------|
| Начальник цеху | 1 | 40000 | 480000 |
| Заступник начальника цеху | 1 | 35000 | 420000 |
| Технолог | 1 | 28000 | 336000 |
| Майстер | 2 | 27000 | 324000 |
| Прибиральниця | 1 | 8000 | 96000 |
| Всього | 6 | | 1656000 |
| Премії (30%) | | | 496800 |
| Всього основна заробітна плата | | | 16564968 |
| Додаткова заробітна плата | | | 331299 |
| Всього | | - | 1987299,36 |
| Відрахування на соцстрах (22%) | | | 437205,8 |
| Σ | | | 2424505,22 |

Вплив заробітної плати на собівартість безперервно-литого квадрату, що має розмір 100x100 мм до впровадження нових технічних рішень:

$$\Phi ЗП_{1т до} = (\text{ФОП} + V_{\text{соц}}) / Q_{\text{до}} = 2424505,22 / 48510 = 49,97 \text{ грн./т.}$$

Після впровадженні нових технічних рішень отримаємо:

$$\Phi ЗП_{1т після} = 2424505,22 / 58212 = 41,65 \text{ грн./т.}$$

Значить, після впровадження нових технічних рішень з виготовлення продукції зменшується вплив заробітної плати на собівартість продукції, що є позитивним рішенням.

3.5 Калькуляція собівартості металопродукції

Планування та облік собівартості безперервної розливки квадратної сталі, що має розмір 100x100 мм відбувається за наступними пунктами:

1. Витрати, які йдуть на оплату праці робітників та керівників підрозділу з відрахуваннями на соціальні заходи.
2. Витрати, які йдуть на електроенергію.
3. Витрати, які йдуть на вихідну сировину та інші вихідні матеріали.
4. Планові витрати, що витрачаються на технічне обслуговування і ремонт, відновлення машини безперервної розливки сталі, що приймається в розмірі 10% їхньої вартості.
5. Амортизаційні відрахування на повне відновлення устаткування безперервної розливки сталі.
6. Накладні виробничі витрати, що здійснюються при отриманні безперервнолитої заготовки 100×100 мм.

Відомості про величини витрат за окремими статтями визначаються на підставі здійснення попередніх розрахунків. З метою визначення загальної собівартості безперервно-ливої сталевих продукції розраховують наступні накладні витрати:

- утримування виробничо-технічної бази, що вважається експлуатаційними витратами і приймаються на рівні 7-10 % від її вартості.
- розрахунок собівартості виробництва безперервно-ливої сталевих продукції виконується у формі таблиці 3.5.

При цьому визначається собівартість одиниці сталевих продукції, що отримано безперервною розливкою та виробнича собівартість планового обсягу виробництва.

Таблиця 3.5 – Калькуляція собівартості безперервно-ливого квадрату, що має розмір 100×100 мм

| № з/п | Статі витрат | Всього витрат, грн. | Витрати на 1 т, грн. | Питома вага, % |
|-------|-------------------------------------|---------------------|----------------------|----------------|
| 1 | Заробітна плата з відрахуваннями на | | | |

| | | | | |
|---|---|------------|---------|-------|
| | соціальні заходи | | | |
| | - за базовою технологією | 4283902,22 | 88,2 | 0,87 |
| | - за новою технологією | 4283902,22 | 73,6 | 0,74 |
| 2 | Сировина та вихідні матеріали | | | |
| | матеріали | 436590000 | 9000 | 88,5 |
| | - за базовою технологією | 523908000 | 9000 | 90 |
| | - за новою технологією | | | |
| 3 | Технічне обслуговування і поточний ремонт та відновлення ливарного обладнання (10% вартості обладнання) | | | |
| | - до впровадження нового обладнання | 34545000 | 712 | 7,0 |
| | - після впровадження нового обладнання | 34580000 | 590 | 6,0 |
| 4 | Амортизаційні відрахування: | | | |
| | - до впровадження нового обладнання | 17200000 | 354,5 | 3,4 |
| | - після впровадження нового обладнання | 17220000 | 298,3 | 3,0 |
| 5 | Накладні витрати | | | |
| | - базовою технологією | 390958 | 0,638 | 0,23 |
| | - за новою технологією | 409825 | 0,699 | 0,33 |
| 6 | Всього: | | | |
| | - за базовою технологією | 493009860 | 10163 | |
| | - за новою технологією | 580401727 | 9970,48 | 100,0 |

З таблиці видно, що собівартість 1 тони продукції зменшилася.

Виконаємо розрахунок загальної суми доходу від реалізації продукції, її прибутку та рентабельності.

Ціни продукції, що визначається на основі планових розрахунків:

$$Ц = 1,2 \cdot C, \text{ грн./т,}$$

де C – собівартість одиниці продукції, що отримано безперервним литтям сталевий заготовки, грн./т.

з розрахунків отримано, що собівартість продукції дорівнює:

$$C_{\text{до}} = 10163 \text{ грн./т; } C_{\text{після}} = 9979,87 \text{ грн./т.}$$

$$Ц_{\text{до}} = 1,2 \cdot 10163 = 12195,6 \text{ грн./т.}$$

$$Ц_{\text{після}} = 1,2 \cdot 9970,48 = 11968,644 \text{ грн./т.}$$

Для визначення загальної величини доходу скористуємося методом прямого розрахунку за видами діяльності.

Сума доходів від продажу сталевий безперервно-литого виробу

визначається як добуток кількості проданої продукції і ціни на цю продукцію:

$$D = \sum(C_i \cdot Q_i), \text{ грн.}$$

$$D_{\text{до}} = 12195,6 \cdot 48510 = 591608556 \text{ грн.}$$

$$D_{\text{після}} = 11968 \cdot 58212 = 696681216 \text{ грн.}$$

Доходи від продажу побічної продукції до якої відносяться скрап, шлак, надання послуг чи робіт, що властиві даному підрозділу з постачання побічної продукції дорівнюють приблизно 7-10 % від доходів за реалізацію основного виду продукції.

Середня доходна ставка цеху безперервної розливки сталі визначається за формулою: $d_{\text{ср}} = D_{\text{заг}}/Q_{\text{заг}}$

де $Q_{\text{заг}}$ – сумарний обсяг виконаної роботи у вартісних величинах або умовно натуральних одиницях.

Тоді, середня доходна ставка дорівнює:

$$d_{\text{ср до}} = 591608556/48510 = 12195,6 \text{ грн./ ум.нат.од.}$$

$$d_{\text{ср після}} = 696681216/58212 = 12968 \text{ грн./ум.нат.од.}$$

Балансовий прибуток цеху безперервної розливки сталі складає:

$$P_{\text{баз}} = D_{\text{заг}} - ОПБ - С,$$

де $ОПБ$ – розмір обов'язкових відрахувань і платежів у бюджет, грн.;

$С$ – загальна сума витрат цеху безперервної розливки сталі, що відповідає собівартості продукції, грн.

$$P_{\text{бал до}} = 591608556 - 59160856 - 10163 = 532437537 \text{ грн.}$$

$$P_{\text{бал після}} = 696681216 - 69668122 - 9970,48 = 627993114 \text{ грн.}$$

Сума податку на додану вартість складає:

$$ПДВ = D_{\text{заг}} \cdot H_{\text{ам}} / (100 + H_{\text{ам}}).$$

$$ПДВ_{\text{до}} = 591608556 \cdot 10 / (100 + 10) = 53782596 \text{ грн.}$$

$$ПДВ_{\text{після}} = 696681216 \cdot 10 / (100 + 10) = 63334656 \text{ грн.}$$

Для оцінки ефективності прийнятих рішень виконаємо порівняльний аналіз техніко-економічних показників цеху безперервної розливки сталі за попередній період і порівняємо з розрахунковими.

Дані по основних техніко-економічних показниках роботи ливарного цеху за попередній рік приводяться в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 — Техніко-економічні показники роботи цеху

| Показники | Од. виміру | До впровадження заходу | Після впровадження заходу | Відхилення | |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------------|------------------|
| | | | | абсолютне | віднос- не, % |
| Випуск продукції | т | 48510 | 58212 | 9702 | 20 |
| Годинна продуктивність | т/год. | 90 | 114 | 24 | 20 |
| Ефективний час роботи | год. | 7400 | 7400 | - | - |
| Виробничі фонди цеху, у т. ч.: | тис. грн. | | | | |
| - основні засоби | | 345450 | 348950 | 3500 | 10 |
| - оборотні кошти | | 453714 | 544503 | 795510 | 20 |
| Фондовіддача | грн./грн. | 12,3 | 15 | 2,7 | 16 |
| Чисельність персоналу | осіб | 34 | 34 | - | - |
| Продуктивність праці | т/особу грн./особу | 1426,76 89377200 | 1720,88 109269371 | 294 19892171 | 20 22 |
| Середньомісячна зарплата одного | грн. | | | | |
| - робітника | | 19540 | 19540 | - | - |
| - працівника | | 33673 | 33673 | - | - |
| Собівартість продукції | грн. 1 т | 493009860 10163 | 580948429 9970,48 | 796552969 192,13 | 22,2 1,9 |

Розрахунок ефективності використання виробничих засобів цеху безперервної розливки сталі виконується у наступній послідовності:

Рівень рентабельності виробничих засобів цеху безперервного лиття заготовок визначається за формулою:

$$R = [П_{\text{баз}} / (\Phi_{\text{ос}} + \Phi_{\text{об}})] \cdot 100, \%$$

Після розрахунку дорівнює:

$$R_{\text{до}} = [532437537 / (345450 + 453714)] \cdot 100 = 6,66 \%$$

$$R_{\text{після}} = [627993114 / (348950 + 544503,4)] \cdot 100 = 7,02\%$$

де $\Phi_{\text{ос}}$ – вартість основних засобів, грн.;

$\Phi_{\text{об}}$ – оборотні кошти ливарного цеху в розмірі нормативу, грн.

Це свідчить про те, що рентабельність після впровадження пропонуємих засобів зростає.

$$\Phi B = D_{\text{заг}} / \Phi_{\text{ос}}, \text{ грн./грн.}$$

$$\Phi B_{\text{до}} = 12,3 \text{ грн./грн.}$$

$$\Phi B_{\text{після}} = 15 \text{ грн./грн.}$$

Коефіцієнт оборотності оборотних засобів (кількість оборотів):

$$n_{\text{об}} = D_{\text{заг}} / \Phi_{\text{об}}, \text{ оборотів.}$$

$$n_{\text{об. до}} = 591608556 / 453714000 = 1,303.$$

$$n_{\text{об. після}} = 696681216 / 544503000 = 1,279.$$

Тривалість одного обороту:

$$t_{\text{об}} = 360 / n_{\text{об}}, \text{ дні.}$$

$$t_{\text{об до}} = 360 / 1,3 = 277 \text{ дні.}$$

$$t_{\text{об після}} = 360 / 1,28 = 281 \text{ дні.}$$

Граничний рівень запасів товарно-матеріальних цінностей на одиницю доходу від отриманої продукції:

$$Z_{\text{гр}} = [\Phi_{\text{об}} / D_{\text{заг}}] \cdot 100, \text{ коп./грн.}$$

$$Z_{\text{гр до}} = 453714000 / 591608556 = 0,77 \text{ коп./грн.}$$

$$Z_{\text{гр після}} = 544503400 / 696681216 = 0,78 \text{ коп./грн.}$$

Висновок до розділу

Розрахунок економічної ефективності роботи цеху безперервної розливки сталі, з урахуванням прийнятих заходів з введення додаткових устаткувань з метою збільшення виходу годного металу, показав що такі заходи дозволяють збільшити випуск продукції на 9702 грн, що складає 20 %, собівартість однієї тони продукції існує можливість зменшити на 192 грн, що складає 1,9 %, продуктивність праці робітника збільшується на 20 %, збільшується рентабельність виробництва. Такі заходи дозволяють збільшити годинну продуктивність цеху безперервного лиття заготовок на 24 г/год, що складає 20 %, що вказує на те, що прийняте технічне рішення є економічно обгрунтованим і ефективним.

4 САНІТАРНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ НАУКОВО-ДОСЛІДНОЇ РОБОТИ

Мащини безперервної розливки сталі встановлюються у гарячих цехах металургійного підприємства між електросталеплавильної піччю та прокатним станом. Продукція такої машини може бути кінцевої та відправлятися на інші підприємства, а може в подальшому надходити до обтискних цехів того ж підприємства.

У цехи безперервного лиття сталі надходить сталь у розплавленому вигляді, температура матеріалу може досягати до 1600 °С.

Така температура має дуже негативний вплив на здоров'я людини, погіршує умови праці та самопочуття робітника.

Також в цеху безперервної розливки сталі утворюється значний рівень пилу та шуму, що також негативно впливає на здоров'я робітника.

Рівень шуму зростає при введенні вібрацій у зону вторинного охолодження матеріалу, які зовні накладаються для поліпшення структури матеріалу під час кристалізації.

Також при цьому спостерігається і значне забруднення навколишнього середовища.

Також існує багато і інших небезпек, до яких можна віднести роботу розливного ківшу, з якого рідка гаряча сталь виливається у проміжний ківш, небезпечною є робота вантажопід'ємних кранів, які також слугують для переміщення гарячих металів та сплавів.

До небезпечних чинників відноситься також те явище, що викликає враження електричним струмом робітників під час пошкодження ізоляції, або при ремонті електричних мереж, що розташовані у цеху. Існує можливість враження електричним струмом через те, що може потрапити блискавка в металеві частини будівлі цеху.

Окрім цього існує небезпека, що пов'язана з великою кількістю масивних деталей, які рухаються та обертаються під час технологічного процесу. Також існує небезпека потрапляння до них частин одягу або тіла працівника, або випадкове роз'єднання деталей та вузлів і вилітання цих деталей у бік працюючого.

При роботі обладнання примусові вібрації, які викликає пневмомеханічний генератор мають великий вплив на погіршення не тільки фізичного стану робітника, а також мають негативний вплив на психологічний його стан, що знижує продуктивність праці робітника, його увагу.

Через такі небезпеки, що можуть виникнути при роботі машини безперервної розливки сталі при застосуванні вібрацій при кристалізації безперервно-ливої сталі, потрібно передбачити ряд заходів, які забезпечать зменшення шкідливого впливу на здоров'я робітника та його оточуючих працівників.

Визначимо такі заходи в окремих підрозділах цеху або на окремих ділянках обладнання.

Особливо небезпечним є місце розливки сталі та сплаву з розливного ківшу у проміжний через дуже високу температуру матеріалу, що розливається. Тому з метою підвищення безпеки потрібно передбачити можливість регулювання температури, необхідного тиску. Потрібно передбачити встановлення у місті розливки автоматичного регулювання подачі металу та сплаву у проміжний ківш, автоматичне перемикання відповідних клапанів. Виконувати ретельний контроль зі спеціальних пультів курування, що розташовані над машиною безперервної розливки. Такі пульти керування потрібно знизу обладнати тепловідбивними щитами, які додатково потрібно теплоізулювати.

На розливні ківші потрібно встановлювати кришки, які встановлено на герметичний прошарок що виконаний з піску. Такі заходи забезпечують надійне розливання рідкого матеріалу та утримання рідкого матеріалу у

ківшу. Відкриття такої кришки відбувається за допомогою електричного мостового крану, які також повинні бути надійно захищені. Керування такими кранами відбувається автоматично. Для цього встановлено поряд пульти керування. Крани мають звукову сигналізацію, яка повинна забезпечувати переміщення їх по цеху до проміжного ківшу.

Потрібно огородити простір навколо місця розташування та переміщення електричного мостового крану сіткою для уникнення пошкодження робітників рухливими елементами обладнання.

Машина безперервного лиття також огороджується для того, щоб коли вона працює робітники не потрапляли у зону діє небезпечного обладнання. Захисні щити потрібно встановити з метою запобігання розбризкуючого металу та сплаву на людину. Усе працююче обладнання загороджується захисними щитами та сіткою під час розливання металу з розливного ківшу до проміжного.

Потрібно ретельно захистити пульт керування, де спостерігається за роботою ківшів з рідким металом та сплавом під час їх розливання. Для цієї мети використовують оглядові вікна, що виконані з армованого скла. Підлоги та стіни пультів керування потрібно виконувати з теплоізолюючого матеріалу. Про роботу розливних ківшів повинна оповіщати спеціальна сигналізація.

За рухом процесу розливання металу та сплаву спостерігаємо, використовуючи систему відеоспостереження. Така система дозволяє керувати технологічним процесом дистанційно. Контроль якості технологічного процесу відбувається на спеціальних постах керування.

При виготовленні виробу утворюється окалина, яку потрібно прибрати. Вона прибирається автоматично, складається у спеціальні коробки, з яких змивається водою за допомогою спеціального пристрою і спрямовується у відстійники.

Потрібно унеможливити контакту робітників з нагрітим матеріалом. З цією метою гаряча лінія огороджується захисними устаткуваннями. Для

безпечного руху робітників через ділянки встановлюються спеціальні стійкі містки, які повинні мати суцільне сухе і неслизьке покриття.

Електричні двигуни, що мають окремий привід, розташовують у окремому приміщенні, доступ до якого мають відповідальні електрики у випадку аварійної зупинки машини безперервного розливу сталі. Потрібно щоденно виконувати огляд електричного обладнання. Усі електродвигуни та трансформатори повинні бути заземленими, тому що вони є джерелом електромагнітних хвиль. Будівлю, в якій розміщено електричне обладнання повинна бути забезпечена громовідводами.

Для переміщення рідкого металу в цеху використовують мостові електричні крани, які повинні бути обладнані системою звукового оповіщення про початок їх роботи.

Для проходу робітників присутні спеціальні пішохідні галереї, які повинні бути розташовані поза обладнанням машини безперервного лиття. Також для проходу людей використовують підземні переходи та спеціальні мостики, які повинні знаходитися поза зоною дії електричних мостових кранів. Усі пішохідні переходи потрібно будувати з металевого неслизького покриття, облаштовувати поручнями, що мають суцільне обшивання знизу. Такі ж засоби використовують і для оглядових та перехідних містків та для сходів.

Потрібно забезпечити робітників усім необхідним освітленням, яке здійснюється через спеціальні аеросвітлові ліхтарі, через відкриті вікна та пройми, які призначені для проїзду автомобільного та залізничного транспорту. В денний час світло може надходити через вікна, які повинні бути розташовані на вертикальних стінах будівлі на висоті від 3 до 5 метрів від рівня підлоги. Освітлення у нічний час здійснюється за допомогою ртутних ламп ДРЛ-700. У пультах керування та проходах і галереях потрібно забезпечити освітлення використанням звичайних ламп, що мають потужність 100 Вт.

На робочих місцях повинна бути оптимальна температура оточуючого середовища, що забезпечити добре самопочуття робітника і високу продуктивність праці. У літній період така температура повинна відповідати температурі навколишнього середовища і, в цілому, не перевищувати 28 28°C. У випадку, якщо температура перевищує граничну межу, потрібно встановлювати природню, або змішану вентиляцію.

К будинок повітря може проникати природньо через вікна, що знаходяться збоку та мають двосторонню конструкцію. Для вимушеної вентиляції на даху будівлі розташовують аераційні ліхтарі марки МІОТ-2.

Також штучна вентиляція проникає через повітропроводи від центральної системи повітряного забезпечення.

Штучна загальна вентиляція виникає через повітропроводи від центральної системи повітряного забезпечення. Вона необхідна для додаткового охолодження місць із підвищеним тепловим випроміненням, які мають пульти керування в нагрівальному відділі. В літні періоди додатково до повітря може додаватися розпилена холодна вода.

Для забезпечення оптимальної вентиляції в цеху безперервної розливки виконаємо розрахунок необхідного повітряного обміну.

Для розрахунку необхідного обміну повітря використовують розрахунок на виділення надлишкової температури.

Визначимо надлишкові теплові виділення у приміщенні цеху, які будуть дорівнювати:

$$Q_{\text{надл}} = 1,5 \text{ млн. ккал/год.}$$

Зовнішнє повітря влітку нагрівається до температури $t_{\text{зовн}} = 30^\circ \text{C}$.

Повітря підіймається на висоту від підлоги до центру витяжних фрамуг, яка дорівнює $H = 22 \text{ м}$.

Температура повітря в робочій зоні цеху, де відбувається безперервна розливка сталі за нормативами не перевищує температуру зовнішнього повітря більше, як на 3-5° С. Через це температура в робочій зоні, де відбуваються процеси кристалізації безперервно-литого матеріалу, повинна не перевищувати можливу температуру у робочій зоні і дорівнювати:

$$t_{p.z.} = t_{зовн} + 4^{\circ} = 30 + 4 = 34^{\circ} \text{ C.}$$

З зовнішнього боку до цеху входить температура, яка визначається за формулою:

$$t_{відх} = t_{p.z.} + k \cdot (H - h), \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт збільшення температури за висотою цеху безперервної розливки сталі, уявляє собою температурний градієнт, який для цехів, де здійснюється безперервна розливка сталі знаходиться в межах 1...1,5. Приймаємо в розрахунках рівним $k = 1$;

h – висота робочої зони, м, що дорівнює для цеху безперервної розливки сталі близько 2 м.

Тоді температура, що надходить ззовні дорівнює:

$$t_{відх} = 34 + 1 \cdot (22 - 2) = 54^{\circ} \text{ C.}$$

Необхідний вентиляційний повітряний обмін у цеху безперервної розливки сталі визначається за формулою:

$$G = Q_{надл} / c \cdot (t_{відх} - t_{зовн}), \quad (4.2)$$

де c – теплоємність сухого повітря, що надходить до цеху, ккал/кг·год, дорівнює $c = 0,24$ ккал/кг·год.

Тоді, повітряний обмін буде дорівнювати:

$$G = 1500000 / [0,24 \cdot (54 - 34)] \approx 271740 \text{ кг/год.} \approx 75,8 \text{ кг/с.}$$

У результаті розрахунку видно, що необхідний вентиляційний повітрообмін 271740 кг/год. або за приблизними розрахунками дорівнює 75,8 кг/с.

Від пилу працівників можна захистити за допомогою респіраторів, що мають марку пелюсток 200. Від металевого пилу потрібно захищати очі, для чого потрібно використовувати захисні окуляри [52, 53].

У цеху потрібно передбачити пожежну безпеку. Цех безперервної розливки сталі за пожеженебезпечністю відноситься до категорій В та Г через те, що у ньому знаходяться рідини та рідкий метал, що мають температуру загорання понад 610°C та спостерігаються у повітрі пил, що

здатен займатися при концентрації вище 65 г/м^3 , також у цеху присутні джерела запалювання, що виникають при високій температурі металу, який кристалізується. Можуть виникати іскри при терті металевих частин машини безперервного лиття сталі та інших механізмів, присутні такі механізми, які використовують велику напругу та у повітрі присутні неспалені горючі речовини. Через це будівлю цеху потрібно виконувати за II і III ступенями вогнебезпечності. Існують особливі вимоги до матеріалу, з якого виконано будівлю цеху.

При спорудженні цеху безперервної розливки сталі у якості будівельного матеріалу використовують залізобетон, цеглу та метал.

Ступінь пожежної небезпеки на підприємстві та у цеху характеризують сукупність усіх прийнятих заходів, що здатні попереджати появу вибухонебезпечних або пожежонебезпечних ситуацій.

Найбільш небезпечними у цеху безперервної розливки сталі вважаються машинні зали, лінії електропередач, склади мастил, газові комунікації та пости керування. Також до пожежонебезпечних місць відносяться місця, де проходить розплавлений метал.

Заходи, що використовують для попередження пожежі [53]:

– у тих місцях, де зберігають мастила, заборонено прокладати лінії електропередач, потрібно запобігати створенню відкритого джерела займання, усі матеріали потрібно зберігати у герметичних закритих резервуарах з метою виключення випаровування горючих металевих матеріалів, склад мастил не розташовують поруч з основним обладнанням безперервної розливки сталі через можливість загоряння мастил;

– електричні двигун з метою попередження перегрівання під час роботи потрібно використовувати регулярно охолодження, місця, де розташовують кабелі, необхідно обладнувати протипожежними перепонами, яким притаманна висока пожежна стійкість;

– потрібно під час роботи постійно здійснювати спостереження за рівнем мастила у систему для чого використовується автоматична система спостереження.

Існуючі спорудження, будинки та їх приміщення, технологічне устаткування, що знаходиться у них, повинні бути забезпечені засобами гасіння пожежі, а саме: ящиками, що містять пісок, вогнегасниками, бочками з водою, пожежними відрами, покривалами з вогнетривкого теплоізоляційного матеріалу, совковими лопатами, пожежним інструментом таким, як ломи, баграми, сокири. Їх використовують для локалізації пожежі на початковій стадії.

Увесь пожежний інвентар та первинні засоби пожежогасіння повинні бути у робочому стані та розташовані на легкодоступних місцях, які забезпечують безперешкодний вільний доступ до них. Потрібно регулярно здійснювати їх огляд та перевірку наявності і працездатності усіх протипожежних інструментів. Така перевірка здійснюється щорічно.

Потрібно щоб у цеху знаходилися вказівки їх місцезнаходження, для чого встановлюють потрібні вказівні знаки на видних та доступних місцях на висоті від 2 до 2,5 м від рівня підлоги як у середині приміщення цеху, так і поза його приміщенням.

У випадку пожежі для її тушіння в цеху безперервної розливки сталі передбачено гідросистему, що має у своєму складі десять кранів де приєднуються пожежні рукави. Протягом роботи у системі постійно підтримується тиск від 6 до 8-ми атм.

У нагрівному відділенні цеху безперервної розливки сталі передбачено селекторну пожежну сигналізацію, яка призначена оповіщувачи про небезпеку усі відділення цеху.

У цеху безперервної розливки сталі передбачено використовувати хімічно-пінні вогнегасники, що мають марку ВХП-10 і вуглецеві вогнегасники, що мають марку ВВ-2 і ВВ-5. Вогнегасники повинні бути

розташовані на стендах, на пультах керування і в кабінах електричних мостових кранів.

Цех безперервної розливки сталі суттєво забруднює повітряне та водне навколишнє середовище, що має шкідливий вплив на екологію в цілому і на кожну людину окремо.

Тому потрібно забезпечити раціональне використання навколишній природній ресурсів, передбачити створення нешкідливого виробництва в умовах розливки та кристалізації металу в машині безперервного лиття заготовок та забезпечення раціональних умов для роботи працівників цеху.

Суттєвим джерелом забруднення цеху безперервної розливки сталі являється розливка рідкої сталі з розливного ківшу в проміжній ківш, який під ним розташовано. Це джерело є осередком викиду в атмосферу вуглекислого газу та води, що є продуктами згорання органічних речовин і отруйних речей таких, як оксид сірки та вуглецю, оксид фосфору та металевих пил і сажа тощо.

При кристалізації матеріалу, як і при роботі обладнання їх потрібно постійно охолоджувати, для чого при роботі машини безперервного лиття заготовок використовується значна кількість води або іншої рідини. Для виробництва 1 тони металу в цеху безперервної розливки сталі використовується від трьох до шістнадцяти кубічних метрів води. Вода, яка застосовується у цеху має температуру, що дорівнює на 5°C вище, ніж температура води що потрібна для машини безперервного лиття заготовок та має дуже велику кількість шкідливої речовини, до якої відносять такі елементи, як окалина, домішки нафтопродуктів, частки токсичних речовин як органічного, так і неорганічного походження.

У випадку, коли після використання води, її спрямовувати в оточуюче середовище, то буде відбуватися забруднення навколишніх водоймів та ґрунту. Це може призвести до погіршення сільськогосподарських насаджень, здійснювати негативний вплив на худобу. Це все має негативний вплив на усе довкілля, що оточує та навколишнє середовище. Щоб цього уникнути,

потрібно використану воду зберігати у закритих ємностях. Але через її велику кількість це зробити неможливо.

Через це потрібно виконувати очищення відпрацьованої води. Для цього використовують тріступеневе очищення води. Відповідно до цієї схеми на першій ступені очищення використана вода надходить у спеціальні відстійники у яких відбувається осадження окалини та іншого забруднення. На другій стадії вода надходить до горизонтальних відстійників, де здійснюється механічне видалення окалини та інших забруднень за допомогою грейферного крану. На цій стадії також відбувається уловлювання мастил та нафтопродуктів через труби нафтовловлювачів.

Далі здійснюється третя стадія очищення, де вода надходить до спеціальних відстійників, що забезпечують тонкошарове ретельне очищення води.

Після трьох стадій очищення вода потрапляє на градильні, потім її частина може потрапити у річку. Окалина, що була зібрана під час очищення може використовуватися у подальшому в цеху.

Таким чином, очищену воду можна використовувати повторно. Передбачені заходи дозволять працювати в цеху безперервної розливки сталі.

ВИСНОВКИ

В роботі проаналізовано способи безперервної розливки сталі та машини, о дозволяють здійснити цей процес. Це дозволило вибрати радіальну машину безперервного лиття заготовок.

Було розраховано швидкість розливки сталі і продуктивність машини, що дозволило визначити потрібну кількість рівчаків в одній машині. Для забезпечення заданої продуктивності було визначено, що потрібно п'ять рівчаків у радіальній машині безперервного лиття заготовок.

Було проаналізовано технології, що дозволяють отримати якісну продукцію, визначено переваги і недоліки, досліджено структуру матеріалу,

що отримується на виході з машини безперервної розливки сталі, причини, що призводять до зниження якості структури матеріалу.

Було запропоновано для підвищення якості внутрішньої структури та збільшення виходу годного металу, здійснювати вібраційний вплив на матеріал під час кристалізації на виході з машини безперервного лиття сталі. Для цього пропонується використовувати додаткове устаткування: пневмомеханічний генератор хвиль, що простий в обслуговуванні і дозволяє отримати якісну внутрішню структуру матеріалу.

Така вібраційна дія дозволяє максимально покращити умови кристалізації виготовляемого виробу за рахунок покращення внутрішньої структури матеріалу через її упорядкування за рахунок зменшення зони стовпчастих кристалів, зменшення внутрішніх, які призводять до утворення внутрішніх дефектів таких як тріщини, пори. Це дозволяє знизити кількість матеріалу, що спрямовано у обріз та відходи. Отримується більш щільний матеріал, збільшується швидкість кристалізації і, відповідно зменшується час, що потрібно для виготовлення виробу. Такі заходи дозволяють підвищити вихід годного матеріалу і, відповідно обсяг виробництва. Таким чином, в роботі передбачено можливість збільшити річний обсяг виробництва продукції на 20 %.

Розрахунок економічної ефективності роботи цеху безперервної розливки сталі, з урахуванням прийнятих заходів показав що така технологія забезпечує збільшення випуску продукції 20 %, собівартість однієї тони продукції існує можливість зменшити 1,9 %, продуктивність праці робітника збільшується на 20 %, збільшується рентабельність виробництва, збільшується годинну продуктивність цеху безперервного лиття заготовок на 24 г/год, що складає 20 %, що вказує на те, що прийняте технічне рішення є економічно обґрунтованим і ефективним.

Виконана санітарно-екологічна оцінка пропонуємих рішень, де передбачено заходи, що дозволяють працювати в безпечних умовах.

Літературні джерела

1. Данченко В. Н. Прогрессивные процессы обработки металлов давлением [Текст] / В. Н. Данченко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 7. – С. 1-8.
2. Разливка стали на 6-ти ручьевой сортовой машине непрерывного литья заготовок конверторного цеха. Технологическая инструкция. ТИ-189-КК-09-2014– Кривой Рог: ПАО «АрселорМиттал Кривой Рог». – 204 с.
3. Технологія прокатного виробництва: Навч. посібник /В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.
4. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы [Текст]: монография.– Донецк: Технопарк Дон ГТУ УНИТЕХ, 2008. – 522 с.
5. Кудрин В.А. Металургия стали: учебник для вузов. – Москва: Металлургия, 1989. – 560 с.
6. Оно А. Затвердевание металлов / Под ред. В.А. Ефимова. – М.: Металлургия, 1980. – 152 с.
7. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній та комплексів металургійних цехів: Монографія. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2010. – 404 с.
8. А.П.Огурцов, А.В.Гресс Непрерывное литье стали – Днепропетровск, Системные технологии, 2002.- 675 с.
9. Про переробку відпрацьованих автомобілей / [Г.В. Губін, Ю.П. Калініченко, В.В.Ткач, Г.Г.Губін] //Вісник Криворізького технічного університету. Вип. 31, 2012. – с. 3 – 8.
10. Губін Г.В. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза/ Г.В.Губін, В.О. Півень. – Кривий Ріг: ПП «Видавничий дім», 2010. – 366 с.
11. Тенденции развития литейно-прокатных агрегатов/Молотилов Б.В., Шакалов И.П., Деев А.И.// *Сталь*. – 1991. № 6. – С. 71-75.

12. Alzetta F. Luna The Danicli ECR Endless Casting Rolling Plant for Specialty Steels-Technology, Innovation and Benefits //Iron and Steelmaker, 2002. - № 7 – P. 41-49.

13. Minamimura Y., Kanasawa T., Tsujita K. Latest technology for cost and productivity of QSP process // SEAIISI Quarterly, 2001. – 30. – №2. – P.10-15.

14. Ретроспективний аналіз масива опублікованих патентів, характеризують розвиток литейно-прокатних модулів за період 2000-2013 г.г. в Україні і Росії [Н.Н.Бережної, М.М., Чубенко В.А., А.А.Хіноцька, С.О.Мацішин, А.А.Шепель, В.А.Чубенко]// Технологічний аудит і резерви виробництва. – 2015, №1/1 (21). - С. 4-7.

15. Дослідження ефективності суспензійної розливки рідкої сталі у ливарно-прокатні кліти для виготовлення тонких смуг/ В.А.Чубенко, А.А. Хіноцька, В. Чубенко //Гірничий вісник. – 2016, Випуск 101. – С. 183-186.

16. Смирнов А.Н. Современные тенденции развития прогрессов производства и разлива стали // Металл и литье Украины. - 2006. - №1 . - С. 8-11.

17. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст] : навч. посіб. / В.В. Попович, А.І. Кондир, Е.І. Плешаков та ін. – Львів: Світ, 2009. – 551 с. – [ISBN 978-966-603-401-7](https://doi.org/10.26907/2542-0417).

18. Скребцов А.М. О некоторых возможностях измельчения зерна металла отливки при внешнем воздействии на затвердевающий расплав / А.М. Скребцов, Л.Д. Дан, А.О. Секачев [и др.] // Металл и литье Украины. – 1996. – № 1-2. – С. 30-34.

19. Ефимов В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1995. – 272 с.

20. Эльдарханов А.С. Процессы кристаллизации в поле упругих волн / А.С. Эльдарханов. – М.: Металлургия, 1996. – 256 с.

21. Добаткин В.И., Эскин Г.И. Литье с применением ультразвуковой обработки расплава. / М.: Машиностроение. – 2011. – 436 с.
22. А.С. Нурадінов, А.С. Ельдарханов, О.В. Ноговіцин, Є.Д. Таранов. Вплив вібрації на формування безперервнолитої блюмінгової заготовки // Металознавство та обробка металів – 2013. – №3. – С. 15-23.
23. Эльдарханов А.С., Баталов М.А. Исследование эффективности действия различных видов вибрации на структуру и свойства кристаллизующегося стального слитка. В сб.: процессы разливки, модефицирования и кристаллизации стали и сплавов. – 2010, 4.1. – С. 23-26.
24. Ульянов В.А. Кинетика формирования стальных слитков при пассивных и активных внешних воздействиях [Текст] / В.А. Ульянов, Е.М. Китаев, А.А. Скворцов // Процессы литья. – 1993, № 4. – С. 38-43.
25. Задиранов А.Н., Кац А.М., Теоретические основы кристаллизации металлов и сплавов. – Москва, 2008. – 194 с.
26. Патент України № 156218 МПК В22В11/00 Спосіб поліпшення мікроструктури безперервнолитої заготовки під час кристалізації низьковуглецевої сталі/ Чубенко В.А., Ярош Т.П., Світгарєєв Л.Н., Скідін І.Е., Хіноцька А.А, Криворізький національний університет – опубл. 22.05.2024, Бюл.№ 21.
27. Овсиенко Д.Е. Зарождение и рост кристаллов из расплава. – Киев: Наукова думка, – 1994. – 254 с.
28. Бень Т.Г., Довбня С.Б. Совершенствование системы планирования на металлургическом предприятии // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2001. – №1. – С. 108-112.
29. Довбня С.Б. Методика анализа финансового состояния металлургического предприятия // Металлургическая и горнорудная промышленность, 2001. – №6. – С. 102-106.
30. Шеремет В.О. та ін. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві. Навчальний посібник ч. 1. Дн-к., Січ, 2002. – 376 с.

31. Основи охорони праці: Підручник./ К.Н. Ткачук, М.О. Халімовський, В.В. Зацарний, Д.В. Зеркалов, Р.В. Сабарно, О.І. Полукаров, В.С. Коз'яков, Л.О. Митюк. За редакцією К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. – К.: Основа, 2003 – 403 с.

32. Охрана труда в черной металлургии / Бринза В.Н., Зиньковский М.М.: Металургия, 1982. – 336 с.