

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

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до випускної атестаційної роботи бакалавра**

**зі спеціальності 136 – Металургія**

**«РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ДІЛЯНКИ ЦЕХУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ  
СТАЛІ ДЛЯ ОТРИМАННЯ СТАЛЕВИХ КВАДРАТНИХ ЗАГОТОВОК  
РОЗМІРОМ 100X100ММ»**

Виконав:

Студент групи МТ 20-1 \_\_\_\_\_ Катерина ДЕМЧЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Вікторія ЧУБЕНКО

Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Вікторія ЧУБЕНКО

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг

2024 р.

<i>Формат</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
				<i>Документація</i>		
<i>A4</i>		<i>1</i>	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-04.ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>		
				<i>Графічні матеріали</i>		
<i>A4</i>		<i>2</i>	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-04.СМВТ</i>	<i>Схема МНЛЗ вертикального типу</i>	<i>1</i>	
<i>A4</i>		<i>3</i>	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-04.СМБЛ</i>	<i>Схема машини безперервного лиття заготовок</i>	<i>1</i>	
<i>A4</i>		<i>4</i>	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-04.ПСМБ</i>	<i>Принципові схеми машин безперервного лиття заготовок</i>	<i>1</i>	
<i>A4</i>		<i>5</i>	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-04.ПЦМ</i>	<i>План цеху МНЛЗ</i>	<i>1</i>	

					КНУ.РБ.136.24.204с.-04.ВО			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Демченко</i>			<b>Відомість об'єму</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Чубенко</i>					<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>		<i>Чубенко</i>				Кафедра МЧМЛІВ гр. МТ-20		
<i>Затверд.</i>		<i>Савельєв</i>						

## РЕФЕРАТ

до випускної кваліфікаційної роботи на тему:

**Розробка проекту ділянки цеху безперервної розливки сталі для отримання сталевих квадратних заготовок розміром 100x100мм**

Пояснювальна записка: 84 с., 11 табл., 5 рис., 30 джерел

**Об'єкт дослідження:** Процес безперервного лиття сталі для отримання сталевих квадратних заготовок розміром 100x100 мм.

**Мета роботи:** Розробити проект ділянки цеху безперервної розливки сталі для підвищення ефективності виробництва та якості сталевих заготовок.

**Предмет дослідження:** Технологічні та технічні аспекти організації процесу безперервного лиття сталі, включаючи вибір і розміщення обладнання, методи контролю якості та розрахунок продуктивності.

**Методи дослідження:** Аналіз наукової літератури, математичне і комп'ютерне моделювання, експериментальні дослідження та промислові випробування.

**Результати роботи:** Розроблено проект ділянки цеху з оптимізованою технологією безперервного лиття сталі, впроваджено сучасні методи контролю якості та підвищено продуктивність виробництва, що забезпечує покращення якості заготовок і зниження витрат.

МАШИНИ БЕЗПЕРЕВНОГО ЛИТТЯ ЗАГОТОВОК, МНЛЗ, БЕЗПЕРЕВНА РОЗЛИВКА СТАЛІ, ПЛАН ЦЕХУ, КРИСТАЛІЗАТОР, ПЧ-КОВШ, ПРОМКОВШ, ЗАГОТОВКИ, УСТАНОВКА КИСНЕВОГО РІЗАННЯ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ	
1.1 СУЧАСНІ ВИДИ РОЗЛИВКИ СТАЛІ, ЇХ НЕДОЛІКИ ТА ПЕРВАГИ	
1.1.1 Розливка сталі в форму.....	5
1.1.2 Вакуумна розливка сталі .....	12
1.1.3 Пресована розливка сталі .....	15
1.1.4 Піщане лиття .....	20
1.2 БЕЗПЕРЕРВНА РОЗЛИВКА СТАЛІ ТА ЇЇ ПОДВИДИ	
1.2.1 Основні відомості про безперервну розливку.....	22
1.2.2. Вертикальна безперервна розливка сталі .....	22
1.2.3 Горизонтальна безперервна розливка сталі .....	25
1.2.4 Топкова безперервна розливка сталі.....	35
1.2.5 Технологія двофазної безперервної розливки.....	40
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ДІЛЯНКИ ЦЕХУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ	
2.1 Вибор агрегату безперервної розливки сталі, конструкція.....	44
2.2 Принцип роботи машини безперервної розливки сталі.....	48
2.3 Розрахунок продуктивності машини безперервної розливки сталі....	50

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-01.3</b>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Зміст</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>		<i>Демченко</i>					1	2
<i>Перевір.</i>		<i>Чубенко</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Чубенко</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Савельєв</i>						
						<b>Каф. МЧМЛВ Гр. МТ-20</b>		

2.4 Основне та допоміжне обладнання.....	60.
2.5 Види планувань ділянки цеху безперервної розливки сталі, опис технологічного процесу.....	80
ВИСНОВКИ .....	84
ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА.....	85

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.3	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		2

## ВСТУП

Сучасна промисловість сталевиробництва постійно стрімко розвивається, завжди шукаючи нові технологічні рішення для підвищення ефективності та якості продукції. Одним із ключових напрямків у цьому процесі є впровадження безперервних технологій, що дозволяють забезпечити стабільний та ефективний виробничий процес.

Дипломна робота присвячена «розробці проекту ділянки цеху безперервної розливки сталі з метою отримання сталевих квадратних заготовок розміром 100x100 мм». Дана тема обрана в контексті прагнення вдосконалення технологічного процесу сталеливарного виробництва та оптимізації виробничих потоків.

Виробництво сталевих заготовок є важливою складовою сталевиробничого комплексу, яке забезпечує постачання високоякісної сировини для подальшого виготовлення різноманітних металоконструкцій та виробів. У зв'язку з цим, впровадження безперервних технологій у виробництво сталевих заготовок виявляється дієвим засобом підвищення конкурентоспроможності підприємств та забезпечення їхнього стабільного розвитку.

Дипломна робота має на меті дослідити та розробити концепцію цеху безперервної розливки сталі, дослідити методи інших розливок сталі, та порівняти їх. Що дозволить ефективно виробляти сталеві квадратні заготовки з використанням передових технологій та методів. В результаті виконання дипломної роботи буде розроблено детальний проект цеху, враховуючи всі аспекти виробництва та вимоги до якості продукції.

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-01.ВС</i>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВСТУП</b>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>		Демченко					1	2
<i>Перевір.</i>		Чубенко						
<i>Н. Контр.</i>		Чубенко				Каф.МЧМЛВ Гр. МТ-20		
<i>Затв.</i>		Савельєв						

Основні завдання роботи полягатимуть у вивченні теоретичних аспектів безперервної розливки сталі, аналізі сучасних технологій у цій галузі, а також в проектуванні та розрахунку параметрів цеху з метою оптимізації виробничого процесу та забезпечення високої якості випускаємої продукції.

*Актуальність* даної дипломної роботи полягає в кількох аспектах:

**Впровадження новітніх технологій:** З розвитком промисловості та технологій з'являються нові можливості для виробництва якісної продукції. Розробка проекту ділянки цеху безперервної розливки сталі відповідає потребам сучасного виробництва та дозволить впровадити передові технології у сталеливарну галузь.

**Підвищення конкурентоспроможності:** Завдяки оптимізації виробничих процесів та підвищенню якості продукції, підприємство зможе збільшити свою конкурентоспроможність на ринку, залучити нових клієнтів та розширити асортимент виробництва.

**Економічна вигідність:** Ефективне використання ресурсів, оптимізація процесів та зниження витрат на виробництво допоможуть підприємству збільшити свій прибуток та забезпечити стабільність у складному економічному середовищі.

**Відповідність сучасним стандартам якості:** Розробка проекту цеху безперервної розливки сталі спрямована на досягнення високих стандартів якості продукції, що відповідає вимогам сучасного ринку та сприятиме підтримці та розвитку репутації підприємства.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.ВС	Арк.
						2
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



## РОЗДІЛ 1

### 1.1 СУЧАСНІ ВИДИ РОЗЛИВКИ СТАЛІ, ЇХ НЕДОЛІКИ ТА ПЕРВАГИ

У сучасному світі в металургії існує багато різних видів та способів розливки сталі. Деякі з них використовуються більш розширено, деякі ні. Існує п'ять найчастіше використовуваних (основних) видів розливки сталі, серед яких:

- 1. Безперервна розливка сталі (Continuous Casting):** Це процес, при якому сталь литтям ливиться у форму безперервно, формуючи довгі заготовки, які потім ріжуться на бажані довжини.
- 2. Розливка сталі в форму (Ingot Casting):** У цьому процесі сталь литтям ливиться у великі форми, які відомі як "зливки". Після твердіння сталі форму розрізають на заготовки або використовують ці зливки як вихідний матеріал для обробки.
- 3. Вакуумна розливка сталі (Vacuum Casting):** Цей процес використовує вакуум, щоб вилучити повітря і інші гази з розплавленої сталі перед литтям. Це допомагає уникнути пухирців та інших дефектів у виготовленому виробі.
- 4. Пресована розливка сталі (Pressed Casting):** У цьому методі сталь литтям ливиться в заготовку під високим тиском, що допомагає у формуванні більш точних та компактних заготовок.
- 5. Піщане лиття або лиття в пісок (Sand Casting):** Це традиційний метод лиття, де розплавлена сталь ливиться у форму, виготовлену з піску. Після твердіння сталі форму відкривають і видаляють виріб.

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ</b>			
Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	<b>Розділ. 1 Аналітична Частина</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб		Демченко					1	36
Перевір.		Чубенко						
Н. Контр.		Чубенко						
Затв.		Савельєв						
						<b>Каф.МЧМЛВ МТ-20</b>		

Це лише кілька основних видів розливки сталі, існують і інші підвиди та варіації цих методів, які можуть використовуватися залежно від потреб конкретного виробництва та властивостей матеріалу.

### **1.1.1 Розливка сталі в форму**

Розливка сталі в форму є одним із основних процесів у виробництві сталевих виробів. Цей процес включає в себе кілька етапів, кожен з яких має свої особливості:

1. Підготовка розплавленої сталі: Перший етап полягає у плавленні сталі в плавильній печі або конвертері. Розплавлена сталь повинна мати правильну температуру та хімічний склад для виготовлення необхідного типу виробу.
2. Підготовка форми для лиття: Форма для лиття повинна бути підготовлена перед початком процесу. Це може включати змащення форми для легшого видалення виробу, встановлення вставок або вставок для створення внутрішніх деталей або вигравірування зовнішніх зразків на поверхні виробу.
3. Наповнення форми: Розплавлена сталь надходить до форми через литтєву систему. Це може бути здійснено шляхом гравітаційного лиття або за допомогою тиску.
4. Охолодження та затвердіння: Після наповнення форми сталь починає охолоджуватися і затвердівати. Швидкість охолодження визначається рядом чинників, включаючи температуру розплавленої сталі, конструкцію форми та середовище охолодження.
5. Видалення виробу з форми: Після того, як сталь затвердіється, виріб може бути вийнятий з форми. Цей процес може бути автоматизованим або виконуватися вручну, залежно від розміру та складності виробу.
6. Обробка і фінальна обробка: Після видалення з форми виріб може бути

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		2

7. підданий додатковій обробці, такий як обрізка зайвих матеріалів, обробка поверхні або термічна обробка для покращення властивостей матеріалу.

Розливка сталі в форму є складним процесом, який вимагає точності, досвіду та використання спеціалізованого обладнання. Однак правильно виконаний процес може призвести до вироблення високоякісних сталевих виробів з різноманітними формами та розмірами.

Розливка сталі в форму та безперервна розливка мають деякі схожість:

1. Розплавлення сталі: Обидва методи передбачають розплавлення сталі перед процесом лиття. Це може відбуватися у великих плавильних печах або конвертерах.
2. Формування виробу: Як у випадку розливки в форму, так і в безперервній розливці, розплавлена сталь вливається у форму для створення виробу. У разі безперервної розливки цей процес може бути автоматизованим та неперервним.
3. Охолодження і затвердіння: Після формування виробу розплавлена сталь починає охолоджуватися і затвердівати. Швидкість охолодження і методи керування процесом можуть бути подібними в обох методах.
4. Обробка та фінальна обробка: Після видалення виробу з форми в обох методах він може піддаватися додатковій обробці для покращення його властивостей або вигляду.

**Недоліки** розливки сталі в форму можуть включати наступне:

1. Великі витрати на обладнання та підтримку: Цей метод лиття може потребувати значних інвестицій у спеціалізоване обладнання, таке як плавильні печі, литтєві форми та системи охолодження. Підтримка цього обладнання також може бути витратною.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		3

2. Обмежена продуктивність: У порівнянні з безперервною розливкою, розливка сталі в форму може мати обмежену продуктивність через необхідність очікування затвердіння виробу перед видаленням з форми. Це може збільшувати час циклу виробництва та знижувати загальну продуктивність.
3. Обмеженість у формі та розмірі виробів: Форма для лиття може мати обмеженість у формі та розмірі виробів, які можуть бути виготовлені. Це може обмежувати гнучкість виробництва та можливості сталеливарних підприємств у виготовленні різноманітних продуктів.
4. Ризик виникнення дефектів: Під час процесу лиття можуть виникати дефекти виробів, такі як пустоти або тріщини, які можуть знижувати якість та використовувати матеріали.
5. Потреба у більшій кількості робочої сили: Ручне видалення виробів з форми та обробка може вимагати більшої кількості робочої сили порівняно з автоматизованими методами лиття.

**Переваги розливки сталі в форму включають:**

1. Гнучкість у виготовленні: Розливка сталі в форму дозволяє виробляти вироби різних форм, розмірів та складності. Це дає можливість виробляти великий асортимент продукції, від невеликих деталей до великих конструкцій.
2. Висока якість поверхні: Процес розливки сталі в форму дозволяє отримувати вироби з високоякісною поверхнею, що не потребують додаткової обробки або полірування. Це особливо важливо для виробів, де важлива зовнішній вигляд.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		4

3. Точність та повторюваність: Розливка сталі в форму дозволяє отримувати вироби з високою точністю та повторюваністю. Це важливо для виготовлення деталей, де потрібна однакова форма та розмір для кожної одиниці.
4. Економія матеріалів: Розливка сталі в форму дозволяє мінімізувати витрати на матеріали, оскільки вона дозволяє виготовляти вироби без великої кількості відходів. Це зменшує витрати на матеріали та знижує вплив на довкілля.
5. Швидкість виготовлення: У порівнянні з іншими методами виробництва, розливка сталі в форму може бути швидшою та ефективнішою. Це дозволяє знизити час циклу виробництва та збільшити загальну продуктивність підприємства.
6. Можливість виготовлення великих конструкцій: Розливка сталі в форму дозволяє виробляти великі та складні конструкції, які можуть бути важко або неможливо виготовити іншими методами.

Усі ці переваги роблять розливу сталі в форму привабливим методом для виробництва широкого спектру продукції з високою якістю та ефективністю.

### 1.1.2 Вакуумна розливка сталі

Вакуумна розливка сталі - це процес лиття сталі, який відбувається в умовах вакууму або пониженого тиску. Цей метод використовується для зниження кількості дефектів у виробах та підвищення якості кінцевого продукту. Основна ідея полягає в тому, що під вакуумом розплавлена сталь має менше змін у своїй структурі, що дозволяє уникнути утворення пустот, газових пор, і інших дефектів, які можуть виникати внаслідок під впливом повітряного середовища.

Основні етапи процесу вакуумної розливки сталі включають:

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		5

1. Підготовка розплавленої сталі: Перший етап - це розплавлення сталі в плавильній печі або конвертері. Розплавлена сталь піддається вакууму, щоб усунути будь-які газові домішки, які можуть призвести до утворення дефектів у виробі.
2. Формування виробу: Розплавлена сталь направляється в форму для лиття, де вона охолоджується і затвердівається, утворюючи бажану форму виробу.
3. Контроль якості: Під час процесу вакуумної розливки сталі зазвичай використовуються методи контролю якості, такі як рентгенівська дефектоскопія або ультразвукове тестування, щоб виявити можливі дефекти виробу та забезпечити його відповідність вимогам.
4. Обробка та фінальна обробка: Після видалення виробу з форми він може піддаватися додатковій обробці для покращення його властивостей або вигляду.

**Недоліки** вакуумної розливки сталі можуть включати наступне:

1. Високі витрати на обладнання та утримання: Вакуумне обладнання для розливки сталі вимагає великих інвестицій у закупівлю та обслуговування. Це включає в себе плавильні печі або конвертери, системи вакуумного насосування, контрольно-вимірювальні пристрої та інше обладнання.
2. Складність в управлінні процесом: Вакуумна розливка сталі вимагає точного контролю різних параметрів процесу, таких як температура, тиск, склад розплавленої сталі та інші. Це може зробити процес складним у керуванні та вимагати наявності висококваліфікованого персоналу.
3. Потенційні проблеми з утворенням дефектів: Навіть за умов вакууму, можуть виникати деякі дефекти в виробах, такі як газові бульбашки, порожнечі

або тріщини. Дефекти можуть виникнути через неоднорідність складу розплавленої сталі або неправильність процесу лиття.

4. Обмеженість розмірів та форм виробів: Вакуумна розливка сталі може бути обмежена в розмірах та формах виробів, які можуть бути виготовлені. Це може обмежувати гнучкість виробництва та можливості сталеливарних підприємств у виробництві різноманітних продуктів.
5. Високі енергетичні витрати: Підтримка вакуумних умов у плавильній печі або конвертері може вимагати значних енергетичних витрат, що може підвищувати витрати на виробництво та збільшувати вплив на довкілля.

**Переваги вакуумної розливки сталі включають:**

1. Висока якість продукції: Однією з основних переваг вакуумної розливки сталі є зниження кількості дефектів у виробах. Даний метод дозволяє уникнути утворення пустот, газових пор або інших неоднорідностей в структурі матеріалу, що призводить до виробництва високоякісних деталей та конструкцій.
2. Контроль складу сплаву: Вакуумна атмосфера допомагає контролювати склад розплавленого металу, зменшуючи ймовірність окислення та неправильного співвідношення компонентів сплаву. Це дозволяє досягти більш точних і стабільних властивостей матеріалу.
3. Можливість виготовлення складних форм: Завдяки вакуумному середовищу, вакуумна розливка дозволяє виготовляти складні, деталі та форми, які можуть бути важко або неможливо виготовити іншими методами.
4. Зниження кількості відходів: Благодаря високій якості продукції і можливості контролювати процес лиття, вакуумна розливка допомагає знизити кількість відходів та витрат на переробку, що

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		7

забезпечує економію ресурсів і знижує негативний вплив на довкілля.

5. Підвищення продуктивності: Швидкість процесу розливки може бути підвищена завдяки уникненню часу, необхідного для видалення повітря з розплавленого металу, що дозволяє збільшити загальну продуктивність виробництва.

Переваги вакуумної розливки сталі включають високу якість кінцевого продукту, зменшення кількості дефектів у виробках, підвищення продуктивності та ефективності виробництва. Однак цей метод може бути витратним у використанні через високі витрати на утримання спеціалізованого обладнання та проведення контролю якості.

Існують як схожості, так і відмінності між вакуумною та безперервною розливкою сталі:

#### **Схожості:**

1. Якість продукції: Обидва методи дозволяють отримувати високоякісні вироби зі знизеним ризиком дефектів, таких як пустоти або газові пори, завдяки зменшенню впливу повітряних газів на розплавлену сталь.
2. Гнучкість у виробництві: Як вакуумна, так і безперервна розливка дозволяють виготовляти вироби різних форм та розмірів, що надає виробнику можливість гнучко реагувати на змінні потреби ринку.
3. Зниження кількості відходів: Обидва методи допомагають знизити кількість відходів, оскільки вони сприяють зниженню дефектів у виробках та оптимізації використання матеріалів.

#### **Відмінності:**

1. Технологічний процес: У вакуумній розливці розплавлена сталь литься в умовах вакууму або пониженого тиску, щоб уникнути забруднення та дефектів. У безперервній розливці розплавлена сталь литься безперервно у спеціально призначену форму.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8



2. Обладнання: Вакуумна розливка вимагає спеціалізованого обладнання для створення вакуумного середовища, такого як вакуумні печі або конвертери. Безперервна розливка може вимагати іншого типу обладнання, такого як литтєві машини або верстати.

3. Контроль якості: Вакуумна розливка може мати додаткові методи контролю якості для виявлення дефектів під час процесу. У безперервній розливці контроль якості може бути здійснений на основі зразків, відбірково або після завершення процесу.

Обидва ці методи мають свої переваги та використовуються залежно від конкретних вимог виробництва та технічних можливостей підприємства.

### 1.1.3 Пресована розливка сталі

Пресована розливка сталі (також відома як кокільна розливка) - це один із методів формування сталевих заготовок, що використовується в металургійній промисловості. У цьому процесі розплавлений метал вливають у форму або кокіль, яка має внутрішні камери та канали, що відповідають формі та розмірам кінцевого виробу.

Основні етапи пресованої розливки сталі включають:

Підготовка форми або кокіля: Спочатку створюється форма або кокіль, що відповідає формі та розмірам кінцевого виробу. Ця форма може бути зроблена зі спеціальних матеріалів, які витримують високу температуру та тиск розплавленого металу.

Розплавлення сталі: Сталь розплавляється у плавильній печі або конвертері до необхідної температури для лиття. Розплавлений метал потім набирають у спеціальний контейнер для транспортування до кокіля.

Наповнення кокіля: Розплавлений метал наливають у відкритий кокіль, заповнюючи його всередину. У кокілі зазвичай передбачені канали та камери, що відповідають складній формі кінцевого виробу.

Охолодження та видалення: Після наповнення кокіля розплавлений метал залишають на охолодження, дозволяючи йому затвердіти та зняти форму кінцевого виробу.

Кокіль - це спеціальна форма або втулка, яка використовується в процесі лиття металу, включаючи сталь. Кокіль має внутрішні камери, канали та вирізи, які відтворюють форму та розміри кінцевого виробу, який виробляють.

Основні функції кокіля включають:

Формування заготовки: Кокіль служить як форма для розливання розплавленого металу, дозволяючи йому набрати форму та розміри кінцевого виробу.

Структура та канали: Кокіль може мати внутрішні канали та вирізи, які відтворюють складну геометрію кінцевого виробу, а також дозволяють забезпечити потрібну структуру виробу, таку як порожнистість чи відкриті канали.

Охолодження та відведення тепла: Кокіль також може відігравати роль у процесі охолодження розплавленого металу, допомагаючи забезпечити рівномірне охолодження та зняття виробу після лиття.

Мінімізація дефектів: Використання кокіля може допомогти зменшити кількість дефектів у виготовленому виробі, таких як порожнистість, тріщини або складність форми, за рахунок забезпечення більш точного та контрольованого процесу лиття.

Кокілі можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як сталь, кераміка, силікатні сплави тощо, залежно від вимог до процесу лиття та властивостей кінцевого виробу.

Незважаючи на свої переваги, пресована розливка сталі також має деякі **недоліки:**

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		10

Складність виготовлення кокілів: Виготовлення кокілів для складних форм може бути дорогим і часоємним процесом. Це особливо стосується випадків, коли необхідно виготовити кокіль з внутрішніми каналами та складними геометричними формами.

Великі витрати на обладнання: Пресована розливка вимагає спеціального обладнання для лиття, яке може бути дорогим у встановленні та експлуатації.

Обмеженість розмірів: Пресована розливка може бути обмежена у виробництві дуже великих або дуже масивних заготовок через складності з кокільним виробництвом та управлінням процесом.

Необхідність додаткової обробки: У деяких випадках пресовані заготовки можуть вимагати додаткової обробки після лиття для досягнення необхідних габаритів, рівномірності стінок тощо.

Ризик дефектів: Незважаючи на те, що пресована розливка може зменшити кількість дефектів порівняно з іншими методами лиття, вона не може повністю їх уникнути. Наприклад, можуть виникати пустоти, тріщини чи інші недоліки у виготовлених виробах.

Пресована розливка сталі має кілька **переваг**, серед яких:

Висока точність та якість: Цей метод дозволяє виготовляти заготовки з високою точністю та якістю, оскільки розплавлений метал наповнює всі внутрішні простори кокіля, відтворюючи його форму з високою точністю.

Можливість виготовлення складних форм: Пресована розливка сталі дозволяє виготовляти заготовки зі складними геометричними формами та внутрішніми каналами, що не завжди можливо досягти іншими методами.

Висока продуктивність: Цей метод може бути досить продуктивним, оскільки дозволяє виготовляти кілька заготовок одночасно в одному кокілі, зменшуючи час на наливання та охолодження.

Економічність для великих серій: Пресована розливка може бути економічно вигідною для виробництва великих серій заготовок, оскільки дозволяє виготовляти багато однотипних виробів без значних витрат на обладнання.

Мінімальні втрати матеріалу: У порівнянні з іншими методами формування металу, пресована розливка може мати менші втрати матеріалу, оскільки метал заповнює всі внутрішні простори кокіля без утворення обрізків або відходів.

Отже, пресована розливка сталі є ефективним методом для виготовлення високоякісних та складних металевих заготовок з високою точністю та ефективністю виробництва.

#### **1.1.4 Піщане лиття**

Метод піщаного лиття (іноді відомий як пісочне лиття або лиття пісок) є одним із найстаріших і найпоширеніших методів виготовлення металевих виробів. Він використовується у багатьох галузях промисловості для виробництва деталей різного призначення, від великих машинних корпусів до маленьких виробів для побутового використання. Основна ідея полягає в тому, що розплавлений метал заливають у пісочну форму, яка має необхідну форму і розміри виробу.

Основні етапи методу лиття в пісок:

Підготовка форми: Спочатку створюється пісочна форма для відливки металу. Це може бути здійснено шляхом стискання піску навколо металевої моделі відповідно до потрібної форми виробу або за допомогою виготовлення пластичних форм.

Варто зазначити, що для виробництва використовують не звичайний пісок а суміш яка зволожена спеціальним закріплюючим розчином.

Виготовлення відливки: Після створення форми розплавлений метал заливають у відповідний розміром отвір (литник) у формі за допомогою лиття.

Охолодження та видалення: Після заливки металу відбувається процес охолодження. Після достатнього охолодження пісочну форму розбирають і видаляють відливку.

Обробка та фінішна обробка: Виготовлену відливку можуть піддати додатковій обробці для видалення зайвого матеріалу, полірування або іншій обробці, яка може підвищити якість та зовнішній вигляд виробу.

Метод лиття в пісок має кілька **переваг**:

Низькі витрати на обладнання: Для методу лиття в пісок зазвичай не потрібне дороге або складне обладнання. Форми можна виготовити за допомогою простих інструментів і матеріалів.

Виготовлення складних форм: Пісочна форма може бути створена для виготовлення виробів різної складності та форми, включаючи складні геометричні фігури та внутрішні канали.

Різноманітність матеріалів: Метод лиття в пісок може бути використаний для лиття різних металів та сплавів, що робить його універсальним для різних застосувань.

Низькі витрати на виробництво: У порівнянні з іншими методами виробництва, лиття в пісок може бути більш економічно вигідним, особливо для великих серій виробництва.

Швидке виробництво: Процес лиття в пісок може бути досить швидким, зокрема у випадках, коли форми вже підготовлені та виробництво відбувається у великих обсягах.

Можливість виготовлення великих деталей: Метод лиття в пісок дозволяє виготовляти великі деталі без значних обмежень у розмірах.

Незважаючи на свої переваги, метод лиття в пісок також має деякі недоліки:

Низька точність: У порівнянні з іншими методами лиття, лиття в пісок може мати меншу точність та деталізацію. Це може бути особливо проблематичним для виготовлення складних чи деталізованих виробів.

Високі вимоги до обробки: Відливки, виготовлені методом лиття в пісок, часто потребують додаткової обробки, такої як обрізання зайвого матеріалу, зняття нерівностей чи полірування, щоб отримати бажаний зовнішній вигляд та розміри.

Обмеженість у розмірах та вагі: Лиття в пісок може бути обмеженим у виробництві великих та важких деталей через складності з маніпуляцією великими формами та важкими матеріалами.

Високий ризик дефектів: Під час процесу лиття в пісок можуть виникати дефекти, такі як пустоти, тріщини або здуття, особливо у виробах з складними формами або товстими стінками.

Менше стійкість форми: Форми, виготовлені з піску, можуть бути менш стійкими порівняно з іншими матеріалами, особливо після кількох використань, що може призводити до меншої тривалості їх експлуатації.

Отже, незважаючи на широке застосування та економічність, метод лиття в пісок має свої обмеження та потенційні проблеми, які потрібно враховувати при виборі методу виробництва.

### **Порівняємо** метод лиття в пісок з безперервним литтям:

Точність та деталізація: У безперервному литті, де використовуються спеціальні форми та обладнання, може бути досягнута вища точність та деталізація виробів. Відливки безперервного лиття частіше мають менші розміри та більш гладку поверхню порівняно з тими, що виготовлені методом лиття в пісок.

Продуктивність: Безперервне лиття може бути більш продуктивним, оскільки дозволяє виготовляти велику кількість виробів швидше та

ефективніше, без необхідності виготовлення окремих форм для кожної відливки.

Витрати на обладнання: В безперервному литті зазвичай потрібне спеціальне обладнання, яке може бути дорогим у встановленні та експлуатації. У методу лиття в пісок витрати на обладнання можуть бути меншими.

Обробка та фінішна обробка: У методі безперервного лиття вироби можуть вимагати менше додаткової обробки після лиття порівняно з виробами, виготовленими методом лиття в пісок. Це може зменшити витрати та час виробництва.

Матеріальні втрати: В безперервному литті зазвичай менше втрати матеріалу, оскільки процес відбувається в закритій системі, у якій метал не втрачається через розплавлення, википання або інші фактори, які характерні для методу лиття в пісок.

Отже, вибір між методом лиття в пісок та безперервним литтям буде залежати від конкретних вимог до виробів, обсягу виробництва, доступності обладнання та інших факторів.

## **1.2 БЕЗПЕРЕРВНА РОЗЛИВКА СТАЛІ ТА ЇЇ ПОДВИДИ**

### **1.2.1 Основні відомості про безперервну розливку**

Як вже зазначалося раніше, безперервна розливка це процес, при якому сталь литтям ливиться у форму безперервно, формуючи довгі заготовки, які потім ріжуться на бажані довжини. Це сучасний і високоефективний процес формування металевих заготовок, який дозволяє виготовляти металеві вироби безперервно, у великих обсягах та з високою точністю. У цьому процесі розплавлений метал неперервно заливається у спеціальну форму, де він затвердівається та формує виріб. Основними компонентами безперервного лиття є литник, тавр та охолоджуючий пристрій.

Основні етапи процесу безперервного лиття:

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

Нагрів металу: Сировинний матеріал, зазвичай сталь чи чавун, розплавляють у великій плавильній печі, де він нагрівається до високої температури.

Лиття: Розплавлений метал подається через литник (гранулятор) в тавр - спеціальний кристалізатор, де він затвердівається та формує виріб.

Охолодження: Затверджений виріб проходить через систему охолодження, яка забезпечує рівномірне охолодження та зниження температури металу.

Різання: Після проходження через систему охолодження, затверджений виріб ріжуть на певні секції або брикети, готові для подальшої обробки.

**Переваги** безперервного лиття включають:

Висока продуктивність: Метод дозволяє виготовляти великі обсяги виробів швидко та ефективно.

Висока якість: Завдяки контрольованому охолодженню та формуванню, вироблені заготовки мають високу якість та однорідність.

Економія матеріалу: Безперервне лиття зменшує втрати матеріалу, оскільки він не витрачається на формування зайвих відходів та обрізки.

Можливість формування складних виробів: Метод дозволяє виготовляти вироби з різними геометричними формами та складністю.

Однак безперервне лиття також має свої обмеження, такі як високі витрати на обладнання та складнощі у виготовленні деяких типів виробів.

Безперервна розливка сталі має кілька підвидів, які використовуються залежно від конкретних вимог виробництва та технологічних можливостей. Ось деякі з них:

1. **Вертикальна безперервна розливка сталі (Vertical Continuous Casting):** У цьому методі розплавлена сталь литтям ливиться



вертикально вниз через форму, що обертається. Цей метод забезпечує кращу однорідність структури та властивостей матеріалу. Рис.1

2. **Горизонтальна безперервна розливка сталі (Horizontal Continuous Casting):** У цьому випадку розплавлена сталь литтям ливиться горизонтально вниз через форму, яка рухається. Цей метод може бути використаний для виробництва широкого спектру заготовок.
3. **Топкова безперервна розливка сталі (Mold Oscillation Continuous Casting):** У цьому методі форма з розплавленою сталлю литтям рухається та коливається під час лиття, що допомагає уникнути дефектів та поліпшити якість виробу.
4. **Технологія двофазної безперервної розливки (Dual-phase Continuous Casting):** Цей підвид використовується для отримання сталі з двома різними фазами в структурі, що дозволяє покращити механічні властивості матеріалу.

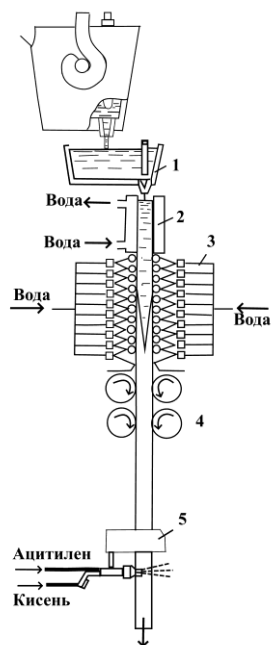


Рис 1.1 Схема МНЛЗ вертикального типу

1 – проміжний ковш; 2-кристалізатор; 3- вторинне охолодження; 4- тянучі валки; 5-газовий різак;

Кожен з цих підвидів має свої особливості та переваги, і вибір конкретного методу залежить від потреб виробництва, технічних можливостей та вимог до якості виробів.

Детальніші пояснення щодо кожного підвиду:

**1. Вертикальна безперервна розливка сталі (Vertical Continuous Casting):**

- У цьому методі розплавлена сталь литтям ливиться вертикально вниз через форму, що обертається або стаціонарну.
- Процес відбувається в умовах керованого охолодження, що сприяє однорідності структури матеріалу та покращенню механічних властивостей.
- Цей метод часто використовується для виробництва сталих заготовок довжиною від кількох метрів до кількох кілометрів, таких як бруски, труби та труби.

**2. Горизонтальна безперервна розливка сталі (Horizontal Continuous Casting):**

- У горизонтальній безперервній розливці розплавлена сталь литтям ливиться горизонтально вниз через форму, яка зазвичай рухається.
- Цей метод дозволяє виробляти широкий асортимент заготовок, включаючи плоскі бруски, прокат та труби.
- Використання горизонтальної безперервної розливки може бути ефективним для виробництва великих обсягів сталевих виробів з високою точністю та однорідністю.

**3. Топкова безперервна розливка сталі (Mold Oscillation Continuous Casting):**

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

- У цьому методі форма з розплавленою сталлю литтям рухається та коливається під час лиття.
- Коливання форми допомагає уникнути дефектів на поверхні заготовки та поліпшити якість матеріалу.
- Цей метод особливо корисний для виробництва заготовок з високими вимогами до якості та обробки поверхні.

#### 4. Технологія двофазної безперервної розливки (Dual-phase Continuous Casting):

- Цей підвид використовується для отримання сталі з двома різними фазами в структурі.
- Комбінація різних фаз дозволяє покращити механічні властивості матеріалу, такі як міцність та деформаційна здатність.
- Технологія двофазної безперервної розливки може бути корисною для виробництва високоміцних заготовок для автомобільної та авіаційної промисловості.

Ці підвиди безперервної розливки сталі демонструють різні методи та технології, які можуть бути використані для виробництва різноманітних сталевих заготовок з різними властивостями.

Визначення "найкращого" методу безперервної розливки сталі залежить від конкретних потреб виробника, його обсягів виробництва, типів виготовлюваних продуктів, технологічних можливостей та економічних обмежень. Кожен метод має свої переваги та недоліки, які слід враховувати при виборі.

Наприклад, вертикальна безперервна розливка сталі може бути більш підходящою для виробництва труб або прокату, оскільки вона дозволяє отримувати великі та однорідні заготовки. Горизонтальна безперервна

розливка сталі може бути ефективною для виготовлення брусків чи пластин, оскільки вона дозволяє керувати формою та розміром заготовок.

Топкова безперервна розливка сталі, зі своїми технологічними інноваціями, може бути оптимальною для виробництва високоякісних заготовок, зменшення впливу на довкілля та зниження споживання енергії.

Отже, кращий метод безперервної розливки сталі визначається конкретними виробничими умовами, вимогами до якості продукції, економічною ефективністю та іншими факторами. Важливо провести детальний аналіз і вибрати метод, який найбільше відповідає потребам та цілям вашого виробництва.

### 1.2.2 Вертикальна безперервна розливка сталі

**Вертикальна безперервна розливка сталі (Vertical Continuous Casting, VCC)** є одним з найбільш поширених методів лиття ливарних металів, включаючи сталь. У цьому методі розплавлена сталь литтям ливиться вертикально вниз через спеціальну форму, яка зазвичай обертається або має інші механізми для керування процесом.

Основні етапи вертикальної безперервної розливки сталі включають наступне:

- 1. Підготовка розплавленої сталі:** Розплавлена сталь зазвичай знаходиться в пічі чи іншому плавильному устаткуванні. Вона може бути додатково оброблена для видалення недомішок та підготовки до лиття.

Більш детально ця фаза состоїть з:

- 1.1 Плавлення сталі:** Цей етап починається з завантаження сировинних матеріалів у велику металургійну піч або плавильну установку. Сировинними матеріалами можуть бути залізна руда, скрап металу та легувальні елементи. Під дією високої температури ці матеріали плавляться та перетворюються на розплавлену сталь.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		20

1.2 Видалення недомішок: Розплавлена сталь часто містить різні небажані домішки, такі як оксиди, сірку, фосфор та інші. Ці недомішки можуть негативно впливати на якість та властивості сталі. Для забезпечення високої якості сталі проводяться процеси очищення, такі як введення спеціальних флюсів або застосування вакуумної технології, що дозволяє видалити недомішки з розплавленої маси.

1.3 Контроль температури та хімічного складу: Після плавлення важливо забезпечити стабільні умови температури та хімічного складу розплавленого металу. Це може вимагати введення додаткових легувальних елементів або корекцію температури за допомогою спеціальних систем керування. Контроль здійснюється за допомогою датчиків, які моніторять температуру та склад сталі.

1.4 Формування розплавленої сталі у форму: Після підготовки розплавленої сталі до лиття, її направляють у вертикальну форму, через яку вона буде литися у вигляді заготовки. Форма зазвичай має спеціальну конструкцію для забезпечення рівномірного розподілу сталі та контролю товщини заготовки. Заготовка формується під впливом гравітації, а також можуть використовуватися додаткові технології для поліпшення формування, такі як вібрація або обертання форми.

1.5 Підготовка форми до лиття: Перед початком лиття форма може бути оброблена спеціальними покриттями або змащена для запобігання прилипанню сталі та полегшення витягання готової заготовки. Це дозволяє забезпечити гладку поверхню заготовки та запобігти можливим дефектам.

2. **Формування заготовки:** Розплавлена сталь потрапляє у вертикальну форму, яка зазвичай має конічну або циліндричну форму. Форма може обертатися або мати інші механізми для рівномірного розподілу сталі та контролю товщини заготовки.

Більш детально ця фаза состоїть із:

2.1 Направлення розплавленої сталі до форми: Після підготовки розплавленої сталі до лиття, її потрібно направити у вертикальну форму, через яку вона буде литися у вигляді заготовки. Для цього можуть використовуватися спеціальні системи транспортування, які подають розплавлену сталь точно та рівномірно до верхньої частини форми.

2.2 Заповнення форми розплавленою сталлю: Розплавлена сталь поступово наповнює вертикальну форму, яка має спеціальну конструкцію для забезпечення рівномірного розподілу сталі та контролю товщини заготовки. Процес заповнення форми може займати різний час залежно від розмірів та типу заготовки.

2.3 Контроль рівномірності розподілу сталі: Під час лиття важливо забезпечити рівномірний розподіл розплавленої сталі у формі, щоб уникнути виникнення нерівностей або дефектів у структурі заготовки. Для цього можуть використовуватися спеціальні системи контролю та моніторингу, які надають інформацію про товщину та рівномірність розподілу сталі.

2.4 Вплив гравітації та теплообміну на формування заготовки: Гравітація впливає на процес розливки, сприяючи рівномірному розподілу сталі у формі та формуванню потрібної геометрії заготовки. Також важливо враховувати теплообмін між розплавленою сталлю та стінками форми, оскільки це впливає на швидкість та якість твердіння сталі.

2.5 Використання додаткових технологій для поліпшення формування заготовки: Деякі системи вертикальної безперервної розливки сталі можуть використовувати додаткові технології для поліпшення формування заготовки. Наприклад, можуть застосовуватися

вібрація або обертання форми для поліпшення рівномірності розподілу сталі та зменшення можливих дефектів у заготовці.

Цей етап формування заготовки є критичним у вертикальній безперервній розливці сталі, оскільки від його якості та ефективності залежить якість та продуктивність усього процесу лиття.

- 3. Охолодження і твердіння:** Після того, як сталь ливиться у форму, вона поступово охолоджується, що призводить до її твердіння. Охолодження може контролюватися за допомогою систем охолодження, які можуть бути вбудовані в форму або розташовані поруч з нею.
- 4. Витягання заготовки:** Після твердіння сталі форма піднімається або відкочується вгору, щоб витягнути готову заготовку. Ця заготовка може бути різана на відповідні довжини для подальшої обробки або використана як вона є.

**Переваги** вертикальної безперервної розливки сталі включають:

Висока швидкість виробництва.

Однорідність структури та властивостей матеріалу.

Можливість виготовлення довгих заготовок без переривання.

Ефективне використання матеріалу та енергії.

**Недоліки** вертикального методу безперервної розливки сталі:

Обмежена можливість виготовлення широкого асортименту заготовок:  
У порівнянні з горизонтальним методом, вертикальний метод може бути менш універсальним у виготовленні різних типів заготовок. Це може обмежувати різноманітність продукції, яку можна виготовити за допомогою цього методу.

Потенційна складність у формуванні заготовок із складною геометрією:  
Вертикальний метод може мати обмеження у формуванні заготовок із

складною геометрією або великих розмірів. Це може створювати складнощі у виробництві деяких видів продукції.

Викиди та нерівності на поверхні заготовки: У вертикальному методі можуть виникати проблеми з утворенням викидів та нерівностей на поверхні заготовки через неоднорідне охолодження. Це може впливати на якість поверхні та вимагати додаткового оброблення або післялиттєвої обробки.

Потреба у більш складній системі охолодження: У вертикальному методі може бути потрібна більш складна система охолодження, оскільки розплавлена сталь литтям рухається вертикально вниз. Це може вимагати додаткових витрат на обладнання та утримання.

Складність у контролі процесу: Вертикальний метод може бути складним у контролі через специфічні особливості процесу розливки. Необхідно враховувати ряд параметрів, таких як швидкість охолодження, температура, тиск тощо, для забезпечення якісного та стабільного процесу лиття.

Хоча вертикальний метод безперервної розливки сталі має свої недоліки, він залишається важливим інструментом у виробництві специфічних типів заготовок та забезпечує можливість виробництва якісної сталі з високою продуктивністю.

Загалом вертикальна безперервна розливка сталі є важливим технологічним процесом у виробництві сталевих заготовок, який дозволяє отримувати високоякісний матеріал з великою продуктивністю.

### 1.2.3 Горизонтальна безперервна розливка сталі

**Горизонтальна безперервна розливка сталі (Horizontal Continuous Casting, HCC)** є одним із методів литтям ливарних металів, який використовується для виробництва широкого спектру сталевих заготовок. У цьому методі розплавлена сталь литтям ливиться горизонтально вниз



через спеціальну форму, яка може бути стаціонарною або рухомою.

Основні етапи горизонтальної безперервної розливки сталі включають наступне:

- 1. Підготовка розплавленої сталі:** Перед литтям розплавлена сталь піддається плавленню у великому плавильному устаткуванні, де змішуються різні компоненти сировини та легувальні елементи. Метал плавиться за допомогою великих потоків енергії, таких як електричний струм у виплавному печі або піч з вугіллям.
- 2. Підготовка форми для лиття:** Після плавлення розплавлена сталь потрібно лити у форму. Форма для горизонтальної безперервної розливки сталі зазвичай має прямокутний або круглий профіль. Форма може мати змінну ширину, що дозволяє виробляти заготовки різних розмірів.
- 3. Лиття розплавленої сталі:** Розплавлена сталь литтям ливиться горизонтально вниз у форму. Процес лиття може бути контрольованим, щоб забезпечити однорідність товщини заготовки та уникнути дефектів.
- 4. Охолодження та твердіння:** Після лиття розплавлена сталь поступово охолоджується і твердіє у формі. Контроль температури та швидкості охолодження допомагає уникнути внутрішніх напруг та дефектів у заготовці.
- 5. Витягання заготовки з форми:** Після твердіння заготовки форма відкривається, і готова заготовка витягується. Зазвичай цей процес відбувається автоматично за допомогою гідравлічних або механічних механізмів.

**Переваги** горизонтальної безперервної розливки сталі включають:

Можливість виробляти широкий спектр заготовок з різними розмірами та геометрією.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		25

Висока продуктивність та ефективність виробництва.

Добре контрольований процес лиття, що дозволяє досягти високої якості заготовок.

Однак цей метод може мати обмеження у виробництві великих заготовок з великими розмірами, а також у виготовленні заготовок із складною геометрією.

Горизонтальна безперервна розливка сталі (НСС) та вертикальна безперервна розливка сталі (VСС) є двома основними методами безперервного лиття, і вони відрізняються за кількома ключовими параметрами:

### 1. Орієнтація лиття:

- **Горизонтальна безперервна розливка сталі:** У цьому методі сталь литтям ливиться горизонтально вниз через спеціальну форму.
- **Вертикальна безперервна розливка сталі:** У вертикальній безперервній розливці розплавлена сталь литтям ливиться вертикально вниз через форму, яка обертається або стаціонарна.

### 2. Кероване охолодження:

- **Горизонтальна безперервна розливка сталі:** В цьому методі охолодження заготовки зазвичай здійснюється з двох боків, що може призводити до швидшого охолодження заготовки та формування більш однорідної структури.
- **Вертикальна безперервна розливка сталі:** У вертикальній безперервній розливці охолодження заготовки зазвичай здійснюється з одного боку, що може призводити до менш однорідної структури в порівнянні з горизонтальним методом.

### 3. Геометрія форми:

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

- **Горизонтальна безперервна розливка сталі:** Форма для горизонтальної розливки зазвичай має прямокутний або круглий профіль.
- **Вертикальна безперервна розливка сталі:** У вертикальній розливці форма зазвичай має циліндричну або конічну форму.

#### 4. Ширший асортимент заготовок:

- **Горизонтальна безперервна розливка сталі:** Цей метод дозволяє виробляти широкий асортимент заготовок, включаючи плоскі бруски, прокат та труби.
- **Вертикальна безперервна розливка сталі:** У вертикальній розливці зазвичай виробляються великі заготовки, такі як бруски, бруски та труби.

Обидва методи мають свої переваги та обмеження, і вибір між ними зазвичай залежить від конкретних вимог виробництва, розміру заготовок та якості матеріалу, яку необхідно отримати.

#### **Недоліки** горизонтального методу:

Отримати точний профіль заготовки: У горизонтальній безперервній розливці можуть виникати проблеми з отриманням точного профілю заготовки, особливо коли сталініт піддається значним зовнішнім напруженням під час лиття. Внаслідок цього можуть виникати викиди, нерівності та інші дефекти у структурі заготовки.

Обмеженість у виготовленні великих заготовок: Горизонтальний метод може бути обмеженим у виробництві дуже великих заготовок через обмежену довжину форми та складнощі у керуванні процесом охолодження. Це може створювати складнощі в отриманні рівномірної структури заготовки на всій її довжині.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

Потенційна низька якість поверхні: У горизонтальній безперервній розливці можуть виникати проблеми з якістю поверхні заготовок через можливе зниження рівномірності охолодження по всій її поверхні. Це може призводити до появи неоднорідностей та нерівностей на поверхні заготовки.

Складність у контролі процесу: Горизонтальний метод може бути складним у контролі через нестабільність процесу охолодження та формування заготовки. Це може призводити до потреби у ретельному моніторингу та корекції параметрів процесу для досягнення бажаної якості та розміру заготовки.

Таким чином, горизонтальний метод безперервного лиття сталі має свої недоліки, зокрема в області точності профілю, виготовлення великих заготовок, якості поверхні та контролю процесу. Ці аспекти важливі при виборі між різними методами лиття для конкретних виробничих потреб.

#### **1.2.4 Топкова безперервна розливка сталі**

Топкова безперервна розливка сталі (Submerged Entry Nozzle Continuous Casting, SEN Continuous Casting) є одним із важливих методів безперервного лиття сталі, який поєднує в собі переваги інших методів, а саме горизонтальної та вертикальної безперервної розливки, а також включає додаткові інновації для покращення процесу лиття.

Основні характеристики топкової безперервної розливки сталі включають:

- 1. Топковий канал (Submerged Entry Nozzle, SEN):** Центральним елементом цього методу є спеціальний топковий канал, який знаходиться під поверхнею розплавленого металу у плавильній печі. Топковий канал дозволяє точно керувати потоком розплавленої сталі під час лиття.

Топковий канал (Submerged Entry Nozzle, SEN) є ключовим компонентом топкової безперервної розливки сталі і відіграє критичну роль у процесі лиття.

Основною його функцією є керування потоком розплавленої сталі під час лиття, забезпечення точного подання металу у форму та контроль процесу охолодження. Ось більш детальний опис головних аспектів топкового каналу:

А) Підводження розплавленої сталі: Топковий канал розташований під поверхнею розплавленого металу у плавильній печі. Розплавлена сталь підводиться до топкового каналу з великої плавильної печі або конвертера за допомогою системи транспортування, такої як лопатчасті чи підводні системи.

В) Контрольоване подання металу: Топковий канал дозволяє точно керувати подачею розплавленої сталі у форму для лиття. Це досягається за допомогою регулювання рівня рідини у топковому каналі, що дозволяє змінювати швидкість потоку металу і контролювати товщину та форму заготовки.

С) Мінімізація впливу атмосфери: Оскільки топковий канал знаходиться під поверхнею розплавленого металу, він допомагає уникнути контакту сталі з атмосферним повітрям під час лиття. Це допомагає зменшити окислення металу та утворення дефектів у заготовці.

Д) Охолодження та захист від термічних напруг: Топковий канал зазвичай має систему охолодження, що дозволяє контролювати температуру металу та захищати його від термічних напруг. Це допомагає уникнути внутрішніх дефектів у заготовці та забезпечити однорідне охолодження металу.

Е) Оптимізація процесу лиття: Топковий канал дозволяє оптимізувати процес лиття, забезпечуючи точну та рівномірну подачу металу у форму. Це допомагає підвищити якість та продуктивність виробництва.

Таким чином, топковий канал є ключовою складовою топкової безперервної розливки сталі, яка забезпечує точну та контрольовану подачу розплавленої сталі у форму для лиття, що дозволяє отримати високоякісні сталеві заготовки з високою продуктивністю та мінімізацією відходів.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

2. **Плавильна піч:** Процес починається з плавлення сировини у великій плавильній печі або конвертері. Розплавлена сталь зберігається у плавильній печі, де вона підтримується у рідкому стані та підтримується необхідна температура.
3. **Вертикальне лиття:** Після плавлення розплавлена сталь направляється в топковий канал, який знаходиться під поверхнею розплавленого металу у плавильній печі. Заготовка литтям формується вертикально вниз, що дозволяє отримати більш однорідну структуру та високу якість заготовок.
4. **Ефективне охолодження:** Топковий канал також дозволяє ефективно керувати процесом охолодження заготовки, що допомагає уникнути внутрішніх напруг та дефектів. Контрольоване охолодження також сприяє формуванню однорідної структури та забезпечує високу якість сталі.
5. **Контрольована формування заготовки:** Процес формування заготовки контролюється за допомогою топкового каналу, що дозволяє отримати точну форму та розмір заготовки.
6. **Можливість виробництва різних типів заготовок:** Топкова безперервна розливка сталі дозволяє виробляти різні типи заготовок, включаючи бруски, прокат та труби, що робить її універсальним методом для виробництва сталевих виробів.

В цілому, топкова безперервна розливка сталі є ефективним та інноваційним методом, який дозволяє отримати високоякісні сталеві заготовки з високою продуктивністю та низьким рівнем відходів.

Хоча топкова безперервна розливка сталі має багато переваг, вона також має свої **недоліки:**

1. Складність обслуговування і ремонту: Топковий канал є складною механічною системою, яка вимагає регулярного обслуговування та може вимагати ремонту у разі пошкодження або зносу. Це може призвести до значних затрат на утримання та обслуговування обладнання.
2. Підвищена схильність до дефектів: Незважаючи на спроби контролювати процес лиття, топковий канал може бути схильним до виникнення дефектів, таких як засмічення каналу або відходи, які можуть потрапити у форму. Це може призвести до зменшення якості заготовок або навіть до зупинки виробництва для виправлення проблем.
3. Обмеженість у швидкості лиття: У порівнянні з іншими методами лиття, топкова безперервна розливка сталі може бути обмеженою у швидкості лиття. Це може призвести до збільшення часу виробництва та зменшення загальної продуктивності виробництва.
4. Потенційні проблеми з плавленням: Топковий канал може бути схильним до проблем з плавленням або забрудненням, особливо при високих температурах і довгих періодах експлуатації. Це може призвести до зупинки виробництва для очищення або заміни топкового каналу.
5. Високі витрати на обладнання і утримання: Введення та утримання топкового каналу може вимагати значних витрат на спеціалізоване обладнання та кваліфікований персонал для обслуговування та ремонту. Це може зробити цей метод виробництва менш конкурентоспроможним у порівнянні з іншими методами.

Хоча топкова безперервна розливка сталі має свої недоліки, багато з них можуть бути подолані за допомогою вдосконалення технологій та процесів.

Топковий метод безперервної розливки сталі має кілька **переваг**, серед яких:

1. Висока якість продукції: Топковий метод дозволяє отримувати

2. високоякісні сталеві заготовки з однорідною структурою та мінімальними дефектами. Контрольована подача розплавленого металу та процес охолодження допомагають уникнути внутрішніх напруг і забруднень у заготовках.
3. Ефективне використання матеріалів: Топковий метод дозволяє ефективно використовувати розплавлені матеріали, оскільки подача металу у форму та контроль процесу лиття зменшують втрати матеріалу та відходів.
4. Висока продуктивність: Цей метод лиття забезпечує високу швидкість виробництва, оскільки процес лиття може бути автоматизованим та неперервним. Це дозволяє зменшити час циклу виробництва та збільшити виробничу потужність.
5. Можливість виготовлення різних типів заготовок: Топковий метод дозволяє виробляти різні типи сталевих заготовок, такі як бруски, прокат і труби. Це робить його універсальним методом для виробництва різних видів продукції.
6. Менший вплив на довкілля: Топковий метод може бути більш екологічно чистим у порівнянні з іншими методами лиття, оскільки він може зменшити викиди газів і пилу в атмосферу. Крім того, використання ефективного охолодження може зменшити споживання води та енергії.
7. Економія енергії: Завдяки високій продуктивності та ефективному використанню матеріалів, топковий метод може допомогти зменшити споживання енергії та знизити витрати на виробництво.

В цілому, топковий метод безперервної розливки сталі має численні переваги, які роблять його привабливим вибором для виробництва високоякісної сталевих продукції.

### **1.2.5 Технологія двофазної безперервної розливки**

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32



Технологія двофазної безперервної розливки є одним із передових методів лиття сталі, який поєднує в собі переваги інших методів, а саме вертикальної та горизонтальної безперервної розливки. Основна ідея цієї технології полягає в тому, що розплавлена сталь литтям в процесі охолодження проходить через дві фази: рідку і тверду.

Основні характеристики технології двофазної безперервної розливки включають:

1. **Плавильна піч:** Процес розплавлення сталі починається у великій плавильній печі або конвертері. Розплавлена сталь зберігається у плавильній пічі, де підтримується необхідна температура.
2. **Подача розплавленої сталі у форму:** Розплавлена сталь направляється у форму для лиття, де вона починає охолоджуватися і переходити з рідкого стану у твердий.
3. **Двофазний процес охолодження:** Особливістю цієї технології є те, що процес охолодження сталі відбувається через дві фази. Спочатку, відбувається охолодження розплавленого металу, що переходить у твердий стан (фаза 1). Потім, заготовка проходить через другу фазу охолодження, коли вона знаходиться під дією охолодження в підводі. Це дозволяє забезпечити більш однорідну структуру та високу якість заготовок.
4. **Ефективне керування процесом:** Технологія двофазної безперервної розливки дозволяє ефективно керувати процесом лиття, забезпечуючи точну форму та розмір заготовок.
5. **Висока якість продукції:** Цей метод дозволяє отримувати високоякісні сталеві заготовки з однорідною структурою та мінімальними дефектами.
6. **Економічна ефективність:** Технологія двофазної безперервної розливки може бути економічно вигідною, оскільки вона дозволяє

зменшити витрати на обробку та післялиттєву обробку, а також збільшити продуктивність виробництва.

У цілому, технологія двофазної безперервної розливки сталі є ефективним методом, який дозволяє отримувати високоякісну продукцію з використанням передових технологій охолодження та контролю процесу лиття.

Хоча технологія двофазної безперервної розливки сталі має свої переваги, вона також має деякі **недоліки**, які варто враховувати:

1. Складність в налаштуванні і управлінні: Двофазний процес охолодження вимагає точного керування та управління, щоб забезпечити однорідність структури та якості заготовок. Це може вимагати складних систем контролю та моніторингу, які потребують спеціалізованого персоналу для обслуговування.
2. Вищі витрати на утримання і обслуговування обладнання: У порівнянні з іншими методами лиття, технологія двофазної безперервної розливки може потребувати більше часу та ресурсів на утримання та обслуговування обладнання, що може підвищити загальні витрати виробництва.
3. Підвищене ризик виникнення дефектів: Двофазний процес охолодження може збільшити ризик виникнення дефектів у заготовках через складність контролю за процесом охолодження та формуванням структури. Це може призвести до зниження якості продукції та збільшення відходів.
4. Технологія двофазної безперервної розливки може бути менш адаптивною до виготовлення різних типів сталевих виробів порівняно з іншими методами лиття. Це може обмежити гнучкість виробництва та реагування на змінні вимоги ринку.

5. Потреба в високотехнологічному обладнанні: Для реалізації технології двофазної безперервної розливки потрібне високотехнологічне обладнання, що може бути дорогим у встановленні та підтримці.

Технологія двофазної безперервної розливки сталі має декілька **переваг**:

1. Висока якість продукції: Двофазний процес охолодження дозволяє отримувати сталеві заготовки з однорідною структурою та мінімальними дефектами. Це покращує якість продукції і забезпечує високу якість кінцевих виробів.
2. Менші відходи: Два етапи охолодження дозволяють оптимізувати процес лиття і зменшити кількість відходів. Це сприяє зменшенню витрат та підвищенню ефективності виробництва.
3. Економія енергії: У порівнянні з іншими методами лиття, двофазна безперервна розливка може вимагати менше енергії для охолодження розплавленої сталі, що дозволяє зменшити витрати на виробництво та знизити вплив на довкілля.
4. Висока продуктивність: Двофазний процес дозволяє збільшити швидкість виробництва, зменшуючи час циклу лиття та підвищуючи загальну продуктивність виробництва.
5. Гнучкість виробництва: Технологія двофазної безперервної розливки може бути адаптована для виготовлення різних типів сталевих виробів, що дозволяє виробникам бути більш гнучкими у відповіді на ринкові запити та змінні вимоги.
6. Зменшення впливу на довкілля: Використання ефективного охолодження та зменшення кількості відходів сприяє зниженню негативного впливу виробництва на довкілля.

Отже, технологія двофазної безперервної розливки сталі має численні переваги, які роблять її привабливим вибором для виробництва високоякісної сталевих продукції.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-01.АЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНОК ДІЛЯНКИ ЦЕХУ БЕЗПЕРЕРВНОЇ РОЗЛИВКИ СТАЛІ

#### 2.1 Вибір агрегату безперервної розливки сталі, конструкція

Машина яку я обрала для проекту цеху, це 6-ти струмкова сортова машина безперервного лиття заготовок. Я обрала машину розроблену індійською міжнародною компанією: “SMS Group S.p.A” . Дане рішення було зроблене через те що дана машина підтримує розміри заготовок 100x100 мм, хоча зазвичай використовується для заготовок 150x150мм та 130x130 мм. Також таке рішення було прийнято через те що даний апарат вже використовується на території України.

Дана машина безперервного лиття заготовок (далі МБЛЗ) – це машина для розливання сталі, що забезпечує безперервне переведення рідкої сталі, яка перебуває в сталерозливному ковші, у твердий стан у вигляді заготовок певної геометричної форми. Процес розливання на МБЛЗ забезпечує послідовне (без зупинок) розливання певної кількості ковшів, що подаються від сталеплавильних агрегатів, а одержану заготовку водночас розрізають на мірні довжини відповідно до вимог споживачів (замовників), а потім відправляють на перекат до відповідних прокатних цехів або зовнішніх споживачів.

Приклад зовнішнього схематичного виду машини безперервного лиття зображено на рис.2.1 та рис.2.2

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>			
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РОЗДІЛ 2	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб</i>		Демченко						1
<i>Перевір.</i>		Чубенко			РОЗРАХУНОКОВА ЧАСТИНА	Каф.МЧМЛВ Група МТ-20		
<i>Н. Контр.</i>		Чубенко						
<i>Затв.</i>		Савельєв						

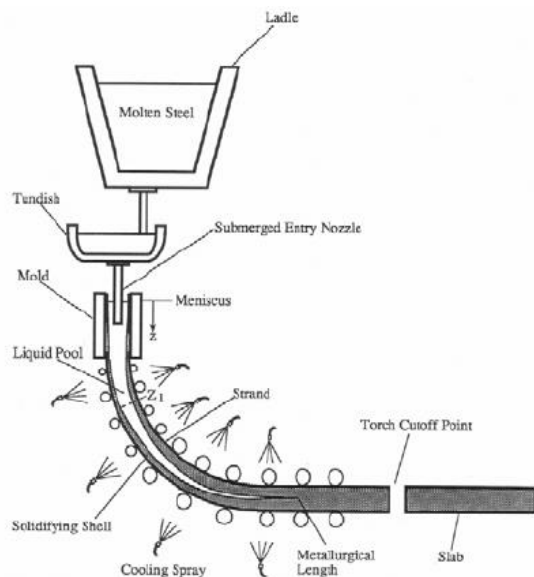


Рис.2.1 Схематичне зображення машини безперервного лиття заготовок

**МБЛЗ містять у собі таке обладнання та системи:**

1)Розливний підйомно-поворотний стенд, обладнаний датчиками контролю ваги і призначений для позиціонування сталерозливного ковша;

Призначений для точного позиціонування сталерозливного ковша під час процесу безперервного лиття сталі. Датчики контролю ваги забезпечують точне дозування та контроль маси розплавленого металу, що сприяє підвищенню якості та ефективності виробництва.

2)Проміжні ковші з кришками;

Це важливі елементи в процесі безперервного лиття сталі. Вони використовуються для транспортування і розподілу розплавленої сталі від сталеплавильного ковша до кристалізатора машини безперервного лиття. На машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) проміжні ковші з кришками забезпечують безперервність процесу, зменшуючи кількість зупинок і підвищуючи ефективність виробництва. Вони дозволяють акумулювати розплавлену сталь і контролювати її потік до кристалізатора, що важливо для підтримання стабільних умов лиття.

3)Візки для позиціонування проміжних ковшів;

Використовуються для точного переміщення і встановлення ковшів під кристалізатором, забезпечуючи безперервний потік розплавленої сталі. Ці візки оснащені механізмами для підйому, повороту і переміщення ковшів, що підвищує ефективність і точність процесу лиття.

4)установки вискотемпертарного розігріву проміжних ковшів;

Забезпечують попередній розігрів ковшів до необхідної температури перед заливкою розплавленої сталі, що запобігає термічним ударам і підвищує якість лиття. Ці установки допомагають підтримувати стабільну температуру сталі, знижуючи ризик дефектів і збільшуючи тривалість служби ковшів

5)маніпулятор захисної труби;

6)кристалізатор з механізмами гойдання;

7)зони вторинного охолодження з системою форсуночного охолодження заготовок водою;

8)тягнучо-плівильні машини;

9)затравки для витягування заготовок;

10)машини газового різання з можливістю відбору темплетів ;

11)рампа введення затравок;

Це пристрій, що забезпечує точне та контрольоване введення затравок (спеціальних стартових заготовок) у машину безперервного лиття для початку процесу формування металевих заготовок

12)механізм відбору темплетів;

13) механізм підйому заготовок;

14) поперечний зіштовхувач;

15) крокуючий холодильник;

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</b>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		3

- 16) маркувальна машина
- 17) доштовхувач;
- 18) система водяного охолодження обладнання; система водяного охолодження кристалізаторів;
- 19) гідравлічна система з обладнанням насосно-акумуляторної станції;
- 20) пневматична система;
- 21) централізована система густого змащення; -
- 22) система подачі енергоносіїв;
- 23) система управління і контролю технологічних параметрів процесу (АСУ ТП, КВПІА);

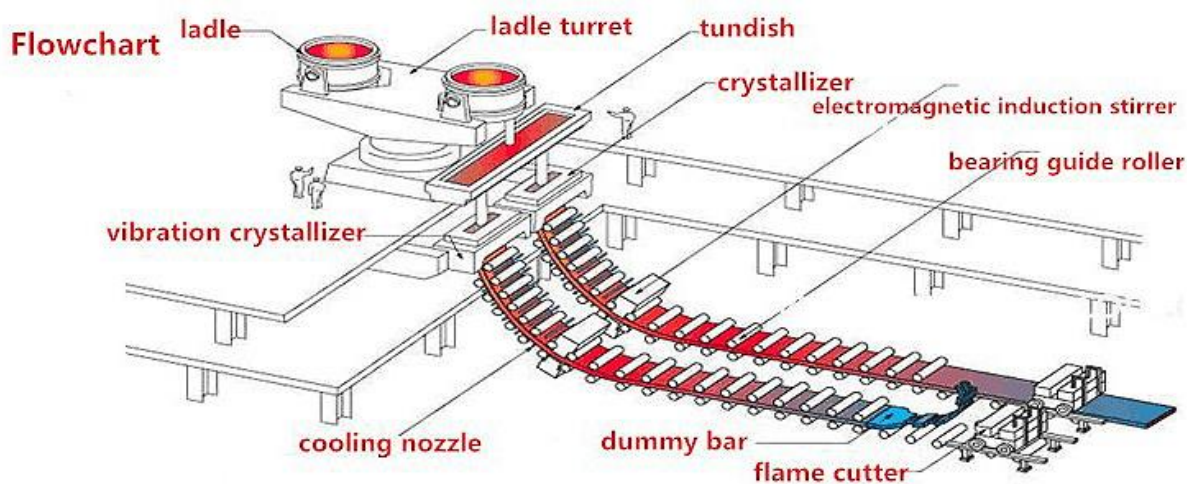


Рис. 2.2. Зовнішній вигляд двухструмкової МБЛЗ

**Безперервне розливання містить у собі таку послідовність основних технологічних операцій:**

- підготовчі роботи, увімкнення і налаштування обладнання та систем;
- подача рідкої сталі в проковш, утеплення дзеркала металу теплоізоляційними сумішами:

Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ

Арк.

4



- подача рідкої сталі в кристалізатор (кристалізатори): розливання відкритим струменем з механізмом швидкої зміни стаканів-дозаторів і подачею роздільника в порожнину кристалізатора;
- формування литої заготовки в охолоджуваному водою кристалізаторі; - подальше охолодження заготовки по струмках, шляхом розпилення води, яке починається нижче кристалізатора і відбувається в трьох зонах вторинного охолодження;
- безперервне витягування і випрямлення струмка (струмків); - різання заготовок на мірні довжини;
- розвантаження і складування безперервнолитої продукції.

Усі основні технічні характеристики і параметри даного апарата краще зобразити у вигляді таблиці. Основні проектні технічні характеристики обраної МБЛЗ надані в таблиці 2.1. Основні параметри розливання на МБЛЗ надані а таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Основні проектні технічні характеристики МНЛЗ

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		5

Найменування параметра	Значення
Металургійна довжина машини	27087 мм
Перетин заготовок що відливаються	100x100мм
Номінальна довжина заготовок для розливання (обмеження конструкцією холодильника)	8500-12100мм
Номінальна ємність проміжного ковша	30т
Режим роботи машини	«плавка на плавку»
Пристрій прийому сталерозливного ковша	Підйомно-поворотний стенд з двома консолями, функціями підйому й опускання та системою зважування.
Візок проміжного ковша	Два візки проміжного ковша з пристроєм зважування
Кристалізатор	Конструкція гільзи типу CONVEX Гільзовий, довжиною 1000 мм
Механізм гойдання кристалізатора	Компактний тип із гідравлічним приводом частота + хід регулюються дистанційно
Гойдання	Синусоїдальне/не синусоїдальне
Вторинне охолодження	Водяне форсуночне. П'ять зон охолодження
Механізм різання	втоматична установка кисневого різання з затискним пристроєм, керованим маятниковим пальником, карованим маятниковим пальником і приводною кареткою для зворотного руху
Тип затравки	Жорстка криволінійна

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ

Арк.

6

Швидкість введення затравки, макс	4.0 м/хв
Привід машини	Кліті з плаваючим тягнучим роликом, стаціонарним нижнім роликом і регульованим верхнім роликом
Розвантажувальне обладнання	Рольганги, пристрій для підйому заготовок, поперечний транспортер, накопичувач заготовок, доштовхувач заготовок, холодильник для кантування накопичувальна решітка
Середня тривалість розливання однієї плавки	45 хв
Середня кількість плавок у серії	24
Тривалість підготовки МБЛЗ до нової серії	120хв
Продуктивність, кг/хв	1225

Таблиця 2.2 Основні параметри розливання на МБЛЗ

Параметри	Значення
Швидкість розливання максимальна, м/хв	5
Час розливання плавки, хв	41
Проектна серійність, плавок у серію	24

## 2.2 Принцип роботи машини безперервної розливки сталі

Підготовка МБЛЗ до розливання

Підготовка МБЛЗ до розливання може бути розділена на такі пункти:

1. Перевірка та підготовка системи витяжки пари
2. Підготовка розливного та допоміжного майданчика
3. Повортиний стенд ковша
4. Маніпулятор захисної труби ковша
5. Система затравки
6. Підготовка затравки
7. Введення затравки в кристалізатор
8. Пакування затравки
9. Після підготовки головки затравки не можна відкривати 1-шу зону вторинної зони охолодження (ризик вибуху під час початку розливання).
10. Якщо був увімкнений механізм гойдання або ТПМ, то головку затравки необхідно перепакувати. Небезпека прориву на початку розливання.
11. Підготовка промковша
12. Підготовка промковшів у ковшовому відділені
13. Підготовка промковша на розливному майданчику
14. Перед початком розливання (у період перепідготовки) проводять підготовку відсічних жолобів: очищають від настилів металу, ремонтують футеровку. Після виконання робіт здійснюється сушка жолобів газовими пальниками.
15. Перевірки промковша:
  - перевірити промковш, кришки і візок промковша на відсутність дефектів і деформацій;
  - перевірити всі рухи візка промковша
  - пристрій зважування має працювати в положенні розливання;

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		8

- перевірити управління механізму заміни стаканів;
- перевірити захисні екрани на візку промковша;
- перевірити всмоктувальну решітку повітродувок станції розігріву на відсутність захарашень у каналах.

#### 16.Перевірка позицій пристроя зміни стаканів CNC

17. Кришки, що встановлюються на промковш, повинні бути очищені від технологічних відходів і скрапу.

#### 18. Попередній розігрів промковша.

Розігрів футерування промковша, проводиться відповідно до вимог. Належний нагрів промковша є попередньою умовою для правильного пуску розливання. Температура поверхні футерування після попереднього нагріву має становити не менше 1100 °С, температура броні промковша на момент початку розливання в діапазоні 80-100 °С.

Перед розігрівом промковша, для унеможливлення вибивання полум'я з-під центрального пальника, проводиться укладання керамічного мату на носок

19. Засипку внутрішніх каналів стаканів-дозаторів стартовою сумішшю допускається проводити перед розігрівом промковша. Засипку стартовою сумішшю здійснювати не більше ніж за 10 хв до початку розігріву.

20. Під час попереднього нагрівання необхідно візуально перевіряти цілісність футерування промковша і відсутність незакріплених вогнетривів у промковші.

21. На підставі динаміки зростання температур броні промковша приймається рішення про зупинку серії з метою недопущення перевищення температури броні понад 350 °С, розливання сталі на цьому промковші припиняється.

#### 22.Вставновлення кристалізаторов

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</b>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

23. В обов'язковому порядку проводяться заміри зносу гільзи по досягненню стійкості в процесі її експлуатації:

- перший замір через 80-120 плавов;

-другий замір (по досягненню загальної стійкості) 170-200 плавов;

-наступні виміри через кожні 50 - 60 плавов

24. При досягненні передревізійного періоду гільзи кристалізатора змінний майстер основної виробничої дільниці ВБРС проводить розрахунок прогнозованої швидкості зносу гільзи:

$$S=(X1-X2)/(V1-V2) = (1,74-1,45):(345-230)= 0,0025 \text{ мм/серію,}$$

де X1 - замір конусності на попередній ревізії;

X2 - замір конусності на поточній ревізії;

V1 – стійкість гільзи на поточній ревізії;

V2 - стійкість гільзи на попередній ревізії.

Показник за швидкістю зносу гільзи має бути врахований під час планування заміни кристалізаторів на наступну серію.

25. Під час підготовки кристалізатора до розливання необхідно обдути стисненим повітрям робочі поверхні гільз кристалізаторів до відсутності на них твердих частинок (вогнетривкої маси, окалини тощо). Рекомендується нанесення тонкого шару масла на внутрішню поверхню кристалізатора

26.На МБЛЗ після зняття кристалізатора зливають воду (переважно в зимовий період)

27.Перевірка системи охолодження кристалізатора

28.Перевірка герметичності системи охолодження системи кристалізатора (між мідною гільзою і фланцями)

29. Перевірка функції опорних роликів кристалізатора

30. Перевірка кришки кристалізатора, очистити кришку від бризок сталі.
31. Перевірити подачу роздільника, зазор для виходу, а також рівну кількість роздільника на кожній стінці гільзи кристалізатора.
32. Розливальник сталі (струмковий) на кристалізаторах здійснює очищення зазорів подачі масла від нагару, металевих включень, залишків масла, після чого проводиться обдування стисненим повітрям. Обдування киснем суворо заборонено.
33. Перевірка подачі роздільника в порожнину кристалізаторів за всіма струмками перевіряється не менше, ніж за 1 год до початку розливання перед заведенням затравок.
34. Після розливання кожної серії плавок, розливальник сталі очищає стінки гільз від нагару і візуально оцінює їхній стан.
35. Перевірка і регулювання пристрою для вимірювання рівня металу в кристалізаторі
36. Перевірка механізму гойдання ( проводиться регулярно перед заведенням затравки)
37. Перевірка систем кристалізатора на розливному майданчику ( має бути проведена перед введенням затравки в кристалізатор)
38. Увімкнення та перевірка системи охолодження. (первина система охолодження на кристалізатори). Перевірка витрати води.
39. Максимальна температура води на вході становить 40 °С. Якщо різниця температури перевищує 9 °С, генерується попереджувальний сигнал. Якщо  $\Delta T$  вище 13 °С, розливання негайно припиняється.
40. Запуск та перевірка гідравлічної системи.

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Попередньою умовою для початку розливання є функціонування гідравліки без Індикації будь-яких несправностей (не має бути надто низьким тиск у системі, не повинні виходити з ладу насоси, неправильний вибір тиску насоса тощо)

У таблиці 2.3 наведено параметри за тиском затравки і на гарячий злиток

Таблиця 2.3 Параметри за тиском затравки і на гарячий злиток

Параметр	Од. Вим.	Значення
Тягнучий ролик (Тиск затравки)	бар	120
Тягнучий ролик (Тиск гарячого струмка)		20
Тягнучий ролик (Тиск гарячого струмка) без розливання		40
Правильний ролик (Тиск затравки)		110
Правильний ролик (Тиск гарячого струмка)		25
Правильний ролик (Тиск гарячого струмка) без розливання		40

#### 41.Перевірка системи централізованого змащення

##### **Розливання металу на МБЛЗ**

Після підготовки металу на установки піч-ковш (далі УПК) і готовності МБЛЗ до розливання, сталерозливний ківш встановлюється на консоль ППС.

1)Перед початком розливання необхідно:

- під'єднати циліндр шибєрного затвора стальковша;



- відкрити радіоактивне джерело Со60;
- вибрати режим розливання;
- зупинити попередній нагрів промковша і підняти пальники станції попереднього нагріву у верхню позицію;
- зняти кришки з підготовленого кристалізатора, якщо він був ними накритий для запобігання потрапляння всередину сміття;
- перевести візок промковша з попередньо нагрітим і піднятим промковшем у положення розливання. Час від підняття кришки до відкриття шиберного затвора не більше 5 хвилин;
- опустити промковш
- відцентрувати промковш над кристалізаторами;
- повернути стальковш у положення розливання;
- для захисту струменя металу від повторного окислення між, встановити захисну трубу, притиснувши її до колектора

2)Під час розливання:

- перевірити пристрої заміни стаканів (перевірити візуально розмір стакан-дозатора, блок-заглушка має бути встановлений у резервну позицію);
- пересунути поворотні жолоби під розливний стакан.

3)Перед тим, як відкрити шиберний затвор стальковша:

- на всі струмки, заплановані до розливання, встановити перемикач на панелі управління струмка в режим "Відливання" ("Casting"/"Розливання");
- вибрати режим керування "Automatic" (Автоматичний режим)
- переконатися, що лампи "Ready to Cast" (Готово до відливання/розливання) горять для всіх струмків.

4) Відкрити шиберний затвор сталковша.

5) Утеплення дзеркала металу теплоізолюючою сумішшю (ТІС)

Витрати теплоізоляційної суміші для промковша наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 Витрати теплоізоляційної суміші для промковша

Аналіз	Абрев.	Од. Вим.	Оптимум	Мін.	Макс.
0-3,0 мм					
Хімічний аналіз	SiO <sub>2</sub>	%	>85,0	85,0	95,0
	C	%	<6,0	-	6,0
	-	%	<5,0	-	-
	-	Г/см <sup>3</sup>	<0,3	-	-
Гранулометричний склад	-	%	<3,0	-	3,0
	>3,0	%	<5,0	-	5,0

6) Наповнити промковш до рівня 15-20 т.

7) Після досягнення в промковші маси металу 20 т прикрити до мінімуму шибер сталковша і зробити замір температури металу в промковші. При достатній температурі зробити витримку не менше 2 хв з подальшим вимірюванням температури металу в промковші.

8) Для забезпечення рівномірного зносу торкрет шару шлахового пояса промковша проводити чергування маси металу в промковші протягом розливання серії по кілька плавов у серії:

- на максимальному рівні понад 30 т;

- 28-30 т.

- 25-28 т.

- 23 - 25 т.

9) Запуск струмка при розливанні відкритим струменем.

Щоб уникнути "замерзання" струмків у початковий час розливання, запуск процесу розливання повинен завжди здійснюватися від крайніх до середнього відносно промківша струмків, тобто з найбільш віддаленої точки зони впливу ковша. Запуск струмка проводиться двома розливальниками сталі (струмковими).

10) Разом з автоматичним запуском вмикається система відстеження положення заготовки. Залежно від величин, що відстежуються, вмикаються зони вторинного охолодження.

11) Від'єднання затравки

12) Перше різання (різання головної частини).

Система стеження за заготовкою посилає сигнал про початок першого циклу різання МГР. Довжина головної частини має бути 400 мм 600 мм, хвостової частини 1000-1400 мм.

Цикл різання машини газового різання представляється таким чином:

- попереднє затискання затискний циліндр навантажується низьким тиском, який є достатнім для приведення затискачів у контакт із заготовкою без фактичного затискання;

- після досягнення мірної довжини, тиск затискання підвищується і МГР синхронно рухається із заготовкою;

- потім негайно запускається цикл підігріву, і операція різання починається;

- після закінчення різання, затискачі підтримують передню частину заготовки до досягнення довжини нового зливка 2400 мм (для запобігання провисання переднього кінця заготовки). Після досягнення необхідної довжини захоплення розтискають і МГР повертається у вихідну позицію.

13) Роботи під час розливання.

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</b>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		15

Після запуску всіх 6 струмків і відрізання перших заготовок, залежно від часу плавки в конверторі "від випуску до випуску" і роботи УПК, установити необхідний діаметр стакану і, таким чином, забезпечити достатній час розливання однієї плавки для забезпечення розливання серії.

14) Під час розливання проводять вимірювання температури металу в промковші термопарою, шляхом занурення її на глибину 100-150 мм у метал.

Для рівномірного зносу торкрет-шару ПК, перші 10 плавок від початку серії відбір об і виміри температури проводяться в районі струмка №5. Далі зі сторони де спостерігається найменша температура броні ПК.

Замір здійснюється в такій послідовності:

-перший вимір: за залишку металу в стальковші 110 - 120 т.

-другий вимір: за залишку металу в стальковші 70 т.

-третій вимір: при залишку металу в стальковші 20-30 т.

У разі отримання відхилення температури металу в промковші понад 7 °С (вгору/вниз) від показань останнього (попереднього) міру температури в обов'язковому порядку проводиться контрольний замір температури

15) У середині розливання плавки з промковша для визначення хімічного складу сталі разовим пробовідбірником відбирається плавочна проба металу. Проба не пізніше ніж через 10 хвилин після відбору відправляється в лабораторію

16) Розвантаження заготовок

В автоматичному режимі виконуються такі процеси:

- після різання, під час руху, торці заготовок очищаються від грата;

-заготовки транспортуються по рольгангах до стаціонарного упору;

-потім заготовки піднімаються пристроєм підйому заготовок на стіл

- штовхаючого транспортера (поперечний шлеппер);
- згідно з програмою штовхаючий транспортер переміщує заготовки на штовхач заготовок,
  - потім заготовки штовхачем переміщуються до завантажувального положення холодильника, що завантажує заготовки;
  - відбувається переміщення заготовки на холодильник
  - крокуючий холодильник починає один цикл (підйом пересування вперед-опускання переміщення назад);
  - по ходу переміщення заготовки на холодильнику заготівка потрапляє в позицію маркування;
  - маркувальник здійснює маркування.
  - наприкінці холодильника заготовки будуть накопичуватися на столі накопичувачі, температура заготовок наприкінці холодильника має бути не більше 450 °С

#### 17) Порізка заготовок на мірні довжини.

Під час охолодження відбувається усадка заготовок, яку необхідно враховувати під час різання на мірні довжини. Усадка залежить від різниці температур (АТ в діапазоні 700 - 1100 °С) і вмісту вуглецю. Для визначення точної довжини холодної заготовки, величину цієї усадки необхідно враховувати під час різання злитка на мірні довжини. Теоретичні коефіцієнти усадки сталі вказані в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 Теоретичні коефіцієнти усадки сталі.

C%	<0.2	0,2-0,4	0,4-0,8	> 0,8
Коефіцієнт усадки, %	1,11	1,2	1,3	1,4

Вищевказані коефіцієнти усадки базуються на охолодженні, починаючи з температури заготовки близько 800 °С до різання за кімнатної температури 20 °С (уточнюється в процесі розливання).

Довжина заготовки в гарячому стані (Стор. мм) розраховується за формулою:

$$L_{гор} = L_{хол} \times K_y + 10 = 9000 \times 1,013 + 10 = 9127 \text{ мм},$$

Де  $L_{хол} = 9000$  - задана довжина заготовки в холодному стані, мм;

$K_y = 1,013$  - теоретичний коефіцієнт усадки сталі (згідно з таблицею для сталі із вмістом вуглецю 0,5% коефіцієнт 1,3%, для формули приймаємо 1,013; для вуглецю до 0,20% коефіцієнт 1,11%, для формули приймаємо 1,011);

10- зазор між заготовками після різання на МГР, мм.

Відповідно, для отримання холодної заготовки довжиною 9000 мм, довжина порізу становить 9127 мм.

18) Завершення розливання

19) Зменшення залишку металу в промковші

Для підвищення виходу придатного, оптимальний залишок металу в проміжному ковші має бути не більше 8т.

20) Порізка заготовок на мірні довжини

21) Для запобігання потрапляння шлаку в кристалізатор, при появі в струмені металу перших порцій шлаку, системою CNC проводиться максимальне швидке закриття струмка.

22) Система стеження за заготовкою почне виконувати таку послідовність в автоматичному режимі:

-швидкість розливання буде встановлена такою, що дорівнює швидкості виведення хвостів (встановлюється на ЧМІ в рецептах швидкості управління ТПМ);

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		18

- закриваються зони вторинного охолодження після певного положення хвоста заготовки;
- опускання тягнучого ролика хвостової частини після досягнення хвостовою частиною злитка певного положення за енкодером довжини заготовки (з вузла витягування на тягнучий ролик хвостової частини);
- ролики ТПМ будуть підняті після досягнення хвоста заготовки.

Після того, як хвіст заготовки вийде з ТПМ:

- закрити радіоактивне джерело;
- почистити і закрити гільзу кристалізатора.

### **БЕЗПЕРЕРВНЕ РОЗЛИВАННЯ СЕРІЯМИ**

1) Кількість плавок, що розливаються в серії через один промківш, визначається станом його футерування, стаканів-дозаторів, кількістю шлаку в промковші і кількістю відкриттів плавок на низькому рівні металу в промковші.

2) Заміна стального ковша під час серійного розливання (плавка на плавку). «Маса металу в сталерозливному ковші контролюється вимірювальним обладнанням, результати показань відображаються на пульті управління і на табло візуалізації. Коли попередній ківш ще задіяний у розливанні, наступний ківш розміщується на поворотному стенді (циліндр шибєрного затвора має бути приєднаний). Оптимальним часом подачі стального ковша чергової плавки на поворотний стенд вважається 5-10 хвилин до закінчення розливання попередньої плавки.

3) Розливання різних марок в одній серії спричиняє змішування зон у безперервнолитій заготовці, які тим самим не відповідатимуть жодній з марок сталі, що призводить до появи "перехідних" зон, які не мають властивостей ні старої, ні нової марки сталі.

4) Для перетину 100 мм розливання різних марок сталі в одній серії не допускається.

## **РОБОТИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОЗЛИВАННЯ**

Після закінчення розливання виконати очищення МБЛЗ.

Подальший порядок дій залежить від тривалості перерви між розливанням. Якщо наступне розливання очікується того самого дня, то всі системи залишаються в робочому стані.

У разі, якщо температура нижча за 0 °С, потрібно вжити необхідних заходів (наприклад, спуск охолоджувальної води) для захисту від замерзання ліній охолодження та обладнання з водяним охолодженням (кристалізаторів, сегментів, обладнання для різання, рольгангів тощо).

### **2.3 Розрахунок продуктивності машини безперервної розливки сталі**

Розрахунок продуктивності машини безперервної розливки сталі є ключовим етапом в оцінці ефективності сталеливарного виробництва. Цей процес дозволяє визначити максимальну кількість сталевих заготовок, які можуть бути виготовлені за одиницю часу, що є критично важливим для оптимізації виробничих процесів і зниження витрат. Продуктивність машини залежить від низки факторів, включаючи пропускну здатність обладнання, тривалість кожного циклу розливання та кількість плавок. Правильний розрахунок цих показників сприяє підвищенню ефективності виробництва та забезпеченню стабільної якості готової продукції.

Щоб оцінити ефективність машини безперервного лиття заготовок, необхідно визначити наступні показники: пропускну спроможність машин безперервного лиття, тривалість розливання та кількість плавок.

При проектуванні відділень безперервного розливання сталі необхідно обрати тип МБРЗ, розрахувати число струмків в кожній з них і визначити необхідну для роботи цеху кількість машин

									Арк.
									20
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ				



Під пропускною спроможністю МБРЗ і МБРС розуміється максимально можлива продуктивність машини за умови безперебійного ритмічного забезпечення її металом. Пропускна спроможність МБРС і МБРЗ залежить від характеристик машини, тривалості розливання, кількості плавок в серії, типу і ємності сталеплавильного агрегату і визначається за формулою:

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

де 1440 – кількість хвилин на добу;

$\eta$  – кількість плавок в серії при розливанні методом «плавка на плавку»;

$T_1$  – час розливання, хв;

$T_2$  – час підготовки машини до прийому серії плавок, хв;

$Q$  – середня маса плавки, т;

$\Phi$  – фактичний фонд роботи машини, діб/рік;

$K$  – коефіцієнт, що враховує ступінь загрузки обладнання машини ( $K = 0,98$ ).

#### *Визначення швидкості розливання сталі*

Протяжність рідкої фази в заготовці, м:

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

де  $\alpha$  – поправочний коефіцієнт приймають таким, що дорівнює, хв/м<sup>2</sup>: для квадратних заготовок – 240; для прямокутних заготовок шириною до 1200 мм – 290; для прямокутних заготовок шириною більше 1200 мм – 340;  $a$  – сторона квадрата, або товщина сляба, м.

Швидкість розливання слябової заготовки можна розрахувати за виразом:

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

де  $V$  – швидкість розливання, м/хв.;  $H$  – товщина заготовки, мм;  $B$  – ширина заготовки, мм.

Швидкість розливання квадратної заготовки можна розрахувати за виразом:

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</b>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		21

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

Визначення тривалості розливання плавки і розрахунок числа струмків МБРЗ

Тривалість розливання плавки не повинна перевищувати величину, наведену у таблиці 2.6 або розраховану за виразом. До того ж тривалість розливання повинна дорівнювати або бути кратною циклу плавки у сталеплавильному агрегаті.

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

де  $E$  – маса сталі, т.

Таблиця 2.6 – Рекомендована максимальна тривалість розливання в залежності від маси сталі

Ємність ковшів, т	25	50	100	150	200	250	300	400
Тривалість розливання, хв	35	40	45	50	55	60	65	70

За визначеним перерізом заготовки слід розрахувати вагу 1 погонного метра:

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

де  $a, b$  – розміри перерізу заготовки, м.

Потім розрахувати продуктивність одного струмка машини:

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

де  $V_p$  – робоча швидкість розливання.

Якщо прийняти, що тривалість розливання дорівнює циклу плавки, то продуктивність МБРЗ складає:

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

Кількість струмків МБРЗ дорівнює:

$$n = \frac{ПР_3}{ПР_1}. \quad (2.9)$$

Якщо  $n$  дріб, то слід приймати ціле число, що його перевищує. Слід також враховувати, що сортові МБРЗ зазвичай мають 4÷8 струмків (частіше – 6), а слябові машини МБРС – 1÷2 струмки. Задаємось кількістю струмків МБРЗ і отримуємо необхідну кількість машин.

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

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

На початку розрахунку 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.

## РОЗРАХУНОК

Необхідно визначити тривалість розливання, продуктивність машини і кількість, розливних машин, що буде встановлено для виготовлення квадратних заготовок, що мають розмір 100x100 мм, швидкість розливання дорівнює 3,5 м/хв, ємність ківшу дорівнює 50 т.

Тривалість розливання на машині безперервного лиття заготовок визначаємо за формулою 2.5:

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

Вага одного погонного метра заготовки за формулою 3.6 дорівнює:

$$M_1 = 0,1 \cdot 0,1 \cdot 7800 = 78 \text{ кг/м.}$$

Продуктивність одного струмка машини безперервного лиття заготовок визначається за формулою (2.7) і дорівнює:

$$Пр_1 = 78 \cdot 3,5 = 273 \text{ кг/хв.}$$

Продуктивність машини безперервного лиття заготовок дорівнює за формулою 2.8:

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		23

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

Кількість струмків визначаємо за формулою (2.9) і вона буде дорівнювати:

$$n = 1225 / 273 = 4,487$$

Приймаємо найближче більше ціле число, тоді  $n' = 5$

Для розрахунку фонду часу роботи машини безперервної розливки заготовок (МБРЗ) з календарного числа годин на рік виключають тривалість зупинок МБРЗ на всі види ремонтів, перебудову струмків машини для зміни перерізу заготовок, що відливаються, ліквідацію наслідків проривів і заміну вузлів машини (табл.2.7, табл. 2.8).

Таблиця 2.7 – Річний фонд робочого часу МБРС

Види витрат часу	Періодичність	Річний фонд	
		діб	годин
1. Профілактичний ремонт	10 годин на тиждень	13	312
2. Капітальний ремонт	1 раз на рік	7	216
3. Ліквідація наслідків проривів:			
- локалізація в межах знімного блоку	0,5 % розлитих плавов	9	216
- з потраплянням металу далі за знімний блок	0,1 % розлитих плавов	2	48
4. Заміна кристалізатора	через 100 плавов	2	48
5. Заміна секцій вторинного охолодження	через 750 плавов	2	48
6. Перебудова машини по товщині сляба	1 раз на місяць	2	48
7. Перебудова машини по ширині сляба	4 рази на місяць	4	96

Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ

Арк.

24

Разом:		43	1032
Річний фонд часу роботи МБРС		322	7728
Річний фонд роботи ВБРС		365	8760
Коефіцієнт використання МБРС		<b>88%</b>	

Тривалість зупинки МБРЗ визначають, враховуючи наступне:

- а) капітальний ремонт проводять 1 раз на рік протягом 10÷14 діб;
- б) планово-профілактичний ремонт здійснюють протягом 1 доби кожного місяця, окрім того, коли проводять капітальний ремонт;
- в) на профілактичний ремонт витрачають 7÷9 годин на тиждень, за винятком одного тижня кожного місяця, коли проводять планово-профілактичний ремонт, і двох тижнів на рік, коли проводять капітальний ремонт;
- г) на ліквідацію наслідків проривів витрачають 5÷7 год.

Таблиця 2.8 – Річний фонд робочого часу МБРЗ

Види витрат часу	Періодичність	Річний фонд	
		діб	годин
1 Профілактичний ремонт	8 годин на тиждень	13,0	312
2 Планово-профілактичний ремонт	0,75 доби на місяць	7,5	180
3 Капітальний ремонт	1 раз на рік	9	216
4 Ліквідація наслідків проривів	1 % розлитих плавков	6,0	144
5 Заміна кристалізаторів	через 100 плавков	3,5	84
6 Заміна секцій вторинного охолодження	близько 1 разу на місяць	2	48
7 Перебудова машини на інший переріз	1 раз на місяць	0,5	12
РАЗОМ	-	42	996

Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ

Арк.

25

Річний фонд часу роботи МБРЗ	-	323	7764
Річний фонд часу роботи ВБРС	-	365	8760
Коефіцієнт використання МБРЗ	-	<b>88 %</b>	-

Кількість проривів залежить від швидкості розливання і складає 0,5÷2% числа розлитих плавков. Впродовж року розливають плавков

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

де  $\Phi$  – фонд часу роботи МБРЗ, значення якого для розрахунку за формулою (2.11) можна прийняти рівним  $(6,9 \div 7.2) \cdot 10^3$  год/рік;  $\tau_n$  – тривалість паузи між плавками, год;  $n_c$  – кількість плавков, що розливаються в серії.

Оптимальне число плавков в серії до 20. Приймають в середньому 10 розлитих плавков за серію.

Кристалізатор внаслідок зносу мідних стінок замінюють кожні 100 плавков. Тривалість заміни 30÷40 хв;

Секції вторинного охолодження, встановлені відразу під кристалізатором, унаслідок їх зносу замінюють через 70÷90 плавков. Тривалість заміни – 90÷110 хв;

Машину перебудовують для зміни товщини заготовки, що відливається, 1÷2 рази на місяць. Тривалість перебудови – 6÷7 год.;

Машину перебудовують для зміни ширина заготовки, що відливається, 3÷5 разів на місяць. Тривалість перебудови 4÷6 год.

Отже, відповідно до прийнятих раніше умов, фонд часу роботи МБРЗ дорівнює календарній кількості годин на рік за вирахуванням суми витрат часу, що розраховуються за переліченими пунктами.

Коефіцієнт використання МБРЗ розраховується як частка річного фонду часу роботи МБРЗ від річного фонду часу роботи відділення безперервної розливки сталі.

#### 2.4 Основне та допоміжне обладнання

					<b>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</b>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

У процесі безперервного лиття сталі ключову роль відіграє не лише основне обладнання, таке як машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), але й численні допоміжні пристрої та механізми. Ці додаткові елементи забезпечують підвищення ефективності, точності та якості виробничого процесу, сприяють мінімізації витрат і підвищенню безпеки праці. Вони включають системи для точного позиціонування ковшів, механізми для попереднього розігріву та охолодження, а також контрольні та автоматизовані системи, які спрощують керування процесом. Розглянемо більш детально основні види додаткового обладнання, яке використовується на сучасних МБЛЗ, та їх значення для успішної роботи сталеливарного виробництва.

До додаткових систем обладнання (або їх частин) можуть бути віднесені:

1) Маркувальні системи (маркувальна машина)

Маркування заготовок сталі є обов'язковими. Це процес нанесення на металеві заготовки ідентифікаційних позначок, які містять інформацію про склад, виробника, дату виготовлення та інші важливі характеристики. Це забезпечує простежуваність і контроль якості продукції на всіх етапах виробництва та обробки.

2) Камера охолодження

3) Система паровідсмоктування

3) Маніпулятор захисної труби

4) Підйомно-поворотний стенд (ППС)

5) Гідроциліндр шибєрного затвору ковша

6) Проміжний ківш

7) Маніпулятор для зміни стаканів (MNC)

8) Стенд попереднього нагріву промковша

- 9) Візок промковша з системою зважування
- 10) Відсичний жолоб
- 11) Аварійний жолоб (шлаківня)
- 12) Механізм гойдання кристалізатора
- 13) ТПМ – Транспортно-позиціонувальний механізм:

Це механізм, який використовується для транспортування і точного позиціонування елементів у виробничому процесі, забезпечуючи правильне розташування компонентів перед виконанням наступних операцій.

- 14) Система змащення кристалізатора
- 15) Система вимірювання рівня металу
- 16) ТРХЧ
- 17) ДПЗ
- 18) МГР – Машина газового різання
- 19) Система витяжної вентиляції МГР
- 20) Жолоб для обрізи та системабору темплетів
- 21) Система зняття задирок
- 22) Система видалення задирок
- 23) Машина газового різання
- 24) Додаткова вимірювальна техніка
- 25) Поперечний транспортер (поперечний шлеппер)
- 26) Товкач заготовок
- 27) Кантуючий холодильник
- 28) Накопичувач заготовок



## 29) Допоміжні крани

## 30) Гідравлічні системи

Декілька частин машини безперервного лиття заготовок приводяться в дію гідравлічною силою. За допомогою гідравлічних механізмів наводяться наступні основні частини машини:

- привід поворотної вежі ковша;
- шиберний затвор ковша;
- шиберний затвор промковша;
- вібраційний пристрій кристалізатора;
- правильно-витяжний пристрій;
- гідравлічні ножиці;
- зіштовхувач заготовок;
- кантуючий холодильник;
- поперечний шлеппер;
- накопичувач заготовок.

Гідравлічний вузол МБЛЗ обладнаний 5 насосами.

## 31) Система охолодження кристалізаторів

Параметри охолодження кристалізатора представлені в таблиці нижче

Таблиця 2.9 – Параметри охолодження кристалізатора

					<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		29

Найменування	Параметр	Од. виміру	
Кристалізатор	Загальний клапан регулювання тиску- уставка тиску на вході	бар	8
	Загальний клапан регулювання тиску- уставка тиску на виході	бар	2
	Товщина стінки ливарної форми	мм	11,5
	Отвір для води	мм	3,5
	Швидкість води	м/с	12
Система охолодження кристалізатора	Номінальна витрата	л/хв	1800+/-50
	Витрата низька (сигналізація)	л/хв	1280
	Витрата дуже низька (аварійна)	л/хв	950
	Максимальна дельта температури	°С	13
	Тиск високий	бар	8
	Тиск низький	бар	2

### 32) Система вторинного охолодження

Після того, як кристалізатор залишає струмок, охолодження продовжується розпорошенням води безпосередньо на поверхню струмка вторинним охолодженням. це називається вторинним охолодженням.

Метою вторинного охолодження є отримання заготовки без тріщин і без здуття чи інших дефектів форми. Це досягається за допомогою застосування правильної кількості вторинної води, що охолоджує, з правильним розподілом вздовж довжини струмка і поперечної ширини струмка.

Стандартним показником Інтенсивності вторинної охолоджувальної води є питомий об'єм води (SWW), що є літрами охолоджуючої води на кг сталеві виливки (л/кг):

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	<i>КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ</i>	Арк.
						30

$$SWV = Q/(W \times t \times Vc \times p)$$

Де, SWV - питомий об'єм води (л/кг)

Q- швидкість потоку (л/хв)

W - ширина перетину (м)

t- товщина перетину (м)

Vc- швидкість розливання (м/хв)

P - густина рідкої сталі (= 7650 кг/м<sup>3</sup>)

Нижче спрощена формула визначення інтенсивності охолодження:

Інтенсивність охолодження сума фактичних витрат води по зонах / (швидкість струмка \* 176,6),

Де 176,6 вага одного погонного метра заготовки

Інтенсивність охолодження = (294+378+171)/(2,8\*176,6) = 1,7 л/кг.

### 33) Форсунки

Форсунки – це пристрої, які використовуються для розпилювання рідин або газів. Вони грають важливу роль у різних промислових процесах, забезпечуючи точне дозування і розпилювання речовин.

У металургійних процесах форсунки використовуються для охолодження, очищення та обробки металевих поверхонь. Наприклад, у безперервному литті сталі форсунки застосовуються для розпилювання води на поверхню розплавленого металу, забезпечуючи швидке та рівномірне охолодження.

### 34) Система водяного охолодження вузлів МБЛЗ

### 35) Система гойдання кристалізатора

Гойдання кристалізатора необхідне для запобігання прилипання скоринки злитка до стінок кристалізатора.

Кристалізатор гойдається відповідно до синусоїдальної функції. Параметри гойдання, які можуть бути обрані, є частотою гойдання і довжиною ходу. Частота контролюється автоматично і зазвичай вона пропорційна швидкості розливання. Хід вибирається для кожного розміру перетиную

## СКЛАДУВАННЯ, ВІДВАНТАЖЕННЯ І ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕЗПЕРЕРВНОЛИТИХ ЗАГОТОВОК

1) Для забезпечення зберігання заготовок і їх передання суміжним цехам на для даної МБЛЗ потрібен щонайменше один штабель і один стелаж. Для нашого проекту цеху це достатня кількість.

Висота штабеля не повинна перевищувати 4 м.

2) Заготовки з крокуючого холодильника зіштовхуються на накопичувальну решітку заготовок. З накопичувальної решітки заготовки прибирають магнітним краном і транспортують для укладання на стелаж (штабель)

3) Відвантаження заготовок зі штабеля МБЛЗ:

Завантаження заготовок експортного призначення або на перекат з накопичувача заготовок або робочого штабеля (стелаж) МБЛЗ виконується поплавно на одну або більше межцехових платформ, передавальний віз з подальшим транспортуванням транзитом у суміжні цехи підприємства або для складування в штабелі в суміжних цехах. На одну платформу дозволяється навантаження не більше двох плавок сталі з обов'язковим надійним поділом плавок дерев'яними прокладками або перев'язуванням заготовок сталевим дротом (арматурним прутком) не менше ніж у 2-х-3-х місцях по всій довжині платформи.

					КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

При навантаженні заготовки на платформи не допускається навантажувати заготовки другого ряду з боку клейма з перекриттям кінців заготовок нижнього ряду (козирком), що не дозволяє зчитувати інформацію на нижньому ряду.

## **2.5 Види планувань ділянки цеху безперервної розливки сталі, опис технологічного процесу**

### **2.5.1.1 Види планувань**

Планування ділянки цеху безперервної розливки сталі (МБЛЗ) може здійснюватися різними способами, залежно від специфіки виробництва, вимог до продуктивності, а також особливостей самого підприємства. Основні види планувань включають лінійне, радіальне та модульне.

#### **1). Лінійне планування**

Опис: Лінійне планування передбачає розміщення всіх основних елементів процесу безперервного лиття в одній лінії. Це може включати розташування печі, проміжних ковшів, машини безперервного лиття, охолоджувальних та обробних установок уздовж однієї осі.

Переваги:

- Простота організації процесу.
- Легка інтеграція нових елементів у виробничу лінію.
- Зручність контролю та моніторингу процесу.

Недоліки:

- Вимагає значного простору в довжину.
- Можливі труднощі з переміщенням матеріалів уздовж лінії.

#### **2). Радіальне планування**

					КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		33

Опис: У радіальному плануванні основні компоненти розташовані по колу або півколу навколо центрального пункту, такого як розливна піч або проміжний ковш.

Переваги:

- Оптимальне використання простору.
- Зменшення відстаней між основними елементами процесу.
- Підвищення ефективності переміщення матеріалів.

Недоліки:

- Складність організації та інтеграції нових елементів.
- Потреба в спеціальному обладнанні для радіального переміщення.

### 3). Модульне планування

Опис: Модульне планування передбачає поділ цеху на окремі модулі або секції, кожна з яких виконує певну функцію в процесі безперервного лиття. Ці модулі можуть бути легко реорганізовані або додані при зміні вимог виробництва.

Переваги:

- Гнучкість у налаштуванні та розширенні виробничих потужностей.
- Можливість оптимізації кожного окремого модуля для покращення загальної ефективності.
- Зручність технічного обслуговування та ремонту.

Недоліки:

- Можливі складності з інтеграцією модулів між собою.
- Вищі витрати на проектування та реалізацію.

Вибір конкретного виду планування ділянки цеху безперервної розливки сталі залежить від багатьох факторів, включаючи розміри та конфігурацію виробничих площ, вимоги до продуктивності, наявність обладнання та майбутні плани з розширення виробництва. Кожен вид планування має свої переваги та недоліки, тому вибір оптимального варіанту повинен базуватися на ретельному аналізі всіх цих факторів.

Для свого плану цеху я вирішила використовувати лінійний тип планування, тому що на мою думку він є найкращим варіантом для планування.

### 2.5.1.2 Типи машин в залежності від їх розташування

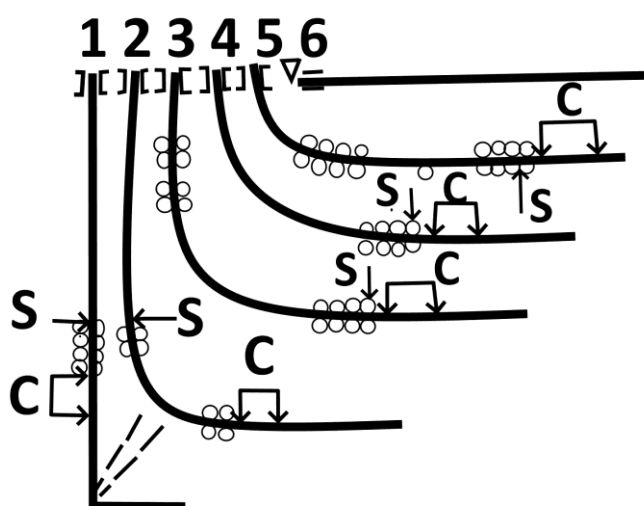


Рис 2.3 Принципові схеми машин безперервного лиття заготовок

1 – вертикального типу; 2- вертикального типу з вигином; 3 - з вертикальним кристалізатором, короткою вертикальною частиною з наступним вигином за певним радіусом; 4 - радіального типу; 5 - з вигнутим кристалізатором (криволінійного типу); 6 - горизонтального типу (або похила);

C - зона різання за готування; S- кінець затвердіння

Як вже зазначалося в першому розділі, машини безперервного лиття бувають декількох видів. Й це є одним із «елементів» який може впливати на вибір планування розташування цеху.

На рис. 2.3 показані принципові схеми машин безперервного лиття заготовок (МНЛЗ), які можна умовно розділити на шість основних типів: на машинах 1-3 кристалізатори вертикальні, на машинах 4 і 5 - криволінійні, машини 6 - горизонтальні або похилі. Незважаючи на відмінності в конструкціях МНЛЗ, всі вони працюють за однією принциповою схемою і складаються з наступних основних вузлів: кристалізатора, зони вторинного охолодження, тянущої кліти, розгинаючої кліти і різака.

Один з основних недоліків МНЛЗ вертикального типу - велика висота конструкції, близько 35-40 м, що викликає труднощі в будівництві та експлуатації. Другий істотний недолік полягає в тому, що глибини на рідкій лунці у безперервному злитку, що утворюється, не повинна перевищувати 18 м. Глибину рідкої лунки визначають шляхом введення в кристалізатор радіоактивного ізотопу (наприклад,  $^{35}\text{S}$ ) або рідкого свинцю, практично нерозчинного у сталі. Зі збільшенням висоти шару рідкої сталі феростатичне тиск викликає деформацію опорних установок охолодження.

Для зниження висоти горизонтальних машин є установки з вигином зливка, з вертикальним або виконаним по дузі кола кристалізатором. Значно зменшити висоту таких машин можна лише тоді, коли відливаються зливки невеликої товщини. Для розміщення МНЛЗ вказаного типу потрібні більші площі, ніж для вертикальних машин.

Радіальні МНЛЗ дозволяють значно зменшити висоту машини. Більшість установок, що споруджуються в нашій країні, радіального типу.

План цеху МНЛЗ лінійного типу зображено на рис. 2.5.

## 2.5.2 КОРОТКИЙ ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Рідка сталь випускається з конвертера у ківш. Після введення легуючих добавок ківш транспортується на двопозиційну УПК. Стаперозливний кву з рідкою сталлю після обробки на УППК (дегазація, коригування хімічного складу та регулювання температури) встановлюється за допомогою крана на поворотний стенд стальковша. МБЛЗ вже знаходиться в режимі готовності .

					КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36



Поверхня вогнетривкої футеровки промковша вже нагріта понад 1100 С на станції нагріву промковша. Поворотний стенд переміщує ківш у позицію розливки.

Візок промковша разом із нагрітою ванною промковша переміщається в позицію розливання над кристалізаторами, в якій центрування промковша здійснюється з урахуванням забезпечення знаходження випускних отворів промковша по центру кристалізаторів. Промківш транспортується на спеціальному візку.

Після цього між сталє-розливним та проміжним ковшами за допомогою маніпулятора встановлюється за-хисна вогнетривка труба із системою ущільнення інертним газом для захисту струменя металу від вторинного окислення. Шибєрний затвор ковша відкривається і промківш наповнюється рідкою сталлю. Потік сталі регулюється шибєрним затвором ковше. Рівень сталі у промковші слід підтримувати постійним. За наявності в промковші 16-20 т рідкої сталі входять у роботу струмки. Кристалізатор заповнюється. Розливка відкритим струменем проводиться з використанням стакан-дозатора. Рівень сталі у кристалізаторі підтримується зміною швидкості механізму витягування.

Рівень металу в кристалізаторі визначається за допомогою джерела радіоактивного випромінювання на одній стороні ливарної форми та сцинтилятора з Іншого боку для виявлення випромінювання. Через безперервний сигнал рівня, контролєри автоматично регулюють рівень сталі (меніск) в кристалізаторі. Рідка сталь розливається у водоохолоджуваній мідний кристалізатор із відкритим кінцем. Кристалізатори оснащені системою видалення газів та запобігання проривам металу. Первинна кристалізація починається безпосередньо на поверхні водоохолоджуваного мідного кристалізатора, що має достатню довжину, щоб товщина затверділої кірки дозволяла утримувати рідку сталь, що знаходиться всередині, після мідного

кристалізатора. Охолодження кристалізатора здійснюється по замкнутому контуру.

Пристрій гойдання кристалізатора гідравлічним блоком живлення, що приводиться в дію гідравлічним приводом від гідроциліндра. Амплітуда кристалізатора може змінюватись за допомогою введення значення на місцевій панелі управління, у тому числі в процесі розливки. Відношення частоти гойдання та амплітуди до швидкості розливки має значення для формування поверхні заготовки.

Щоб почати розливку, затравку потрібно ввести в кристалізаторі ущільнити зазор між затравкою і гільзою кристалізатора, щоб перша порція сталі, розлита в кристалізатор, застигла і могла бути витягнута через напрямку струмка. На голівку затравки встановлюється стартовий наконечник. У ході розливання злиток виходить із криволінійного кристалізатора. Дугоподібна заготовка направляється опорними роликми кристалізатора, потім роликми 1-го 12-го напрямних сегментів вниз до роликів, правильному пристрої і механізму витягування.

Злиток охолоджується прямим розпорощенням води на певній ділянці по всій мірній довжині. Вторинне охолодження реалізується в незалежних зонах, обсяг води для кожної зони регулюється в залежності від фактичної швидкості розливки. Вода та стиснене повітря подається під високим тиском.

Після того, як затравка провела гарячий зливок через роликми сегментів та зону вторинного охолодження, відбувається випрямлення гарячого зливка за допомогою блоку витягування та випрямлення. Роликми витягування і випрямлення спроектовані у вигляді комбінованого вузла для витягування і випрямлення зливка за допомогою з тягнуче-правильних роликів, при цьому роликми, що тягнуть, притискаються до нижніх роликів, що наводяться в рух редукторними двигунами змінного струму з частотним регулюванням. Компонування роликів розроблено відповідно до методики, яка дозволяє правити також струмки з рідкою лункою.

Після виходу гарячої заготовки з блоку витягування | випрямлення остання пара роликів закривається і затравка відокремлюється від заготовки. Затравка потім надходить на приймально-паркувальний пристрій. Гарячий еліток подається на першу зону рольгангу (рольганг газорізання) і наближається до МГР МГР відрізає перший шматок (0,4 м) від гарячого зливка в скрап. МГР ріже заготовки на мірні довжини відповідно до плану різання. Порізка зливка на необхідні довжини здійснюється автоматичною машиною газового різання. На МГР при розділяється головна частина заготовки та головна частина затравки. Затравка передається на стенд очікування (паркування) чергового введення в кристалізатор. Відрізані заготовки транспортуються в кінець рольгангу на пристрій підйому заготовки. Після закінчення розливки здійснюється відрізання хвостової частини блюма. Після МГР по ходу руху заготовка очищається від скрапу гратознімачем і транспортуються до стаціонарного упору на ділянку підйому заготовок. Після досягнення кінцевої позиції заготовки піднімаються на стіл штовхаючого транспортера (поперечний шлеппер). Штовхаючий транспортер переміщує заготовки на штовхач заготовок. Потім заготовки штовхачем переміщуються до завантажувального положення кантуючого холодильника, при русі кантуючого холодильника "вгору" проводиться переміщення заготовки на крокуючий кантуючий холодильник. По ходу переміщення заготовки на холодильнику заготовка потрапляє в позицію маркування і Маркувальник виконує маркування.

Після закінчення операції розливки машина буде готова до наступної розливки.

Підготовчий час включає час необхідний на операції від закінчення заливки сталі у кристалізатор, витягування зливка з машини, введення затравки, підготовки кристалізатора до готовності до початку наступної розливки.

Швидкість розливки для перетину 100x100 мм. Наведено в таблиці 2.10

					КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ	Арк.
Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата		39

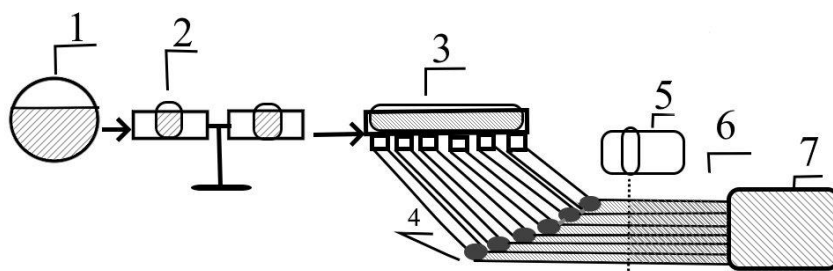
Регулювання швидкості розливки в залежності в температури наведено в таблиці 2.11.

Таблиця 2.10 Швидкість розливки для перетину 100x100 мм

С,%	<0,09	0,10-0,17	0,18-0,25	0,26-0,42	0,43-0,59
А	10	20	30	40	50
Швидкість, м/хв	4,8	4,6	4,8	4,6	4,4

Таблиця 2.11 Регулювання швидкості розливки

Найменування	Перегрів від ліквідусу	Швидкість розливки
Дуже низький перегрів	29 °С і нижче	+ 0,2 м/хв
Діапазон низького перегріву	30 °С-35 °С	+ 0,1 м/хв
Діапазон цільового перегріву.	36 °С-49 °С	Ціль
Діапазон високого перегріву	50 °С і вище	- 0,1 м/хв



План цеху МНЛЗ

1. Установка Піч-Ковш (УПК)
2. Стенд неперервної розливки
3. Промковш з 6-ма струменями
4. Кристалізатор
5. Різак ( машина різання заготовок)
6. Нарізані заготовки
7. Холодильник

Рис. 2.5 – План Цеху МНЛЗ

Змін	Арк	№ докум	Підпис	Дата
------	-----	---------	--------	------

КНУ.РБ.136.24.204с.-02.РЧ

Арк.

40

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи на тему "Розробка проекту ділянки цеху безперервної розливки сталі для отримання сталевих квадратних заготовок розміром 100x100 мм" було досліджено та реалізовано комплекс заходів, спрямованих на оптимізацію сталеливарного виробництва. Детально проаналізовано різні методи розливки сталі, включаючи вертикальну, горизонтальну та топкову безперервну розливку, їх переваги та недоліки.

Особливу увагу було приділено сучасним методам контролю якості та ефективності виробництва, зокрема, застосуванню високотемпературних установок для розігріву проміжних ковшів та використанню форсунок для охолодження заготовок. Розрахунок продуктивності машини безперервної розливки сталі дозволив визначити основні показники, такі як пропускна спроможність, тривалість розливання та кількість плавки, що є критично важливими для забезпечення стабільної роботи цеху.

Розроблений проект враховує всі аспекти ефективної організації виробничого процесу, зокрема, оптимальне планування ділянки цеху, що включає розташування обладнання та допоміжних механізмів. Впровадження запропонованих рішень дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати на виробництво та забезпечити високу якість сталевих заготовок.

Також завдяки усьому цьому був побудований план цеху МНЛЗ лінійного типу в якому були враховані всі аспекти та потрібне обладнання.

Таким чином, виконана робота не тільки підтвердила теоретичні знання, але й сприяла набуттю практичних навичок у галузі безперервного лиття сталі, що є важливим кроком до професійного зростання та подальшої діяльності у

					сталеливарній промисловості.	КНУ.РБ.136.24.204с.-03.В		
Змі	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб		Демченко			<b>ВИСНОВОК</b>		1	1
Перевір.		Чубенко						
Н. Контр.		Чубенко						
Затв.		Савельєв						
						Каф.МЧМЛВ Гр. МТ-20		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Технологія прокатного виробництва: Навч. посібник /В.А.Чубенко, А.А.Хіноцька. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2017. – 170 с.
3. Минаев А. А. Совмещенные металлургические процессы [Текст]: монография.– Донецк: Технопарк Дон ГТУ УНИТЕХ, 2008. – 522 с.
4. Данченко В. Н. Прогрессивные процессы обработки металлов давлением [Текст] / В. Н. Данченко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2011. – № 7. – С. 1-8.
5. Wikipedia,Інтернет-енциклопедія. (<https://en.wikipedia.org/wiki/>)
6. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній та комплексів металургійних цехів: Монографія. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2010. – 404 с.
7. А.П.Огурцов, А.В.Гресс Непрерывное литье стали – Днепропетровск, Системные технологии, 2002.- 675 с.
8. Губін Г.В. Сучасні промислові способи безкоксової металургії заліза/ Г.В.Губін, В.О. Півень. – Кривий Ріг: ПП «Видавничий дім», 2010. – 366 с.
9. Тенденции развития литейно-прокатных агрегатов/Молотилов Б.В., Шакалов И.П., Деев А.И.// Сталь. – 1991. № 6. – С. 71-75.
10. 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.
11. Minamimura Y., Kanasawa T., Tsujita K. Latest technology for cost and productivity of QSP process // SEAFISI Quarterly, 2001. – 30. – №2. – P.10-15.

КНУ.РБ.136.24.204с.-03.Л

Змін	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб		Демченко			<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Чубенко					1	3
Н. Контр.		Чубенко			Каф.МЧМЛВ Гр. МТ-20			
Затв.		Савельєв						

12. Непрерывная разливка стали / [ Огурцов А. П., Величко А. Г., Исаев Е. И., Гресс А. В. ]. – Днепродзержинск : ДГТУ, 1999. – 306 с.

13. Гресс А. В. Изучение характера потоков металла в большегрузном промежуточном ковше МНЛЗ / А. В. Гресс // Вост.-европ. журнал передовых технологий. – 2006. – № 4 (22). – С. 45–48.

14. Дюдкин Д.А. Производство стали. Том 4. Непрерывная разливка металла / Д.А. Дюдкин, В.В. Кисиленко, А.Н. Смирнов. – М.: Теплотехник, 2009. – 528 с.

15. Евтеев Д.П. Непрерывное литьё стали / Д.П. Евтеев. – М.:Металлургия, 1984. – 200 с.

16. Куберский С.В. Непрерывная разливка стали [Учеб. пособие] / С.В. Куберский. – Алчевск: ДГМИ, 2004. – 362 с.

17. Лейтес А.В. Защита стали в процессе непрерывной разливки / А.В. Лейтес. – М.: Metallurgy, 1984. – 200 с.

18. Смірнов О.М. Безперервне розливання сталі [Підручник] / О.М. Смірнов, С.В. Куберський, Є.В. Штепан. – Алчевськ: ДонДТУ, 2011. – 518 с.

19. Смирнов А.Н. Процессы непрерывной разливки / А.Н. Смирнов, В.Л. Пилюшенко, А.А. Минаев, [и др.]. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 536 с

20. Чуванов О.П. Технологія розливки сталі [Навч. посібник] / О.П. Чуванов, В.С. Мамешин, А.С. Гриценко, В.Г. Герасименко. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 186 с

21. Кудрин В.А. Metallurgy of steel: textbook for universities. – Moscow: Metallurgy, 1989. – 560 с.

22. Титов Н. Д., Степанов Ю. А. Технология литейного производства: Учебник для машиностроительных техникумов. 2-е изд. перераб. М.; Машиностроение, 1978. 432 с., ил.

23 Стальное литье справочник. / Под ред. Н.П. Дубинина. М: Машгиз, 1961. 890с.

24. 1. Е.В. Ловчиновський В.С. Вагін «машини і механізми сталеплавильного підприємства» 1982.г 270с.

25.Н.П.Лякишев А.Г. Шалимов «развитие технологии непрерывной разливки стали» 2002г. 206с.

26. Bagsarian T. Strip casting gets serious // New Steel 2002

27. Initial operating results of six-strand horizontal casting machine// Met. Plant. Techn. Intern 1997

28. 1999. continuous Caster Roundup // Iron steelmaker. 1999 Nov.

29. Snowdon B., Cooper G. Developments in continuous alumina feed systems for continuous casters// AISE Steel Techn. 2000

30.«Подручный сталевара широкого профиля» И.И.Борнацкий, Н.М.Блащук М: Металлургия 1986р 456с.