

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет гірничо-металургійний  
Кафедра металургії матеріалознавства та організації виробництва

«Допущено до захисту»  
Гарант ОПП

Володимир ПАШИНСЬКИЙ

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Інноваційна діяльність в матеріалознавстві»  
за спеціальністю 132 Матеріалознавство

на тему «Розробка заходів з підвищення якості сталевого лиття в умовах КРМЗ»

Керівник роботи



Пашинська Олена

Консультант від  
бази практики

Григор'єв Олег  
Николаевич

Подписано цифровой подписью:  
Григор'єв Олег Николаевич  
Дата: 2024.01.26 10:20:10 +02'00'

Григор'єв Олег

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Луценко Сергій

Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Віктор КОЛЕСНИК

Кам'янське 2024

## ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	Гірничо-металургійний
Кафедра	Металургії, матеріалознавства та організації виробництва
Ступінь вищої освіти	магістр
Спеціальність	132 Матеріалознавство
ОПП	Інноваційна діяльність у матеріалознавстві

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП



Володимир

ПАШИНСЬКИЙ

«05» грудня 2023 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Луценко Сергія Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

- Тема роботи Розробка заходів з підвищення якості сталевого лиття в умовах КРМЗ  
керівник роботи Пашинська Олена Генріхівна д.т.н., професор  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом Університету від 29.08.2023 р. №137.1/29.08.2023
- Термін подання роботи 08.01.2024 р.
- Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики кваліфікаційної роботи, літературні джерела, технологічні інструкції, дані ТОВ «ЗЛМЗ» м. Кривий Ріг, результати власних експериментів та досліджень тощо
- Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз питання та постановка задачі дослідження (літературний огляд, недоліки існуючих процесів та матеріалів, сучасні тенденції). 2. Матеріал та методика досліджень (марки та характеристики матеріалів, характеристика відібраних зразків, режими їх обробки (при наявності), методики визначення характеристик матеріалів та обробки даних). 3. Отримані результати та їх аналіз 4. Практичні рекомендації із застосування отриманих результатів. Економічне оцінка запропонованих рішень, Заходи з промислової безпеки та захисту навколишнього середовища (при потребі). Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.
- Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Презентація з вказанням результатів аналізу питання,

задач дослідження, матеріалів та методики дослідження, опису отриманих результатів, економічна оцінка, промислова безпека та захист середовища, висновки

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

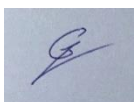
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
1 - 4	Пашинська Олена Генріхівна д.т.н., професор

7. Дата видачі завдання 05.12.2023

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Розділ 1. Аналіз питання та постановка задачі дослідження	25.12.2023 – 28.12.2023
2	Розділ 2. Матеріал та методика досліджень	25.12.2023 – 28.12.2023
3	Розділ 3. Отримані результати та їх аналіз	28.12.2023 – 02.01.2024
4	Розділ 4. Практичні рекомендації із застосування отриманих результатів. Економічне оцінка запропонованих рішень, Заходи з промислової безпеки та захисту навколишнього середовища	03. 01.2024 – 07.01.2024
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	07.01.2024 – 08.01.2024
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	08.01.204 – 10.01.2024
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.01.2024 – 16.01.2024
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	16.01.2024 – 24.01.2024

Здобувач



( Луценко Сергій )

Керівник роботи



(Пашинська Олена)

## РЕФЕРАТ

Тема роботи «Розробка заходів з підвищення якості сталевого лиття в умовах КРМЗ»

Робота містить 69 сторінок, 5 рисунків, 7 таблиць, 10 слайдів, 1 додаток.

Викладення змісту роботи: Приведена у магістерській дисертації робота направлена на розробку та освоєння технології з підвищення якості сталевого лиття в умовах ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ», а саме з лиття злитків сифонним методом.

Об'єкт і предмет дослідження: Об'єктом дослідження виступає технологія з підвищення якості сталевого лиття в умовах ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ», предметом дослідження лиття злитків сифонним методом.

Мета і завдання роботи: Розробка технології виробництва та заходів з підвищення якості сталевого лиття в умовах ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ» та для отримання додаткового прибутку за рахунок освоєння цієї технології.

Методи дослідження: У роботі використовувалися наступні методи: це перш за все аналіз поточних статистичних даних та освоєння діючої технології з поточними доповненнями, проведення експериментів безпосередньо в промислових потужностях підприємства.

Результати дослідження: Розроблена технологія заливки сталі сифонним методом в злитки.

Область застосування: виробництво злитків сифонним методом в умовах ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ»

Стислі висновки: Дослідження підтверджує можливість вдосконалення технології сифонного лиття сталі, включаючи оптимізацію параметрів процесу та вибір оптимальних матеріалів для формування високоякісних злитків.

Аналіз мікроструктури та інші методи дослідження дозволяють ідентифікувати та контролювати різноманітні дефекти, такі як пори, тріщини чи включення, що дозволяє підвищити надійність та міцність отриманого матеріалу.

Вивчення теплових характеристик та втрат енергії під час сифонного лиття вказує на можливості підвищення енергоефективності процесу, що є важливим аспектом з точки зору сталого розвитку.

Встановлення стандартів якості та введення систем контролю можуть гарантувати стабільність процесу виробництва та виробничої якості злитків.

Висновки дослідження можуть визначити перспективи використання сифонного лиття сталі в різних галузях, включаючи авіаційну, автомобільну та будівельну промисловість.

Загальний економічний ефект від модернізації режимів відпалу склав 492,09тис грн/рік

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** кокіль, температура заливки, хімічний аналіз, труба центрова, сталерозливна канава, піддон, каркас, виливниця.

## ABSTRACT

The theme of the work is "Development of measures to improve the quality of steel casting in the conditions of KRMZ"

The work contains 69 pages, 5 figures, 7 tables, 10 slides, 1 appendix

Summary of the work: The work presented in the master's thesis is aimed at developing and mastering the technology for improving the quality of steel casting in the conditions of METINVEST KRMZ LLC, namely, ingot casting by the siphon method.

Object and subject of research: The object of the study is the technology for improving the quality of steel casting in the conditions of METINVEST KRMZ LLC, the subject of the study is ingot casting by the siphon method.

Purpose and objectives: To develop a production technology and measures to improve the quality of steel casting in the conditions of METINVEST KRMZ LLC and to obtain additional profit through the development of this technology.

Research methods: The following methods were used in the work: first of all, the analysis of current statistical data and the development of the existing technology with current additions, conducting experiments directly in the industrial facilities of the enterprise.

Research results: A technology for pouring steel into ingots using the siphon method has been developed.

Scope of application: production of ingots by siphon method in the conditions of Metinvest KRMZ LLC.

Brief conclusions: The study confirms the possibility of improving the siphon steel casting technology, including optimization of process parameters and selection of optimal materials for the formation of high-quality ingots.

Microstructure analysis and other research methods make it possible to identify and control various defects, such as pores, cracks or inclusions, which can improve the reliability and strength of the resulting material.

The study of thermal characteristics and energy losses during siphon casting indicates opportunities to improve the energy efficiency of the process, which is an important aspect from the point of view of sustainable development.

Establishing quality standards and introducing control systems can guarantee the stability of the production process and the production quality of ingots.

The findings of the study can determine the prospects for the use of siphon steel casting in various industries, including the aviation, automotive, and construction industries.

The total economic effect from the modernization of annealing modes amounted to 492.09 thousand UAH/year

**KEYWORDS:** pans, pouring temperature, chemical analysis, center tube, steel pouring ditch, pallet, frame, sprue.

## ЗМІСТ

	Стор.
Завдання на випускню магістерську роботу	3
РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	10
ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД	12
1.1 Загальні відомості про технологію лиття в кокіль	12
1.2 Матеріали для виготовлення кокілів	15
1.3 Основні стадії технологічного процесу	15
2. Матеріали та методика дослідження	23
3. Отримані результати та їх обговорення.	24
3.1 Підготовка і набір піддонів зі встановленням центривої.	24
3.2 Підготовка виливниць.	27
3.3 Ремонт виливниць.	27
3.4 Підготовка надливкових надставок.	29
3.5 Складання сталерозливної канави.	30
3.6 Розливання сталі.	32
3.7 Виймання злитків із виливниць.	34
3.8 Порядок заповнення супровідного паспорта.	36
3.9 Приймання ковальських злитків.	37
3.10 Приймання та облік оснащення.	41
3.11 Дефекти зливка, причини утворення та заходи запобігання	43
3.12 Засоби контролю.	44
3.13 Технічний контроль технологічного процесу	44
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	46
5. ІНСТРУКЦІЯ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ	51
5.1.1 Загальні положення	50
5.1.2 Загальні відомості про об'єкт розробки.	50
5.1.3. Коротка характеристика технологічного процесу та обладнання.	52
5.1.4 Умови і порядок допуску до самостійної роботи.	54
5.1.5 Вимоги безпеки при пересуванні територією підприємства, цеху.	56
5.2 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ	57
5.3 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ	58
5.4 ВИМОГИ1 БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ	63
6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	64
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	67
Додаток А. Наведення розрахунків економічного ефекту	69

## ВСТУП

Сучасний промисловий сектор вимагає постійного вдосконалення технологій та процесів для досягнення оптимальної якості та ефективності виробництва металевих злитків. Одним із ключових етапів у виробництві сталевих виробів є заливка сталі в злитки, і в цьому контексті особливу увагу слід приділяти процесам, які впливають на якість та характеристики кінцевого продукту.

Однією з технічно важливих аспектів цього процесу є сифонна заливка сталі в злитки. Сифонні системи вирізняються своєрідністю і можливістю впливати на термодинамічні параметри розплавленого металу, що, в свою чергу, визначає якість та механічні властивості сталевих виробів. Необхідно провести детальне дослідження цього процесу для забезпечення стабільності та підвищення ефективності виробництва сталевих злитків.

В сучасних умовах конкурентного виробництва, забезпечення високої якості продукції є вирішальним фактором для успішного функціонування підприємств металургійної галузі. Сифонна заливка сталі в злитки є ключовим етапом виробничого циклу, і покращення цього процесу може призвести до підвищення якості вироблених металевих злитків та зменшення витрат сировини та енергії.

Вибір теми "Розробка заходів з підвищення якості сталевих лиття в умовах КРМЗ" обумовлений необхідністю вдосконалення технологічних процесів металургійного виробництва. З урахуванням постійного зростання конкуренції на ринку та стрімкого розвитку новітніх технологій, важливо здійснювати ретельний аналіз та оптимізацію кожного етапу виробничого циклу.

Сифонна заливка є ключовим елементом процесу формування сталевих злитків, і вдосконалення цього етапу може значно покращити якість та ефективність виробництва. Розуміння впливу сифонної заливки на структуру та властивості сталі дозволить вдосконалити технологічний процес, забезпечуючи високу якість продукції та оптимальне використання ресурсів.

Метою даної дипломної роботи є ретельне вивчення процесу сифонної заливки сталі в злитки з метою визначення його впливу на якість та характеристики кінцевого продукту. Для досягнення цієї мети поставлені наступні завдання:

1. Аналіз існуючих методів сифонної заливки сталі в злитки.
2. Експериментальне дослідження термодинамічних параметрів процесу.
3. Вивчення впливу сифонної заливки на якість та механічні властивості сталевих злитків.

Для реалізації поставлених завдань будуть використані різноманітні методи науково-дослідної роботи, такі як літературний аналіз, експериментальні вимірювання та статистичний аналіз отриманих даних.

У результаті проведення цього дослідження очікується отримання нових наукових знань, які внесуть вагомий конкретний внесок у вдосконалення процесу сифонної заливки сталі в злитки та підвищення якості виробленої продукції

Завершення даного дослідження передбачає отримання нових наукових даних та інформації, яка буде корисною для промислових виробників сталевих злитків та науковців у галузі металургії. Очікується, що отримані результати нададуть можливість оптимізувати процес сифонної заливки, що в свою чергу призведе до підвищення ефективності виробництва сталевих злитків та конкурентоспроможності на ринку металургійних виробів.

Робота над даною темою має велике значення для практики виробництва сталі та досліджень у галузі матеріалознавства. Отримані результати можуть служити основою для подальших наукових досліджень та вдосконалення технологічних процесів в галузі металургії.

# 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

## 1.1 Загальні відомості про технологію лиття в кокіль

Лиття металу поділяється на дві основні категорії: процеси з багаторазовими формами та процеси з витратними формами. В обох процесах ливарник розплавляє металевий матеріал у тиглі, заливає його у форму, а потім видаляє матеріал форми або вилівка, коли метал охолоне та затвердіє.

Лиття в кокіль - це процес виготовлення фасонних виливків та злитків шляхом заливання розплавленого металу в металеві форми вільним потоком. Цей метод лиття є досить прогресивним, забезпечуючи високу якість і економічну ефективність виробництва при великосерійному виробництві. Метод використовується для виробництва виливків з різних сплавів, але особливо з кольорових сплавів, в основному з алюмінію.

Лиття в кокіль дає можливість зменшити припуски на подальшу механічну обробку - в результаті вдається знизити собівартість готових виробів. Оборотноість кокілів - значуща перевага, яка дає змогу механізувати лиття й обробку виливків. Збірка оснащення також може бути автоматизована.

Порівняно з піщаною формою металева форма має значно вищі теплопровідність, теплоємність, міцність і практично нульову газопроникність та газоутворення. Ці властивості матеріалу кокілю визначають наступні особливості його взаємодії з металом виливки.

Висока ефективність теплової взаємодії між виливком і формою: розплав і затверділа вилівок охолоджуються в кокілі швидше, ніж в піщаній формі, тобто при однакових гідростатичному напорі і температурі розплаву заповнюваність кокіля зазвичай гірша, ніж піщаної форми. Це ускладнює отримання виливків зі сплавів зі зниженою рідкотекучістю в ковші і обмежує мінімальну товщину стінок і розміри виливків. У той же час, підвищена швидкість охолодження сприяє отриманню щільних виливків з дрібнозернистою структурою, що підвищує міцність і пластичність металу вилівка. Однак через особливості кристалізації в чавунних виливках, отриманих на вилівницях, часто утворюються карбіди і ферито-графітна евтектика, які негативно впливають на властивості чавуну, оскільки знижують ударну в'язкість і зносостійкість. Різке збільшення твердості у вибіленому поверхневому шарі ускладнює різання таких виливків і вимагає термічної обробки (відпалу) для усунення відбілювання.

Кокіль практично непіддатливий і більш інтенсивно перешкоджає усадці вилівка, що ускладнює його вилучення з форми і може викликати внутрішні напруження, викривлення вилівка і тріщини у вилівку. У той же

час безусадочна форма не деформується внаслідок збільшення об'єму деяких розплавів під час кристалізації за рахунок передзаливного розширення, наприклад, в результаті виділення графіту в чавуні. У цьому випадку знижується ризик утворення усадочної пористості при затвердінні виливка.

При литті в кокіль відсутні похибки, викликані пружними і залишковими деформаціями піщаної форми, що знижують точність її робочої порожнини і, відповідно, виливка. Розміри робочої порожнини кокіля можна зробити набагато точнішими, ніж розміри піщаної форми, і виливки в кокілі виходять відповідно більш точними. Точність виливків у кокілі зазвичай відповідає 5-9 класам для виливків з кольорових сплавів і 7-11 класам для виливків з чорних металів. Найвища точність забезпечується для розмірів в одній частині форми. Точність розмірів у двох і більше частинах форми, а також розмірів, утворених рухомими частинами форми, нижча. Точність ваги виливків, отриманих в кокільних формах, приблизно на один клас вище, ніж в піщаних формах, при цьому забезпечується можливість зменшення припусків на обрізання.

Фізико-хімічна взаємодія між металом виливки і кокілем мінімальна, що визначає високу якість поверхні виливка. Виливки в кокілях не мають пригару. Шорсткість поверхні виливків залежить від складу покриттів і фарб, що наносяться на поверхню робочої порожнини форми і відповідає  $Rz = 40 - 10$  мкм, але може бути менше.

Кокіль практично газонепроникний і має мінімальне газоутворення, що визначається в основному складом вогнетривких покриттів, нанесених на поверхню робочої порожнини. Однак газові раковини в кокільному литті - не рідкість. Причини їх виникнення різні, але в будь-якому випадку розташування виливка в формі, спосіб подачі розплаву і система вентиляції повинні забезпечувати видалення повітря і газів з кокілю при заливці.

Порівняно з литтям у піщано-глиняні форми, лиття в металеві форми має переваги: багаторазове використання форм; підвищення ефективності використання виробничих площ у 2...4 рази; зменшення об'єму різання за рахунок зменшення припусків на механічну обробку; зменшення кількості браку; зменшення витрати стрижневої суміші та виключення використання формувальної суміші; підвищення точності лиття та механічних властивостей металу, що відливається; скорочення тривалості циклу виготовлення виливків. Все це сприяє зниженню собівартості рулонних виливків у великосерійному виробництві на 10...5%.

Основною особливістю кокілів є висока швидкість охолодження і, отже, кристалізації розплаву, що заливається, через високу теплопровідність матеріалу форми, що істотно впливає на структуру і властивості сплаву, а

значить, і на якість виливків. Однак швидкість охолодження можна регулювати в певних межах, наносючи на робочу поверхню форми спеціальні покриття і змінюючи температуру форми[1].

Кокільні форми використовуються переважно для виробництва малих і середніх виливків.

Конструкція ливникової системи визначається конфігурацією виливка, його розташуванням у формі та умовами виробничого процесу. Основними елементами кокіля є матриця (частина самої форми) і осердя. Поперечний переріз кокіля може бути вертикальним, горизонтальним або складним (переріз в декількох площинах). Для дуже простих виливків кокілі можуть бути суцільними.

Порожнини виливків утворюються стрижнями, які можуть бути виготовлені зі стрижневої суміші або металу.

Металеві стрижні використовуються в тих випадках, коли порожнини мають просту форму - циліндричну або конічну - так, щоб стрижень можна було легко витягти з виливки. Складні металеві стрижні роблять композитними, щоб полегшити їх вилучення з виливки.

Нероз'ємні (витряхні) кокілі найчастіше використовують для виробництва сталевих і чавунних виливків простої конфігурації. Такі форми досить жорсткі і стійкі проти викривлення. Кокілі з горизонтальним роз'ємом або з декількома роз'ємами служать для виробництва сталевих і чавунних виливків середньої складності. Кокілі з вертикальним роз'ємом використовують для виробництва виливків із чавуну і кольорових сплавів (поршнів, плит, дисків, барабанів тощо). Для виробництва складних виливків із чавуну і кольорових сплавів використовують кокілі зі складною площиною роз'єму.

Залежно від способу охолодження розрізняють кокілі з повітряним (природним і примусовим) охолодженням, з рідинним (водяним, масляним) і комбінованим (водоповітряним) охолодженням.

Рекомендовані співвідношення товщини стінок кокіля і виливків під час проектування кокілів наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1: Рекомендовані співвідношення товщини стінок кокіля і виливків

Товщина виливки, мм	10	15	30	50	>50
Товщина стінки кокіля, мм	25	30	40	60	60-80

Основні конструктивні елементи кокілів: формотворчі елементи (половини кокілів, нижні плити, вставки, стрижні); конструктивні елементи (виштовхувачі, плити виштовхувачів, замикальні механізми, системи нагріву та охолодження кокіля, вентиляційні системи, центрувальні штирі та втулки.

## 1.2 Матеріали для виготовлення кокілів

У процесі експлуатації кокілі зазнають інтенсивних знакозмінних температурних навантажень, тому матеріали, що використовуються для виготовлення робочих поверхонь кокілів, які безпосередньо стикаються з розплавленим металом, повинні добре протистояти термічній втомі, володіти високими механічними властивостями, зазнавати мінімальних структурних перетворень за температур експлуатації, володіти підвищеною рістовитривалістю та окалиностійкістю.

Як заготовки для робочих поверхонь кокілів добре підходять деталі з сірого чавуну марок СЧ20, СЧ25 і високоміцного чавуну марок ВЧ-45 і ВЧ-50, водночас до мікроструктури металевої матриці пред'являють додаткові вимоги - вона має бути феритно-перлітною і не містити цементиту. Під час виготовлення кокілів для великих виливків використовують вуглецеві сталі 15Л, 20Л, а також сталі леговані хромом і молбденом, наприклад 15ХМЛ, які мають високу пластичність і добре чинять опір розтріскуванню в процесі експлуатації. Водоохолоджувані кокілі для дрібних виливків із чавуну та алюмінію іноді виготовляють з алюмінієвих сплавів АЛ9 і АЛ11, які анодують, унаслідок чого на їхній робочій поверхні утворюється тугоплавка (тпл.=2273°C), зносостійка плівка оксидів алюмінію товщиною 0,4 мм.

Вставки та інші відповідальні деталі виконують із високолегованих сталей 45Х14Н14В2М, 40Х10С2м; рухомі стрижні - зі сталей У7, У8, У10, 30 ХГСА.

## 1.3. Основні стадії технологічного процесу

Технологічний процес виготовлення виливків способом лиття в кокіль включає такі основні операції:

1. Підготовка кокілів (очищення, підігрів, нанесення на робочі поверхні облицювання і фарби)
2. Збірка кокілів (установка піщаних і металевих стрижнів, скріплення частин кокіля)
3. Заливка, розбирання кокіля, виймання виливків
4. Обрубування, очищення

## 5. Термічна обробка

## 6. Грунтування

Висока інтенсивність охолодження розплаву під час лиття в кокіль, ускладнює заповнення форми металом, прискорює охолодження його в кокілі. Для зниження інтенсивності теплообміну між робочою поверхнею кокіля і розплавом, на робочу поверхню наносять теплоізоляційне покриття, зазвичай: шар вогнетривкого облицювання (один раз на зміну) і фарбу (після кожної заливки). Вогнетривке покриття зменшує швидкість відведення тепла від розплаву і виливки. Змінюючи товщину покриття, що наноситься, можна регулювати швидкість відведення теплоти від різних частин виливки.

Для захисту поверхні кокілю від розплаву, контролюють швидкість охолодження виливка і поліпшення заповнюваності форми на робочу поверхню кокілю, металевих стрижнів і ливникової системи наносять спеціальне покриття. Змінюючи теплопровідність покриття шляхом введення до його складу речовин з різною теплопровідністю та змінюючи товщину його шару, можна зменшувати або збільшувати швидкість охолодження розплаву, тобто певною мірою керувати швидкістю затвердіння виливка. Це має велике значення при виготовленні виливків з чавуну, який схильний до вибілювання при збільшенні швидкості охолодження.

Покриття зазвичай складається з декількох компонентів, кожен з яких виконує певну функцію: є розчинником (вода), сполучною речовиною (рідке скло) і наповнювачем (пил кварцу, графіт, тальк, вапно, азбест). Товщина шару покриття буває різною: від часток міліметра (фарбування) до 5...10 мм (облицювання).

Існує два способи заливання сталі у форму: зверху і сифонним способом. У першому випадку заливальний ківш розміщують над формою і заливають безпосередньо в порожнину форми. Цей спосіб забезпечує швидке заповнення і не вимагає складної підготовки до процесу лиття. Однак струмінь металу, що потрапляє у форму з великої висоти, розбризкується і погіршується якість поверхні зливка. За такого способу заливають кожен виливник окремо.

При заливці сифоном кілька виливників одночасно заповнюються знизу через отвір у їхньому днищі за допомогою спеціальної заливальної системи. Форми встановлюють на піддоні в центрі якого знаходиться центральний кокіль футерований вогнетривкими трубами з'єднаними каналами з формами. Рідка сталь з ковша надходить через центральний шибер і плавно, без розбризкування, заповнює виливник знизу. Поверхня зливка виходить чистою, а велику масу металу можна розливати в кілька злитків одночасно. Спосіб вимагає тривалої підготовки до розливання.

Для звичайних вуглецевих сталей застосовують верхнє розливання, а для легованих і високоякісних сталей - сифонне розливання.

Виготовлення виливків і злитків методом гравітаційного лиття в металеві форми є важливим промисловим методом виробництва високоякісних машинобудівних заготовок [2-3]. Широке використання цього методу в ливарній практиці зумовлене низкою очевидних переваг, до яких відносяться зниження матеріаломісткості та маси заготовок, підвищення коефіцієнта використання металу, покращення механічних властивостей металу, поліпшення механічних і експлуатаційних властивостей литих виробів, підвищення продуктивності, поліпшення умов праці.

З метою цілеспрямованого управління структурою і досягнення заданих експлуатаційних характеристик виливків і злитків, що тверднуть в металевих формах, необхідно розуміти кінетику процесів, що відбуваються під час затвердіння [4-5]. У зв'язку з цим вибір раціональних технологічних параметрів лиття під тиском повинен значною мірою ґрунтуватися на використанні достовірних розрахунково-аналітичних методів визначення всіх аналітичних методів визначення всіх значущих фізичних і теплотехнічних параметрів що характеризують процес затвердіння.

При цьому одним з найважливіших параметрів є загальний час затвердіння виливка або зливка. Зокрема, взаємозв'язок між часом затвердіння і утворенням різних ливарних дефектів, наприклад, усадкової пористості у виливках [6].

Розливання злитків є важливим процесом для виробництва спеціальних сталевих виробів, наприклад, для енергетики, автомобільної промисловості або офшорних застосувань. Ці вироби повинні відповідати найвищим вимогам щодо чистоти та однорідності сталі. У зв'язку з цими вимогами умови течії та хід затвердіння в процесі розливання мають важливе значення [7]. Було оцінено вплив конструкції системи подачі, швидкості заповнення, а також температурних умов.

Сучасні тенденції на ринку металопродукції ставлять високі вимоги як до якості литих заготовок для литих заготовок для виготовлення відповідальних поковок, так і до собівартості їх виробництва. Найбільший вплив на якість одержуваних злитків має розвиток процесів формування макроструктури при спрямованому русі фронту кристалізації від стінок зливка до центру заготовки. Створення умов для максимального уповільнення охолодження і кристалізації металу в надливковій частині зливка сприятливо впливає на зменшення і висоти горловини, завдяки чому зона дефектів не проникає в тіло зливка. У той же час, існує також тенденція до обмеження

розвитку центральної усадочної пористості зливка, щоб наявні мікродфекти зникали під час обробки виливка тиском.

Для цього вводяться синтетичні екзотермічні речовини. Додаткове тепло передається під час горіння. Воно спрямовується на основну масу металу дзиги. У деяких випадках це сприяє зменшенню висоти класичної конусної частини злитка, тим самим збільшуючи вихід металу з кожної тонни, що заливається у форму. Особливо актуальним є вплив конфігурації верхньої частини виливниці на розмір і форму труби з огляду на зменшення витрат металу на розливу. Це стало можливим завдяки розвитку сучасного ринку відносно дешевих теплоізоляційних та екзотермічних вставок і сумішей [8].

Численна виробнича практика показує, що такі дефекти, як усадочні раковини і пористість, все ще залишаються основними внутрішніми дефектами конкретного сталевого злитка. Щоб уникнути усадочної порожнини та пористості, технологічні параметри, такі як форма і розмір виливниці та стояка, а також допоміжні процеси, такі як екзотермічні порошки, повинні бути оптимізовані [9-10].

Під час процесу затвердіння утворюються усадочні раковини та дефекти пористості. Якість сталевих злитків і подальшої продукції сильно залежить від цих дефектів. Щоб зменшити або уникнути дефектів, у виробництві застосовують екзотермічний порошок, щоб утримувати розплавлену рідку сталь у надливковій частині зливка довше та утворювати сприятливі умови для застигання, щоб тіло зливка адекватно живилося розплавленою сталлю під час застигання. Крім того, рідку сталь у виливниці підтримують у перегрітому стані шляхом додавання екзотермічного порошку в зоні надливкової частини зливка, який може пригнічувати утворення "кристалічного дощу" на верхній поверхні сталевого злитка на початковій стадії затвердіння. Таким чином, знижується ймовірність включень, захоплених "кристалічним дощем", стає меншою, а отже, зменшується об'єм "конуса осаду" на дно злитка зменшується об'єм "конуса осаду" на дні зливка. І покращується внутрішня якість сталевого злитка. У реальному виробництві через неправильне додавання екзотермічного порошку в тілі злитка часто виникає усадочна порожнина, що призводить до погіршення якості надливкової частини або навіть до відбраковування [11]. Стояк завжди викликав занепокоєння для технологів у виробництві злитків, і були запропоновані різні методи для збільшення швидкості подачі швидкість подачі на стояк, такі як електронагрівальний стояк, екзотермічний стояк, ізолюючий стояк тощо. Цей технічний метод спрямований на подовження часу застигання розплавленої сталі в зоні надливкової частини зливка для забезпечення сприятливого каналу подачі і достатньої кількості живильної рідини для тіла злитка під час затвердіння.

В даний час додавання екзотермічного порошку і покривного флюсу зазвичай застосовуються для перенесення часу застигання розплавленої сталі в стояках і отримання злитків високої якості. який є простим, зручним, недорогим та ефективним.

Виробництво на підприємстві ТОВ «КРМЗ» починається з переплавки брухту в електродуговій печі.

Шихта для виплавки сталі в електропечах - це високоякісний металобрухт (до 90%), чавун (до 10%) і невелика кількість руди або окалини для окислення домішок. Як флюс використовується вапняк (в основному процесі) або кварцит (в кислотному процесі).

У піч завантажують шихту. Потім на електроди подається електричний струм, який створює дугу. Енергія, що виділяється, нагріває і плавить шихту.

Під час окислювального періоду плавки кисень, що міститься в руді, окислює залізо і домішки в металевій ванні (крім сірки) і перетворює їх на шлак. Окислений фосфор міцно зв'язується в шлаку вапном. Під час плавки шлак 2-3 рази прокочують, щоб запобігти переходу фосфору шлаку в метал.

У період відновлення метал зневуглецьовують (якщо кількість вуглецю недостатня), розкислюють і видаляють сірку. Для навуглецювання після відкатики шлаку в піч додають електродну шихту, кокс, а іноді і деревновугільний чавун. Розкислювачами є тонке вапно, мелений феросиліцій і кокс. Сірка шлакується вапном.

Остаточне розкислення здійснюється за допомогою феромарганцю і феросиліцію.

При виплавці легованих сталей в розкислювальний період процесу плавки вводять легуючі домішки у вигляді феросплавів: ферохром, ферум, ферованадій та інші.

Сталь, виплавлену дуговою печі, розливають у сталерозливні ковші та проводять обробку в ковші (тобто внепічною обробкою сталі). Потім її розливають у виливниці, де вона застигає у злитки. Злиток є кінцевим продуктом сталеплавильного цеху і відправляється до прокатних цехів для подальшої переробки на сортовий прокат. Розливання - найважливіший етап виробництва сталі.

Історично першим способом розливання сталевих злитків було верхнє розливання. Пізніше, з підвищенням вимог до якості поверхні злитків, удосконаленням технології виробництва вогнетривів і збільшенням потужностей сталеплавильного виробництва, сифонний спосіб розливання сталі набув широкого поширення на заводах, які не мали потужних обтискних станів і тому відливали невеликі зливки.

Спосіб розливання сталі в ливникову форму поділяється на: розливання зверху або сифонне розливання. При розливанні зверху метал надходить у виливницю безпосередньо зі сталерозливного ковша, або через проміжний пристрій. У разі сифонного розливання рідка сталь зі сталерозливного ковша

надходить у центровий стояк, а потім по сифонній розводці знизу потрапляє у виливниці, встановлені на піддоні.

При цьому сифонне розливання сталі має наступні переваги перед верхнім розливанням:

- Можливість одночасного розливання від чотирьох до шести злитків масою 3-7 тонн і до шести менших злитків на одному піддоні, що дозволяє розливати розплави великої маси з меншою загальною тривалістю.
- Зручність спостереження за поверхнею підвищується завдяки рівню металу в виливниці і можливості регулювати швидкість розливання сталі у відносно великому інтервалі залежно від температури і складу металу.
- Краща поверхня злитків і зниження в 2,5-4 рази трудовитрат на зачистку злитків і прокатних заготовок.

Хоча поверхня злитків при сифонному способі розливання сталі помітно чистіша і тому вимагає значно менше часу на зачистку металу, сумарні трудовитрати на 1 т сталі, що витрачаються на підготовку виливниць і зачистку металу, в 1,5-5 разів вищі, ніж при розливанні зверху.

В цілому, оцінюючи різні способи розливання сталі, слід визнати, що розливання зверху на сучасних високопродуктивних сталеплавильних підприємствах, де сталь розливається у великі зливки, має безсумнівні переваги, і цей спосіб найчастіше включається в проекти заводів, що будуються.

На заводах високоякісної сталі і заводах, де метал розливається в злитки малої і середньої маси, слід визнати доцільним збереження сифонного способу. Що стосується розливання високолегованих сталей і сплавів, що вимагають обов'язкової зачистки злитків перед наступним переділом, то його здійснюють зверху, оскільки при цьому виключаються втрати металу у вигляді злитків.

Для лиття сталі з сифонним методом виливниці заповнюють знизу за принципом сполучених посудин, направляючи струмінь металу не в виливницю, а в спеціальну центральну трубу, від якої в піддоні розходяться канали. Канали, як і центральна труба, зсередини футеровані щільно з'єднаними вогнетривкими виробами, які зовні має форму каналу піддону, а зсередини - круглого каналу для течії сталі. Після заповнення всіх виливниць пробка ковша закривається і ківш транспортується до наступного піддону. Сифонним способом розливають майже всі високоякісні та леговані сталі.

Після заливки метал нерівномірно охолоджується у виливниці: спочатку біля холодних стінок, потім до центру виливниці. Під час застигання сталь кристалізується, і її об'єм зменшується. У кожному злитку з'являється порожнеча неправильної форми - усадочна раковина. У пухкій частині

навколо неї концентруються всі забруднення: метал, що кристалізується, поступово виштовхує все, що заважає утворенню правильних кристалів - частинки шлаку, вогнетривких матеріалів та інші домішки. У вільному просторі накопичуються бульбашки газу. Цю частину зливка (прибуток) відразу ж видаляють і кладуть у розплав.

Щоб зменшити ці втрати, зверху на виливниці встановлюють вогнетривкі ізолювані надставки, які затримують охолодження металу в процесі кристалізації. Надставка не тільки ізолюється, але й нагрівається. Іноді додають спеціальні екзотермічні добавки.

Для захисту сталі від окислення використовують різні методи. Наприклад, дорогі, леговані сталі відливають в атмосфері аргону: або всю виливницю поміщають в камеру, заповнену аргоном, або подають струмінь аргону так, щоб він оточував струмінь сталі і заповнював внутрішню порожнину виливниці. Дуже ефективним є лиття під шаром рідкого шлаку. У цьому випадку брикет або порошок, що складається з марганцевої руди, селітри, алюмінію, магнію, плавикового шпату і доменного шлаку, поміщають у форму перед розливанням.

При заповненні форми сталлю брикет плавиться і його горючі компоненти займаються, поверхня зливка покривається шаром рідкого шлаку зверху і по стінках форми, а газоподібні продукти згоряння виштовхують повітря з форми.

Крім того, при згорянні суміші виділяється додаткове тепло, що забезпечує необхідну швидкість затвердіння прибуткової частини. Цей метод значно покращує якість поверхні зливка, зменшує брак злитків і прокату, а також сталеві відходи при зачистці злитків.

Зливки можуть проходити додаткову термічну обробку або охолоджуватися під витяжками.

З березня 2021 року на підприємстві почали освоювати заливання злитків сифонним методом заливки. Процес заливання включає в себе підвід розплавленого металу по ливниково живильній системі в нижню частину виливниці.

Якість великих сталевих злитків в основному визначається ступенем розвитку фізичної, структурної та хімічної неоднорідностей. Процес формування фізичної неоднорідності в зливках обумовлений явищами усадки сталі при затвердінні. Структурна неоднорідність залежить від процесів кристалізації сталі - спрямованої, об'ємної, або об'ємно-спрямованої. Хімічна неоднорідність утворюється внаслідок нерівномірного розподілу домішок у зливках внаслідок зменшення їх розчинності при переході металу з рідкого стану в твердий з рідкого стану в твердий.

Під час процесу затвердіння легко утворюються дефекти усадочної порожнини завдяки власним застигання рідини і усадки при застиганні, що серйозно впливає на якість сталевих злитків і знижують коефіцієнт використання матеріалу[12]. З цієї причини зазвичай застосовуються нагрівання стояка під час розливання злитків, щоб утримувати розплавлену сталеву рідку сталі в виливниці протягом тривалого часу і сформувати сприятливі канали подачі, щоб тіло зливка було адекватно підживлене розплавленою сталлю під час затвердіння. З іншого боку, розплавлена сталь, що залишається рідкою протягом тривалого часу може сприяти тому, що легкоплавкі і низькощільні включення накопичуються на стояку з достатнім часом, які можна видалити до застигання і які можна обрізати, щоб усунути вплив на якість перед наступною обробкою. У реальному процесі розливання злитків необґрунтована висота або пропорція стояка призведе до виникнення усадочної порожнини в сталевому злитку, що є основною причиною погіршення якості сталевих злитків і навіть браку[13]. Для того, щоб запобігти утворенню усадочних порожнин в процесі виробництва, підприємства зазвичай збільшують висоту і розмір стояка відповідно до накопиченого досвіду. Через відсутність наукової теоретичної бази коефіцієнт стояка, як правило, занадто що призводить до зниження коефіцієнта використання матеріалу.

За допомогою проведення експерименту та аналізу, і важливий засіб для оптимізації параметрів стояка та поглибленого вивчення закономірностей затвердіння сталевих злитків та оптимізували висоту стояка.

Науковий аналіз літературних даних підтверджує актуальність та потребу у глибокому вивченні технології сифонної заливки сталі в злитки. Велика кількість невирішених питань, виявлених у наявних наукових роботах, підкреслює необхідність докладного розгляду цього аспекту металургійного виробництва.

Виконання подальших досліджень у цих напрямках сприятиме не лише заповненню прогалів в наявних знаннях, але і вдосконаленню технології розробки заходів з підвищення якості сталевих лиття в умовах КРМЗ а саме сифонної заливки сталі в злитки, що в свою чергу позитивно вплине на ефективність та конкурентоспроможність виробництва металевих злитків.

## 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

На сталеплавильний ділянці номер 3 сталефасонноливарного цеху розміщені 3 плавильних агрегата ДС 6 т. номер 7, ДСП 12 т. номер 9, ДСП 12 т. номер 10. На дільниці підготовки стопорів розміщений стенд для набору стопорів, сушила для нагріву сотпорів, сушила для сушки сталеплавильних сталерозливних стаканів та 2 стенди нагріву ковшів.

Всі маніпуляції з переміщенням вантажу проводяться електромостовими кранами які є на дільниці ЕМК номер 13 та ЕМК номер 14. ЕМК номер 14 укомплектований магнітною шайбою та займається підготовкою шихтових матеріалів заготовкою металозавалки, на виплавку сталі на шихтовому дворі.

Сталевоз який транспортує ковші з рідкою сталлю на сталерозливну канаву або на поточні лінії номер 4 та номер 5 та на ручну формовку на дільниці сталерозливну канави знаходиться електромостовий кран ЕМК номер 9 та ЕМК номер 10. В наявності є камера для нагрівання виливниць та безпосередньо сталерозливна канаву для заливання злитків.

### 3. Отримані результати та їх обговорення.

#### 3.1. Підготовка і набір піддонів зі встановленням центривої

Підготовка і набір піддонів проводиться в сталерозливній канаві.

Попередньо нагріті до температури не нижче 100 °С у камері нагріву виливниць (допускається нагрівання за допомогою пальників) піддони встановлюються горизонтально за рівнем на дні сталерозливної канави.

Перед набором піддона одноходового (креслення В15,6С-06) ретельно обдути стисненим повітрям його робочу поверхню і канавку для прокладки сифонних трубок.

Сифонний припас (таблиця 3.1): зірочки, прольотні та кінцеві трубки мають бути сухими; без тріщин, відколів і задирок. Даний припас повинен відповідати вимогам ДСТУ 11586–2006 і перевіряється підготовлювачем сталерозливних канав (залівальником) або майстром (вживання вогнетривів з дефектами забороняється). Набір канавки піддону починати з укладання на "подушку" з сухого піску зірочки і трубки сифонної з підгонкою їх до рівня площини піддону. Укладання вище площини піддону призведе до руйнування вогнетривів під час установлення центривої і виливниць, а також до втрати металу під час заливання.

Сифонні трубки, буртики замків, яких при наборі піддону акуратно змащують невеликою кількістю вогнетривкої маси, так, щоб під час ущільнення вогнетривів надлишки маси видавлювалися тільки назовні і не потрапляли всередину ливникового ходу, укладати в канавку піддону, починаючи від зірочки, і легкими ударами дерев'яного молотка, притискати одна до одної. Кінцеві трубки заклинювати закладною з бою сифонної цегли. Щоб уникнути зсуву зірочки, набір вогнетривів рекомендується проводити одночасно по двох взаємно протилежних каналах. Зовнішні шви між сифонними вогнетривами допускаються не більше 2 мм, потім вони обмазуються вогнетривкою масою і ретельно затираються.

Зазори між піддоном і вогнетривами засипати сухим просіяним піском і утрамбувати за допомогою кельми, торці заклінути боєм шамотного вогнетриву.

Після просихання поверхню набраного ливникового ходу очистити від надлишкової вогнетривкої маси, і всі канали сифонних вогнетривів продути стисненим повітрям.

Встановлення стакана для виливниць №89 в піддон В15,6С-03 проводиться з попереднім обмазуванням її вогнетривкою масою, яка повинна щільно заповнювати зазор між склянкою і піддоном В15,6С-03.

Склад вогнетривкої маси у відсотках за обсягом:

- вогнетривка глина ПЛГ-2 ТУ У 08.1 001900503–378:2013–25%;
- шамотний мертель МШ-28 ДСТУ 3475–96–75%.

Вогнетривка маса виготовляється на водному розчині до консистенції сметани, грудки не допускаються.

Таблиця 3.1 Вогнетривкі матеріали

№ п/п	Найменування матеріалу	Нормативний документ	Марка виробу
1	Трубка сифонна пролітна	ДСТУ 11586	ШС-32 С-70 L300
2	Трубка сифонна кінцева	ДСТУ 11586	ШС-32 С-85 L300
3	Зірочка №33	ДСТУ 11586	ШС-32 С-33 d=50мм
4	Трубка центрова №8	ДСТУ 11586	ШС-32 С-8 L300
5	Воронка №3	ДСТУ 11586	ШС-32 С-33
6	Стакан для виливниць (під піддон) №89	ДСТУ 11586	ШС-32 С-89

\*Примітка: допускається використання матеріалів за іншою нормативною документацією, після узгодження заміни матеріалів з ВГМет[17].

Перед фарбуванням піддон В15,6С-03 ретельно обдути стисненим повітрям. Фарбування робочої поверхні піддону проводити протипригарною фарбою на основі корунду ЕС-1 або цирконію (ТУ 2-043-1132-85) за допомогою пульверизатора, при цьому не допускаючи пропусків.

Встановлення піддону В15,6С-03 на піддон однокерований В15,6С-06 проводиться з суміщенням отвору трубки сифонної кінцевої №85 і склянки для виливниць №89 за допомогою дерев'яної "Напрямної для встановлення піддону В15,6С-03".

Набрані піддони (піддон) до встановлення центрових і виливниць повинен перевірити змінний майстер сталеплавильної дільниці СФЛЦ. Результати перевірки відобразити в паспорті плавки.

Під час приймання набраних піддонів проводиться перевірка таких параметрів:

- горизонтальність укладання піддонів;
- щільність швів і надійність заклинювання кінцевого сифонного вогнетриву;
- збіг поверхні сифонного вогнетриву з площиною піддону;
- відсутність щілин між сифонним вогнетривом і стінками канавки піддона;
- відсутність надлишкової засохлої вогнетривкої маси.

Відповідальність за підготовку піддонів покладається на підготовлювача сталерозливної канами.

Підготовка та встановлення центрової:

Перед початком роботи центрові перевірити на відсутність тріщин.

Центрові не повинні мати викривлень, нижній торець повинен бути рівним. Висота центрової по циліндричній частині повинна бути кратною розмірам трубок[17].

У гніздо зірочки №33 установити першу центрову трубку, на дану центрову трубку набрати початкові шість трубок, застосовуючи нижню частину "Напрямної для установлення ЛПС сифонної заливки" (креслення МБ 768–00) рисунок 3.1. Замки і буртики трубок акуратно змащувати вогнетривкою масою. Після з'єднання трубок шви ретельно затерти. Вертикальність контролювати будівельним рівнем або схилом.

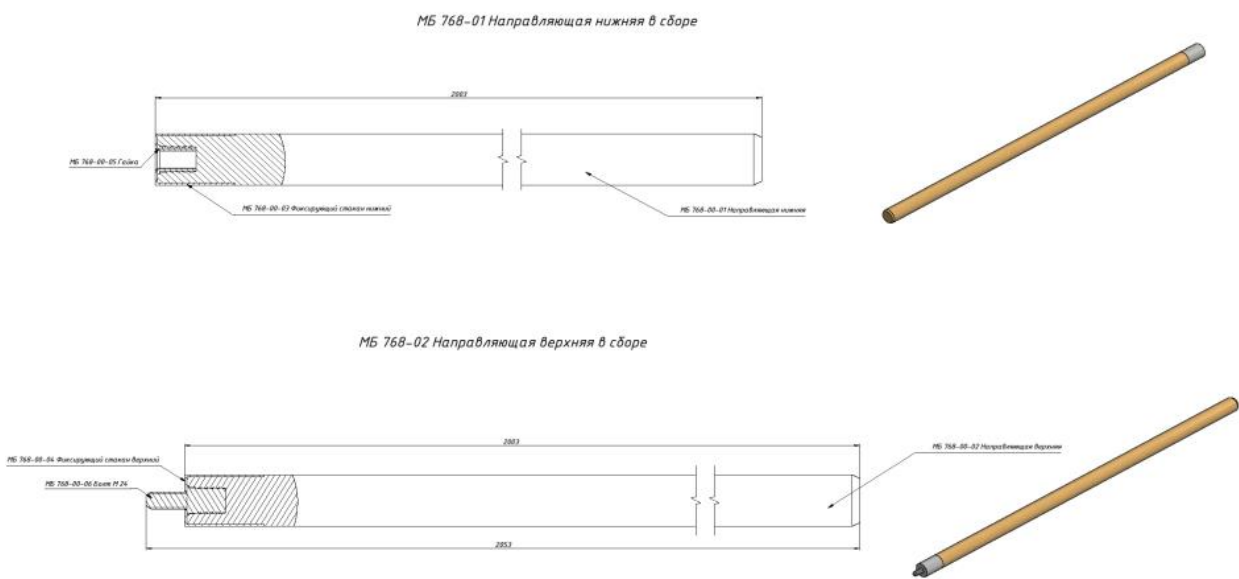


Рисунок 3.1. МБ 768–00

За першим варіантом складання - наростити в нижню частину "Направляючої для установки ЛПС сифонної заливки" (креслення МБ 768–00) верхню частину за допомогою різьбового з'єднання і провести набір ще п'яти трубок. Для стійкості вертикального набору трубок закріпити його до бортів сталерозливної канави за допомогою дротяних (Ø 4 мм) - розтяжок. Після встановлення одинадцяти трубок і укладання навколо встановленої зірочки №33 кільця з азбестового шнура завтовшки 5–8 мм провести накриття їх суцільнолитою центровою В15,6С-05. Зазор між внутрішньою стінкою центрової і центровими трубками засипати просіяним сухим піском до рівня верхньої центрової трубки. У процесі складання (встановлення) центрової, забезпечити геометричне розташування трубок і суцільнолитої центрової в одній вертикальній осі. Для видалення розтяжок, оснащення встановити на доступній висоті, використовуючи металеві опори (прокладки) в однаково віддалених трьох точках, що виключають падіння (обрив) центрової.

За другим варіантом складання оснащення - на підготовлений піддон, у місці встановлення нижньої частини центрової, укласти кільце з азбошнура, для забезпечення щільності стикування. Нижню частину центрової

встановлювати на піддон у вертикальному положенні. Зазор між внутрішньою стінкою половини центрної і центровими трубками засипати просіяним сухим піском до рівня верхньої центрної трубки. Після чого провести набір ще п'яти трубок з накриттям їх другою половиною центрної (креслення В15,6С-05-02) і виконання болтового з'єднання двох частин центрної. Поєднувати і центрувати аналогічно попередньому пункту.

Останню (дванадцяту) трубку і лійку №3 встановити після виконання робіт зі встановлення центрної (за обома варіантами складання), стик між лійкою і центрною засипати піском. Провести підбиття воронки №3 в центрній ФЖС-3 з подальшим сушінням (до повного висихання).

Після складання центрну разом із піддонами продути стисненим повітрям.

### 3.2. Підготовка виливниць

Внутрішню поверхню і торці виливниці ретельно очистити від пригару, корольків металу і обдути стисненим повітрям.

Чищення виливниць проводиться вручну металевими щітками і скребками при встановленні виливниць під кутом  $45^\circ$  або на спеціальному стенді за допомогою мостового крана. Сітка розгару зачищається наждачними кругами.

Очищені виливниці потрібно пред'явити майстру плавильної ділянки та контролеру ВТК, які вирішують питання щодо їхньої придатності та дають команду на нагрів, фарбування і складання.

### 3.3. Ремонт виливниць.

Ремонт виливниць проводиться ремонтною пастою. Ремонту піддаються робочі поверхні виливниць і піддонів, на яких у процесі експлуатації утворилися раковини, розпали, вибоїни і тріщини.

Для ремонту застосовують пасту, склад якої наведено в таблиці 3.2.

Глина, графіт, мертель, алюмінієвий порошок - у вигляді порошоків (фракції  $\leq 0,5$  мм) замішуються до однорідної маси в сухому вигляді.

За 4–5 хвилин до початку ремонту змішати склад із рідким склом (густина  $1,4-1,42$  г/см<sup>3</sup>), добре вимішати до консистенції густого тіста (легко утворює щільну грудку під час стискання).

Дефектне місце змочити розчином рідкого скла і води у співвідношенні 1:1 за допомогою пензлика, нанести пасту в поглиблення дефекту за допомогою шпателя і розгладити врівень із робочою поверхнею виливниці або піддону. Шпатель змочувати для запобігання прилипання пасти до нього, розчином рідкого скла з водою 1:1.

Висихання пасти, нанесеної на холодну ( $\sim 25^\circ\text{C}$ ) виливницю або піддон - 8 годин (на повітрі), нанесеної на гарячу виливницю ( $60-80^\circ\text{C}$ ) - 30 хвилин.

Таблиця 3.2

Інгредієнти	Марка	ДСТУ "ТУ"		Вага, гр.	У частинах
Глина формувальна	М 1-3	3226-93		60	2
Графіт ливарний	ГЛ 2-3	5279-74		30	1
Мертель алюмосилікатний	МШ 28- 39	3475-96		60	2
Алюмінієвий порошок	АПС-1А	10096-76		60	2
Рідке скло (1,4–1,42 г/см <sup>3</sup> )	-	13078-81		213	2
Усього	-	-		423	9

Після ремонту і нагрівання виливниці або піддону в камері для нагрівання оснащення і зачищення дефекту наждачним каменем їх пред'явити ВТК і використати під розливання сталі.

Нагрівання оснащення проводити в спеціальній камері.

Температура виливниць перед фарбуванням повинна бути в межах 100-120°C. Ступінь нагріву має бути таким, щоб при перевірці бризки води на поверхні закипали, що фіксує контролер ВТК цеху. Або використовувати портативний пірометр, із заміром температури на робочій поверхні.

Фарбування внутрішньої поверхні виливниць проводити лаком БТ-577 ГОСТ 5631–79 (вологу з лаку видалити шляхом нагрівання лаку до 100–105 °С) у два шари за допомогою пульверизатора. До нанесення другого шару приступити після просихання першого шару. Після фарбування поверхня має бути глянцевою і під час торкання не повинна прилипати. Лак необхідно зберігати в щільно закритій ємності не більше ніж шість місяців з дня виготовлення. Фарбування оснащення проводити в захисних окулярах, рукавицях, респіраторі.

Якісно пофарбована виливниця повинна мати тонкий шар фарбування без натьоків на стінках виливниць. За наявності нефарбованих місць (залісин) фарбування бракується і проводиться повторно.

Якість підготовки виливниць перевіряє майстер плавильної дільниці і пред'являє для приймання контролеру ВТК.

#### 3.4. Підготовка надливкових надставок

Перед футеруванням надливкової надставки каркас необхідно очистити від шлаку, скрапу і сміття, а також перевірити на наявність дефектів.

Каркас надставки повинен щільно прилягати до виливниці. Забороняється застосовувати каркаси з тріщинами і вибоїнами на нижньому торці і внутрішній кромці.

Футерування надливкової надставки виробляється шамотною цеглою на вогнетривкій масі такого складу у відсотках за об'ємом:

- вогнетривка глина ПЛГ-2 ТУ У 08.1-001900503-378:2013-25%;
- шамотний мертель МШ-28 ДСТУ 3475-96-75%;
- на водному розчині до консистенції сметани.

Надставки для злитків масою 5 т, 7,3 т футеруються шамотною цеглою ША-1 №5 (ДСТУ 2343-94), на плашку для злитків 15,6 т - шамотною цеглою ША-1 №44, 45 (ДСТУ 2343-94) на ребро. Товщина швів не повинна перевищувати 2 мм. Цегляне футерування повинно виступати на 10-15 мм за нижню кромку каркаса надставки.

Необхідно стежити за тим, щоб внутрішній поперечний розмір нижньої основи каркаса дорівнював або на 30 мм менший за верхній внутрішній поперечний розмір виливниці, інакше, під час розливання сталі, можливе отримання "коміра", який призведе до зависання злитка й утворення в ньому поперечних тріщин унаслідок ускладненої усадки злитка під час охолодження.

Футеровану надставку прожарити в газовій печі або газовим пальником на борту канави до почервоніння футерування. Підвищення температури футерування проводити повільно, щоб уникнути розтріскування футерування. Обмазку прибуткової надставки проводити за температури 60-90 °С (за її природного охолодження після сушіння).

Провести обмазку футерування надставки вогнетривкою масою такого складу у відсотках за об'ємом:

- Заповнювач вогнетривкий шамотний ЗША-5 ГОСТ 23037-993-0,5 мм - 40 % - 25 кг;
- шамотний мертель МШ-28 ДСТУ 3475-96-30% - 20 кг;
- електрокорунд ЕС-1 ТУ 2-043-1132-85-15% - 9 кг;
- графіт чорний ГЛС-1 - ГОСТ 5420-74-15% - 9 кг.

Масу замішати (понад 100%) на рідкому склі з питомою вагою 1,48-1,51 г/см<sup>3</sup> модуль 2,3 (Зкг) і воді 10 л (t = 60 °С) до сметаноподібної консистенції.

Маса наноситься кельмою рівним шаром завтовшки не більше 10 мм. Для отримання плавного переходу від злитка до прибутку, вирівнювання обмазки проводити за допомогою шаблонів ЛШ 443 або ЛШ 444. Нанесений шар обмазки висушити на всю глибину від тепла гарячого футерування. Якщо

футеровка охолола, то перед обмазкою її необхідно нагріти до температури 60–90 °С.

Обмазку футерованого шару надставки проводити після кожної заливки.

Прибуткові надставки очистити від скрапу і шлаку, злегка змочити водою при температурі 80–100 °С, підмазати вогнетривкою масою, згідно з пунктами.

Після сушіння прибуткові надставки очистити від залишків маси, оглянути на наявність тріщин. Якість сушіння перевірити шилом. За відсутності дефектів надставку подати на складання. Не допускати в роботу прибуткові надставки з обмазкою, що обсипається, непросушеною або не нагрітою до температури 60–90 °С.

Футерована й обмазана внутрішня частина прибуткової надставки повинна бути конусною, без западин, бугрів, що можуть бути причиною зависання злитка. Якість поверхні обмазки надставки перевіряється лінійкою.

Якість підготовки прибуткової надставки перевіряється майстром і пред'являється для приймання контролеру ВТК.

### 3.5. Складання сталерозливної канави

Збирання канави проводити за командою змінного майстра за 2–3 години до початку розливання[18].

Сталерозливна канава і робоче місце підготовки оснащення повинні бути очищені від скрапу, шлаку, не захищені злитками, непотрібними виливницями та іншими предметами.

Збірка сталерозливної канави проводиться в присутності контролера ВТК.

Послідовність складання канави:

- на підлогу канави строго горизонтально, за рівнем і напрямною встановлюються піддони;
- на піддон В15,6С-03 строго по посадковому місцю встановити виливницю;
- між центральною і піддоном В15,6С-03 з метою фіксації встановленого в жолоб піддону сифонного припасу вставляється фіксувальна пластина (пластини) і заклинюється.

- прибуткову надставку обдути і встановити на виливницю таким чином, щоб каркас надставки щільно прилягав до торця виливниці;

- прибуткову надставку підготувати.

До складання сталерозливної канави допускається тільки комплектне оснащення рис 3.2.

Після встановлення надливкової надставки, її зверху покрити листовим залізом.

- прибуткову надставку обдути і встановити на виливницю таким чином, щоб каркас надставки щільно прилягав до торця виливниці;

- надливкову надставку підготувати.



- 8-Воронка №3,
- 9-Труба сифонна прогонова пролітна №70-300,
- 10-Труба сифонна кінцева №85-300,
- 11- Скоба для виймання злитків вагою 13,3 і 15,6 т.

### 3.6. Розливання сталі

До випуску плавки з печі необхідно:

- підготувати шлаковню для зливу шлаку з підсипкою сухої горілої землі або піску;
- підготувати інструмент: ломик для підриву скрапін, ложку для взяття ковшової проби, скребок для розрівнювання теплоізоляційної суміші в прибульній частині злитка;
- відзначити рівень наливу металу на прибуткових надставках відповідно до маси злитка;
- підготувати трубки металеві для промивання сталерозливної склянки киснем;
- замаркувати скобу за номером плавки;
- підготувати матеріали для утеплення поверхні металу у виливниці - модифікатор МУ або мелений кокс (ТУ У 20.3–38069980–004:2012) з вологістю не більше 1%.

Матеріали для утеплення поверхні металу у виливниці - модифікатор МУ або мелений коксик (ТУ У 20.3–38069980–004:2012) - повинні зберігатися в спеціальних контейнерах на борту канами.

Ківш, обладнаний аргонопроводом (для продування металу аргоном у дрібнобульбашковому режимі), під плавку на злитки подавати ошлакований, чистий від шлаку і скрапу, нагрітий до температури 500–700 °С. Майстер плавильної дільниці перевіряє якість підготовки ковша і пред'являє контролеру ВТК, про що в паспорті плавки і паспорті ковша робиться відмітка з переліком помічених порушень.

Після випуску металу в ківш і проведення позапічної обробки металу за ТІ-П-011.31550176.006-2016, шлак навколо стопора засипати меленим коксом або модифікатором МУ. Перед початком розливання шлак навколо стопора пробити ломиком. [19]

Після заміру температури металу в ковші майстер визначає час витримки металу в ковші. Тривалість витримки рахувати з моменту заміру температури до відкриття стопора. Оптимальний час витримки металу в ковші: Q=10 т - 5–7 хвилин; Q=16 т - 7–8 хвилин. У разі отримання температури металу в ковші, вищої за температуру розливання, витримка збільшується, з розрахунку падіння температури металу 2 °С на хвилину, з подальшим контрольним виміром перед розливанням.

Сталерозливний ківш встановлюється над лійкою так, щоб струмінь металу з ковша під час розливання не збігався з отвором лійки. Відстань між ковшем і проміжною лійкою має бути не більше 200 мм.

Після витримки металу в ковші стопор відкрити плавно, і розливання ведеться скороченим струменем до наповнення  $\frac{1}{4}$  зливка.

Задачу теплоізолюючої суміші у вигляді МУ і кількістю 1,0 кг/т рідкої сталі, проводити при заповненні металом однієї третьої висоти виливниці. При цьому швидкість розливання металу збільшити.

Тривалість заливки тіла зливка і прибутку повинні відповідати даним, наведеним у таблиці 3.3. Час заливання прибуткової частини зливка має становити 50% від часу заливання тіла зливка.

Таблиця 3.3

Група 1				Група 2			
Сталі 30, 35, 45, 40ХН, 35ХН, 5ХНМ, 38ХГН, 40ХН2МА, 40Х				Сталі 20, 25, 25ГС, 20Х, 20ХН3А, 30Х, 35ХН, 34ХН1МА, 30ХМ, 35ХМФА, 34ХН1М, 34ХН3МА, 16CrMo4-4			
Маса зливка, т	Час заливання, хв.		Температура заливки, °С	Маса зливка, т	Час заливання, хв.		Температура заливки, °С
	Тіло зливка	Надливкова частина			Тіло зливка	Надливкова частина	
5,0	3,5-5,5	2,0-3,0	1565–1585	5,0	2,5-4,5	1,5-2,5	1570–1590
7,3	5,0-7,5	3,0-4,0	1565–1585	7,3	4,5-7,0	2,5-4,0	1570–1590
15,6	6,0-8,0	4,0-4,5	1565–1585	15,6	6,0-8,0	3,5-4,5	1570–1590
Температура металу в печі перед випуском 1630–1640 °С				Температура металу в печі перед випуском 1640–1650 °С			

У разі наповнення прибутку на висоту 70–100 мм струмінь металу перекрити і заливку продовжити на  $\frac{1}{2}$  струменя в прибуток до наповнення його. Встановити в прибутку промарковану скобу на прутку.

Для нормального живлення зливка рідким металом прибуток заповнити з недоливом від верхньої кромки надставки для злитків масою: 5 т - 50 мм, 7,3 т - 80 мм, 15,6 т - 100 мм.

При утворенні в сталерозливному стакані настилів ("замерзлого" металу), їх необхідно збити ломиком під час заливки надливкової частини зливка, при цьому воронку перекрити лопатою. У разі повторного утворення настилів стакан продути киснем.

Ковшову пробу відбирати під час заливання прибутку в сухий і чистий кокіль.

Після закінчення розливання сталі, надливкову надставку засипати теплоізоляційною сумішшю у вигляді МУ у кількості 0,5 кг/т рідкої сталі і розрівняти по поверхні металу.

Комір і виплески металу, що утворилися на надливковій надставці під час розливання, підриваються ломиком, щоб уникнути зависання злитка під час охолодження.

Журнал з контролю підготовки, складання сталерозливної каналу та відливання злитків заповнює контролер ВТК і працівник з підготовки каналу. Журнал зберігається у ВТК.

### 3.7. Виймання злитків із виливниць

Витримка злитків проводиться в сталерозливній каналі у виливницях з прибутковими надставками. Час витримки злитків під час відправлення в ЦМК (КПУ) за "холодним" вказано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

	Весняно-літній період	Осінньо-зимовий період
Масою 5 т	24 години	48 годин
Масою 7,3 т	25 годин	60 годин
Масою 15,6 т	48 годин	72 години

Виймання злитків з виливниць проводити в такій послідовності:

За допомогою мостового крана підняти центрову за підйоми і покласти на плац поруч із каналом.

У разі, якщо під час підйому центральної не стався обрив ливникової системи, опустити трубу назад у складальну каналу, жорстко зафіксувати й обрізати ливниковий хід вогневим різанням.

За допомогою мостового крана витягти зі складальної каналу піддон спільно з виливницею і встановити поруч на плац.

Виймку злитка з виливниці проводити за скобу. При цьому застосовувати чалочне пристосування вантажопідйомністю 16 т. До повного охолодження зливки не переміщати і не складати на протязі.

Для виключення випадків механічного пошкодження верхньої частини виливниць (у процесі витягання злитків з виливниць), проводити установку скоби.

Установку скоби здійснювати таким чином: встановити на краї верхньої частини надливкової надставки відходи вогнетривких виробів завтовшки 50–60 мм (прокладки) і покласти на них сталевий пруток діаметром 10 мм, завдовжки 1200–1500 мм з підвішеною на ньому скобою на відстані 50-80 мм від стінки надливкової надставки. Глибина занурення в метал повинна

становити 220–230 мм. Через 45 хвилин, після розливання сталі видалити з-під скоби прокладки і пруток.

У ковальськопресову дільницю ЦМК злитки відправляти з температурою не більш як 30°C.

Передача злитків у гарячому стані в ЦМК КПУ на гарячий посад у нагрівальну піч.

Роздягання і відвантаження ковальських злитків, призначених для гарячого посаду, здійснювати за погодженням з начальником ЦМК КПУ (інженером ПРБ ЦМК КПУ).

Відправлення злитків до ЦМК КПУ проводиться після приймання ВТК, зовнішнього огляду, установаження металевої бирки з номером плавки на скобу злитка і його зважування відповідно до супровідного паспорта.

Паспорт на злиток передається начальником зміни СФЛЦ у ЦМК КПУ до моменту прибуття термоса, сертифікат не пізніше 11:00 наступної доби.

Вимірювання температури гарячих злитків проводиться спектральним пірометром типу ДПР-1 ТУ 05417791.002-2000.

Вимірювання температури злитка проводиться в присутності контролера ВТК, на увігнутій грані на відстані 400–500 мм від надливкової частини зливка.

Температура злитків після роздягання повинна бути не вищою за 850°C.

Температура злитків під час завантаження в термос у СФЛЦ повинна бути такою:

- для злитків масою до 5 т включно не менше 650 °С;
- для злитків масою понад 5 т не менше 700 °С.

Час роздягання злитків 10–15 хвилин.

Термос подається під зливки в СФЛЦ протягом 2 годин з моменту оформлення заявки цехом. Відповідальний за оформлення заявки - начальник зміни СФЛЦ, за поставку - диспетчер ЖДЦ.

Час навантаження роздягнених злитків однієї плавки в термос 10–20 хвилин. Відповідальний начальник зміни СФЛЦ.

Укладання злитків масою 5 т; 7,3 т; 15,6 т здійснювати в термос із попередньо нагрітим футеруванням не менш як 100 °С (початковий нагрів виконувати шляхом навантаження зливниць із металом і шлаком з температурою  $\approx$  550–900 °С).

Подача термоса під завантаження гарячих злитків у СФЛЦ корпус №2 і вивезення залізничним транспортом має здійснюватися раніше інших робіт. Тривалість транспортування гарячих злитків не більше 40–60 хвилин. Відповідальні - диспетчер заводу, начальник зміни СФЛЦ.

Зливки після прибуття в КПЦ повинні бути негайно посаджені в нагрівальну піч з нагрівання. Температура поверхні злитків має бути не нижчою 550 °С (допускається 500 °С).

При температурі злитків нижче 500 °С, зливки залишати до повного охолодження в термосі[20].

В осінньо-зимовий період завантаження і розвантаження гарячих злитків проводиться тільки при закритих воротах.

Зливки приймаються в ЦМК КПУ за супровідним паспортом, що надходить із СФЛЦ не пізніше прибуття термоса.

Кришка термоса повинна щільно закриватися і мати справну теплоізоляцію.

Спосіб укладання злитків повинен забезпечувати умови зручного, безпечного розвантаження злитків у КПЦ за допомогою кранових кліщів.

Час витримки злитків від кінця розливання до зняття надливкових надставок під час передачі гарячих злитків зазначено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Вага злитка, т	Час витримки до роздягання зливка	Температура поверхні злитка при навантаженні, °С	Час роздягання злитка, хв.	Завантаження в термос, хв.
5	30 хв. - 4год 30 хв	Не менше 650 не більше 850	5×3=15	15–20
7,3	4год 00 хв. - 5год 00 хв	Не менше 650 не більше 850	5×2=10	10–20
15,6	6год 30хв. - 8год 00хв	Не менше 650 не більше 850	10	10–20

*Примітка:*

*1 У разі невиконання вимог щодо витримки злитків (3.4), злитки витримувати до їх охолодження.*

*2 Виплавка сталей у СФЛЦ на виробництво злитків, призначених на гарячий посад, планується ПДО за погодженням з Головним металургом.*

*3 Відповідальний за стан термоса ЦМК КПУ.*

### 3.8. Порядок заповнення супровідного паспорта.

Змінний майстер сталеплавильної дільниці СФЛЦ корпус 2:

- розважування злитків, що заливаються, т;
- кількість злитків, що заливаються, шт;
- марка сталі;
- температура під час роздягання зливка, °С;
- температура під час навантаження зливка, °С;

- дефекти.

Начальник зміни СФЛЦ:

- час навантаження;
- час відправлення;
- передача супровідного паспорта.

Змінний майстер ЦМК КПУ:

- час отримання супровідного паспорта;
- час постачання термоса.

### 3.9. Приймання ковальських злитків

Відправлення злитків у ЦМК КПУ проводиться після їх приймання ВТК. Відправлення проводити в холодному саду при температурі злитків не більше +30 °С.

Зливки визнаються придатними і підлягають відправленню за умови:

- відповідності прибуткової, основної та донної частини геометричним розмірам;

- відповідності хімічного складу "Умови визначення якості сталей, чавунів і сплавів за обмеженими межами елементів хімічного складу";

- дотримання технології їх виготовлення.

Допускаються без виправлення такі дефекти:

- поперечні тріщини на прибульній частині зливка, довжина яких не перевищує 1/3 окружності надливкової частини;

- тріщини на донній частині зливка, якщо вони не переходять на бічну грань;

- поперечні та поздовжні тріщини, розташовані на відстані не більше ніж 50 мм від надливкової частини у злитків до 5 т і не більше ніж 100 мм у злитків вагою понад 7,0 т.

- допускаються відхилення надливкової частини зливка в холодному стані до 10% розміру за висотою;

- плени товщиною до 5 мм на тілі зливка, загальна площа не більше 1/2 площі кожної грані;

- допускається відбиток сітки розпалу до 5 мм на тілі зливка, загальна площа не більше 1/2 площі кожної грані.

Зливки, на яких виявлено дефекти, що перевищують допуски, підлягають виправленню в СФЛЦ вирубуванням і вогневим різанням з подальшим зачищенням дефектів і прийманням ВТК.

Поперечні та поздовжні тріщини, розташовані на відстані понад 50 мм від надливкової частини в злитків до 5 т і не більш як 100 мм у злитків розвагою від 7,0 т і вище, глибиною, що не перевищує 3% товщини зливка:

- заливи між прибутковою і донною частиною, і тілом зливка;

- шлакові, неметалеві включення та інші дефекти на поверхні зливка глибиною, що перевищує 3% товщини зливка;

- плени, що перевищують допуски

У разі неможливості видалення дефектів допускається з дозволу головного металурга ТОВ "МЕТІНВЕСТ - КРМЗ" проводити приймання зливка за фактичним розковом.

Допускаються місцеві виступи однорідного металу на тілі злитка і нерівності (після вогневого усунення дефектів) - не більш як 20 мм для злитків 5 т і не більш як 30 мм для злитків 7,3 т і 15,6 т. При цьому відношення ширини вирубки до глибини зачистки має бути - 4/1.

Кромки стінок вирубаної ділянки повинні бути пологими.

Зливки бракуються у разі:

- невідповідність хімічного складу;
- невідповідність геометричних розмірів злитка (надливкові надставки, виливниці та піддони, застосовані не відповідних розмірів);
- наявність поперечних і поздовжніх тріщин, а також інших дефектів за глибиною, що перевищують 12% від товщини зливка;
- наявність кільцевих спаїв глибиною понад 3% товщини зливка, під час розливання з перериванням струменя рідкої сталі;
- на кожному плавку має бути заповнений супровідний документ (на зливки - здавальна);
- на кожному зливку вказується номер плавки, номер зливка за черговістю заливки, вага зливка, марка сталі незмивною світлою фарбою. Маркується скоба, стрічка, вставка (пробка).

Розбраковування злитків і поковок проводити відповідно до таблиці 3.6 - Класифікатор дефектів злитків і поковок.

- про всі порушення, інциденти, події, виявлені в процесі роботи та експлуатації агрегатів, машин, механізмів, пристосувань доповідати безпосередньому керівникові або іншій посадовій особі, яка перебуває у зміні;
- після закінчення робіт привести робоче місце в безпечний стан.

Таблиця 3.6

№ п/п	Вид дефекту	Причина утворення дефекту	Місце утворення дефекту
1	2	3	4
1	Усадочна раковина, зосереджена з мостами і без мостів	Недолив надливкової частини, надливкова частина не відповідає розважуванню злитка. Температура розливання вища за допустиму роздягання прибутку до повного охолодження.	СФЛЦ

1	2	3	4
2	переривчасті, розділяються ділянками здорового металу зі звивистим заломом.	Нерівномірний нагрів зливка через перевантаження або неправильне укладання злитків у печі. Підвищена температура металу при нагріванні під кування. Кування при температурі металу, нижчій за необхідну.	ЦМК КПУ
3	Поперечні	Підвищена швидкість нагрівання злитків під кування	ЦМК КПУ
	Поздовжні	Температура металу під час заливання вища за допустиму. Підвищена швидкість заливання. Тріщини на виливниці.	СФЛЦ
4	Рваніни-дезорієнтовані глибокі тріщини.	Недостатнє розкислення металу.  Перегрів або перепал у процесі нагрівання під кування. Нерівномірний нагрів зливка під кування за перерізом.	СФЛЦ  ЦМК КПУ ЦМК КПУ
5	Холодні тріщини - тонкі, поперечні та поздовжні, утворюються внаслідок виникнення напружень.	За різкого охолодження, недостатньої витримки та охолодження зливка на протязі.  Холодні зливки з плюсовою температурою посаджені в піч з підвищеною температурою. Підвищена швидкість нагрівання холодних злитків під кування. Порушення режиму охолодження поковок	СФЛЦ  ЦМК КПУ

1	2	3	4
6	Внутрішні тріщини. Поперечні та поздовжні типу "шпаківня" мікротріщини	<p>Недостатня витримка злитків. Підвищена швидкість нагрівання холодних злитків.</p> <p>Кування металу з температурою металу нижче допустимої.</p> <p>Кування циліндричних виробів на плоских бойках непрогрітих злитків і заготовок.</p> <p>Забруднення осьової зони злитка.</p>	<p>СФЛЦ</p> <p>ЦМК КПУ</p> <p>ЦМК КПУ</p> <p>ЦМК КПУ</p> <p>СФЛЦ</p>
7	Флокени - сріблясті плями з чітко вираженою металевою будовою (тонкі тріщини в глибоких шарах злитка).	<p>Підвищений вміст водню</p> <p>Підвищена швидкість охолодження злитків.</p> <p>Підвищена швидкість охолодження поковок.</p> <p>Підвищена швидкість нагрівання злитків на кування.</p> <p>Холодний посад злитків на нагрівання під кування</p>	<p>СФЛЦ</p> <p>ЦМК КПУ</p>
8	Засмічення	<p>Попадання неметалевих включень у тіло зливка внаслідок неякісного складання канами, порушення технології виплавки сталі.</p> <p>Температура розливання сталі нижче регламентованої. Заворот кірки через порушення технології заливки злитків.</p>	СФЛЦ

1	2	3	4
9	Бульбашки.	Висока температура розливання. Мала витримка металу в ковші перед розливанням. Не просушена прибуткова надставка.	СФЛЦ
10	Підкіркові бульбашки.	Недостатньо розкислений метал. Недостатньо підігріта виливниця. Наявність бруду на поверхні виливниці.	СФЛЦ
11	Оксиди FeO, MnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Надлишок у рідкій сталі кисню	СФЛЦ
12	Неметалеві включення FeS, MnS	Підвищений вміст сірки в металі	СФЛЦ
13	Силікати	Підвищений вміст закису заліза.	СФЛЦ

### 3.10. Приймання та облік оснащення

Приймання виливниць проводиться на відповідність технічним умовам ТУ 14-12-14-87 "Виливниці чавунні".

Оснащення, що надійшло в цех, підлягає реєстрації в спеціальному журналі, який зберігається у начальника плавильної дільниці.

Паспорт на оснащення, оформлений у цеху виробника начальником плавильної дільниці, пред'являється контролеру ВТК. Далі, зі здавальною передається в ПРБ цеху за маршрутом обробки оснащення з подальшим записом інженером-технологом помічених дефектів.

Порядковий номер присвоюється в ПРБ СФЛЦ корпус №2, де ведеться облік нумерації виготовленого оснащення.

Рух оснащення без паспорта та особистого порядкового номера заборонений (номер наварюється на оснащення з арматури Ø10 мм, двозначні арабські цифри, висота 200 мм, ширина 100 мм, опуклість не менше. 5 мм).

При експлуатації оснащення в СФЛЦ корпус №2 паспорти знаходяться у ВТК.

Нове оснащення, згідно з кресленням, приймається інженером-технологом ОГМет і майстром плавильної дільниці і пред'являється ВТК із записом наявних дефектів.

У процесі експлуатації оснащення підлягає ремонту в разі, якщо дефекти перевищують допуски, передбачені ТУ 14-12-14-87 "Виливниці чавунні".

Відремонтване оснащення приймається майстром і начальником сталеплавильної дільниці і пред'являється ВТК із зазначенням характеристики проведеного ремонту.

Виливниці підлягають відбраковуванню за наявності таких дефектів:

- обрив або пошкодження цапф, за якого не забезпечується безпечно переміщення виливниць;
- наявність на внутрішній поверхні виливниць сітки розгару, що перевищує глибину понад 5 мм і площею понад 40% поверхні виливниці;
- наявність поздовжніх наскрізних тріщин на поверхні виливниці;
- наявність на внутрішній поверхні виливниці раковин глибиною понад 5 мм і площею понад 20%, виламів крайок, що викликають зависання злитка.

Відбраковування надливкових надставок проводиться за наявності таких дефектів:

- обрив або пошкодження цапф, за якого не забезпечується безпечно переміщення надливкових надставок;
- відбиті кромки на внутрішній площині, що стикається з виливницею.

Відбраковування піддонів проводиться за наявності таких дефектів:

- обрив або пошкодження цапф, при якому не забезпечується безпечно переміщення піддонів;
- наскрізні тріщини, вимоїни, сітки розпалу, що перешкоджає вилученню злитка.

Акт на списання оснащення складається комісією у складі: начальника плавильної дільниці, інженера-технолога ВГМет, контролера ВТК, на підставі паспорта за наявністю дефектів із зазначенням причин виходу з ладу, журналу заливки злитків ВТК та затверджується Директором із технології та якості. Акт і паспорт зберігаються у виробничій бухгалтерії.

Порядок заповнення паспорта: виливниця, піддон, надливкова надставка.

1. інженер-технолог ВГМет (за даними ПРБ) - ВГМет

1.1 тип, вага, креслення, порядковий номер - СФЛЦ

1.2 № плавки, марка металу, температура заливки - СФЛЦ

1.3 фарбування стрижня, марка фарби - СФЛЦ

1.4 час витримки у формі - СФЛЦ

1.5 термообробка, механічні властивості - СФЛЦ ТОУ

1.6 розмітка (робочої поверхні виливниці) - СФЛЦ ТОУ

1.7 дата заливки - СФЛЦ

1.8 наявність дефектів - СФЛЦ

1.9 кількість наливів - СФЛЦ

1.10 причини виходу з ладу - СФЛЦ

1.11 характер проведеного ремонту в процесі експлуатації - СФЛЦ ТОУ

1.12 дефекти в застосовуваному оснащенні після ремонту - СФЛЦ.

2. Контролер ВТК:

2.1 хімічний склад чавуну - СФЛЦ

2.2 дата введення в експлуатацію, дата виведення з експлуатації - СФЛЦ

2.3 кількість наливів до ремонту, після ремонту, усього - СФЛЦ  
3 зразок паспорта.

### 3.11. Дефекти зливка, причини утворення та заходи запобігання

Поперечні тріщини утворюються під час зависання злитка у виливниці, у процесі кристалізації металу, унаслідок затікання металу в тріщини, вибоїни, які є на стінках виливниць, а також під час переливу металу через верх прибуткової надставки.

Заходи щодо запобігання:

- усунути гальмування при усадці металу в процесі кристалізації шляхом своєчасного ремонту або вибракування виливниць;
- виключити застосування прибуткових надставок з нерівностями внутрішньої поверхні понад 10 мм;
- забезпечити щільне встановлення прибуткової надставки на виливницю.

Усадочні тріщини утворюються під час заливання злитка гарячим металом або зі швидкістю, що перевищує допустиму.

Заходи щодо попередження:

- температура металу і швидкість заливання повинні відповідати даним таблиці 3.

Крайові відшарування, корольки і полони на поверхні зливка утворюються внаслідок розбризкування металу по стінках виливниці на початку розливання і віяловим струменем за співвісності струменя з ковша і сталерозливної склянки проміжної воронки.

Заходи щодо попередження:

- на початку розливання стопор відкривати плавно, поступово збільшуючи струмінь металу (з метою утворення подушки металу в кюмпельній частині піддона);
- правильно встановлювати ківш над лійкою.

Підкіркові бульбашки, розташовані на поверхні зливка на глибині 20–30 мм, утворюються внаслідок підвищеної газонасиченості сталі ("м'який" метал за розплавленням - недостатньо прокипів метал, нагрітий метал, перетримання готової плавки в печі, випадкове потрапляння вологи в метал).

Заходи щодо запобігання:

- виплавку сталі проводити відповідно до ТІ П 011.31550176.015–2016.

Рослий злиток (без усадочної раковини) з великою кількістю газових раковин, бульбашок, пор є результатом газонасиченості металу через неякісне проведення розкислення сталі.

Заходи щодо попередження:

- виплавку сталі проводити відповідно до ТІ П 011.31550176.015–2016.

Заворот кірки у вигляді металу, що приварився, на поверхні злитка через розмивання скоринки злитка під час заливання гарячим металом або розливання металу з великою швидкістю.

Заходи щодо запобігання:

- виконати вимоги цієї інструкції з розливання сталі.

Усадочна раковина у верхній частині злитка утворюється під час затвердіння металу.

Заходи щодо запобігання:

- нагрівання прибуткових надставок, рівень наповнення надливкової надставки, кількість теплоізолюючої суміші МУ.

Тріщини, напруження з'являються внаслідок високої швидкості охолодження або нагрівання злитків під час їхнього холодного посадження в нагрівальні печі.

У разі виникнення розбіжностей між цехами при встановленні причин браку і винних, рішення в кожному конкретному випадку приймається головним металургом за результатами металографічних досліджень ЦЛМ зразків відібраних злитків.

### 3.12. Засоби контролю

Зміна температури рідкої сталі за ходом плавки в печі і в ковші здійснюється термоперетворювачами за ДСТУ 2857–94 типу ТПР-0290М з використанням пакетів типу ТПР-290М-900 шляхом короткочасного занурення в змінене середовище.

Підготовка термоелектричних комплектів до зміни температури рідкої сталі та саме вимірювання здійснюється згідно з інструкцією ТІ Л 011.3155176.002–2021.

Встановлення піддонів сталерозливної канами проводиться за рівнем.

Зміна часу за секундоміром.

Рівномірність обмазки прибуткових надставок за шаблоном креслення ЛШ-443 і креслення ЛШ-444.

### 3.13. Технічний контроль технологічного процесу

Підготовка сталерозливної канами:

- стан технологічного оснащення, підготовка піддонів, виливниць, прибуткових надставок;
- складання оснащення згідно з вимогами цієї технологічної інструкції;
- засипка прибулів теплоізоляційною сумішшю;
- виймання злитків із виливниць;
- правильність заповнення журналу і паспорта з контролю підготовки та складання оснащення і розливання сталі.

Розливальник металу:

- підготовка ковша і придатність футерування ковша до чергового приймання металу;

- температура нагрівання ковша під плавку;
- температура металу перед розливанням;
- правильність заливки тіла і прибуткової частини злитка.

Майстер плавильної дільниці:

- стан технологічного оснащення, підготовка піддонів, виливниць, прибуткових надставок, центрових, прокладка ливникового ходу в канавці піддону;
- складання оснащення під розливання металу;
- результати хімічного аналізу по ходу плавки, відбір ковшових проб;
- температура металу в печі перед випуском, у ковші, температура розливання, тривалість витримки;
- стан і температура ковша, поданого під плавку;
- виправлення дефектів поверхні злитків;
- записи в журналі з контролю підготовки і складання оснащення робить контролер ВТК;
- записи в паспорті плавки сталі, паспорті з контролю підготовки оснащення, заливки злитків, підписи майстра плавки, розливальника, комірника, контролера ВТК.

Відділ технічного контролю:

- стан і придатність до роботи оснащення та якість складання;
- температура металу в печі перед розливанням, температура розливання, температура футерування ковша перед випуском металу;
- час витримки металу в ковші;
- час заливання тіла зливка і надливкової частини;
- відбір проб на хімічний аналіз;
- час охолодження злитків у виливниці;
- відповідність геометричних розмірів, повноцінності злитків і якість поверхні. Усі параметри, контрольовані ВТК, заносяться контролером ВТК до журналу підготовки і складання оснащення.

Начальник плавильної дільниці:

- поплавочний контроль за дотриманням технології виплавки сталі, складанням оснащення, станом оснащення, а також заповненням паспорта заливки злитка і супровідного паспорта на злиток.



Лхід - металоємність ливникового ходу при виготовленні зливка 15,6т сифонним методом (0,218т), звідси:

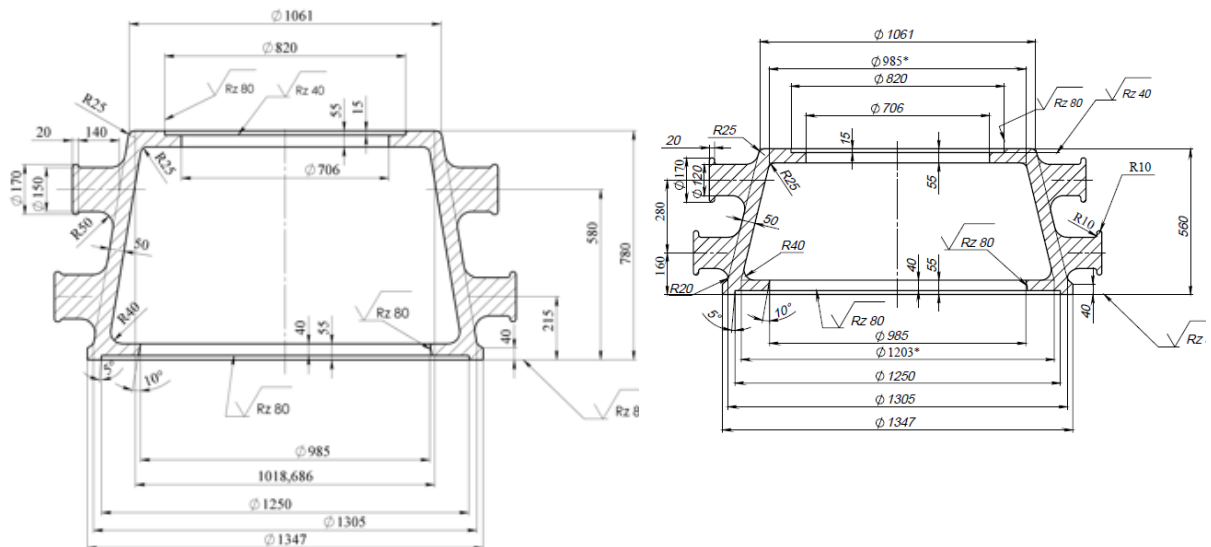
$$\text{Ек.р.ст} = 2,531 - (1,519 + 0,218) = 0,794\text{т,}$$

$$\text{ЕК.р.ст.рік} = 21 \times 0,794 = 16,674\text{т,}$$

$$\text{ЕК2рік} = 16,674 \times 20,73 = 345,65\text{т/грн.}$$

4 Економічний ефект при використанні сифонного методу заливки злитків 15,6т розраховується за формулою:

$$\text{ЕК} = \text{ЕК1год} + \text{ЕК2год} = 146,44 + 345,65 = 492,09\text{т/грн}$$



B15,6-02

B15,6-02A

Рисунок 4.1 Графічне порівняння надливкових надставок за розмірами

Висновки: Враховуючи оптимізацію процесу та вибір оптимальних параметрів, можливо знизити вартість виробництва сталевих злитків, що сприятиме конкурентоспроможності на ринку.

Вдосконалення технології сифонного лиття може призвести до зменшення енерговитрат на виробництво, що має прямий вплив на вартість виробництва та економічну ефективність.

Дослідження дозволяє оптимізувати використання сировини та додаткових матеріалів, що може позитивно вплинути на вартість виробництва та зниження відходів.

Покращення технологічних параметрів може зробити виробництво більш стійким до коливань цін на сировину та енергію, забезпечуючи сталість витрат.

Встановлення стандартів виробництва дозволяє забезпечити однорідність якості продукції, а це в свою чергу може полегшити масштабування виробництва та введення нових технологій.

Загалом приведений в магістерській роботі річний економічний ефект сифонної заливки сталі порівняно з литтям злитків зверху становить 492,09 тис грн/рік.

## 5.ІНСТРУКЦІЯ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

### 5.1.ІЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Відомості про сферу застосування інструкції.

Цю інструкцію розроблено відповідно до вимог Закону України "Про охорону праці", інструкції з охорони праці "Загальні вимоги безпеки для працівників підприємства" і вона є нормативним документом для заливника металу сталевасонноливарного цеху[21].

Вимоги цієї інструкції є обов'язковими для виконання заливникам металу сталевасонноливарного цеху і встановлює основні вимоги щодо безпечного виконання робіт під час заливання металу.

#### 5.1.2 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ РОЗРОБКИ.

Заливальник металу безпосередньо підпорядковується начальнику сталеплавильної ділянки, а в оперативному порядку - начальнику зміни.

Постійним робочим місцем заливальника металу є заливальний плац, ділянка складання ковшів, стенд нагрівання ковшів.

Непостійними робочими місцями заливальника металу є шлях прямування від сталеплавильної печі до місця розливу металу.

Заливальник металу повинен знати і виконувати вимоги:

- Закону України "Про охорону праці";
- Кодексу цивільного захисту України;
- цієї інструкції;
- інструкції з охорони праці "Загальні вимоги безпеки для працівників підприємства";
- робочої інструкції заливника металу;
- правил внутрішнього трудового розпорядку;
- "Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів", стандартів підприємства системи управління охороною праці;
- накази і розпорядження, що стосуються їхньої роботи.
- "Правила охорони праці в металургійній промисловості";
- "Правила охорони праці в сталеплавильному виробництві";
- "Правила охорони праці в ливарному виробництві";
- "Правила безпечної роботи з інструментом і пристосуваннями";

Заливальник металу повинен дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей у процесі виконання робіт або під час перебування на території підприємства.

Заливальник металу повинен проводити особистий контроль (самоконтроль) за безпекою праці на своєму робочому місці (або на місці проведення робіт) перед початком роботи (зміни), в процесі роботи і та закінченні роботи (зміни).

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя або здоров'я, або для оточуючих його людей, або для виробничого чи навколишнього середовища. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується фахівцями з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо профспілку на підприємстві не створювали), а також страхового -експерта з охорони праці.

Працівник зобов'язаний;

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей у процесі виконання будь-яких робіт або під час перебування на території підприємства;

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з охорони праці, правила поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити в установленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

Працівник несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Роботодавець зобов'язаний за свої кошти забезпечити фінансування та організувати проведення попереднього (під час прийняття на роботу) та періодичних (протягом трудової діяльності) медичних оглядів працівників, зайнятих на важких роботах, роботах із шкідливими чи небезпечними умовами праці або таких, де є потреба у професійному доборі, щорічного обов'язкового медичного огляду осіб віком до 21 року. За результатами періодичних медичних оглядів у разі потреби роботодавець повинен забезпечити проведення відповідних оздоровчих заходів. Медичні огляди проводяться відповідними закладами охорони здоров'я, працівники яких несуть відповідальність згідно із законодавством за відповідність медичного висновку фактичному стану здоров'я працівника. Порядок

проведення медичних оглядів визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади в галузі охорони здоров'я.

Роботодавець має право в установленому законом порядку притягнути працівника, який ухиляється від проходження обов'язкового медичного огляду, до дисциплінарної відповідальності, а також зобов'язаний відсторонити його від роботи без збереження заробітної плати.

### 5.1.3. КОРОТКА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ТА ОБЛАДНАННЯ.

Розливання сталі здійснюється сталерозливними ковшами ємністю 10 т, 16 т і 30 т на заливальних конвеєрах і плацах цеху.

Ливарні та конструкційні марки сталей розливаються з ковша тільки через стакан, що перекривається стопором. Завдяки цьому виключається можливість забруднення вилівки шлаком. Щоб зменшити натиск струменя металу, що стікає, висоту ковша роблять або рівною, або такою, що трохи перевищує його діаметр.

Ковші мають конічну форму з розширенням догори для легшого видалення з ковша країв металу, що залишаються іноді після розливання. Робоча поверхня ковша викладається шамотною цеглою, що має високу термостійкість і низьку теплопровідність.

У дно ковша вставляється фасонна цегла з отвором, а в нього - сталерозливний стакан.

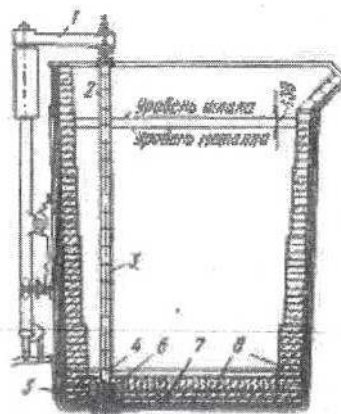


Рис 5.1 - механізм переміщення стопора, 2 - стопор, 3 - вогнетривкі стопорні трубки, 4 - пробка стопора, 5 - гніздова цегла, 6 - стакан, 7 - теплоізолятор, 8 - шамотна цегла.

Для кожної плавки, в ківш встановлюється новий сталерозливний стакан. Сталерозливний стакан має бути встановлена строго вертикально; між стаканом і гніздовою цеглою не повинно залишатися зазору, через який міг би піти метал.

Отвір сталерозливної стакана перекривається пробкою, яка нагвинчена на футерований шамотними стопорними трубками сталевий стрижень,

Розливання металу в ливарні форми.

Форма складається з двох напівформ і системи каналів, що підводять метал у форму. Під час заливання метал надходить у порожнину форми ливниковими каналами, що складаються зі стояка і живильника. Випор служить для виходу повітря і газів, а також для контролю заповнення форми металом.

Після охолодження і затвердіння металу, форму руйнують і звільняють вилівок від формувальної суміші, відрізають ливники.

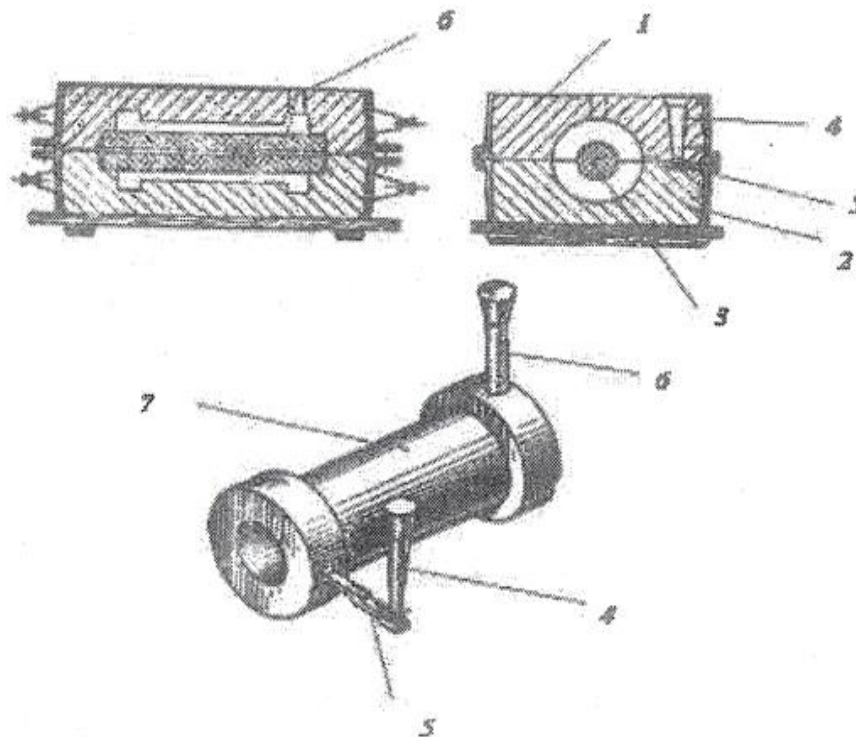


Рис. 5.2 1 - верхня напівформа, 2 - нижня напівформа, 3 - стрижень, 4 - стояк, 5 - живильник, 6 - випор, 7 - вилівок.

#### 5.1.4 УМОВИ І ПОРЯДОК ДОПУСКУ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.

До самостійної роботи за професією заливальника металу допускаються особи віком не молодше 18 років, які пройшли медичний

огляд і визнані придатними до роботи за даною професією, які пройшли вступний інструктаж, первинний інструктаж з питань охорони праці, стажування на робочому місці і мають посвідчення встановленого зразка;

- які мають групу з електробезпеки не нижче третьої.
- з питань охорони праці.

Допуск до самостійної роботи проводиться розпорядженням по цеху.

При виконанні разових робіт, не передбачених трудовим договором, машиніст тепловоза зобов'язаний приступити тільки після одержання первинного інструктажу з питань охорони праці щодо заходів безпеки під час виконання майбутньої роботи.

Первинний інструктаж на робочому місці заливальника металу проводиться за програмою, складеною з урахуванням вимог цієї інструкції та інших нормативних актів про охорону праці.

Заливальник металу після первинного інструктажу на робочому місці повинен пройти стажування по освоєнню безпечних прийомів у роботі під керівництвом досвідчених працівників, призначених розпорядженням по цеху.

У процесі стажування заливальник металу повинен:

- оволодіти навичками орієнтування у виробничих та аварійних ситуаціях, нормативних актах;
- оволодіти навичками орієнтування у виробничих ситуаціях, у нормальних та аварійних умовах;
- вивчити робочу інструкцію заливальника металу;
- вивчити цю інструкцію;
- вивчити інструкцію з пожежної безпеки;
- основні положення, інструкції та правила, що стосуються його діяльності.

Якщо в процесі стажування заливальник металу не оволодів необхідними виробничими навичками і одержав незадовільну оцінку, то стажування новим розпорядженням по цеху може бути продовжене на строк, що не перевищує двох змін.

Після закінчення стажування розпорядженням по цеху заливальник металу допускається до самостійної роботи.

Протягом виробничої діяльності заливальника металу проводяться інструктажі з питань охорони праці та пожежної безпеки.

В процесі роботи заливальнику металу проводиться повторний інструктаж з питань охорони праці 1 раз на 3 місяці.

Періодично (не рідше одного разу на рік) заливальник металу повинен проходити перевірку знань з правил безпечної експлуатації

електроустановок споживачів (в обов'язі не нижче третьої кваліфікаційної групи), а також з питань ОП.

Особи, які не пройшли в установлені строки повторний інструктаж з ОП, періодичну перевірку знань з правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, а також з питань ОП, до роботи не допускаються.

Внеплановий інструктаж проводиться:

- при введенні в дію нових або переглянутих нормативних актів з охорони праці, а також при внесенні змін і доповнень до них;
- у разі порушень заливальником металу вимог нормативних актів з охорони праці, які можуть призвести або призвели до травм, аварій пожеж тощо;
- при виявленні особами, які здійснюють державний нагляд і контроль з охорони праці, незнання вимог безпеки щодо робіт, які виконуються працівником;
- у разі перерви в роботі більш як 30 календарних днів.

Цільовий інструктаж проводиться: .

- при ліквідації аварій, стихійного лиха;
- під час проведення робіт, на які оформляється наряд-допуск.

Первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі проводить безпосередній керівник робіт. Усі інструктажі завершуються перевіркою знань у вигляді усного опитування і допуском до виконання робіт.

При незадовільних результатах перевірки знань після первинного, повторного або позапланового інструктажів для заливальника металу, протягом 10 днів додатково проводиться інструктаж і повторна перевірка знань. При незадовільних результатах при повторній перевірці знань, питання щодо працевлаштування заливальника металу вирішується згідно з чинним законодавством.

При незадовільних результатах перевірки знань після цільового інструктажу заливальник металу до виконання робіт не допускається. Повторна перевірка знань при цьому не дозволяється.

Про проведення первинного, повторного, позапланового і цільового інструктажів та про допуск до роботи особою, яка проводила інструктаж, робиться запис у журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

### 5.1.5 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПРИ ПЕРЕСУВАННІ ТЕРИТОРІЄЮ ПІДПРИЄМСТВА, ЦЕХУ.

Під час пересування територією підприємства необхідно користуватися пішохідними доріжками і тротуарами, перехідними містками, дотримуючись правого боку, а де їх немає, слідувати узбіччям автошляху лівою стороною назустріч рухомому транспорту відповідно до затверджених схем пішохідного руху для цеху, з якими під підпис повинен бути ознайомлений кожний заливальник металу.

Перетинати проїзну частину дороги слід у встановлених місцях, обладнаних переходами. За відсутності в зоні видимості переходу дозволяється переходити дорогу під прямим кутом до краю проїзної частини на ділянках, де вона добре проглядається в обидва боки, забезпечивши особисту безпеку.

Перед переходом залізничних і автомобільних доріг необхідно переконатися у відсутності транспорту, що наближається.

Посадка (висадка) працівників до (з) транспортних засобів дозволяється за повної їх зупинки лише з боку тротуару (узбіччя дороги) або з боку заднього борту кузова, у спеціально обладнаних місцях.

Не дозволяється їздити в кузовах автомобілів, не обладнаних для перевезення людей.

Під час руху територією підприємства необхідно бути уважним, остерігатися потрапляння в люки, прорізи, колодязі, що можуть виявитися відкритими або не огороженими.

В осінньо-зимовий період і в дощову погоду бути особливо уважним, тому що на шляху прямування можуть виявитися обмерзлі або залиті водою ділянки (канави, траншеї, каналізаційні колодязі). Не наближатися до колон і будівель, де можливе травмування звисаючими кригами.

Не ходити в безпосередній близькості від будівель і споруд, де можливе травмування склом, що випало з віконних прорізів, або іншими елементами будівель і споруд. Не перебувати і не заходити в негабаритні місця будівель, споруд, матеріалів, що складаються, залізничних колій тощо.

Забороняється перебувати не на своєму робочому місці або в інших підрозділах, якщо це не входить у службові обов'язки або без завдання адміністрації цеху.

Під час руху по сходах необхідно бути уважним, триматися за поручні (там, де вони є); пальці рук повинні бути вільні від кілець, перстнів тощо.

Під час пересування прислухатися до сигналів транспортних засобів, дотримуватися вимог світлової та звукової сигналізації, плакатів.

Не дозволяється дивитися незахищеними очима на джерело інтенсивного світлового випромінювання (електрозварювальна дуга тощо).

Не дозволяється заходити до приміщень складів легкозаймистих і токсичних речовин і матеріалів, складів балонів з газами (що перебувають під тиском), приміщень зберігання автогенних апаратів, кабін і приміщень, якщо це не пов'язано зі службовими обов'язками. Не заходити в інші приміщення, якщо невідоме їх призначення.

Не дозволяється вмикати або зупиняти (крім аварійних випадків) машини, апарати та інше обладнання, на яких не доручено працювати.

Не дозволяється перебувати в зоні працюючих кранів, вантажопідіймальних машин, спеціальних машин і механізмів.

Не дозволяється торкатися електропроводів, тролей, рубильників, арматури загального освітлення та інших частин електрообладнання.

Не дозволяється наближатися до обірваного дроту на відстань менш як 10м.

Не дозволяється виправляти електрообладнання, що вийшло з ладу, на якому не доручено працювати.

Не дозволяється заходити в приміщення електричних щитів, кабінки контакторних панелей, відчиняти двері електророзподільних щитів.

Заливальник металу повинен додержуватися вимог нормативних актів з охорони праці, а також вимог робочої інструкції для заливальника металу, уміти користуватися первинними засобами пожежогасіння, а також уміти надавати першу долікарську допомогу.

## 5.2 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПЕРЕД ПОЧАТКОМ РОБОТИ

Безпосередньо перед початком роботи працівник зобов'язаний провести аналіз безпеки виконання робіт (АБВР): визначити джерела небезпеки, оцінити можливі наслідки, визначити, чи потрібно виконати дії, продумати заходи реагування, прийняти рішення про можливість починати роботу.

Прибути на роботу відпочившим, у працездатному стані.

Пройти передзмічний медичний огляд.

Отримати необхідні ЗІЗ (респіратор) відповідно до встановлених норм.

Переодягнутися в спецодяг і енецвзуття згідно з вимогами, одягти головний убір. Чистий одяг залишити на тумбочці.

Заходи безпеки при знаходженні в АБК.

Під час пересування по маршових сходах рухатися не кваплячись, притримуючись рукою за перила.

Не перестрибувати через одну або більше сходинок.

Не пересуватися поблизу дверних прорізів, щоб уникнути удару дверцятами, що відчиняються.

Під час відчинення і зачинення дверцят особистих тумбочок бути уважним і обережним, щоб уникнути травмування: пальців рук.

Паління і користування відкритим вогнем у побутових приміщеннях заборонено, оскільки це може призвести до загоряння.

Прибути на змінно-зустрічні збори на станцію, де ознайомитися з наказами, вказівками, попередженнями та змінами, що стосуються виконуваної роботи, охорони праці, безпеки руху на обслуговуваних дільницях, що з'явилися знову.

Звернути увагу на працівників своєї бригади і з'ясувати, чи немає серед них непрацездатних.

Перевірити наявність необхідних документів у членів локомотивної бригади.

За наявності непрацездатних (у стані алкогольного, наркотичного чи токсичного сп'яніння) членів бригади або за відсутності в них необхідних документів доповісти безпосередньому керівникові.

### 5.3 ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Виконувати тільки доручену роботу безпосереднім керівником робіт з дотриманням інструкцій з охорони праці, не передавати її іншому працівникові без дозволу безпосереднього керівника робіт.

Під час роботи бути уважним, не відволікатися і не відволікати інших.

Не допускати на робоче місце осіб, які не мають відношення до роботи. Утримувати в порядку і чистоті робоче місце.

Ремонт футерування сталерозливних ковшів проводити після достатнього їх охолодження. Не поливати ківш водою з метою швидкого його охолодження, а застосовувати стиснене повітря. Доступ людей до ковша дозволяється, коли температура повітря в ньому не перевищує 40 °С.

Вимоги безпеки під час підготовки сталерозливних ковшів:

Підготовку розливного ковша необхідно проводити на спеціально обладнаному майданчику.

Пробка стопора має бути надійно прикріплена до стопора і ретельно притерта до склянки.

Перед установленням стопора необхідно перевірити справність футерування і просушування ковша.

За допомогою регулювального гвинта надійно закріпити стопор у ковші спеціальним механізмом для його закріплення.

Сталерозливні ковші перед прийманням металу повинні бути підігріті до температури 450-470 °С відповідно до вимог технологічних вказівок.

Повторне використання стопорного ковша без заміни стопора і стакана забороняється.

Після зачеплення ковша вантажопідіймальним краном необхідно зафіксувати траверсу ковша ємністю 10 т, 16 т фіксаторами з обох боків.

Забороняється направляти сталерозливний ківш руками при переміщенні його в задній прਿਆмок електродугової печі. Для цих цілей необхідно застосовувати спеціальні гачки,

При присадці розкислювачів і модифікаторів у сталерозливний ківш, повинно бути виключено пошкодження стопорного пристрою.

Ливарні ковші, незалежно від їхньої місткості, повинні наповнюватися рідким металом не більше ніж на 7/8 їхньої внутрішньої висоти.

Під час транспортування ковшів з металом не допускається їхнє наближення до інших ковшів та обладнання ближче ніж на 0,5 м.

На дільницях заливання форм неприпустимі: вогкість підлог, прਿਆків, підтікання трубопроводів води, проливання води біля питних точок, поява ґрунтових вод.

Заливання повинно здійснюватися в скріплені або навантажені форми. Зібрана форма повинна унеможлилювати протікання металу по роз'єму, а також викид металу з форми під час заливання і охолодження металу у формі.

Ливарні інструменти (ложки, ломи та ін.) у місцях, що стикаються з розплавленим металом, не повинні мати іржі і перед зануренням у метал повинні бути просушені та прогріті. '

Ґрунтові форми повинні мати систему відведення утворених під час заливання газів через постіль і газовідвідні труби або інші пристрої, які повинні передбачатися технологічним процесом. Під час заливання ґрунтових форм необхідно підпалювати факелом газу, що виходять через газовідвідні труби.

У ґрунті поблизу форми, що заливається, не повинно бути закритих порожнин (заформованих порожнистих моделей, не залитих форм, глибоких ям тощо), де можуть накопичуватися вибухонебезпечні суміші

газу з повітрям. Наявні навколо форми порожнини необхідно продувати стисненим повітрям.

Між рядами форм має бути прохід завширшки не менше 800 мм. Такої самої ширини мають бути поперечні проходи, що влаштовуються через кожні 10-12м довжини рядів форм.

Під час заливання форм рідким металом заливальник металу повинен перебувати на безпечній відстані від форми, що заливається. Після закінчення розливання, щоб уникнути випадкового викиду металу із залитих форм, забороняється перебувати в безпосередній близькості від форм.

Заливання високих форм повинне проводитися в спеціальних приямках з установкою по краях знімних перильних огорожень або зі стаціонарних розливних майданчиків. Максимальна висота верхнього рівня заливальної чаші від рівня заливного майданчика не повинна перевищувати 0,7 м.

Після закінчення розливання сталі залишки рідкого шлаку зі сталерозливного ковша повинні зливатися в зливники (виливниці для зливання металу). Зливання на землю або в ями забороняється.

Заливальник металу зобов'язаний виконувати вимоги безпеки під час роботи з великоваговими не габаритними вантажами.

Перед початком вантаження і вивантаження великовагових не габаритних вантажів керівник робіт повинен пояснити працівникам порядок і послідовність виконання операцій, переконатися в справності стропів та інших пристосувань,

При обв'язці і зачепленні вантажів заливальник сталі зобов'язаний:

- обв'язку або зачіпку вантажів виконувати відповідно до схем стропування вантажів; стропування вантажів, що рідко піднімаються і на які не розроблені схеми їх стропування, виконувати під керівництвом працівника, відповідального за безпечне проведення робіт вантажопідіймальними кранами;

- перевірити масу вантажу, призначеного до переміщення краном; якщо розливальник сталі не має змоги визначити масу вантажу, то він повинен дізнатися її в працівника, відповідального за безпечне проведення робіт вантажопідіймальними кранами;

- стропи і ланцюги накладати на основний масив вантажу без вузлів і петель. Не використані для зачіпки вантажу кінці багатовіткових;

- переконатися, що призначений до підйому вантаж нічим не укріплений, не защемлений, не завалений і не примерз до землі.

Під час обв'язки і зачіпки вантажу заливальнику металу забороняється:

- проводити стропування вантажу, масу якого він не знає або, коли маса вантажу перевищує вантажопідйомність крана;
- користуватися пошкодженими або немаркованими знімними вантажозахоплювальними пристосуваннями і тарою; з'єднувати ланки розірваних ланцюгів болтами або дротом, зв'язувати канати;
- проводити обв'язку і зачіпку вантажів іншими способами, ніж зазначено на схемах стропування;
- застосовувати для обв'язки і зачеплення вантажів, не передбачені схемами стропування, пристосування (ломи, штирі та інше).

Під час підйому і переміщення вантажу заливальник металу зобов'язаний перед виконанням кожної операції подавати відповідний сигнал машиністу крана.

Перед подачею сигналу про підйом вантажу заливальник металу повинен:

- переконатися, що вантаж надійно закріплений і нічим не утримується;
- переконатися, що вантаж не може під час підйому за що-небудь зачепитися;
- переконатися у відсутності людей біля вантажу, між вантажем, що піднімається, і стінами, колонами, штабелями, верстатами та іншим обладнанням.

Під час підйому вантажу заливальник металу повинен:

- подати сигнал для підйому вантажу на висоту 200-300 мм, перевірити правильність його стропування, рівномірність натягу гілок стропів, стійкість крана, дію гальм і тільки після цього подавати сигнал про підйому вантажу на необхідну висоту. у разі необхідності виправлення стропування, вантаж необхідно опустити на землю;
- перед горизонтальним переміщенням вантажу переконатися, що він піднятий на висоту не менше ніж на 500 мм вище за предмети, що зустрічаються на шляху;
- супроводжувати вантаж під час переміщення і стежити, щоб він не переміщався над людьми і не міг за що-небудь зачепитися;
- укладання вантажу здійснювати рівномірно, без порушень установлених для складування габаритів і без захаращення проходів і проїздів.

Під час підйому і переміщення заливальнику металу забороняється:

- перебувати під піднятим вантажем або допускати перебування під ним інших людей. Заливальник металу може перебувати біля вантажу під час його підйому або опускання, якщо вантаж перебуває на висоті не більше 1 м від рівня колісниці, на якій він стоїть;

- стягувати вантаж під час його підйому, переміщення, або опускання;
- звільняти за допомогою кранів защемлені знімні вантажозахватні пристрої, що знімаються.

Заливальник металу повинен знати властивості кисню і вимоги безпеки під час роботи з ним.

- установити за допомогою ЕМК сталерозливний ківш у камеру для обробки ковшів  $Q = 6 \text{ т}$  (10 т) киснем;

- після того, як залишки шлаку злиті в шлаковню, заливник металу обробляє ківш киснем за допомогою ріжучого інструменту, який складається з кисневої трубки, гумовотканинного рукава, штуцера і накидної гайки;

- після складання киснем різального інструменту і проведення всіх необхідних перевірок заливник металу плавним відкриванням вентиля КТО здійснює подачу кисню на вогонь різального інструмента;

- подачу кисню на вогонь різальної апаратури і запалює кінець кисневої трубки. Запалювання кисневої трубки здійснюється за допомогою чохла відпрацьованої термопари, край якої попередньо розпалений;

- для промивання сталевипускних каналів у ковші з метою запобігання потраплянню рідкого металу в канал трубки і займання останньої в руках розливальника сталі, необхідно спочатку подати кисень і тільки потім вводити трубку в канал сталерозливного отвору склянки;

- при виконанні вогневих робіт заливник металу повинен бути одягнений у застібнутий на всі гудзики костюм вогнестійкий поліпшеної якості (або суконний костюм), захисний щиток і світлофільтри;

- під час роботи необхідно оберегати гумовотканинний рукав від зіткнення його зі струмоведучими проводами, нагрітими предметами, масляними і жировими матеріалами;

- гумовотканинний рукав слід оберегати від потрапляння іскор і бризок металу або шлаку та розташовувати так, щоб унеможливити прохід по ньому людей (працівників), а також наїзд автотранспорту;

- під час роботи забороняється тримати гумовотканинний рукав на плечах, під рукою, затискати його ногами;

- під час обдування ковша киснем заливник металу повинен залишати кінець кисневої трубки завдовжки 2–2.5 м залежно від ємності оброблюваного ковша;

- після закінчення обдування киснем ковша і сталевипускного отвору тримач із кисневою трубкою забирають із ковша, а потім закривають кисневий вентиль. Для запобігання захаращенню робочої площадки кисневий шланг з тримачем кисневих трубок зберігають у згорнутому вигляді біля КРП, а кисневі трубки та їх залишки в спеціально відведеному для їх зберігання місці.

Після охолодження ковша заливник металу оббиває стопор ковша за допомогою кувалди. Обробку ковша ручним інструментом необхідно виконувати в захисних окулярах.

Після видалення стопора заливник металу за допомогою лома довжиною не менше 1,5 м здійснює очищення зливного отвору ковша. При цьому заливник металу повинен перебувати із зовнішнього боку сталерозливного ковша.

Після завершення обробки ківш за допомогою ЗМК перевозиться на стенд для складання і нагрівання ковшів.

При виникненні під час роботи непередбачених небезпечних ситуацій негайно припинити виконання робіт і негайно повідомити свого безпосереднього керівника.

#### 5.4 ВИМОГИ І БЕЗПЕКИ ПІСЛЯ ЗАКІНЧЕННЯ РОБОТИ

Відключити, знеструмити робоче устаткування, ключ-бірки вилучити із замків пультів керування

Прибрати робоче місце від сміття і виробничих відходів.

Траверси, ланцюги, інші вантажозахватні пристрої встановити на стенди, укласти на стелажі,

Зібрати інструмент і пристосування, скласти в інструментальний ящик.

Припинити подачу повітря і кисню вентилем спуску, від'єднати шланги, скласти в місце для їх зберігання.

Закрити на замикаючий пристрій киснерозбірний пост.

Упорядкувати спец. одяг, спец. взуття, очистити від пилу і бруду методом витрушування і чищення. Щоб уникнути травмування, забороняється обдув стисненим повітрям із повітропроводу.

Повідомити змінного майстра про закінчення роботи і всі недоліки, виявлені в процесі роботи.

Забороняється залишати роботу до приходу працівника, що змінює.

У разі неявки змінника заливник металу зобов'язаний доповісти про це майстру, який зобов'язаний негайно вжити заходів до заміни його іншим працівником.

За встановленим у цеху маршрутом прямування вирушити в лазню, скласти засоби індивідуального захисту в шафу, прийняти душ.

Прямувати додому згідно з установленою схемою пішохідного руху по цеху, підприємству.

## 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

Охорона навколишнього середовища в металургії важлива для забезпечення сталого розвитку та зменшення негативного впливу виробництва на природу. Ключовими аспектами, які важливі для забезпечення екологічної безпеки в металургійній галузі є:

1. Енергоефективність: Зменшення споживання енергії є одним з головних завдань для зменшення викидів та впливу на клімат. Впровадження енергоефективних технологій та процесів дозволяє знизити витрати енергії та викиди парникових газів.

2. Оптимізація використання сировини: Ефективне використання руди та інших сировинних матеріалів дозволяє зменшити екологічний відбиток металургійного виробництва. Переробка вторинної сировини та відновлення матеріалів також можуть бути важливими аспектами.

3. Зменшення викидів газів і пилу: Виробництво великої кількості газів та пилу є традиційним аспектом металургійного виробництва. Застосування сучасних систем очищення газів та технологій для зменшення пилових викидів є ключовим елементом збереження якості повітря.

4. Водозахист: Промислові процеси в металургії можуть викликати забруднення водних ресурсів. Ефективні системи обробки стічних вод та впровадження технологій відновлення водних ресурсів є необхідними для збереження водного середовища.

5. Управління відходами: Відходи від металургійного виробництва можуть містити небезпечні речовини. Важливо розробляти та впроваджувати ефективні стратегії управління відходами, включаючи їхню переробку та використання для виробництва вторинної сировини.

6. Захист біорізноманіття: Розташування металургійних підприємств може впливати на місцеве біорізноманіття. Важливо враховувати цей аспект при плануванні та веденні металургійних видобутків та виробництва.

Загальною метою є забезпечення екологічної відповідальності та сталого виробництва в металургійній галузі, зменшення негативного впливу на довкілля та підтримання балансу між промисловим розвитком та охороною природи.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі був розглянутий технологічний процес заливки сталі в злитки сифонним методом

Виявлено переваги та недоліки сифонного методу заливки сталі в злитки в порівнянні з заливкою сталі зверху при заливанні сталі в злитки:

1. Ефективність та зменшення дефектів: порівняння двох методів розливки показали, що сифонний метод може сприяти зменшенню відбраковки та дефектів у злитках, оскільки забезпечує більш однорідну та контрольовану заливку металу на відміну від розливки зверху, при котрій може виникати більше дефектів, таких як порожнистість та включення повітря, через нестабільність та турбулентність рідини під час заливки.

2. Зниження об'єму споживаної енергії: сифонний метод може бути більш енергоефективним, оскільки забезпечує менше опору при заливці та меншу втрату тепла порівняно із заливкою зверху, де велика частина тепла може розсіюватися в повітрі в порівнянні з заливкою зверху, котра може вимагати більше енергії через необхідність підтримання високої температури та подолання втрат тепла.

3. Менший ризик окислення металу також є перевагою сифонного методу, бо заливка сталі сифонним методом може допомагати зменшити ризик окислення металу, оскільки рідина не зазнає контакту з повітрям під час заливки. Якщо здійснюється заливка зверху, особливо у відкритих системах, існує великий ризик окислення та утворення нежорстких включень через взаємодію металу із атмосферним киснем.

4. Контроль та регулювання процесу: сифонний метод може забезпечувати більший контроль та регулювання заливки, що дає змогу отримання більш однорідних злитків, в той час коли при заливці зверху ситуація може бути менш контрольованою, що може впливати на якість та однорідність матеріалу через турбулентність та інші небажані фактори.

5. Технічна складність та витрати: технічна реалізація сифонного методу може бути менш складною та вимагати менших витрат порівняно із заливкою зверху, особливо в областях з великою кількістю заливаємих злитків та обсягом заливки., у той час коли заливка зверху може вимагати дорогого обладнання та більше зусиль для забезпечення стабільності та контролю над процесом.

Крім явних переваг при заливанні сталі сифонний метод заливки сталі в злитки в порівнянні з заливкою сталі зверху має такі недоліки:

1. Витрата сифонного припасу, який при заливанні злитків зверху не використовується.

2. Додаткові витрати на виготовлення оснащення для заливання злитків сифонним методом на одноходовий, двухходовий які використовуються на підприємстві та центрову для заливки злитків.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологія конструкційних матеріалів: навч. посіб. / С. В. Марченко, О. П. Гапонова, Т. П. Говорун, Н. А. Харченко. – Суми : Сумський державний університет, 2016. – 146 с. ISBN 978-966-657-612-8.
2. Major J. and Hartlieb M. *International Journal of Metalcasting*. 2009. 3. P.43–53.
3. Wang Y., Neff D., Schwam D., Zhu X. and Chen C. *International Journal of Metalcasting*. 2013. 7. P. 25-38.
4. Shepel S. V. and Paolucci S. *Applied Thermal Engineering*. 2002. 22(2). P.229–248.
5. Vijayaram T. R., Sulaiman S., Hamouda A. M. S. and Ahmad M. H. M. *Journal of Materials Processing Technology*. 2006 .178(1-3). P. 29–33.
6. Bai H., Ersson M., Jönsson P. Effect of TurboSwirl Structure on an Uphill Teeming Ingot Casting Process. *Metallurgical and materials transactions B*. 2015. Vol. 46. No. 6. P. 2652–2665. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11663-015-0445-4> (last accessed: 18.10.2022).
7. Li, L., & Cai, Q. (2012). Numerical simulation and optimization of gating system for large steel ingot casting. *Journal of Materials Processing Technology*, 212(1), 144-152.
8. Zappulla M.L.S., Hibbeler L.C., Thomas B.G. Effect of Grade on Thermal–Mechanical Behavior of Steel During Initial Solidification. *Metallurgical and materials transactions A*. 2017. Vol. 48. No. 8. P. 3777–3793. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11661-017-4112-z> (last accessed: 18.10.2022).s11661-017-4112-z (останнє звернення: 18.10.2022).
9. Catalina, T., Enescu, E. A., & Stefanescu, D. M. (2008). Numerical modeling of steel continuous casting: from mold to the first solidification point. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 39(5), 682-692.
- 10 A. Kermanpus, M. Eskandari, H. Purmohamad, M.A. Soltani, B. Shateri, Influence of mould design on the solidification of heavy forging ingots of low alloy steels by numerical simulation, *Materials and Design*, 31, 2010, 1096-1104.
11. Н. Тарасевич, І. Корнієць, І. Тарасевич, А. Дудченко, Порівняльний аналіз комп'ютерного моделювання металургійних і ливарних процесів, *Метал і лиття України*, 5, 2010, 20-25, (російською мовою).
12. С.І. Жульєв, Є.І. Бузінов, Застосування методів математичного моделювання для вибору оптимальної геометрії ковальських зливків, *Технологія Машинобудування*, 4, 2006, 5-8, (російською мовою)
13. Choudhary, R., & Babu, N. H. (2010). Дослідження течії рідини під час безперервного розливання сталі за допомогою математичного моделювання. *Журнал технології обробки матеріалів*, 210(10), 1333-1341.

14. Song Fukang. Improvement of Casting Technology of the Large-scale Steel Ingot[J]. Foundry Technology, 2009, 30(3): P.323-324.
15. Casting Processes, Metallurgy, Techniques and Design. Butterworth-Heinemann.
16. Brooks, H., & Swinbourne, D. R. (2002). Solidification and casting. CRC Press.
17. «Вироби вогнетривкі для сифонного розливу сталі» ДСТУ 11586:2006.
18. ТП «Складання сталерозливної канави і заливка ковальських злитків зверху через проміжну воронку.» ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ», 2016, 21 с.
19. ТП «Складання сталерозливної канави і заливка ковальських злитків із використанням сифонного методу в СФЛЦ корпус 2» ТОВ МЕТІНВЕСТ «КРМЗ», 2021, 27 с.
20. ТП П «Виплавка сталі в електродугових печах» 011.31550176.015–2016.
21. ІОП «Інструкція з охорони праці для заливальників металу сталефасоноливарного цеху» 33-2020

## Додаток А

Додаток А. Наведення розрахунків економічного ефекту щодо заливки злитків сифонним способом та зливкою зверху

Спосіб заливки	Тип оснащення	Металомісткість надставки, т	Металомісткість ливникового ходу, т	Вартість 1т рідкої сталі для злитків, т/грн	Економія (під час виготовлення одного злитка 15,6 т)		Виготовлення злитків 15,6 т за 2023 р., шт	Економія (під час виготовлення злитків 15,6 т у 2023 р.)	
					рідкої сталі, т	грн		рідкої сталі, т	грн
Заливка злитків зверху	Надставка В-15,6-02	2,531	0	20,73	0,794	16,45962	21	16,674	345,652
Заливка злитків сифонним методом	Надставка В-15,6-02А	1,519	0,218						