

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ІНІ/факультет	<u>Навчально-науковий технологічний інститут</u>
Кафедра	<u>Металургійних технологій</u>
Спеціальність	<u>136 – Металургія</u>
Форма навчання	<u>Заочна</u>

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

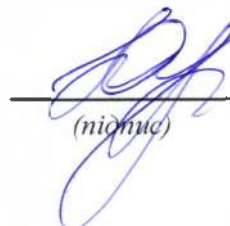
ГОЛОВКІНА ДАНИЛА АНДРІЙОВИЧА

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

на тему Аналіз конструкції гільзи кристалізатора для безперервного розливання сталей з метою покращення якості заготовки
(повна назва теми)

за матеріалами металургійних підприємств України
(повна назва бази дослідження)

науковий керівник К.Т.Н., доцент
(наук. ступінь, вчене звання)



Сусло Н.В
(прізвище, ініціали)

Робота допущена до захисту в ЕК
Протокол засідання кафедри
від 12.06. 2025 р. № 12

Завідувач кафедри


(підпис)

Д.Т.Н., професор
Наук. ступень, вчене звання

Д.О. Кассім
Ініціали, прізвище

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

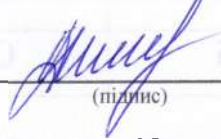
Кафедра металургійних технологій

Рівень вищої освіти
Спеціальність

Перший (бакалаврський)
136 – Металургія
(шифр і назва)

Завідувач кафедри

ЗАТВЕРДЖУЮ



(підпис)

проф. Д.О.Кассім
(посада, вчене звання,
прізвище ініціали)

«10» червня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТА(КИ)

Головкіна Данила Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра:

Аналіз конструкції гільзи кристалізатора для безперервного розливання сталей з метою покращення якості заготовки

керівник кваліфікаційної роботи Суслио Наталія Валеріївна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «04» квітня 2025 р. № 241-ст

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 10.06.2024

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи магістра: статті, патенти, промислові дослідження

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

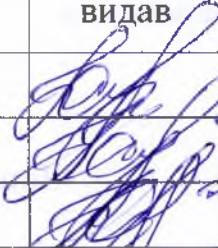
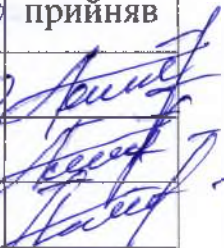
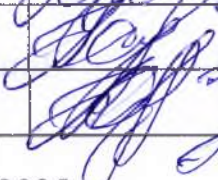


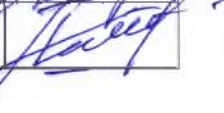
4.1. Аналітична частина: Аналіз конструкції гільзи кристалізатора та матеріалів покриття кристалізаторів на його стійкість та якість заготовки.

4.2. Основна частина: Модернізація конструкції кристалізатора МБЛЗ за рахунок застосування гільз з хвилистим внутрішнім профілем. Розробка рекомендацій заходів з підвищення якості безперервно литої заготовки за рахунок удосконалення конструкції кристалізатору МБЛЗ.

4.3. Охорона праці: розглянути основні небезпечні та шкідливі чинники виробництва та методи боротьби з ними. Заходи по пожежній безпеці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): графічний матеріал повинен в повній мірі відповідати темі диплому та відобразити його суть та запропоновані проектні рішення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Сушло Н.В., доцент		
2 Основна частина	Сушло Н.В., доцент		
3 Охорона праці	Сушло Н.В., доцент		

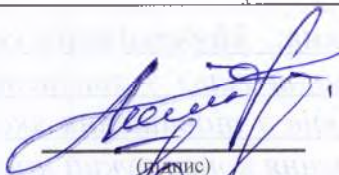

7. Дата видачі завдання «05» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	25.04.2025	
2.	Основна частина	27.05.2025	
3.	Охорона праці	02.06.2025	
4.	Оформлення пояснювальної записки	06.06.2025	
5.	Виконання графічної частини	09.06.2025	
6.	Подання роботи до кафедри	10.06.2025	
7.	Захист роботи в ЕК	18.06.2025	

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

(підпис)

Головкін Д.А.
(прізвище та ініціали)

Сушло Н.В.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Вплив конусності гільз кристалізаторів на її стійкість і якість зливка, що розливається	9
Висновки до розділу 1	18
2.ОСНОВНА ЧАСТИНА	19
2.1 Модернізація конструкції кристалізатора МБЛЗ за рахунок застосування гільз з хвилястим внутрішнім профілем	19
2.2 Розробка рекомендацій заходів з підвищення якості безперервно литої заготовки за рахунок удосконалення конструкції кристалізатору МБЛЗ	27
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55

ВСТУП

Для підвищення конкурентоспроможності та задоволення попиту, що зростає, особливо на дрібносортну продукцію будівельного призначення, заводи чорної металургії почали інтенсивно впроваджувати безперервне розливання сортових заготовок. Завдяки збільшенню потужності пічних трансформаторів, використанню альтернативних джерел енергії у печі цикл «від випуску до випуску» доведено до 40...45 хвилин. Підвищення продуктивності сталеплавильних агрегатів викликало необхідність створення продуктивних МБЛЗ, реалізації технології високошвидкісного безперервного лиття, а також реконструкції технологічних вузлів та допоміжних систем діючих МБЛЗ для збільшення продуктивності та скорочення виробничих витрат.

Гільзовий кристалізатор є основним технологічним вузлом сортової МБЛЗ. У технологічному процесі безперервного лиття сталі кристалізатору відведено одну з найважливіших функцій - формування зливка необхідного перерізу. Продуктивність машини та якість зливка багато в чому визначається тим, наскільки кристалізатор задовольняє всім технологічним вимогам, з яких одна з основних - забезпечити максимальне і рівномірне по периметру тепловідведення від затвердіючої сталі до охолоджуючої води і отримати на виході з кристалізатора міцну оболонку зливка з гарною поверхнею.

Гільза – головний змінний робочий інструмент кристалізатора, у якому формується оболонка заготівлі. Від міцності та рівномірності кірки заготовки залежить стабільність роботи МБЛЗ, можливість розливати на високих швидкостях та якість неперершнолитої заготовки.

Виготовлення гільз сучасних кристалізаторів є складним високотехнологічним процесом із застосуванням великої кількості високоточного технологічного оснащення та використанням мідних профільованих труб. Нині 90% виробництва гільз кристалізаторів посідає три компанії- «Kabelmetal» (Німеччина) «Europa Metalli»(Італія) «Cobelco»(Японія).

Метою роботи є розробка та дослідження конструкції кристалізаторів для високошвидкісного лиття сортових заготовок, створення технології та обладнання для виробництва гільз та сорочок охолодження кристалізаторів.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Вплив конусності гільз кристалізаторів на її стійкість і якість зливка, що розливається

Кристалізатор є основним технологічним вузлом машин безперервного лиття заготовок (МБЛЗ). Якість безперервнолитих заготовок і продуктивність МБЛЗ безпосередньо залежать від конструкції кристалізатора, а також від параметрів захисного покриття його робочої поверхні.

У технологічному процесі безперервної розливки сталі кристалізатору відведена одна з головних функцій - формування зливка необхідного перерізу. Основна вимога до кристалізатору - забезпечити максимальне відведення тепла від затвердіючої сталі до охолоджувальної води і отримати на виході злиток з міцною оболонкою і хорошою поверхнею, яка не руйнувалася б під впливом тепла рідкої фази і феростатичного тиску. Природно, що продуктивність машини і якість зливка багато в чому визначаються тим, наскільки кристалізатор задовольняє всі технологічні вимоги. Гільза - головний змінний робочий інструмент кристалізатора, у якому формується оболонка заготівлі. Від конструкції гільз кристалізаторів залежить якість безперервнолитої заготовки та максимально допустимі швидкості розливання.

Конструкція трубчастої гільзи кристалізатора і товщина її стінки переслідують мету запобігання залишкової деформації під впливом температури. Деформація гільзи кристалізатора може призвести до значного зниження терміну служби кристалізатора і спричинити появу глибоких слідів гойдання і дефектів геометрії заготовок.

Гільза кристалізатора має багатоконусну конструкцію, щоб компенсувати усадку заготовки і підтримувати контакт між заготовкою і кристалізатором. Правильний вибір багатоконусної конструкції забезпечує максимальний контакт до самого низу кристалізатора і, тим самим, знижує можливість тріщиноутворення і дефектів форми, таких, як скошеність стінок квадрата і

вм'ятини. Багатоконусна конструкція гільзи розраховується на основі відомих даних з усадки після затвердіння для основних груп марочного сортаменту.

Після реконструкції МБЛЗ-3 з 2009 р. використовуються гільзові кристалізатори з триконусною конструкцією гільзи, аналіз використання яких показав, що основним видом руйнування є подряпини, задираки, вм'ятини і абразивний знос частини захисного покриття гільзи кристалізатора. Форма подряпин і характер їх розвитку свідчать про те, що основні причини їх виникнення пов'язані з тертям заготівлі в нижній частині та по кутах гільзи. Причина цього явища - неправильно підібрана конусність гільз при проектуванні, причина низької стійкості гільз - інтенсивне зношування в нижній частині гільзи і зміна геометричних розмірів конфігурації гільзи. Використання даної конструкції гільз перерізом 250x300 і 300x400 мм спричиняє роздуття граней зливка на виході з гільзи та при подальшому температурному розширенні механічне пошкодження поверхні зливка від роликів під кристалізатором.

При огляді поверхні всіх використовуваних гільз кристалізатора для перерізів 250x300 і 300x400 мм зазначено:

- інтенсивне зношування захисного покриття та мідної основи в нижній частині гільзи до 1 мм, при цьому середня частина не схильна до впливу зносу, наслідком цього стало нерівномірне охолодження по довжині гільзи;
- має місце передчасний відхід скоринки зливка від стінок гільзи та утворення збільшеного газового зазору, а потім під впливом феростатичного тиску всередині зливка підхід кірочки зливка на виході до нижньої частини гільзи;
- роздуття граней зливка на виході з гільзи та при подальшому температурному розширенні механічне пошкодження поверхні зливка від роликів під кристалізатором.

Причиною даного явища служить неправильно підібрана конусність гільз при проектуванні.

Для збільшення терміну служби кристалізаторів конусності гільз для перерізів 250x300 і 300x400 мм були перераховані відповідно до виробничого

сортаменту на МБЛЗ-3 і реальними швидкостями розливання і на підставі розрахунків виготовлені дослідні зразки гільз з новою конусністю (див. таблицю 1.1).

Таблиця 1.1

Зміна геометричних розмірів за конусністю гільз

Перетин		250x300 мм		300x400 мм	
Конус	Від верха, мм	Старий, %/м	Новий, %/м	Старий, %/м	Новий, %/м
1	190	2,4	2,4	2,4	2,4
2	400	1,2	1,3	1,2	1,4
3	780	0,5	0,6	0,5	0,8
Стандартна швидкість, м/хв			0,90		0,55-0,75

Для аналізу зміни геометрії гільз в процесі експлуатації проводили вимірювання з використанням приладу «Mold Checker» лазер.

На рис. 1.1, 1.2 показано зміну геометрії використовуваної гільзи перетином 250x300 мм в процесі експлуатації від 1-ї до 219-ї плавки. З малюнків видно, як змінилася конусність гільзи внаслідок прориву на 1-й плавці.

На рис. 1.3, 1.4 показано зміну геометрії дослідної гільзи зі зміненою конусністю перерізом 250x300 мм у процесі використання від 0 до 200-ї плавки, де спостерігається більш рівномірний теплоснімання і, отже, мінімальний знос у нижній частині гільзи на виході.

На рис. 1.5, 1.6 показані використовувана гільза перетином 250x300 мм після розливання 89 плавок і дослідна гільза зі зміненою конусністю через 96 плавок.

На рис. 1.5 проглядається відсутність впливу на внутрішню поверхню всередині гільзи та інтенсивний знос на виході, а на рис. 1.6 спостерігається

рівномірна дія по всій площині від меніска до виходу з незначним пошкодженням захисного хромового покриття.

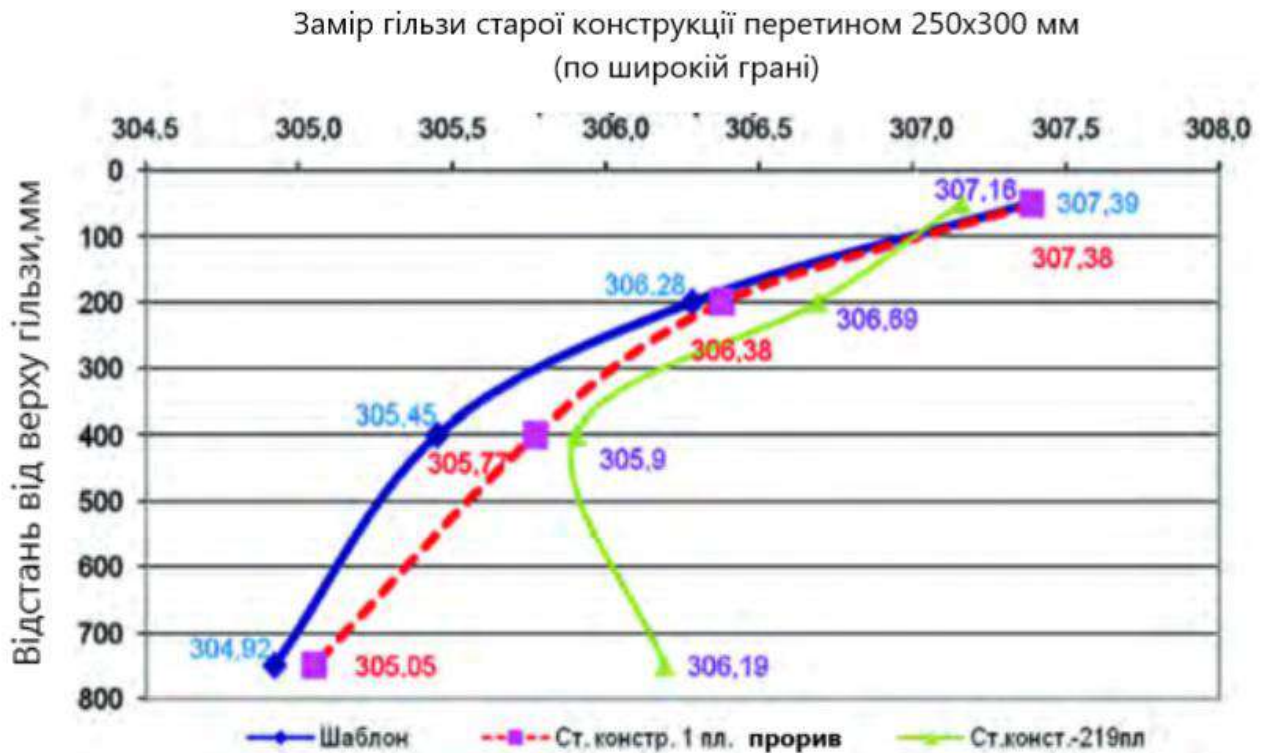


Рис. 1.1 Зміна геометрії гільзи по широкій грані в процесі використання



Рис. 1.2. Зміна геометрії гільзи по вузькій грані в процесі використання



Рис. 1.3. Зміна геометрії гільзи по широкій грані в процесі використання



Рис. 1.4. Зміна геометрії гільзи по вузькій грані в процесі використання



Рис. 1.5. Гільза після проходження 89 плавок



Рис. 1.6. Дослідна гільза після проходження 96 плавок

При проведенні досліджень впливу конусності гільзи на її стійкість і якість розливаемого зливка на перерізі 300 x 400 мм отримані аналогічні результати. На рис. 1.7, 1.8 показано зміну геометрії використовуваної гільзи перетином 300x400 мм у процесі експлуатації.



Рис. 1.7. Зміна геометрії гільзи по широкій грані в процесі використання



Рис. 1.8. Зміна геометрії гільзи по вузькій грані в процесі використання

На рис. 1.9, 1.10 показано зміну геометрії дослідної гільзи зі зміненою конусністю перерізом 300x400 мм в процесі використання, де спостерігається більш рівномірне теплознімання і, отже, мінімальний знос в нижній частині гільзи на виході.



Рис.1.9. Зміна геометрії гільзи по широкій грані в процесі використання



Рис.1.10. Зміна геометрії гільзи по вузькій грані в процесі використання

На рис. 1.11, 1.12 представлені використовувана гільза перетином 300х400 мм після розливання 88 плавок і дослідна гільза зі зміненою конусністю через 74 плавки.



Рис.1.11. Гільза після проходження 88 плавок



Рис.1.12. Дослідна гільза після проходження 74 плавок

На рис. 1.13 показані темплеті якості макроструктури блюмів перетином 250х300 мм, відлитих на МБЛЗ-3 зі швидкістю 0,9 м/хв через гільзу старої конусності (струмок 2) і через дослідну гільзу нової конструкції по конусності (струмок 4). Дослідження експлуатації гільз кристалізаторів зміненої конструкції

за конусністю на МБЛЗ-3 показали, що за основними експлуатаційними характеристиками дослідні гільзи перевершують раніше рекомендовані до використання.



Рис.1.13. Темплети поперечного перерізу безперервнолитого блюму перетином 250x300 мм плавки 336006: а - 2-й струмок (порівняльний); б - 4-й струмок (дослідний)

Висновки 1

1. Встановлено, що при розливанні сталі з гільзами, що використовуються після реконструкції, відбувається посилена взаємодія затверділої скоринки з поверхнею гільзи внаслідок невідповідності розмірів її внутрішньої порожнини величині усадки заготовки, що веде до деформації в нижній частині гільзи і прискорює відшарування кристалізатора. Подальше використання такого кристалізатора може призвести до утворення дефектів геометричної форми заготівлі через її нерівномірного контакту з гільзою, що може стати також причиною прориву металу під кристалізатором.

2. Модифікація зміни конусності дозволила оптимізувати профіль мідних гільз, щоб збільшити термін служби, поліпшити якість блюму, підвищити продуктивність МБЛЗ-3 і знизити експлуатаційні витрати установки.

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Модернізація конструкції кристалізатора МБЛЗ за рахунок застосування гільз з хвилистим внутрішнім профілем

У процесах безперервного розливання сталі якість продукції найчастіше визначається формою одержуваної заготівлі. Одним з поширених дефектів безперервнолитої заготовки є ромбічність і спучування зливка.

Очевидно, що конструкція кристалізатора безпосередньо впливає на геометрію заготівлі. Наприклад, відомо, що більш виражена конусність зменшує ступінь ромбічності заготівлі. У міру зношування гільзи кристалізатора величина конусності зменшується, що призводить до проблем з геометрією заготівлі та підвищення ризику проривів. Тому важливо правильно визначити терміни виведення кристалізатора з експлуатації.

Кріплення "фут-роликів" до нижньої частини кристалізатора забезпечує додаткову підтримку струмка, що саме по собі знижує ймовірність спучування заготовки. Навіть якщо фут-ролики не потрібні для підтримки струмка, їх застосування рекомендується для зменшення ромбічності заготовки. Крім того, "фут-ролики" компенсують недоліки в роботі МБЛЗ, пов'язані з налаштуванням машини, які також можуть стати причиною спотворення форми заготівлі.

Однією з причин неправильної геометрії заготівлі може бути недостатня швидкість водяного потоку для охолодження кристалізатора та неоднорідність водяного потоку. Це відкриття призвело до значних покращень у системі охолодження кристалізатора, таким як застосування виготовлених вибуховим методом водяних сорочок та інших видів конструкцій із допусками у вузьких межах.

Ці удосконалення значно покращили рівномірність тепловідведення від мідної гільзи, водночас з'явився потенціал збільшення швидкості руху води в кристалізаторі внаслідок зменшення водяного зазору.

Незважаючи на всі вдосконалення конструкції кристалізатора, які впроваджувалися протягом багатьох років, проблема ромбічності заготівлі не зникла, особливо при розливанні середньовуглецевих (0,2 - 0,4%) сталей. Справді, ромбічність вважається однією з найгостріших проблем при розливанні заготовок. У минулому методи боротьби з ромбічністю були засновані на оптимізації системи охолодження кристалізатора, тому проблему намагалися вирішити за допомогою зміни конусності, швидкості води, мастила та налаштувань механізму гойдання.

Вважалося, що інші параметри розливу, які відносяться до зони вторинного охолодження (після виходу з кристалізатора), такі як система розпилення води, не надають помітного впливу на запобігання ромбічності, хоча існує чимало прикладів того, що забиті водяні форсунки або низька температура води, що розпилюється, негативно впливали.

Зважаючи на вищесказане, рядом вчених були сформульовані причини ромбічності заготівлі та запропоновано можливе вирішення проблеми [1, 2]. Коли рідка сталь потрапляє в гільзу кристалізатора, скоринка, що спочатку сформувалася, не володіє достатньою твердістю і веде себе як наповнена водою гумова куля, приймаючи форму кристалізатора. Рухаючись нижче кристалізатором, скоринка починає тверднути і може зміщуватися щодо стінок кристалізатора в міру того, як вона стискається при твердінні. Оскільки основний обсяг опору тепловому потоку залежить від повітряного зазору, саме це зміщення щодо охолоджуючих поверхонь призводить до неоднорідного формування скоринки, різниці напруги і проблем з геометрією заготівлі нижче кристалізатора. Зовнішні фактори, такі як нестійкий хід механізму гойдання та неправильне регулювання машини, також сприятимуть зміщенню скоринки щодо стінки кристалізатора та створенню неоднорідних умов охолодження. Крім того, забиті відкладеннями або погано спроектовані канали форсунок розпилення води в зоні вторинного охолодження (нижче кристалізатора) впливатимуть на скоринку заготовки таким чином, що заготівля може витягуватися або згинатися, і ця дія буде передаватися прямо в кристалізатор,

також є причиною неоднорідного охолодження. Цей ефект можна спостерігати на заводах, де є проблеми із системою розпилення води та де спостерігається стійка тенденція до неоднорідного зношування кристалізатора, як показано на рис.2.1.

Саме ці внутрішні навантаження, викликані несиметричним зростанням скоринки в кристалізаторі, призводять до викривлення форми заготівлі після виходу з гільзи.

Крім того, супутня деформація розтягування, викликана спотворенням форми, часто призводить до утворення тріщин на межі розділу твердої та рідкої фаз.



Рис. 2.1 – Значне неоднорідне зношування кристалізатора, пов'язане з ромбічністю заготівлі

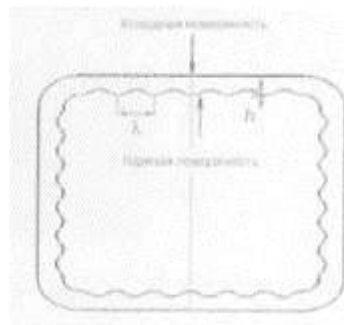
Виходячи з перерахованих причин ромбічності заготівлі ряд виробників обладнання [2] поставили завдання розробки такої конструкції кристалізатора, яка дозволяла б центрувати зливку, що твердіє, і забезпечувала б його рівномірне охолодження.

Конструкція кристалізатора із хвилястим внутрішнім профілем. Як рішення поставленим завданням був розроблений кристалізатор з хвилястим внутрішнім профілем (рис.2.2). Головною особливістю нової конструкції є хвилястий внутрішній профіль гарячої поверхні, що створює дзеркальний хвилястий відбиток на заготівлі поверхні на початку процесу затвердіння зливка. Хвилястість обох поверхонь блокує переміщення скоринки з боку в сторону,

направляючи її по довжині гільзи. Кристалізатор і скоринка «зчеплені» один з одним настільки, що виникає більш рівномірне тепловідведення і, отже, забезпечуючи однорідне формування скоринки в найбільш складний період перебування в кристалізаторі.

Безперечно, необхідно ретельно розрахувати геометрію гільзи з хвилястим внутрішнім профілем, щоб уникнути надмірного зчеплення кірочки та стінки кристалізатора, що неминуче призвело б до порушення процесу розливання.

Тому проектується хвиля такої висоти та довжини, щоб скоринка зливка могла стискатися всередину без пікових точок в області зчеплення на поверхні мідного кристалізатора або на скоринки зливка. Геометрія хвилястого профілю може змінюватися в залежності від розміру заготівлі, що розливається, і лінійного положення в кристалізаторі. Зазвичай висота хвилі пропонується в межах 0,5 – 5,0 мм та довжина хвилі – в межах 1 – 30.



λ – довжина хвилі; h – висота хвилі

Рис. 2.2 – Параметри конструкції гільзи з хвилястим внутрішнім профілем

Іншою перевагою гільзи з хвилястим внутрішнім профілем є рівномірний розподіл мастила в зоні меніска. Усі існуючі сьогодні системи розподілу мастила працюють за таким принципом: масло подається через пластину вгорі корпусу кристалізатора і стікає вниз по стінці кристалізатора до зони меніска. При цьому найбільша увага приділяється тому, що масло рівномірно подавалося вгорі кристалізатора.

Однак, коли масло досягає рівня металу, ситуація змінюється на гірший бік. Оскільки процес згоряння олії впливатиме на теплоперенесення в зоні меніска, очевидно, що питання рівномірності розподілу олії дуже важливе.

Хвилястий внутрішній профіль гільзи забезпечує «канали» для руху олії по довжині гільзи, тому потрібно з упевненістю сказати, що олія буде рівномірно розподілятися по всій довжині від пластини до зони рівня металу.

Промислові випробування мідних гільз з хвилястим внутрішнім профілем проводилися компанією CMC Steel Texas (США) [2], що є виробником арматурного прокату, сортових та ковких марок сталі, розлив здійснювався МНЛЗ з наступними характеристиками (таблиця 2.1).

Перші випробування проводилися на заготівлі розміром 127×127 мм, на четвертий струмок була встановлена гільза з хвилястим внутрішнім профілем з матеріалу CuAg, використовувався механізм гойдання, випробування проводилися ближче до кінця розливу сталі 1022 (0,19 - 0,23%). Дві перші плавки були виконані при швидкості 3,5 м/хв, потім підвищувалася швидкість до 4,5 м/хв. Спочатку було відзначено невелике «посмикування» струмка, але воно швидко припинилося, тому цей факт вважали типовим для початку нового кристалізатора. Значення параметрів розливу в гільзу з хвилястим внутрішнім профілем і стандартну гільзу були однакові, але якісні спостереження показали, що заготовки, розлиті через гільзу з хвилястим профілем, мають більш пряму форму.

Візуальний огляд кольору заготовки, видимого у зоні вторинного охолодження, не виявив помітних відмінностей. Сліди механізму гойдання були присутні на поверхні заготівлі, хоча їх було складніше помітити через хвилясту друкарську помилку на поверхні заготівлі.

Для оцінки були приготовлені три комплекти зразків заготівлі, розлитої через гільзу з хвилястим профілем та стандартну гільзу. Було виконано легке травлення, лінійні вимірювання, а також зачищення кутів заготівлі.

Таблиця 2.1

Характеристика МБЛЗ

МБЛЗ	2006 Concast ®machine
Число струмків	Чотири
Тип механізму качання	Гідравлічний
Змазка кристалізатора	Масляна змазка, 35 мл/хв
Розмір перетину і швидкість розливки	127x127 мм при 4,0 м/хв 134x194 мм при 3,3 м/хв
Тип гільзи кристалізатора (стандартний)	КМЕ Elbrodur®G АМТ
Конусність (стандартна)	Параболічна
Рівень меніска	115 мм
Довжина кристалізатора	1000 мм
Пристрій електромагнітного перемішування	Є
«Фут-ролики»	Є
Система розпилення води (вторинне охолодження)	Гідравлічна, три зони
Механізм витягання заготовки	Двухопорний жорсткий
Різка заготовки	Киснево-дугова
Відвод заготовки/кантувач	Шаговий транспортер

Зразки заготовки, розлиті через гільзу з хвилястим профілем, зберегли хвилястий рисунок на поверхні, що збігається із малюнком внутрішнього профілю гільзи. Загальна форма майже квадратна, з ромбічністю всього 0,1 мм. Була відзначена невелика опуклість 0,4 мм у середній зоні, в кутах немає вм'ятин та тріщин. Для порівняння на зразку заготівлі, розлиті через стандартну гільзу, було відзначено ромбічність у 10 разів вище (хоча цілком прийнятна <1,5 мм), а також кілька вм'ятин та тріщин у кутах. Зачищення кутів зразка, розлитого через гільзу з хвилястим профілем, не виявило проблем із якістю заготівлі. Вимірювання ромбічності заготовки зі сталі 1022 дали наступні результати (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2

Характеристика ромбічності заготовок

Швидкість розливки, м/хв	3,5	4,0	4,5
Ромбічність, мм:			
- гільза з хвилястим профілем	0,1	0,1	0,1
- стандартна гільза	1,0	1,5	1,0

Основний розмір заготівлі, що розливається на заводі – 134×194 мм (заготівля під мінісляб) – застосовувався для виробництва заготовок для арматурного та сортового прокату. Тому другий етап випробувань гільз із хвилястим профілем був виконаний на заготівлі цього перерізу. На струмок № 4 було встановлено гільзу з хвилястим внутрішнім профілем із матеріалу CuAg, на струмок № 1 – стандартну гільзу.

Як і при проведенні попереднього тесту, початок розливання та подальше розливання пройшли без ускладнень. Розливалася сталь із вмістом вуглецю 0,45 %, яка застосовується для виробництва арматурного прокату. При дослідженні кристалізатора під час розливання не було помічено ознак налипання скоринки до стінок, також було видно, як рідка сталь затікає у хвилеподібні заглиблення всередині мідної гільзи. Хвилястий відбиток зберігся на поверхні литої заготовки.

Під час обстеження струмка виявили, що розлита заготовка має практично квадратну форму порівняно з заготовкою, розлитою через контрольну гільзу.

Насправді в одній точці при розливанні через контрольну гільзу спостерігалися серйозні проблеми внаслідок неправильного розташування розпилювальних стояків. Щоб протестувати роботу гільзи з хвилястим внутрішнім профілем у цих умовах, було вирішено поміняти гільзи місцями і перевірити роботу кристалізаторів, поки плавлений цех працював із меншою потужністю через брак електроенергії. Якість заготівлі, розлитої через гільзу з хвилястим внутрішнім профілем на струмку № 1, негайно покращала без змін робочих параметрів машини.

Оскільки процес розливання через гільзу з хвилястим профілем проходив без порушень, було вирішено продовжити термін експлуатації гільзи.

Поступово оператори безперервного розливання дійшли висновку, що найкраще працює струмок де встановлена гільза з хвилястим внутрішнім профілем, якість заготовки хороша незалежно від умов процесу розливання.

Коли кристалізатор виведено з експлуатації, виявилось, що гільза з хвилястим профілем, виконана з матеріалу мідь – срібло простояло 1795 плавок тобто. було розлито близько 50 тисяч тонн сталі (у ТОВ «KSP Steel» середня стійкість кристалізаторів становить 600 плавок). Для порівняння середня стійкість гільзи з матеріалу Elbrodur®G (мідь – хром – цирконій) становить 1050 плавок. Це досить висока стійкість, але вона значно нижча за стійкість гільзи з хвилястим внутрішнім профілем. Незважаючи на те, що стійкість гільзи не була головною метою випробувань, позитивним моментом став той факт, що хвилястий профіль усередині гільзи не схильний до швидкого зносу, в чому були сумніви на початку випробувань. Незначне зношування профілю також є свідченням того, що можливість зміщення скоринки в гільзі з хвилястим профілем незначно, що призводить до зниження зносу і збільшення стійкості.

Подальша експлуатація гільз кристалізатора із хвилястим внутрішнім профілем на заводі показала, що хвилястий відбиток на поверхні заготівлі не впливає на якість арматурного прокату та торгового сортового прокату.

Літературний огляд показав, що гільза з хвилястим внутрішнім профілем дозволяє:

- розливати заготівлі покращеної якості за ромбічністю та іншими зовнішніми дефектами;
- підвищити стійкість кристалізаторів.

2.2 Розробка рекомендацій заходів з підвищення якості безперервно литої заготовки за рахунок удосконалення конструкції кристалізатору МБЛЗ

При підготовці кристалізатора рекомендується повний комплекс необхідних і достатніх заходів, який дозволить підвищити стійкість кристалізатора, а саме:

- поліпшення конструкції кристалізатора;
- зменшення градієнта температури на поверхні стінки кристалізатора за рахунок більш ефективного і рівномірного відводу тепла;
- застосування матеріалу з підвищеною стійкістю при високих температурах;
- поліпшення обробки поверхні, застосування стійких матеріалів.

Для підвищення якості поверхні безперервнолитого металу і зниження глибини слідів гойдання застосовують технологію розливання сталі зі зниженим рівнем тепловідведення у верхній його частині, що сприяє зменшенню температурного градієнта в скоринці злитка в районі меніска і зниження теплових напружень, що діють на неї в період перетворення і усадки. Тепловий потік у верхній частині кристалізатора при високошвидкісному розливанні сталі досягає $9 \text{ МВт} / \text{м}^2$, а при розливанні міді - $2 \text{ МВт} / \text{м}^2$ [8]. За даними роботи [9] зниження теплового потоку в районі меніска на 30% при критичній швидкості лиття середньовуглецевої сталі знижує індекс поздовжніх тріщин в 5 разів. З практики безперервного розливання відомо безліч способів управління тепловідводом в кристалізаторі шляхом створення хвилястою робочої поверхні гільзи [10], виконання канавок на поверхні стінки плоского кристалізатора [9], виготовлення гільзи з менш теплопровідного матеріалу [11], а також нанесення на його робочу поверхню менш теплопровідного покриття, яке має регламентовану або змінюючу по висоті товщину. Авторами роботи [10] запропоновано накладення переривчастого високочастотного магнітного поля замість хитання кристалізатора. При розливання сталі, що містить 0,12% вуглецю, в квадратний кристалізатор зі стороною 150 мм без електромагнітного впливу на поверхні злитка були виявлені сліди хитання кристалізатора глибиною 0,6-0,7 мм, що

досягає в окремих випадках 1,3 мм. При накладенні магнітного поля понад 150 кВт шорсткість поверхні злитка значно зменшилася, а середня висота нерівностей склала 0,1-0,3 мм. Крім того, експериментально показано, що при звичайному розливанні затвердіння починається безпосередньо від меніска, а при накладенні магнітного поля - на деякому віддаленні від нього.

У даній роботі були проведені дослідження з метою удосконалення конструкції кристалізатора шляхом виконання в його верхній частині прямокутних пазів для зниження інтенсивності тепловідведення в районі меніска, що кристалізується. Наявність пазів на робочій поверхні кристалізатора повинно забезпечити зменшення тепловіддачі від я скоринки, що кристалізується до охолоджувальної води, що буде сприяти більш м'якому тепловідводу, зниження температурного градієнта і виникаючих термічних напружень. Основна увага була приділена визначенню місця розташування і розмірів пазів, а також вивчення впливу їх на величину тепловідведення, процес кристалізації і змочування поверхні металевим і шлаковим розплавом.

На першому етапі досліджень з використанням фізичного моделювання було вивчено вплив профілю мідних стінок на швидкість формування скоринки безперервнолитих заготовок. В якості моделюючої речовини, як і в роботах [2-б], використовували камфен (2,2-диметил-3-метилен-біциклогептан), який, так само як і сталь, кристалізується за дендритною схемою, що дозволяє моделювати процеси і явища, що відбуваються в двофазній зоні, має оптичну прозорість і переходить в твердий стан в діапазоні температур 33-35 ° С. Для моделювання процесів затвердіння з мідних пластин розміром 62 × 62 × 10 мм був виготовлений збірний кристалізатор з різною конфігурацією робочої поверхні його стінок (рис. 2.3).

На робочій поверхні двох мідних стінок кристалізатора були виконані поздовжні прямокутні пази глибиною 2-3 мм, що мають різну ширину і крок між ними (рис. 2.4, а, б), а дві інші мали рівну плоску поверхню, покриту технічним вуглецем (рис. 2.4, в).

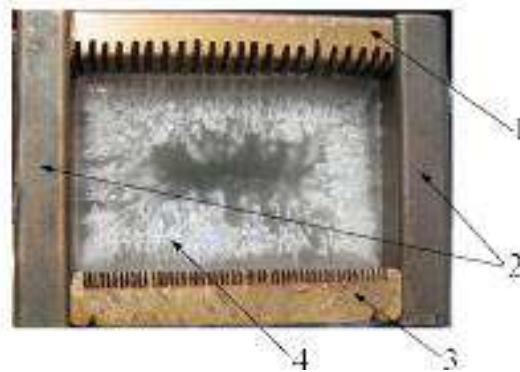


Рис. 2.3 Фізична модель збірної кристалізатора з різною конфігурацією робочої поверхні стінок

1, 2, 3 - мідні пластини з поздовжніми пазами шириною 1,0-1,5 мм, гладкою поверхнею і поздовжніми пазами шириною 0,4-0,5 мм; 4 - камфен

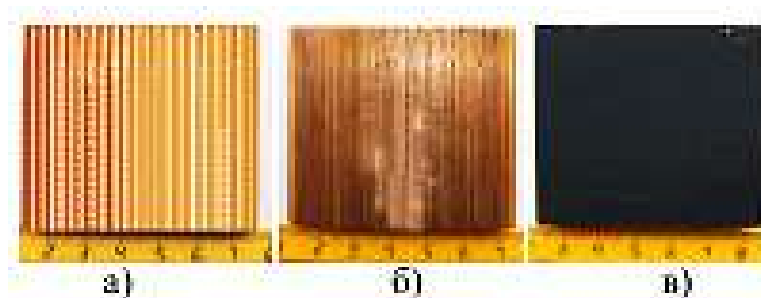


Рис. 2.4 Зразки мідних пластин з поздовжніми пазами шириною 1,0-1,5 мм (а), 0,4-0,5 мм (б) і гладкою поверхнею (в)

Вузькі пази мали ширину 0,4-0,5 мм (середнє значення 0,45 мм) і розташовувалися з кроком 0,7-1,0 мм (пор. 0,8 мм), а для широких пазів ці значення становили 1,0-1,5 мм (сер. 1,25 мм) і 1,2-2,0 мм (сер. 1,5 мм) відповідно.

Порядок проведення експериментів включав такі основні етапи:

- розігрів камфена на паровій бані до температури $38^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
- охолодження збірної кристалізатора в холодильнику з метою збільшення тепловідведення;
- установка кристалізатора на рівну поверхню (скло) і заливка камфена;
- фіксація динаміки зростання скоринки злитка за допомогою фотоапарата і міліметрового паперу. У таблиці 2.3 і на рис. 2.5 наведені результати проведених експериментів, а також показана динаміка зміни товщини скоринки і коефіцієнта

затвердіння модельного речовини по гранях кристалізатора, що мають різну конфігурацію робочої поверхні.

Аналіз рис. 2.5 свідчить про те, що для одного і того ж часу від початку експерименту найбільша товщина скоринки і, відповідно, коефіцієнт кристалізації мають місце при формуванні оболонки біля стінки кристалізатора, що має широкі пази, середні значення досліджуваних факторів характерні для гладкої стінки, а мінімальні - для стінки з вузькими пазами.

Таблиця 2.3

Результати моделювання затвердіння камфена в кристалізаторі з різною конфігурацією робочої поверхні стінок

Час початку дослідження, хв	Товщина корочки, мм			Коефіцієнт затвердіння, мм/с ^{0,5}		
	пази		гладка стінка	пази		гладка стінка
	вузькі	широкі		вузькі	широкі	
0,25	2,1	2,6	2,5	4,2	5,2	5,0
0,5	2,8	3,5	3,2	4,0	4,9	4,5
1	3,7	4,7	4,0	3,7	4,7	4,0
2	4,8	6,3	5,1	3,4	4,5	3,6
3	5,3	7,0	5,6	3,1	4,0	3,2
4	5,7	7,5	6,0	2,9	3,8	3,0
5	6,0	7,8	6,3	2,7	3,5	2,8
6	6,4	8,0	6,7	2,6	3,3	2,7
7	6,8	8,2	7,1	2,6	3,1	2,7
8	7,5	8,5	7,6	2,7	3,0	2,7
9	8,2	8,8	8,1	2,7	2,9	2,7
10	8,5	9,2	8,6	2,7	2,9	2,7

Товщина скоринки, що утворюється на гладкій поверхні в першу хвилину кристалізації, на 5-20% менше товщини скоринки, що формується у стінки з широкими пазами, і на 10-20% перевищує це значення, характерне для поверхні, що має вузькі пази. Пояснюється це тим, що для випадку кристалізації розплаву у стінки з широкими пазами має місце підвищений рівень тепловідведення, так як збільшується поверхня контакту мідної стінки з несформованою оболонкою через вільного затікання камфена в пази (рис. 2.6, а).

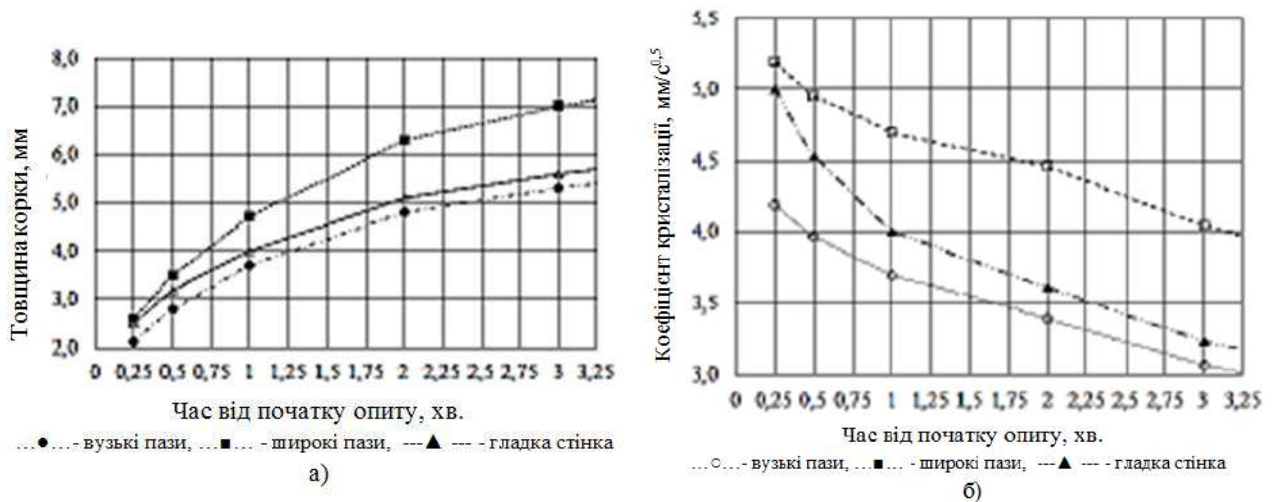


Рис. 2.5 Динаміка зміни товщини скоринки (а) і коефіцієнта затвердіння модельного речовини (б) по гранях кристалізатора, що мають різну конфігурацію робочої поверхні

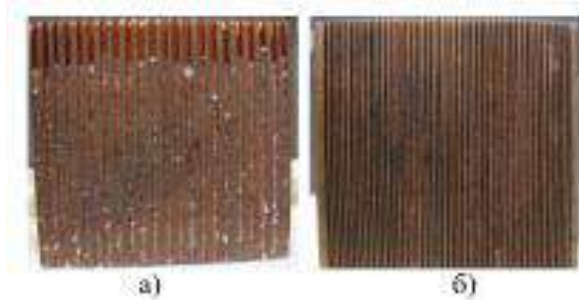


Рис. 2.6 Наявність (а) і відсутність (б) затікання камфена в пази мідних стінок кристалізатора, зафіксоване після закінчення експерименту

З плином часу різниця в швидкості кристалізації знижується, і через 10 хв товщина скоринки, сформованої на гладкій поверхні і біля стінки з вузькими пазами, стає практично однаковою, а утвореної у стінки з широкими пазами перевищує їх значення на 7-9%. Отримані дані свідчать про те, що виготовлення на поверхні мідних стін кристалізатора прямокутних пазів шириною 0,4-0,5 мм, в які не проникає рідкий розплав, сприяє зниженню тепловідводу на 10-20%, що сприятливо позначиться на поліпшенні якості поверхні безперервнолитого злитка, обумовленого формуванням грубих слідів гоїдання. Після вилучення злитка з кристалізатора було встановлено, що для частини злитка, яка кристалізувалася у стінки з вузькими поздовжніми пазами (рис. 2.7, а), характерна злегка хвилеподібна

поверхня, а поверхня, утворена у стінки з широкими пазами (рис. 2.7, б), має явно виражені ребра, розміри яких по ширині і висоті рівні ширині і глибині пазів, виконаних на робочій поверхні мідних пластин.



Рис. 2.7 Нерівності на поверхні злитка, сформованої під стінами з пазами

Важливим фактором, що впливає на параметри тепловідведення і формування безперервнолитого злитка, є змочування розплавом і ШУС поверхні кристалізатора. При хорошому змочуванні кристалізатора розплавом забезпечується підвищення тепловідведення. Незмочування поверхні кристалізатора краплями ШУС (шлакоутворюючої суміші) полегшує проникнення їх в зазор між поверхнями заготовки і кристалізатора [3, 4]. Крім того, для випадку хорошого змочування робочої поверхні кристалізатора рідким шлаком можливо прилипання до неї твердих шлакових частинок. Це призводить до налипання частинок шлаку на стінки кристалізатора у верхній його частині. Відповідно, в цьому випадку буде деформуватися і спотворюватися поверхню заготовки, а деякі тверді частинки шлаку будуть впроваджуватися в її тіло. Тому на другому етапі досліджень були проаналізовані параметри змочування різними розплавами (камфен, мідь і ШУС) гладкої і рифленої поверхонь мідних пластин, використаних при виготовленні збірного кристалізатора (рис. 2.3 і 2.4). Для визначення величини крайового кута змочування досліджуваних поверхонь розплавом камфена використовували відомий метод лежачої краплі [5]. Камфен, нагрітий до температури 38°C , за допомогою скляної трубки переносився на мідну підкладку для формування краплі на кожному з досліджуваних зразків.

Однак при такому перегрів краплі розтікалися по поверхні гладкої стінки або повністю проникали в поздовжні пази. Тому при проведенні подальших дослідів краплі деякий час витримували в трубці для зниження температури до значень, близьких до температури початку затвердіння ($\sim 34 \pm 1^\circ\text{C}$). Отримані на підкладці краплі фотографувалися і визначався кут змочування (θ), який утворений дотичними до міжфазних поверхонь, які обмежують змочувану рідину, має вершину на лінії розділу трьох фаз і відраховується в бік рідини (рис.2.8). Кількісно ступінь змочування характеризується безрозмірною величиною косинуса крайового кута (кута змочування) або просто крайовим кутом (кутом змочування). Чим менше кут θ і, відповідно, більше $\cos \theta$, тим краще змочування. При величині $\theta < 90^\circ$, т. Е. При $\cos \theta > 0$, поверхня вважається добре змочуваною даною рідиною. Якщо ж кут $\theta > 90^\circ$, тобто $\cos \theta < 0$, то по відношенню до даної рідини поверхня змочується погано («не змочується»).

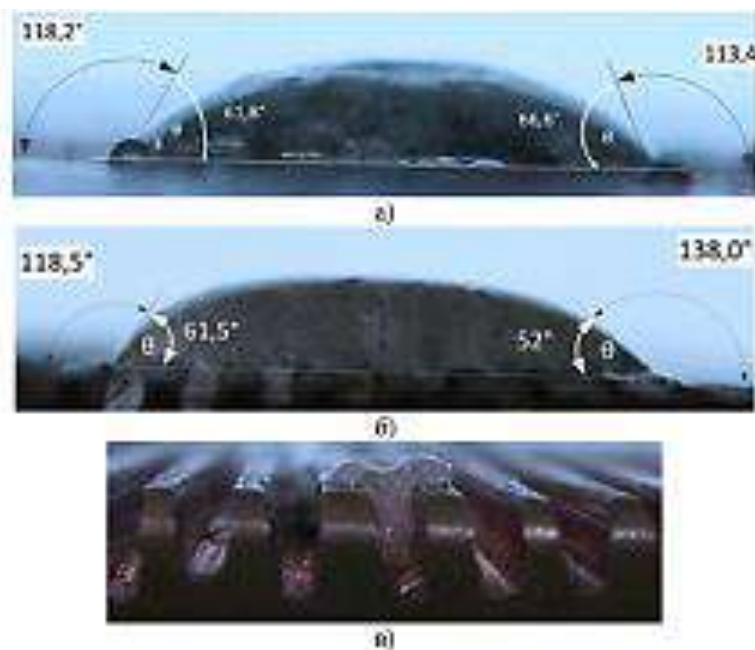


Рис. 2.8 Характер змочування камфеном гладкої поверхні мідної пластини (а), шорсткої з вузькими (б) і широкими (в) пазами

Однак необхідно відзначити, що розглянуті вище закономірності змочування виконуються для всіх рідких поверхонь і тільки на ідеально гладких поверхнях твердих тіл. Це обумовлено тим, що на поверхнях реальних твердих

тіл завжди є шорсткості, неоднорідності, пори, тріщини і т. Д. Площа шорсткою поверхні ($S_{ш}$) завжди більше, ніж площа гладкою підкладки (S_0).

Відношення $S_{ш} / S_0 = K$ називають коефіцієнтом шорсткості. Вплив шорсткості на крайовий кут описується рівнянням Венцеля-Дерягіна: $\cos \theta_{ш} = K \cos \theta$. З наведеного рівняння випливає, що для змочуючих рідин ($\theta < 90^\circ$, $\cos \theta > 0$) шорсткість призводить до зменшення крайових кутів ($\cos \theta_{ш} > \cos \theta$).

У разі незмочуваності ($\theta > 90^\circ$, $\cos \theta < 0$) шорсткість викликає збільшення крайових кутів ($\cos \theta_{ш} < \cos \theta$). Таким чином, на гідрофільних поверхнях шорсткість покращує змочування, на гідрофобних - погіршує.

Як видно з рис. 2.8, камфен досить добре змочує поверхню експериментальних зразків. Крайовий кут змочування камфеном гладкої мідної поверхні більше, ніж шорсткою поверхні з вузькими пазами, що відповідає наведеним вище висновкам про поліпшення змочуваності поверхні, що має велику шорсткість, при гострому крайовому куті. Для пластини з широкими пазами не вдалося обчислити крайовий кут змочування через повну затікання камфена в пази. Результати дослідження змочування різних підкладок міддю і ШУС представлені на рис. 2.9 і свідчать про те, що найбільше значення величини крайового кута характерно для крапель міді і ШУС на поверхні мідних пластин з вузькими пазами. Зразкові значення площ поверхні експериментальних підкладок складають $0,004 \text{ м}^2$ для гладкої поверхні, $0,01 \text{ м}^2$ і $0,016 \text{ м}^2$ - для пластин з широкими і вузькими пазами відповідно. Тому шорсткість поверхні вузьких пластин буде більше, ніж гладкій поверхні і пластин з широкими пазами, а значить, буде сприяти погіршенню змочування з огляду на те, що величина $\theta > 90^\circ$.

На підставі отриманого результату можна припустити, що аналогічний ефект матиме місце і при змочуванні шорсткуватих мідних поверхонь кристалізатора МБЛЗ рідкою сталлю і знаходиться на її поверхні рідкої прошарком ШУС. Визначення крайового кута змочування мідної краплі і краплі ШУС для кожного із зразків проводилося не менше трьох разів. Усереднені дані, отримані в ході проведених експериментів, представлені в таблиці 2.4.

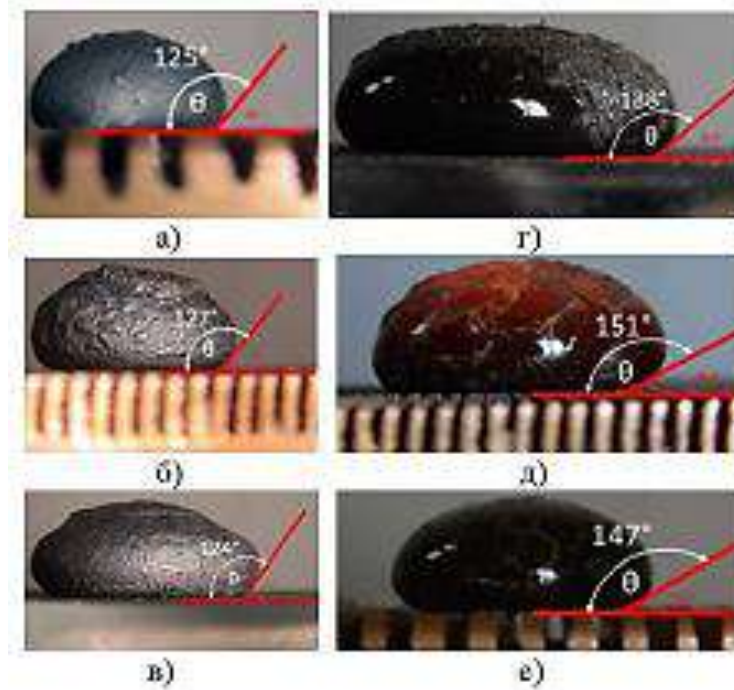


Рис.2.9 Характер змочування міддю і ШУС гладкої поверхні мідної пластини (а, г), шорсткої з вузькими (б, д) і широкими (в, е) пазами

Таблиця 2.4

Середні значення крайових кутів змочування, отриманих при проведенні експериментів

Характеристика		Краєвий кут змочування, град.
змочуваної рідини	поверхні підложки	
Мідь	гладка	125
Мідь	вузькі пази	127
Мідь	широкі пази	124
ШУС	гладка	138
ШУС	вузькі пази	151
ШУС	широкі пази	147

Крім того, після кристалізації розплаву на підкладці проводилася візуальна оцінка якості поверхні краплі, що прилягає до поверхні підкладки, при нанесенні міді на гладку пластину (рис. 2.10, а), пластину з вузькими (рис. 2.10, б) і широкими пазами (рис. 2.10, в). Аналіз даних рис. 2.10, а свідчить про те, що поверхня краплі, що прилягає до гладкої підкладки, не має будь-яких шорсткостей або видимих плям контакту з випробуваним зразком.

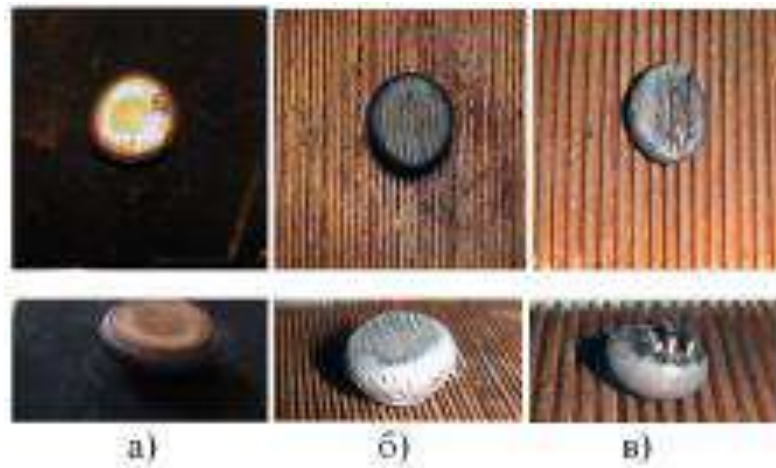


Рис. 2.10 Стан контактної поверхні крапель міді, затверділих на гладкій мідній пластині (а), шорсткій з вузькими (б) і широкими (в) пазами

При візуальному огляді поверхні краплі, прилеглої до підкладки з вузькими пазами (рис. 2.10, б), спостерігаються виразні плями контакту між краплею металу і випробуваним зразком. Для випадку використання пластин з широкими пазами на поверхні краплі, прилеглої до підкладки, є грубі напливи - сліди затікання металу глибиною до 3 мм, обумовлені капілярним ефектом (рис. 2.10, в).

На підставі отриманих результатів для зменшення теплопередачі в районі рідкого меніска сталі, що кристалізується зниження змочуваності поверхні тепловідведення рідкою сталлю і ШУС, зменшення глибини слідів гойдання, а також полегшення проникнення крапель ШУС в зазор між поверхнями заготовки і кристалізатора була запропонована нова його конструкція [6]. Основна відмінність нового кристалізатора від традиційно використовуваних аналогів полягало в наявності пазів в районі формування рідкого меніска. Пази мали певні розміри і розташовувалися в середній частині робочої поверхні стінок кристалізатора з метою підвищення їх шорсткості і освіти штучного повітряного зазору на цій ділянці, що погіршує змочуваність робочої поверхні сталлю і ШУС, а також забезпечує додатковий опір тепловідводу від скоринки заготовки, що кристалізується (рис. 2.11). Кристалізатор містить мідні водоохолоджувані стінки 1, на внутрішній поверхні середньої частини яких виконані вертикальні пази 2 величиною 0,6-0,8 від їх ширини (b), глибиною (d) 2-3 мм на відстані 0,05

висоти кристалізатора від номінального рівня наливу в ньому металу 3 довжиною $0,08-0,13$ від загальної висоти (H) кристалізатора.

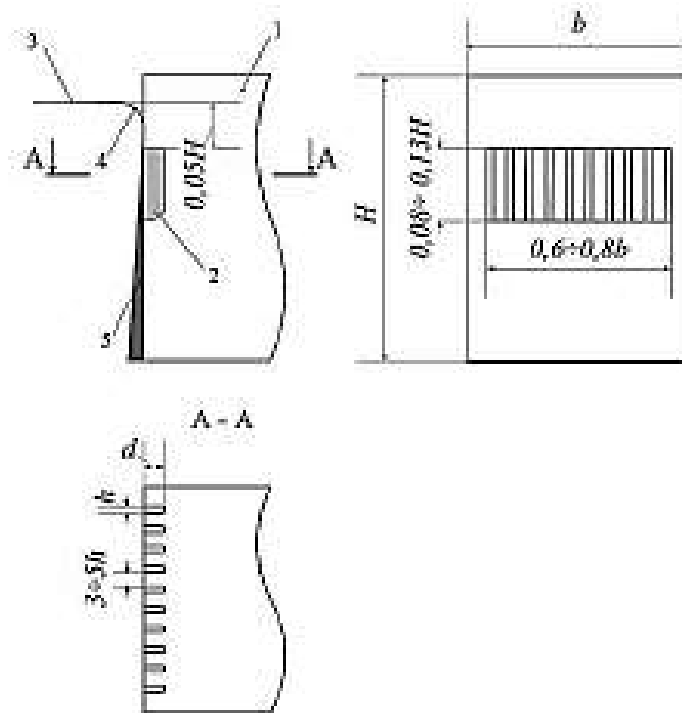


Рис. 2.11 Удосконалена схема верхньої частини кристалізатора

Ширина пазів (h) становить $0,3-0,5$ мм, а крок між ними дорівнює $3-5$ значень їх ширини. В контакт з мідної стінкою знаходиться меніск рідкого металу 4, в районі і нижче якого утворюється кірка кристалізується металу 5.

На меніску рідкого металу в кристалізаторі знаходиться ШУС, товщина рідкого прошарку якої становить $7-10$ мм при розливанні зі швидкостями до 1 м/хв і $15-20$ мм при розливанні на високошвидкісних МБЛЗ [7]. Тому для запобігання затікання ШУС в вертикальні пази 2 останні виконуються на відстані $45-60$ мм ($\sim 0,05$ висоти кристалізатора) від номінального рівня наливу металу.

Пази виконані не по всій поверхні стінок, а тільки на $0,6-0,8$ ширини їх середній частині. Це обумовлено тим, що в кутах заготовки в результаті її усадки і швидкого «відходу» твердої скоринки від стінки кристалізатора інтенсивність відводу тепла помітно нижче, ніж в її центральній частині. Виконання пазів довжиною $70-140$ мм ($0,08-0,13$ висоти кристалізатора) дозволяє знизити

тепловідвід від кірки заготовки на початковій стадії кристалізації і запобігти її затвердіння на меніску рідкого металу. Пояснюється це тим, що зниження величини тепловідведення доцільно лише на початкових стадіях кристалізації заготовки, в іншому випадку збільшення довжини пазів призведе до формування недостатньої товщини кірки на виході з кристалізатора, що може бути причиною прориву металу.

Причому результати, отримані авторами робіт [7, 8], свідчать про те, що максимальні значення величини тепловідведення від кірки металу, незалежно від швидкості розливання, спостерігаються в зоні контактного теплообміну на відстані 80-140 мм нижче меніска і відрізняються тільки абсолютними значеннями (рис. 2.12). Тому запропоноване місце розташування пазів і їх протяжність з певним запасом відповідають зоні максимального тепловідведення в кристалізаторі.

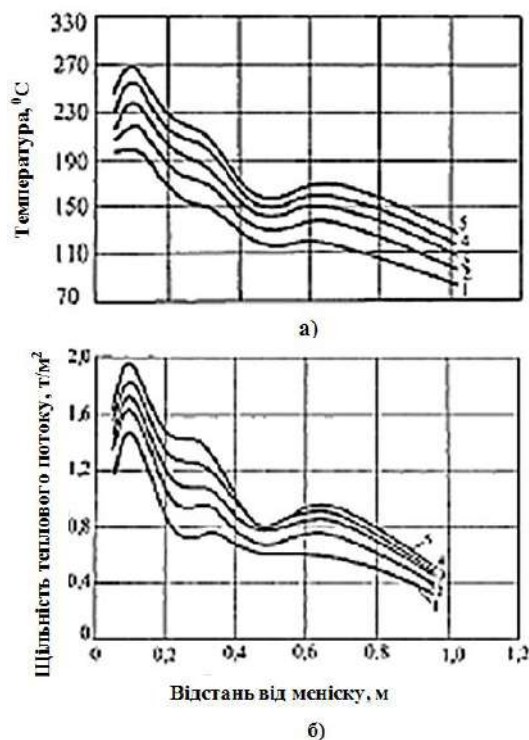


Рис. 2.12 Розподіл температури поверхні широкої грані сляба (а) і щільності теплового потоку широкої стінки кристалізатора (б) по їх висоті на відстані 0,16 м від центру при швидкості розливання:

1 - 0,4 м / хв; 2 - 0,6 м / хв; 3 - 0,8 м / хв; 4 - 1,0 м / хв; 5 - 1,2 м / хв

При роботі запропонованого кристалізатора розплавлений метал, стикаючись з мідною водоохолоджуваною стінкою, починає кристалізуватися. Наявність пазів на стінці глибиною 2-3 мм, шириною 0,3-0,5 мм і кроком між пазами, рівним 3-5 значень ширини пазів, дозволяє зменшити площу контакту твердіючої кірки зі стінкою кристалізатора. При цьому в пазах зберігається повітряний зазор, який виступає як додатковий опір тепловідводу, так як метал в результаті дії сил поверхневого натягу не заповнює пази. Величина тепловідведення знижується на 15-20%.

Тому застосування кристалізатора з рифленими стінками дозволяє значно поліпшити якість безперервнолитих заготовок за рахунок мінімізації утворення дефектів на початковій стадії затвердіння і поліпшення якості поверхні.

Велику роль у збільшенні стійкості кристалізаторів МБЛЗ грає вживаний матеріал стінок кристалізаторів. Матеріал стінок кристалізаторів повинен бути досить теплопровідним і жароміцним, хімічно неактивним по відношенню до розплаву, досить твердим, витримувати додаткове термоциклування в діапазоні робочих температур розливання, володіти стабільністю властивостей.

Традиційним матеріалом для кристалізаторів є високо теплопровідна мідь. Вона досить істотно разупрочнюється в інтервалі робочих температур внаслідок збиральної рекристалізації.

Довгий час в країнах СНД і за кордоном застосовують сплав міді з сріблом, також використовують сплави Cu-Cr і Cu-Zr, однак вони не дозволяють вирішити всіх вищеописаних проблем і не задовольняють вимогам, що пред'являються. Альтернативним матеріалом, що задовольняє всім вимогам, є дисперсно-тверднучі бронзи і, зокрема, хромцирконієва бронза.

Хромцирконієва бронза (Cu-Zr-Cr), в порівнянні з Cu-Ag, має більш високу умовну межу плинності і межу міцності при підвищених температурах. Підвищена температура початку рекристалізації (близько 900 градусів) дозволяє уникнути початкового розміцнення металу і запобігти ефекту повзучості зі зміною як геометрії самого кристалізатора, так і геометрії каналів охолодження.

Важливим є вплив температури рекристалізації на проведення процесу нанесення захисного покриття.

Ефективним способом підвищення стійкості кристалізаторів є застосування зносостійких покриттів. Найбільш поширеними покриттями на сьогоднішній день є гальванічні покриття Ni, Co-Ni, Fe-Ni. Стійкість стінок кристалізаторів з гальванічним Co-Ni покриттям в практиці експлуатації варіюється від значення 260 до 300 плавов, на відміну від мідних (до 100 плавов).

Найбільш ефективними заходами з підвищення стійкості різних типів кристалізаторів (рис. 2.13) є рекомендації японської фірми «Mishima Cosan» застосування різних типів покриттів згідно дефектів, характерним для цих виробів (рис. 2.14).

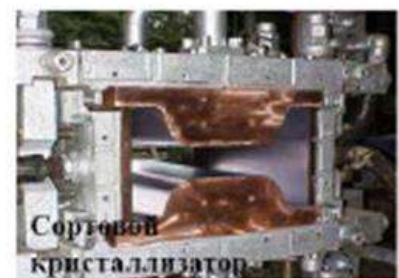


Рис. 2.13 Види кристалізаторів



Рис. 2.14 Види ушкоджень

Для підвищення надійності кристалізаторів використовується спосіб нанесення товстих гальванічних Co-Ni покриттів на стінки. Цей гальванічний шар має наступні характеристики:

1) висока температура розм'якшення. Твердість і термічна стабільність плівки покриття зберігаються при температурі понад $400\text{ }^{\circ}\text{C}$, що перевершує параметри Ni-покриттів (рис. 2.15).

2) низький коефіцієнт тертя і висока зносостійкість, обумовлені утворенням мастильної оксидної плівки на поверхневому шарі (рис. 2.16).

3) коефіцієнти теплопровідності і лінійного розширення еквівалентні стандартному Ni-покриттю. Це дає можливість застосування товстого покриття, аналогічного нікелевому.

Ці характеристики забезпечили зниження зносу стінки кристалізатора з гальванічним Co-Ni покриттям на $1/3$ в порівнянні з Ni-покриттям (рис. 2.17).

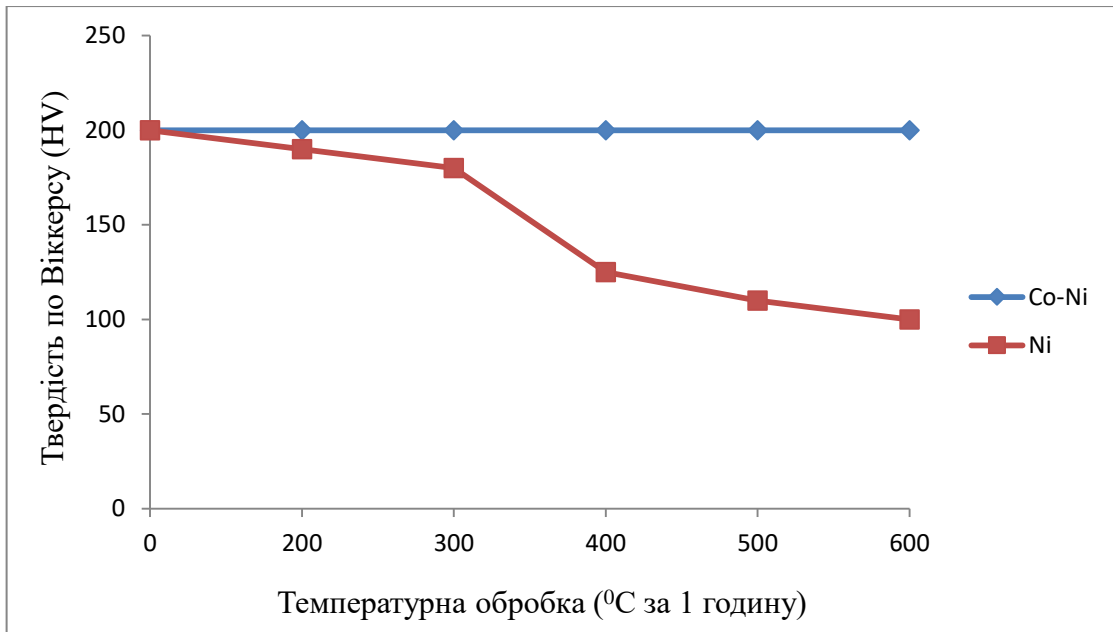


Рис. 2.15 Зміна твердості (HV) Ni і Co-Ni гальванопокриття при різному температурному впливі протягом 1 години

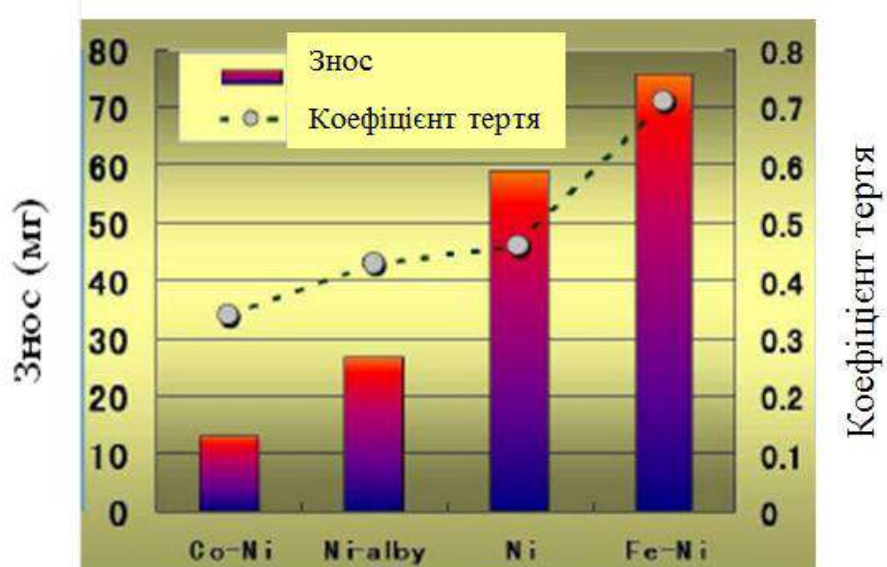


Рис. 2.16 Порівняння зносу і коефіцієнта тертя різних видів гальванопокриття при високотемпературних випробуваннях

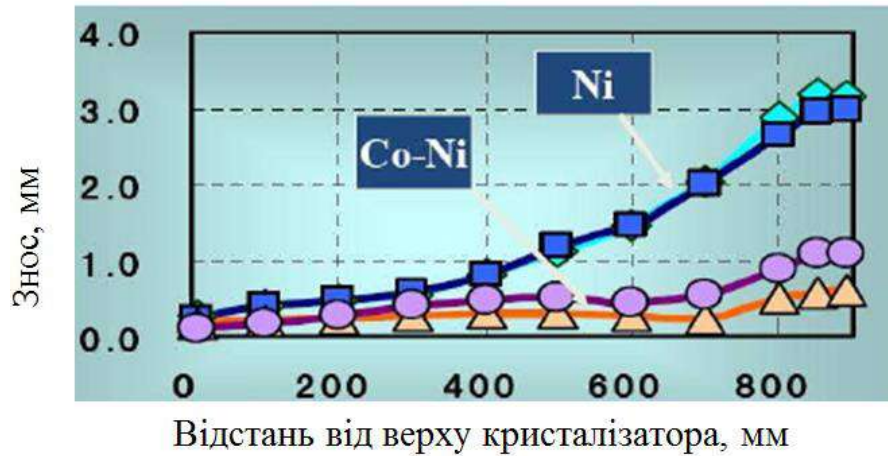


Рис. 2.17 Порівняння зносу стінок кристалізаторів з гальванічним Co-Ni покриттям і Ni-покриттям

На рис. 2.18 показаний характер розподілу зносу по різних ділянках поверхні стінок з гальванічним Ni-покриттям і Co-Ni покриттям аналогічний, проте в першому випадку абсолютна величина зносу значно вище, хоча термін служби був менше в 2 рази (рис. 2.18, 2.19).



Рис. 2.18 Дані по зносу слябових кристалізаторів з Ni гальванопокриттям після 700 плавок, мм

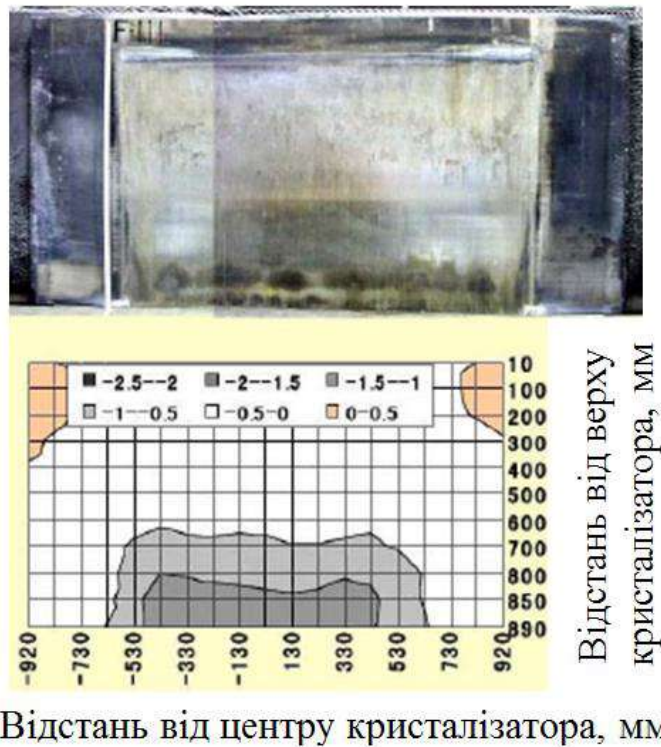


Рис. 2.19 Дані по зносу слябових кристалізаторів з Co-Ni гальванопокриттям після 1400 плавок, мм

Фірма «Mishima Cosan» використовує також надзвукове газополуменеве напилення (HVOF по англійській термінології) для нанесення покриттів на стінки кристалізаторів. Високий тиск газів і наявність профільованого сопла в конструкції забезпечують сильний розгін частинок, рис. 2.20.

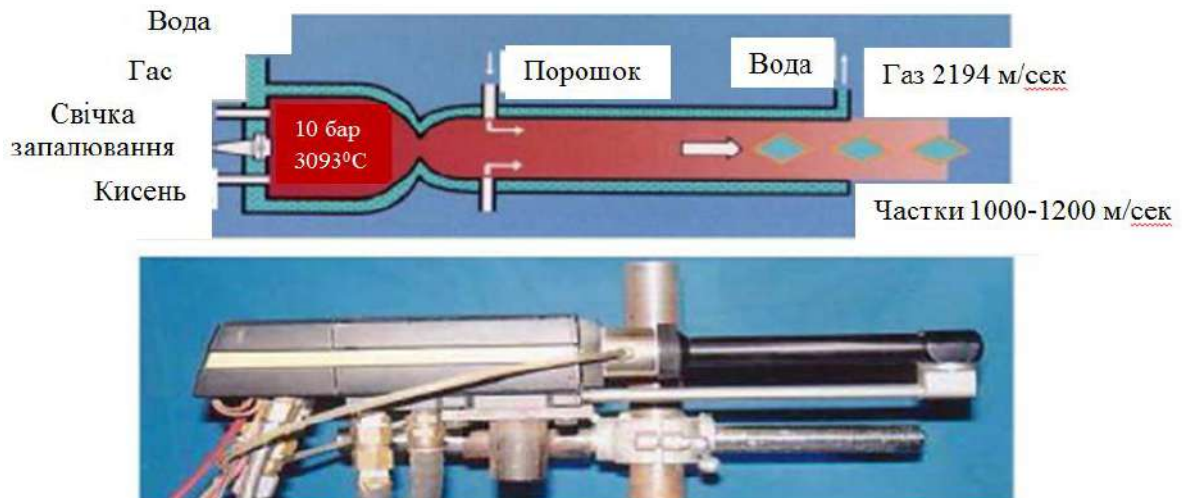


Рис. 2.20 Схема процесу надзвукового газополуменевого напилення

Це дає можливість отримувати щільні покриття стабільної якості.

При підвищених температурах твердість Ni-Cr газотермічного покриття значно вище, ніж у Ni гальванопокриття (рис. 2.21). Порівняння HVOF-і гальванопокриття по зносу і коефіцієнту тертя при підвищених температурах показує аналогічні залежності (рис. 2.22). У HVOF- покриттів вище також корозійна стійкість.

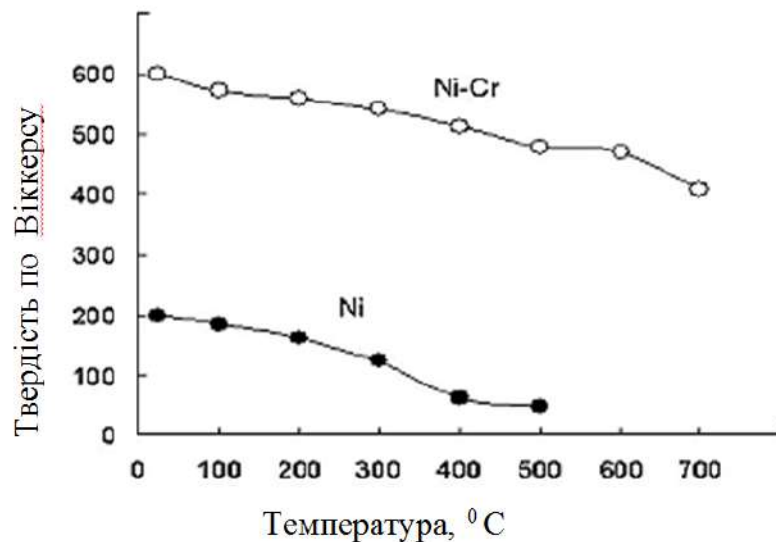


Рис. 2.21 Твердість Ni-Cr газотермічного покриття (HVOF) і Ni гальванопокриття при підвищених температурах

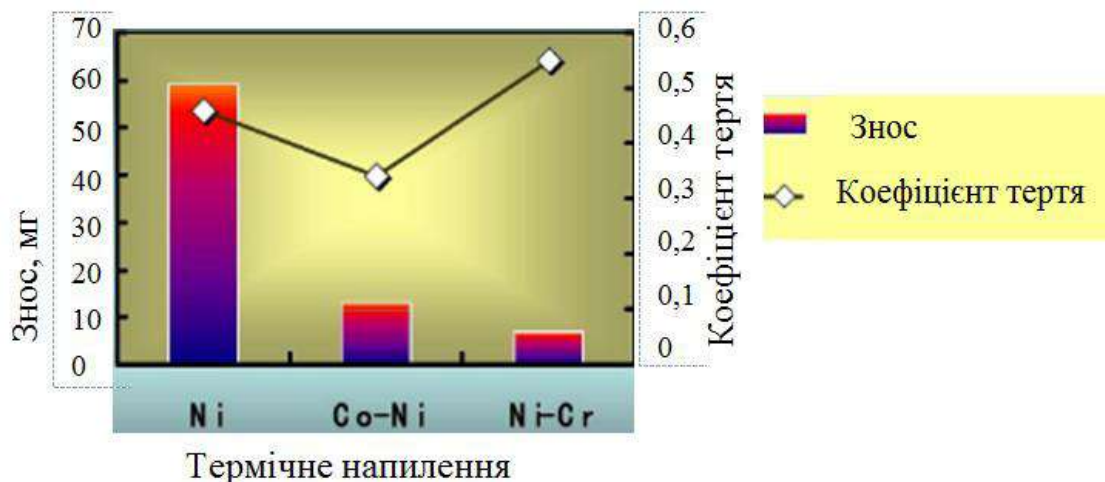


Рис. 2.22 Порівняння зносу і коефіцієнта тертя Ni-Cr газотермічного покриття (HVOF), Co-Ni і Ni гальванопокриття при високотемпературних випробуваннях

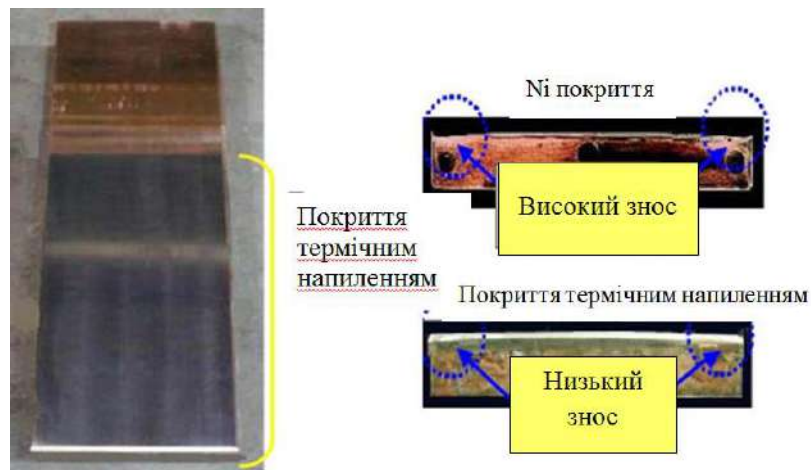


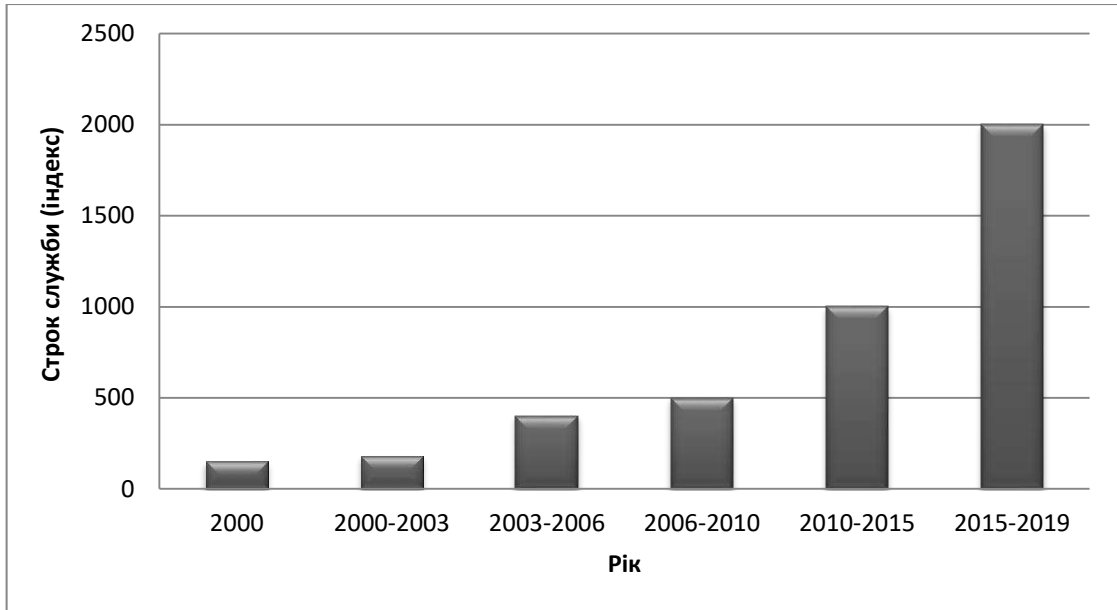
Рис. 2.23 Порівняння по зносу стінок з HVOF- і гальванічним покриттям

За останні 40 років в Японії за рахунок застосування покриттів стійкість слябових кристалізаторів зросла від 100 до 2000 плавок (рис. 2.24).

Застосування покриттів забезпечує в Японії тривалий термін служби слябових і блюмових кристалізаторів. Технології Co-Ni гальванопокриття та покриття термічним напиленням різко збільшують термін служби кристалізаторів.

Були проаналізовані промислові випробування комплекту кристалізатора з газотермічним NiCr покриттям вузьких і широких стінок під розливання сляба 250мм для. Застосування пристрою захисту нижньої частини кристалізатора від «підкладки» води практично повністю виключило корозійний знос покриття.

Товщина покриття по низу широких стінок кристалізатора становила 0,6 мм. Вимірювання після 1943 плавок показали знос робочих поверхонь кристалізатора по центру широкої поверхні в $0,03 \pm 0,01$ мм (залишок покриття $0,57 \pm 0,0$ мм). Покриття не мають тріщин, відшарувань, каверн, інших дефектів, що перешкоджають продовженню експлуатації. На рис. 2.25 представлена фотографія стінок кристалізатора після тисяча дев'ятсот сорок три плавок. Стінки знаходяться в подальшій експлуатації.



Вузька стінка	Широка стінка	Без покриття	Хромування	Ni - покриття	Ni конічне покриття	Ni-Fe покриття	Co-Ni покриття
					Термічне напilenня	Термічне напilenня	

Рис. 2.24 Хронологія збільшення терміну служби слябових кристалізаторів в Японії



Рис.2.25 Фотографія стінок кристалізатора з газотермічним Ni-Cr покриттям після напрацювання в 1943 плавки (310 тис. тон металу)

Застосування газотермічного напилення сплавом Ni-Cr, а також повний комплекс заходів по підвищенню стійкості кристалізаторів МБЛЗ за технологією Mishima Kosan дозволяють збільшити ресурс роботи кристалізатора в 20 разів у порівнянні зі стінками без покриття, і в 7 разів у порівнянні з гальванічним покриттям Co-Ni. Високий опір зносу підтвердили численними промисловими випробуваннями на металургійних комбінатах Японії і промисловими випробуваннями на МБЛЗ №4 ВАТ «НТМК». Аналіз товщини залишку покриття дає припущення, що стійкість кристалізатора складе не менше 3000 плавок.

При такій високій стійкості кристалізатора економічний ефект досягається за рахунок: скорочення числа ремонтів кристалізатора, скорочення часу на обслуговування кристалізатора і, як наслідок, підвищення річної продуктивності і відносної вартості розливання однієї плавки металу. На прикладі ВАТ «НТМК», економічна ефективність застосування стінок кристалізаторів Mishima Kosan досягається за рахунок економії витрат на кристалізатори в € 200 000 після досягнення 2000 плавок в порівнянні з відомими європейськими виробниками стінок з гальванічним Co-Ni покриттям.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

На першому етапі необхідно визначити наявність шкідливих та небезпечних факторів виробничого середовища, що впливають на безпеку та здоров'я працівників. Первинна ідентифікація професійних ризиків кожного робочого місця та конкретного працівника здійснюється у межах процедури спеціальної оцінки умов праці (далі – СОУП). Причому СОУП має першорядне значення.

В рамках СОУП проводиться оцінка умов праці на робочих місцях з метою виявлення шкідливих та (або) небезпечних виробничих факторів та здійснення заходів щодо приведення умов праці у відповідність до державних нормативних вимог охорони праці.

За ступенем шкідливості та небезпеки умови праці поділяються на чотири класи: оптимальні (1-й клас), допустимі (2-й клас), шкідливі (3-й клас), небезпечні (4-й клас). За оптимальних умов праці здоров'я працівника зберігається, його працездатність підтримується високому рівні. Допустимі умови праці дозволяють працівникові відновлювати можливі зміни функціонального стану організму під час встановленого відпочинку або до початку наступної зміни. При цьому вони не надають несприятливої дії у найближчому та віддаленому періоді на стан здоров'я працівника та його потомства. Шкідливі умови праці надають несприятливий вплив на організм працівника та (або) його потомство. Небезпечні умови праці створюють загрозу життю, високий ризик розвитку гострих професійних захворювань, зокрема. у важких формах.

Основна частина робочих місць у металургійному виробництві відносяться до 3-го та 4-го класів умов праці.

За допомогою інструментальних вимірювань у процесі атестації робочих місць оцінюються: фізичні, хімічні, біологічні фактори, а також тяжкість та напруженість трудового процесу.

У металургійному виробництві до шкідливих фізичних факторів відносять:

- підвищену температуру повітря робочої зони;
- підвищені рівні шуму та вібрації;
- вплив різних випромінювань - теплових, іонізуючих, електромагнітних, лазерних;
- запиленість та загазованість повітря;
- несприятливе світлове середовище.

До небезпечних фізичних факторів належать:

- замкнутий простір;
- джерела енергії, рухомі машини та механізми, зокрема крани та підйомники;
- відлітають частинки оброблюваного матеріалу;
- підвищена температура поверхонь обладнання та оброблюваних матеріалів;
- електричний струм та ін. Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори групують за характером впливу на організм людини.

У металургійному виробництві утворюється велика кількість агентів, що вдихаються, включаючи, поряд з іншими, гази, пари, пил, дим і аерозолі. Ці агенти несуть низку токсикологічних загроз, надаючи на організм людини подразнюючу, задушливу, фіброгенну, алергенну, канцерогенну та мутогенну дію. Працівники металургійних підприємств можуть контактувати з хімічними речовинами в результаті їх цілеспрямованого введення у виробничий процес, освіти в ході виробничого процесу або при використанні їх з метою обслуговування та ремонту, а також їх активному застосуванні.

Для металургійного виробництва найбільш характерним є поєднання впливів негативних фізичних і хімічних факторів середовища з високими фізичними та нервово-психічними навантаженнями, у зв'язку з чим при оцінці ризиків комплексний вплив даних факторів має стати основним.

Сам трудовий процес, у свою чергу, характеризується високим навантаженням на опорно-руховий апарат та функціональні системи організму, а також на центральну нервову систему.

Залежно від кількісної характеристики та тривалості дії окремі шкідливі виробничі фактори можуть стати небезпечними. Між шкідливими та небезпечними виробничими факторами спостерігається певний взаємозв'язок. У багатьох випадках наявність шкідливих факторів сприяє прояву травмонебезпечних факторів.

На другому етапі впровадження системи управління професійними ризиками за матеріалами атестації робочих місць необхідно оцінити ступінь впливу ризиків, що виникають, на основі аналізу впливу виявлених шкідливих і небезпечних виробничих факторів і травмобезпеки робочих місць.

Існує безліч методів оцінки професійних ризиків. Одним із позитивно зарекомендували себе на практиці є метод Файна і Кінні, основна ідея якого полягає в оцінці індивідуальних ризиків окремого працівника, визначених як ймовірність одержання травми чи захворювання внаслідок наявної небезпеки. З метою визначення ступеня індивідуального ризику у кожному конкретному випадку здійснюється прогнозування ризику, інакше кажучи, визначається, яким чином те чи інше порушення вимог охорони праці може призвести до виробничої травми чи професійного захворювання.

Для того щоб оцінити професійний ризик, встановлюється кількісний ступінь цього ризику. Ступінь професійного ризику в даному випадку розраховується як добуток трьох складових - впливу, ймовірності та наслідки настання події. Застосування бальної оцінки зазначених параметрів професійного ризику на основі відповідної шкали оцінок дозволяє отримати кількісний ступінь ризику, що дає можливість правильно відреагувати на ризик і вжити відповідних заходів щодо його усунення.

В якості вихідних даних для оцінки тяжкості можливих наслідків при реалізації небезпеки необхідно використовувати:

- ГОСТи системи стандартів безпеки праці: стандарти вимог та норм за видами небезпечних та шкідливих виробничих факторів, стандарти вимог безпеки до виробничих процесів, стандарти вимог безпеки до виробничого обладнання, стандарти вимог до засобів захисту працюючих та ін.;

- акти перевірок дотримання вимог охорони праці, які проводяться державною інспекцією праці, а також матеріали перевірок, які проводять інші державні контрольно-наглядові органи, матеріали розслідувань нещасних випадків на виробництві, професійних захворювань, аварій та інцидентів на виробничих об'єктах;

- статистичні дані щодо травм, звернення за медичною допомогою, огляд минулих подій, травм, звітів про першу медичну допомогу, в т.ч. повідомлень про мікротравми та дрібні події;

- звіти з технологічного обслуговування, техрегламенти та інші матеріали, що містять інформацію про характеристики технологічних процесів, обладнання, склад застосовуваної сировини та матеріалів;

- персональні дані про професійно-кваліфікаційні характеристики та стан здоров'я кожного окремого працівника;

- матеріали опитувань працівників, пропозиції та скарги працівників на умови праці;

- досвід оцінки професійних ризиків інших підприємствах;

- результати моніторингу та контрольних заходів системи управління професійними ризиками.

З метою найточнішої оцінки професійних ризиків у разі вертикально інтегрованої компанії необхідно консолідувати всі статистичні та звітні дані підприємств, що входять до її структури, з урахуванням галузевої специфіки кожного. Особливі вимоги пред'являються щодо якості вихідних даних та їх джерел. За результатами аналізу вихідних даних формується експертний

висновок про ступінь професійних ризиків, характерних для кожного окремого працівника та його робочого місця.

У процесі оцінки має бути знайдено баланс між рівнем ризику та витратами, пов'язаними з його зниженням до прийняттого рівня.

ВИСНОВКИ

В аналітичній частині випускної кваліфікаційної роботи встановлено, що при розливанні сталі з гільзами, що використовуються після реконструкції, відбувається посилена взаємодія затверділої скоринки з поверхнею гільзи внаслідок невідповідності розмірів її внутрішньої порожнини величині усадки заготовки, що веде до деформації в нижній частині гільзи і прискорює відшарування кристалізатора. Подальше використання такого кристалізатора може призвести до утворення дефектів геометричної форми заготівлі через її нерівномірний контакт з гільзою, що може стати також причиною прориву металу під кристалізатором.

Модифікація зміни конусності дозволила оптимізувати профіль мідних гільз, щоб збільшити термін служби, поліпшити якість блюму, підвищити продуктивність МБЛЗ-3 і знизити експлуатаційні витрати установки.

В основній частині роботи визначили, що застосування газотермічного напилення сплавом Ni-Cr, а також повний комплекс заходів по підвищенню стійкості кристалізаторів МБЛЗ за технологією Mishima Kosan дозволяють збільшити ресурс роботи кристалізатора в 20 разів у порівнянні зі стінками без покриття, і в 7 разів у порівнянні з гальванічним покриттям Co-Ni. Високий опір зносу підтвердилися численними промисловими випробуваннями на металургійних комбінатах Японії і промисловими випробуваннями на МБЛЗ №4 ВАТ «НТМК». Аналіз товщини залишку покриття дає припущення, що стійкість кристалізатора складе не менше 3000 плавов.

В розділі «Охорона праці» наведені основні шкідливі фактори металургійного виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Меджибожський М. Я. Основи термодинаміки і кінетики сталеплавильних процесів / М. Я. Меджибожський. – Київ; Донецьк: Вища школа, 1986. – 280 с.
2. Особенности литой структуры непрерывнолитых слитков крупного прямоугольного сечения / В.М.Паршин, Е.А.Казачков, А.И.Корниенко и др. // Изв. вузов. Черн, металлургия .-1987. -№ 11.-С.43-47.
3. Процессы непрерывной разливки / А.Н.Смирнов, В.Л.Пилюшенко, А.А.Минаев и др,- Донецк: ДонНГУ , 2002,- 536 с.
4. New technology to tackle centerline segregation / M. Hatton, S. Nagata, A. Ihaba et al. 11 Steel technology international. - 1990/91.-P.189-193
5. Яахола М. Последний результаты динамического мягкого обжатия заготовок на слябовой установке непрерывной разливки // М. Яахола, М. Хаарала И Новости черной металлургии за рубежом,- 2001.-№2.-С.64-66.
6. Zhu Zhiyan, Wang Xinghua, Wang Wanjun, Zhang Jong-ming. Распределение толщины корочки в кристаллизаторе и расстояние между дендритами в корочке непрерывнолитого сляба // Beijing keji daxue xuebao - journal of university of science and technology Beijing. 2000 №6. С. 515-519.
7. Влияние режима мягкого обжатия на макроструктуру непрерывнолитых слябов разной толщины / И.О. Басак, А.М. Столяров, В.В. Мошкунев, А.С. Казаков // Теория и технология металлургического производства. 2015. №1(16). С . 44-47.
8. Долматова О.Л., Столяров А.М. Анализ возможностей повышения производительности одноручьевого слябовой МНЛЗ криволинейного типа с вертикальным участком // Теория и технология металлургического производства. 2016. №2(19). С. 18-22.
9. Смирнов А. Н., Пилюшенко В. Л., Минаев А. А и др. Процессы непрерывной разливки. — Донецк : Изд-во ДНТУ, 2002. — 535 с.
10. Fujisaki K. In-mold electromagnetic stirring in continuous casting //IEEE Transactions on Industry Applications. - 2001. - Т. 37. - №. 4. - С. 1098-1104.

11. Brimacombe J. K., Sorimachi K. Crack formation in the continuous casting of steel //Metallurgical transactions B. - 1977. - Т. 8. - №. 2. - С. 489-505.
12. Cheung N., Garcia A. The use of a heuristic search technique for the optimization of quality of steel billets produced by continuous casting //Engineering Applications of Artificial Intelligence. - 2001. - Т. 14. - №. 2. - С. 229-238.
13. Tao F. et al. Digital twin-driven product design, manufacturing and service with big data //The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. - 2018. - Т. 94. - №. 9-12. - С. 3563–3576.
14. Bulanov L. V. et al. OAO Uralmashzavod software for the simulation of solidification and mild compression //Steel in Translation. - 2013. - Т. 43. - №. 9. - С. 575-582.
15. Григорович К. В. Дослідження структури та металевої якості рейкових сталей різних виробників / К. В. Григорович, А. С. Трушнікова, А. М. Арсенкін [та ін.] // Метали. – 2006. – № 5.
16. Szekely J. Ladle Metallurgy / J. Szekely, G. Carlsson, L. Helle. – New York: Springer-Verlag, 1989. – 166 p.
17. Белянчиков Л. М. Надійність металевих матеріалів – ключ до покращення якості продукції / Л. М. Белянчиков // Електрометалургія. – 2006. – № 2. – С. 13–20.
18. Абарін В. І. Удосконалення технології виробництва вуглецевих конструкційних сталей / В. І. Абарін, В. В. Алчин, В. С. Балдін // Сталь. – 2005. – № 4. – С. 20–22.
19. Levenspiel O. Chemical reaction engineering / O. Levenspiel. – New York: Wiley, 1972.
20. Nakujima S. Вплив MnO на показники конвертерного процесу LD-OTB / Shin-ichi Nakujima // J. Iron and Steel Institute of Japan. – 1985. – Vol. 71, № 4. – P. 183.

Звіт подібності

метадані

Назва організації

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Заголовок

Головкін Данило Андрійович

Автор

Науковий керівник / Експерт

Головкін Данило Андрійович Суслі Н.В.

підрозділ

STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

7871

Кількість слів

59208

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про **МОЖЛИВІ** маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		11
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		213

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Копір тексту

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	Удосконалення технології розливання сталі на сортових МБЛЗ для підвищення якості заготовки 6/19/2023 Dniprovsk State Technical University (Металургії ім. проф. В.І.Логінова. МЧМ)	137 1.74 %
2	Удосконалення технології розливання сталі на сортових МБЛЗ для підвищення якості заготовки 6/19/2023 Dniprovsk State Technical University (Металургії ім. проф. В.І.Логінова. МЧМ)	82 1.04 %

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

	бакалавра (бакалавра, бакалавра)
Студента(ки)	Головкіна Данила Андрійовича (прізвище, ім'я та по-батькові)
групи	ЗМЧМ-21
Тема кваліфікаційної роботи	бакалавра (бакалавра, бакалавра)
<u>Аналіз конструкції гільзи кристалізатора для безперервного розливання сталей з метою покращення якості заготовки</u>	
Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:	
пояснювальна записка	56;
таблиць	5;
схем і рисунків	38;
листів графічної частини (демонстраційного матеріалу)	5.
Якісні відмінності кваліфікаційної роботи	бакалавра (бакалавра, бакалавра)
<u>Виготовлення гільз сучасних кристалізаторів є складним високотехнологічним процесом із застосуванням великої кількості високоточного технологічного оснащення та використанням мідних профільованих труб. Вимоги ринку зумовлюють постійний пошук нових матеріалів і технологій, їх використання при зростаючих вимогах до матеріалота енергозбереження, забезпечення екологічної безпеки, а також до якості сталі. Тому тема, присвячена підвищенню стійкості кристалізаторів МБЛЗ є актуальною і перспективною для фахівців металургійної галузі.</u>	
<u>Розроблені рекомендації заходів з підвищення якості безперервно литої заготовки за рахунок удосконалення конструкції кристалізатору МБЛЗ та нанесення газотермічного напилення сплавом Ni-Cr, що дозволяє збільшити ресурс роботи кристалізатора в 20 разів.</u>	
<u>Кваліфікаційна робота присвячена актуальній тематиці, виконана в повному обсязі.</u>	

Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, бакалавра)

Суттєвих недоліків не виявлено, допущені деякі помилки в оформленні.

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної роботи бакалавра, ступінь самостійності виконання:

Кваліфікаційна робота на здобуття першого (бакалаврського) рівня вищої освіти виконана в повному обсязі, своєчасно та відповідно до вимог.

Спеціальна та загальна підготовка здобувача задовільна.

Робота виконана самостійно та відповідно до затвердженого графіку.

Можливість використання кваліфікаційної роботи бакалавра

Результати роботи можна використовувати на українських підприємствах для отримання сталі високої чистоти.

Оцінка кваліфікаційної роботи Бакалавра «добре»

Керівник Сусло Наталія Валеріївна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Доцент, к.т.н.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

« 10 » 06 2025 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Кафедра металургійних технологій

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)
Студента(ки) Головкіна Данила Андрійовича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи ЗМЧМ-21

Тема кваліфікаційної роботи _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)

Аналіз конструкції гільзи кристалізатора для безперервного розливання сталей з метою покращення якості заготовки

Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)

Переваги кваліфікаційної роботи _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)


В кваліфікаційній роботі наведені конструкції гільз кристалізаторів, які дозволяють підвищити їх стійкість, а також рекомендовано застосування газотермічного напилення сплавом Ni-Cr, що дозволяє збільшити ресурс роботи кристалізатора в 20 разів.

Недоліки кваліфікаційної роботи _____ бакалавра
(бакалавра, магістра)

Рекомендації: Результати кваліфікаційної роботи можна використовувати на металургійних підприємствах України.

Рецензент _____ Панченко Ганна Миколаївна
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Доцент, к.т.н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Д О В І Д К А

про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
- навчальної/наукової праці;
- наукових матеріалів

*«Аналіз конструкції гідри кристалізатора для
суперкритичного рафінингу, склад з метою покращення
якості засобами»*

автором/авторами або виконавцем якої є:

Галевіна Тамара Андріївна
(ПІБ)
кадр. металургійних технологій ІНСТ
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 56 сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «Плагиат».

Рівень оригінальності становить _____ %.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

- власними публікаціями;
- термінологією;
- посиланнями на літературу, праці вчених;
- посиланнями на законодавство;
- загальноживаними фразами.

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до
захисту на засіданні

(подальшого розгляду, друку, опублікування тощо)

кадр. металургійних технологій
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія тощо)

Державного університету економіки і технологій від
«12» 06 2015 р. протокол №2.

Керівник підрозділу

Галина
(підпис)

Ініціал, ПРІЗВИЩЕ

Дата 10.06.2015

ЗГОДА

здобувача(чки) вищої освіти

Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії Університету

Я, Головкін Данило Андрійович підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу.

Засвідчую, що кваліфікаційна бакалаврська робота « Аналіз конструкції гіври кресло-затвора для безперервного руху вільно сталеї з метою покращення ^{сталеї} » виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» зазначена робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ). З умовами такого розміщення ознайомлений(на).

07.06.2025



Головкін Д.А.
(ініціали, прізвище, власноруч)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку студента-випускника

Головкіна Данила Андрійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Металургійних технологій

Спеціальність 136 – Металургія

(шифр, назва)

Тема кваліфікаційної
роботи бакалавра


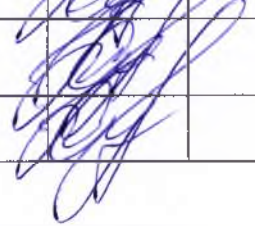

Аналіз конструкції гільзи кристалізатора для
безперервного розливання сталей з метою
покращення якості заготовки

Керівник кваліфікаційної роботи:

доцент, к.т.н., Сусло Н.В.

(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу проекту (роботи)	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консультанта	Примітка
1	Аналітична частина	Сусло Н.В.	зараховано			
2	Основна частина	Сусло Н.В.	зараховано			
3	Охорона праці	Сусло Н.В.	зараховано			

Завідувач кафедри


(підпис)

Д.О. Кассім

(ініціали, прізвище)

« 10 » 06 2025 р.

Декларація
про дотримання академічної доброчесності під час
написання кваліфікаційної роботи
здобувачем вищої освіти
Державного університету економіки і технологій

Я, Головник Романом Сергійовичем
студент(ка) IV курсу, групи ЗММ-4 Державного університету економіки і
технологій розумію і підтримую політику закладу із академічної
доброчесності. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) заборонену допомогу під
час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших
авторів мають посилання на відповідне джерело.

18.06.2025
(дата)

Роман Р.А. Головник
(підпис) (Ініціал, ПРІЗВИЩЕ)