

Міністерство освіти і науки України
Головне управління освіти і науки Дніпропетровської облдержадміністрації
Дніпропетровське відділення Малої академії наук України

Відділення: технічних наук
Секція: авіа- та ракетобудування,
машинобудування

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ФОРМИ МЕТАЛОПРИЙМАЧА ПРОМКОВША

Роботу виконав:

Кіріченко Станіслав Вікторович, учень 10
класу Криворізького природничо-наукового
ліцею

Науковий керівник:

Лялюк Віталій Павлович, доктор технічних
наук, професор кафедри металургійних
технологій КМІ ДВНЗ "КНУ"

Педагогічний керівник:

Задорожній Віталій Миколайович, вчитель
фізики Криворізького природничо-наукового
ліцею,

Науковий консультант:

Швед Сергій Віталійович, к.т.н., доц.
Криворізького металургійного інституту
ДВНЗ «Криворізький національний
університет»

Дніпропетровськ - 2015р.

ЗМІСТ

ТЕЗИ	3
Спеціальні терміни	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 Конструкція промковша металоприймача МБЛЗ.....	6
1.1. Тенденції розвитку конструкції промковшів сучасних сортових МБЛЗ.....	6
1.2. Обґрунтування ефективних рішень для конструкції промковша .	9
РОЗДІЛ 2 Розробка та дослідження моделі промковша.....	11
2.1. Моделювання лиття сталі.....	11
2.2 Дослідження особливостей роботи металоприймачів в процесі моделювання.....	13
2.3 Оптимізація параметрів роботи промковша шестиструмкових сортових МБЛЗ	18
2.4. Моделювання процесу лиття сталі з відро подібним метало приймачем	24
ВИСНОВКИ.....	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27

ТЕЗИ
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ФОРМИ МЕТАЛОПРИЙМАЧА
ПРОМКОВША

Кіріченко Станіслав Вікторович

Дніпропетровське відділення МАН України

Криворізький природничо-науковий ліцей; 10 клас; м. Кривий Ріг;

Наукові керівники: Лялюк Віталій Павлович, доктор технічних наук, професор Криворізького металургійного інституту ДВНЗ «КНУ», Задорожній Віталій Миколайович вчитель фізики, Криворізького природничо-наукового ліцею.

Актуальність роботи. В області технологій розливання сталі спостерігаються істотні зміни, спрямовані на збільшення продуктивності машини безперервного лиття сталі (МБЛЗ) і підвищення якості сталей, що розливаються. Це обумовлено розвитком досліджень, пов'язаних з металургійними й гідродинамічними процесами, що відбуваються в промковші в ході розливання.

Мета роботи: дослідження проблем, що виникають під час безперервного лиття сталі, розробка та дослідження форми промковша на основі проведення теоретичних досліджень. Виходячи з мети були поставлені наступні **завдання:** теоретично дослідити процеси які відбуваються в промковші під час лиття сталі, ознайомитися з попередніми дослідженнями промковшів; моделювання процесу лиття сталі, взявши за робочу рідину воду, виготовлення та дослідженням промковша відро подібної форми.

Об'єкт дослідження: процес лиття сталі в МБЛЗ.

Предмет дослідження: промковш металоприймача МБЛЗ

У ході дослідження встановлено, що певні області металоприймача зношуються значно інтенсивніше, ніж інші. Тому під час лиття сталі потрібно враховувати спосіб її подачі. Також, було доведено, що відрободібна форма металоприймача зношується повільніше, що є вигіднішим у промисловому та економічному значенні.

Спеціальні терміни

1. Сталь - сплав вуглецю з залізом.
2. МБЛЗ - машина безперервного лиття заготовок.
3. Промківш (проміжний ківш) - спеціальна футерованна ємність прямокутної або трапеційдальної форми, що встановлюється між сталерозливним ковшем і кристалізатором МБЛЗ і використовується для стабілізації процесу лиття; проміжний ківш забезпечує розподіл сталі по струмках, її дозування і дозволяє безперервно лити метал при заміні порожнього сталерозливного ковша на повний.
4. Металоприймач промковша - спеціальна футерованна ємність, що використовується для прийому металу та подальшої передачі сталі в об'єм промковша.
5. Вікно металоприймача промковша – отвір, через який сталь поступає в промківш
6. Торкет-шар - неформований вогнетривкий матеріал, котрий наноситься в проміжках часу, коли розливка не відбувається та дозволяє підвищити загальну стійкість металургійного агрегату.
7. Футерівка - захисне внутрішнє облицювання (з цегли, плит, блоків) а також набивка обладнання для захисту його від можливих механічних або фізичних (термічних) пошкоджень.

ВСТУП

Створення, розвиток і модернізація машин, агрегатів і елементів металургійних технологічних комплексів - найважливіше завдання сучасної промисловості, вирішення якого забезпечує підвищення продуктивності і якості металургійної продукції, що випускається. Виконання цього завдання прямо пов'язане із сучасними високопродуктивними технологічними системами безперервного розливання сталі.

Машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), будучи найскладнішою транспортно-технологічною системою на базі металургійних агрегатів, оснащених спеціалізованими маніпуляторами, вимагають постійної уваги з боку не тільки технологів, але й конструкторів. Устаткування металургійних заводів у міру експлуатації зношується, або застаріває морально й вимагає модернізації. Технологічний процес також підданий старінню, що приводить до зниження конкурентоспроможності виробництва (ріст витрат, зміна видів продукції й ін.). Змінити цю ситуацію можна за рахунок створення нових і вдосконалення існуючих конструкцій елементів транспортної й технологічної підсистем МБЛЗ. Це забезпечить не тільки якість металу, що розливається, але й суттєво збільшиться продуктивність, що особливо важливо в сучасних умовах. МБЛЗ із тривалим строком експлуатації повинні або поступово, або радикально зазнати модернізації на базі інноваційних рішень, які будуть сприяти й збільшенню продуктивності, і підвищенню якості продукції.

Метою даної роботи є дослідження проблем, що виникають під час безперервного лиття сталі та створення ефективної моделі промковша на основі проведення теоретичних досліджень. Виходячи з мети були поставлені наступні завдання: теоретично дослідити процеси які відбуваються в промковші під час лиття сталі, ознайомитися з попередніми дослідженнями промковшів; моделювання процесу лиття сталі, взявши за робочу рідину воду, виготовлення та дослідженням промковша відро подібної форми.

РОЗДІЛ 1 Конструкція промковша металоприймача МБЛЗ

1.1 Тенденції розвитку конструкції промковшів сучасних сортових МБЛЗ

Останнім часом в області технологій розливання сталі спостерігаються істотні зміни, спрямовані на збільшення продуктивності МБЛЗ і підвищення якості сталей, що розливаються. Це обумовлено розвитком досліджень, пов'язаних з металургійними й гідродинамічними процесами, що відбуваються в промковші в ході розливання. Результати таких досліджень викладені в численних публікаціях, у яких основна увага приділяється дослідженню впливу різних конструкцій перегородок, порогів, прийомних пристроїв і т.п. на рафінування сталі від неметалічних включень.

При розливанні наддовгими серіями (30-40 плавок і більше) активний контакт торкрет-шару промковша зі шлаком становить кілька десятків годин (при періодичній зміні рівня металу), що практично виключає можливість ефективного застосування високостійких вогнетривів без додаткових заходів щодо їхнього захисту. Досягнення високих показників тривалості розливання сталі з одного промковша, насамперед, пов'язане з раціональною організацією руху потоків сталі, що виключають додаткове руйнування робочого шару футерівки.



Рис. 1 - Характер турбулентних потоків у зоні падіння струменя зі сталерозливного ковша.

Застосування металоприймачів, що забезпечують гальмування падаючого зі сталерозливного ковша струменя, у цей час є практично обов'язковим елементом сучасного промковша. Ідея створення монолітного вогнетривкого виробу, що виконує одночасно функції розподілу й гальмування металу в промковші, розроблювалася багатьма вогнетривкими фірмами, про що свідчить велика різноманітність патентів і статей. Враховуючи конструкційні й технологічні особливості, сучасні металоприймачі можливо розділити на дві основні групи:

- металоприймач типу «turbostop» (знижувач турбулентності), який виконує роль стабілізатора струменя металу, що падає зі сталерозливного ковша, і забезпечує максимальне її гальмування;

- металоприймач типу «pailtrand», сконструйований для максимального захисту стінок і днища промковша.

Найбільш широке поширення на практиці одержали конструкції металоприймача типу «turbostop». Конструкція бічних стінок металоприймача обмежує потік таким чином, що він завжди примусово спрямований вгору. На практиці відомо досить багато конструкцій виробів типу «turbostop», що відрізняються геометричною конфігурацією внутрішньої порожнини. Основні патенти на конструкцію такого металоприймача і його застосування в промковшах належать фірмі «Foseco». Однак досить близькі по суті конструкційні рішення запатентовані також і деякими іншими фірмами.

Ефективна робота металоприймача «turbostop» лімітується не тільки його геометричними й міцностними характеристиками, але й хімічним складом вогнетривкого матеріалу, який підбирається індивідуально для кожного окремого споживача. Різні вогнетривкі фірми-виробники поставляють на ринок металоприймачі, основним компонентом матеріалу яких є Al_2O_3 або MgO .

Кладка колодязя виконується з високоміцної мулітової або периклазографітової цегли. Характеристики міцності конструкції, складність і тривалість складання колодязя, фізична праця робітників – це всього лише кілька недоліків, завдяки яким був створений монолітний прототип, що

забезпечує максимальні зносостійкі індекси, що дозволяють розливати сталь наддовгими серіями.

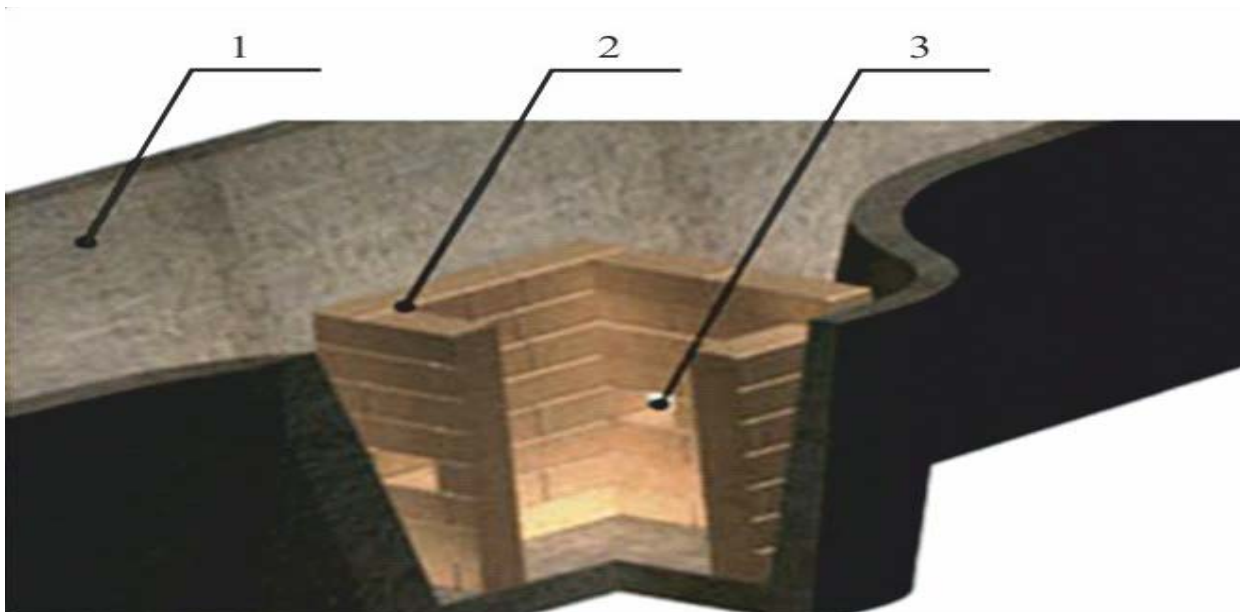


Рис. 2 – Колодязь, виготовлений із цегли, у промковші багатострумкової сортової МБЛЗ.(1 – бетонний шар промковша; 2 – колодязь; 3 – випускний отвір)

Як видно конструкційна різноманітність монолітних колодязів типу «railtrand», які успішно використовується на багатьох підприємствах нашої країни й близького зарубіжжя, потребує докладного вивчення й систематизації в частині оцінки впливу основних елементів дизайну на гідродинамічні процеси, що відбуваються в рідкій ванні промковша.



Рис. 3 – Види монолітних колодязів, які використовуються на сортових МБЛЗ

1.2 Обґрунтування ефективних рішень для конструкції промковша

Створення, розвиток і модернізація машин, агрегатів і елементів металургійних технологічних комплексів - найважливіше завдання сучасної промисловості, вирішення якого забезпечує підвищення продуктивності і якості металургійної продукції, що випускається. Виконання цього завдання прямо пов'язане із сучасними високопродуктивними технологічними системами безперервного розливання сталі.

Машини безперервного лиття заготовок (МБЛЗ), будучи найскладнішою транспортно-технологічною системою на базі металургійних агрегатів, оснащених спеціалізованими маніпуляторами, вимагають постійної уваги з боку не тільки технологів, але й конструкторів. Устаткування металургійних заводів у міру експлуатації зношується, або застаріває морально й вимагає модернізації. Технологічний процес також підданий старінню, що приводить до зниження конкурентоспроможності виробництва (ріст витрат, зміна видів продукції й ін.). Змінити цю ситуацію можна за рахунок створення нових і вдосконалення існуючих конструкцій елементів транспортної й технологічної підсистем МБЛЗ. Це забезпечить не тільки якість металу, що розливається, але й суттєво збільшиться продуктивність, що особливо важливо в сучасних умовах. МБЛЗ із тривалим строком експлуатації повинні або поступово, або радикально зазнати модернізації на базі інноваційних рішень, які будуть сприяти й збільшенню продуктивності, і підвищенню якості продукції.

Головною частиною МБЛЗ є комплект металургійних агрегатів, маніпуляторів і пристроїв, що забезпечують послідовне проходження потоків рідкої сталі через сталерозливний ківш, проміжний ківш і кристалізатор. Розробка сучасних маніпуляторів і пристроїв для цього комплексу металургійних агрегатів має істотне значення для забезпечення стабілізації процесу розливання рідкого металу й одержання якісної безперервнолитої заготовки. Проміжний ківш, установлений на транспортному маніпуляторі,

виконує функції робочого інструмента по подачі рідкого металу через розливний отвір в кристалізатор і одночасно оснащується спеціалізованими маніпуляторами й пристроями для розподілу потоків рідкої сталі за обсягом проміжного ковша. Змінювати параметри переміщення сталі в проміжному ковші можна тільки шляхом використання спеціальних елементів, які встановлюється у внутрішню порожнину ковша. Комбінація їх у проміжному ковші утворює систему розподілу потоків сталі. Незважаючи на те, що окремі елементи цієї системи з успіхом застосовуються на багатьох металургійних підприємствах, обґрунтованих методик розрахунків і конструювання їх у науковій літературі не достатньо.

Складність експериментального визначення руху потоків рідкої сталі безпосередньо в металургійних агрегатах, зокрема – проміжних ковшах МБЛЗ, призводить до стримування подальшого створення й удосконалювання існуючих машин, агрегатів і маніпуляторів комплексу розливання сталі. Виходом з положення, що створилося, може бути створення адекватних математичних моделей поведінки потоків сталі в агрегатах МБЛЗ .

РОЗДІЛ 2 Розробка та дослідження моделі промковша

2.1. Моделювання лиття сталі

Оскільки промисловий експеримент при дослідженні металургійних систем і процесів пов'язаний з рядом труднощів (більші витрати на випробування, неможливість візуалізації характерних стадій процесу, складність виміру значень фізичних величин), у цей час для експериментальних досліджень складних високошвидкісних технологічних процесів у багатофазних системах, при екстремальних значеннях температури й тиску, активно використовуються методи фізичного моделювання.

Під фізичним моделюванням мають на увазі такий метод дослідження, при якому на моделі відтворюються й досліджуються процеси, якісно однакові із процесами, які протікають у реальних промислових апаратах і об'єктах. Основний зміст моделювання полягає в тому, щоб за результатами дослідів з моделями, які можна виготовити з меншими витратами засобів і часу, визначити найкращі характеристики натурального виробу (процесу), а іноді просто встановити невідомі раніше закономірності. Фізичне моделювання ґрунтується на глибокому проникненні в процес, у розробку експериментальних і теоретичних методів дослідження для одержання достовірних результатів і, у підсумку, – систематичних правил і рекомендацій, необхідних для розв'язку конкретних практичних завдань.

Такі дослідження сприяють кращому розумінню різних процесів переносу (наприклад, резидентного часу, спливання включень, переносу тепла і т.д.), що проходять у промковші. Розроблені комплексні й досить надійні фізичні моделі дозволяють виконати прогнози, конструкторські рішення й обчислювальні операції.

У якості робочої рідини, що моделює рідку сталь, використовується вода з температурою 18-25 °С. У таблиці 1 наведені фізичні властивості води при температурі 20 °С і сталі при температурі 1600 °С. З таблиці видно, що вода при 20 °С і рідка сталь при 1600 °С мають практично однакову кінематичну

в'язкість, що дозволяє на зменшених гідравлічних моделях вивчати різні процеси масопереносу (режим потоку, характер перемішування, рух включень, підняття бульбашок газу і т.д.) у промковшах.

Фізичні властивості води при температурі 20 °С та сталі при 1600 °С		
Параметр	Вода	Сталь
Молекулярна в'язкість, μ , кг/м·с	0,001	0,0064
Густина, ρ , кг/м ³	1000	7014
Кінематична в'язкість, $\nu = \mu/\rho$, м ² /с	10 ⁻⁶	0,913·10 ⁻⁶
Поверхневий натяг, σ , Н/м	0,073	1,6

Таблиця 1 порівняння фізичних властивостей води та сталі

При вивченні ізотермічних стійких систем на зменшених моделях обов'язковими для дотримання є дві подоби між модельною й повномасштабною системою: геометрична й динамічна. Геометрична подоба означає фіксоване співвідношення кожного розміру в моделі відповідному до розміру повномасштабної системи. Динамічна подоба пов'язана з різними силами, що діють на струминний елемент, і вимагає тотожності відповідних сил у модельній і повномасштабній системі.

Експериментальними дослідженнями показано, що в умовах турбулентного потоку величина числа Рейнольдса у різних промковшах незалежно від їхньої конфігурації й розмірів виявляється практично однаковою. Отже, основні умови динамічної подоби між модельним і повномасштабним промковшами, що функціонують у режимі турбулентного потоку, можна забезпечити рівністю чисел Фруда для цих об'єктів.

2.2 Дослідження особливостей роботи металоприймачів в процесі моделювання

Робота промковша багатострумкової сортової МБЛЗ у плані забезпечення розливання наддовгими серіями неможлива без застосування спеціальних пристроїв, що виявляють вплив на гідродинамічну картину в рідкій ванні промковша.

При розробці конфігурації металоприймача рекомендується брати до уваги наступні технологічні міркування щодо його конструкції:

- забезпечення гальмування падаючого зі сталерозливного ковша струменя й зниження турбулентності потоків, викликаних його падінням;

- зменшення інтенсивності турбулентного перемішування металу з поверхневим шлаком й запобігання інтенсивному перемішуванню металу й шлаку у стін промковша в зоні падіння струменя;

- положення й конфігурація вікон металоприймача, які повинні забезпечувати спрямований рух однорідних циркуляційних потоків у напрямку торцевих стінок промковша (тобто, отворів крайніх струменів) і запобігати прямому влученню порцій металу зі сталерозливного ковша в склянки-дозатори середніх струмків;

- достатній запас міцності, що забезпечує стійкість усієї системи в цілому.

Ефективність застосування металоприймачів такої геометричної форми багато в чому залежить від його геометричних розмірів і розташування стосовно до конкретного промковшу й параметрам розливання.

Просування гарячих порцій металу до крайніх струменів у металоприймачі відроподібної форми відбувається в 1,5-2,0 рази швидше, ніж без металоприймача й з металоприймачем типу «турбостоп». Ще однією перевагою металоприймача відроподібної конструкції є спрямований рух потоків уздовж бічних стінок промковша без зіткнення з ними. Це сприяє зменшенню ерозії торкрет-шару й підвищенню тривалості роботи промковша.

У результаті виконаних візуальних спостережень також встановлено, що при певних розмірах і конфігурації відроподібного металоприймача можуть бути створені такі умови, які будуть обмежувати турбулентне перемішування металу з поверхневим шлаком зоною виходу з металоприймача.

Установлено, що при певному розташуванні струменя рідини й вихідних вікон один до одного може спостерігатися вихрова турбулізація в областях, що прилягають до вікон металоприймача із зовнішньої сторони. Наявність таких областей слід розглядати як негативне явище, що призводить до прискореного руйнування вогнетривів промковша й металоприймача.

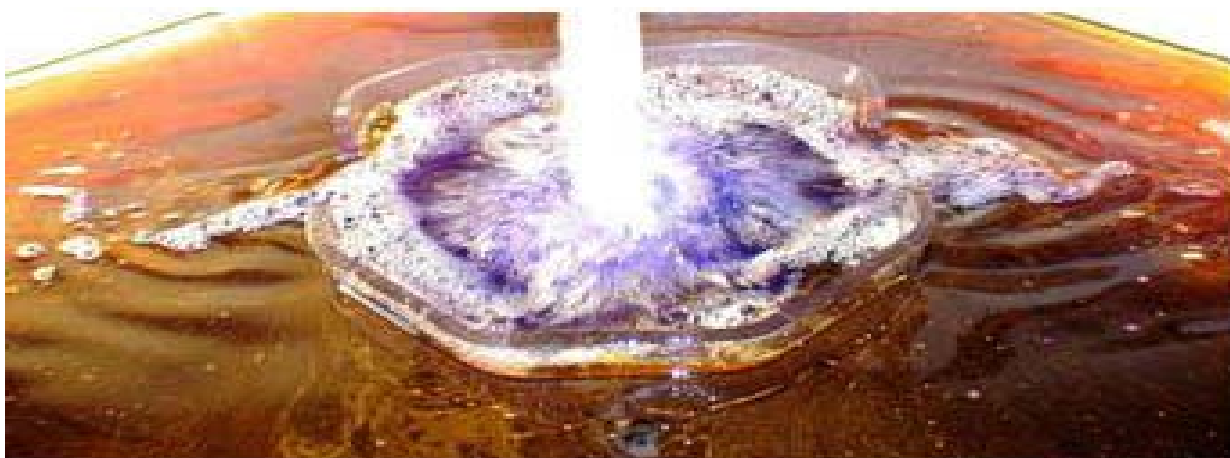


Рис. 4 Стан поверхні рідини в металоприймачі відроподібного типу в ході розливання.

Істотним обмеженням тривалості роботи футерівки промковша може служити часткове руйнування стінок металоприймача в силу того, що вони зазнають наступних навантажень протягом тривалого періоду часу: хімічна ерозія; механічне руйнування; гідродинамічний вплив. Запас міцності металоприймача при розливанні наддовгих серій є одним з основних параметрів при проектуванні його конструкції. Перебуваючи в агресивному середовищі рідкого металу на протязі тривалого проміжку часу (більш 30 - 35 год.), металоприймач зазнає значних теплових і статичних навантажень. При цьому нерівномірне зношування його стінок, днища й випускних отворів може суттєво змінити гідродинаміку ванни проміжного ковша.

Для ідентифікації динаміки зношування металопримача була створена фізична модель шестикутної форми. При цьому модель металопримача була виготовлена з інверсного цукру, що забезпечує його повільне розчинення в зонах підвищеної турбулентності. Тривалість кожного експерименту по оцінці зношування металопримача становила 8 годин. При цьому через кожні дві години проводилася зупинка фізичного моделювання з повним випуском води для ідентифікації ерозії металопримача й фіксування результатів на фотокамеру.

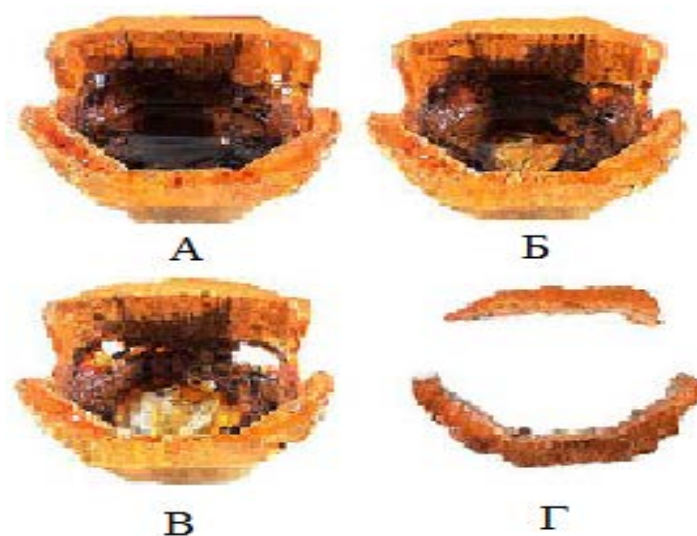


Рис. 5 Основні етапи розмивання металопримача в ході його експлуатації.

У ході моделювання встановлено, що певні області металопримача зношуються значно інтенсивніше, ніж інші. Узагальнення характеру зношування різних частин металопримача виконано на рис.5, де запропоновані топографії, отримані на підставі вимірів, виконаних по ходу експериментів. Як видно з наведених знімків, найбільшому зношуванню піддане днище металопримача. Це свідчить про те, що струмінь, що падає зі сталерозливного ковша, проникає до днища металопримача. Розмивання днища металопримача представляється досить небезпечним явищем, оскільки може надалі призводити до руйнування футерівки промковша.

Підвищене зношування спостерігається також і в області випускних отворів металопримача (нижня частина). Швидкість зношування при цьому в 2-3 рази менше, ніж при зношуванні днища металопримача (рис. 6).

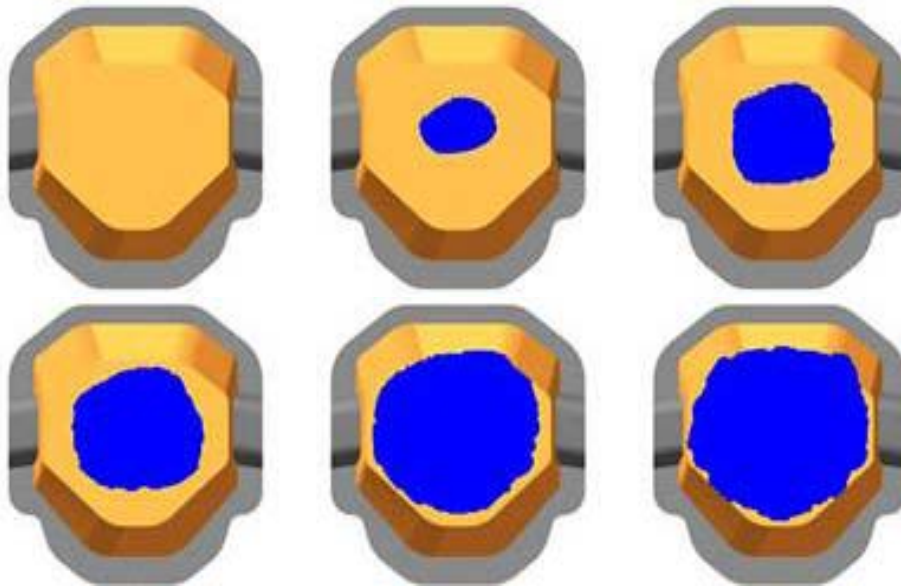


Рис. 6 Топографія зношування днища металопримача в ході імітації його роботи

а) вихідний стан; б) 1 год; в) 2 год; г) 4 год; д) 6 год; е) 8 год

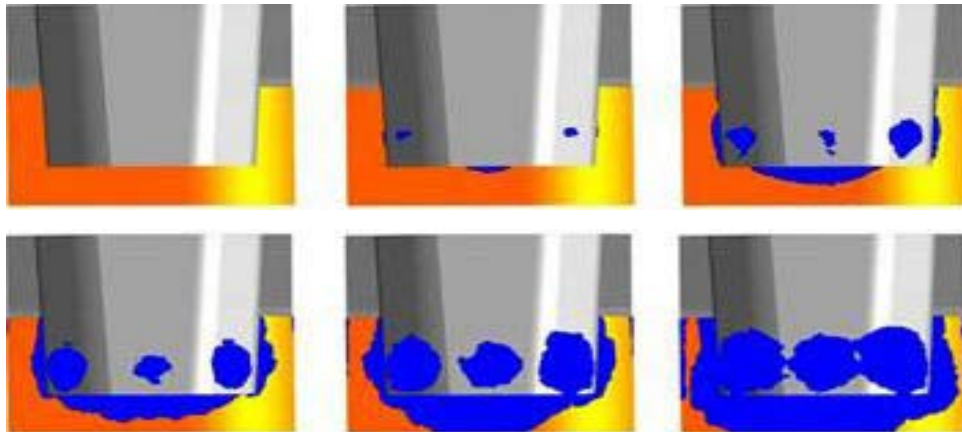


Рис. 7 Топографія зношування задньої частини металопримача в ході імітації його роботи

а) вихідний стан; б) 1 гол; в) 2 гол; г) 4 гол; д) 6 гол; е) 8 гол

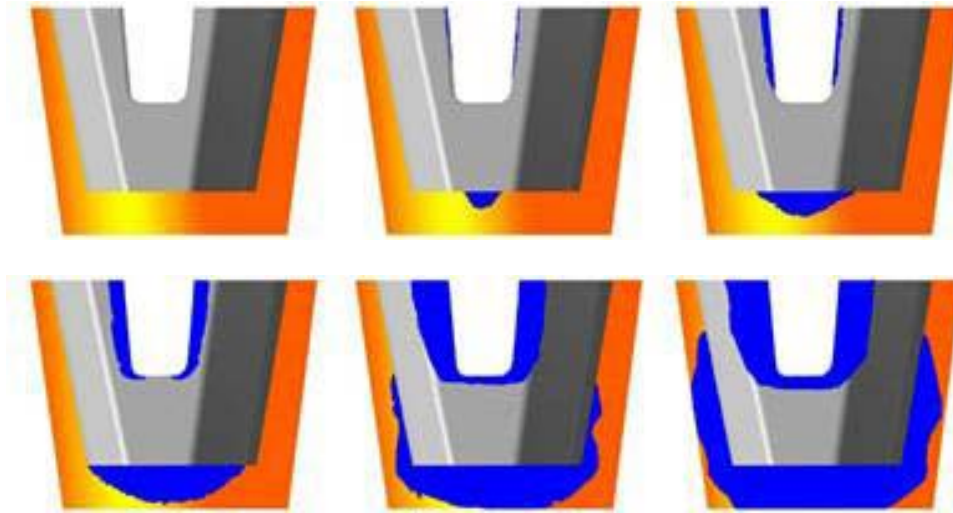


Рис. 8 Топографія зношування бічної стінки металоприймача в ході імітації його роботи
 а) вихідний стан; б) 1 год; в) 2 год; г) 4 год; д) 6 год; е) 8 год

Таким чином, виконані на фізичній моделі дослідження показують, що при розробці металоприймача для розливання наддовгими серіями на сортових МБЛЗ необхідно враховувати підвищене зношування його днища й стінок (у нижній частині). Представляється доцільним забезпечувати такий діаметр внутрішньої порожнини металоприймача й нахил його бічних стінок, при якому висхідні потоки зустрічалися б з падаючим струменем і гальмували її рух.

2.3 Оптимізація параметрів роботи промковша шестиструмкових сортових МБЛЗ

Результати розглянутих у попередніх розділах досліджень були покладені в основу створення оригінальної конструкції металоприймача відроподібного типу.

При модернізації МБЛЗ з метою підвищення її продуктивності основна увага була приділена покращенню металоприймача промковша, який призначений для розливання сталі.

Аналізуючи роботу промковша багатострумкової сортової МБЛЗ при розливанні довгими й наддовгими серіями слід виділити наступні функціональні особливості:

- постійний контакт певної частини днища промковша зі струменем металу, що падає зі сталерозливного ковша, що призводить до прискореного розмивання вогнетривкого шару в місці падіння струменя;

- періодична багаторазова зміна рівня металу в промковші (під час заміни сталерозливних ковшів), щонайменше, змінює динаміку руху потоків сталі, а також негативно впливає на експлуатаційні показники робочого шару футерівки;

- бурління металу і його активне перемішування з покривним шлаком в зоні падіння струменя сталі, що обумовлює додаткове зношування робочого шару футерівки;

- влучення в промківш шлаку зі сталерозливних ковшів, що суттєво змінює властивості й товщину покривного шлаку у промковші по ходу розливання;

- організація руху потоків сталі в промковші таким чином, щоб різниця величини температури сталі, що впливає із центральних і крайніх струмків, була мінімальною, що забезпечує стабільність процесу лиття.

На рис. 9 наведений характерний приклад зношування днища металоприймача, який можна вважати задовільним для даних умов розливання.

Додаткове зношування стінок металоприймача було відзначено у випадку появи віялоподібної форми струменя (рис. 10), що падає зі сталерозливного ковша (розливання без захисту струменя) протягом 10-15 хв. розливання й більше.

Крім того було встановлено, що підвищене зношування внутрішньої порожнини металоприймача й прилягаючих до нього зон футерівки промковша залежить від положення металоприймача щодо місця падіння струменя зі сталерозливного ковша.

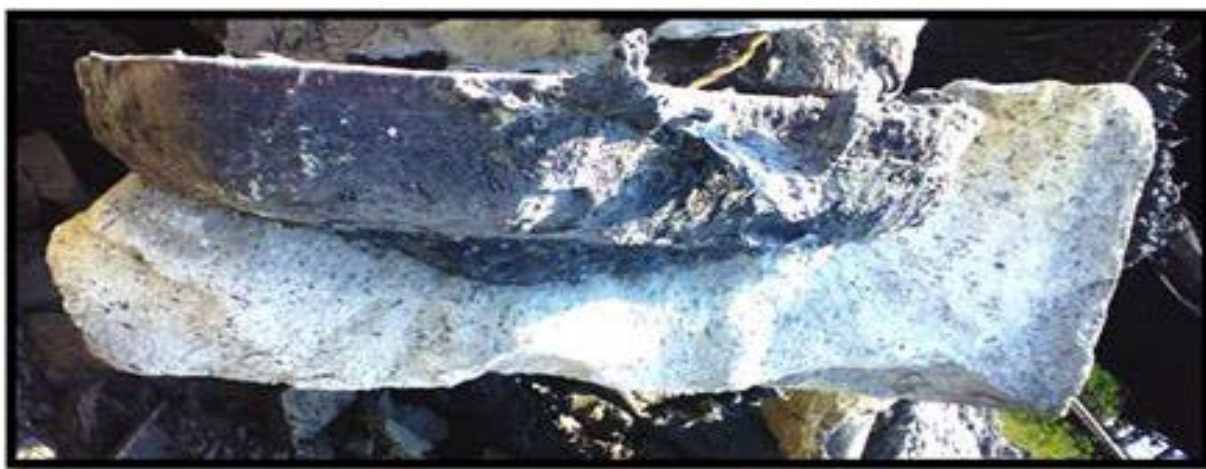


Рис. 9 - Відпрацьований металоприймач, розколотий по осі симетрії.



Рис. 10 – Віялоподібна форма струменя при витіканні зі сталерозливного ковша

Це, очевидно, слід зв'язувати зі зміною гідродинаміки руху потоків металоприймачі.

При влученні падаючого струменя в центр металоприймача формується практично симетрична картина руху висхідних потоків металу. Це забезпечує значне зниження величини швидкості вихрових потоків у верхній зоні рециркуляції металоприймача і як наслідок, знижує швидкість руйнування металоприймача.

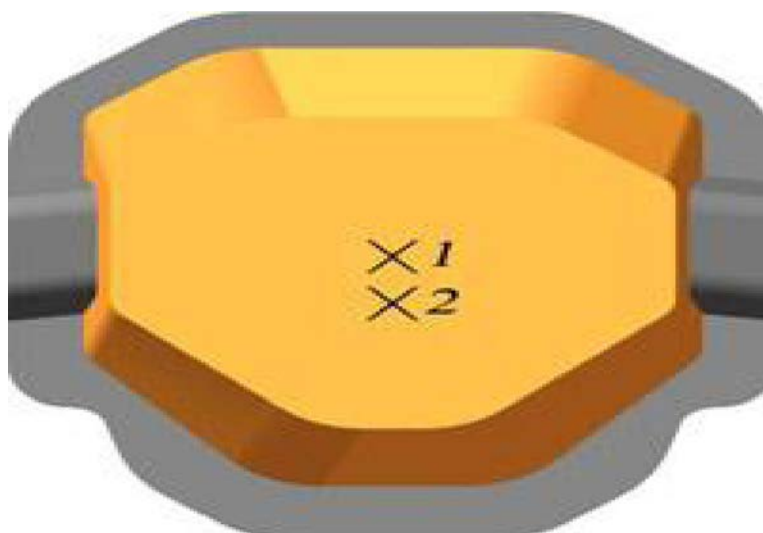


Рис. 11 Точки падіння струменя металу зі сталерозливного ковша в металоприймач.

У випадку відхилення струменя на кілька десятків міліметрів по осі симетрії металоприймача убік прямої стінки, відбувається кардинальна зміна динаміки розподілу потоків. Насамперед, в області бічних стінок за вихідними вікнами утворюються високотурбулентні вихрові потоки, що мають високу дотичну швидкість. Відповідно, максимальне навантаження, створюване потоками, що впливають із металоприймача, припадає на верхню частину бічної стінки металоприймача, значно знижуючи її стійкість. Наявність вихрових потоків в області стінки промковша, що прилягає до металоприймача, призводить до швидкого розмивання робочого шару футерівки й обмежує, тим самим, його експлуатаційну стійкість. Промислове використання розроблених конструктивних рішень у частині геометричної форми металоприймача і його положення в промковші в сукупності з поруч інших технологічних рішень дозволяє досягти середньої серійності розливання.

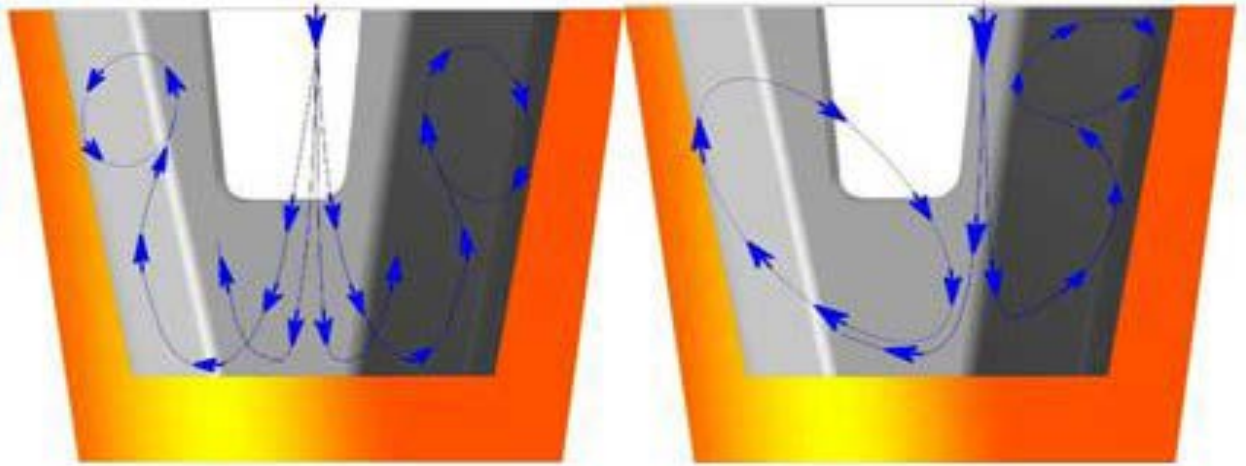


Рис. 12 Динаміка розподілу потоків при центральному і зміщеному витіканні струменя відповідно.

2.4. Моделювання процесу лиття сталі з відроподібним метало приймачем

При розробці металопріймача треба брати до уваги декілька особливостей:

- падаючий струмінь треба гальмувати.
- зробити досить товсті стінки заради збільшення міцності.
- вікна металопріймача повинні спрямовувати потік сталі в напрямку торцевих стінок.

Всі вище перераховані функції ввібрав в себе металопріймач відроподібної форми з бічними вікнами для витікання сталі. Ефективність застосування такого металопріймача залежить від розмірів і розташування стосовно до конкретного промковша й методам розливання сталі.

Рух сталі у металопріймачі відроподібої форми відбувається в 2 рази швидше, ніж з металопріймачем шестикутної форми. Ще одною перевагою відроподібної форми металопріймача є те, що потік сталі при розливанні проходить без зіткнення зі стінками — це сприяє зменшенню ерозії й підвищенню тривалості роботи металопріймача.

Також було помічено, що при певному розташуванні подачі сталі та вихідних вікон металопріймача може спостерігатися вихрове явище, що призводить до швидшого руйнування металопріймача.

Для фіксування зношуваності металопріймача була створена фізична модель металопріймача відроподібної форми у масштабі. Модель металопріймача була створена з карамелізованого цукру, що забезпечує повільне розчинення в зонах підвищеного зношування. При цьому були враховані товщина стінок і площа дна металопріймача. Вони були тих самих розмірів, що і в шестикутному металопріймачі. Також врахував швидкість потоку води. Товщина стінок – 2 см, площа дна – приблизно 48 см, вода падала з висоти приблизно 30 см, швидкість подачі води – 5-6 літрів за хвилину.



Рис. 13 Стан металопріймача на початку моделювання.

Тривалість кожного експерименту становила 8 год. Через кожні 2 год. проводилася зупинка моделювання задля фіксування результатів на фотокамеру.



Рис. 14 Стан металопріймача після двох годин моделювання.

Після двох годин лиття води (рис 14) були помічені незначні тріщини в бокових стінках, але днище залишилося цілим.



Рис. 15 Стан металопримача після чотирьох годин моделювання.

Після чотирьох годин експерименту (рис. 15), тріщини з'явилися на днищі, це призводить до не ефективного здержування термічного удару.



Рис. 16 Стан металопримача після шести годин моделювання.

Після шести годин (рис. 16), помітними стали тріщини на випускних вікнах.



Рис. 17 Стан металоприймача під кінець моделювання.

В кінці досліду (рис. 17), днище зруйноване і більше не витримає феростатичний та термічний удари, випускні вікна розтопилися.

Таким чином, виконані дослідження показують, що зношуваність металоприймача круглої відро подібної форми є меншою ніж шестикутної, оскільки дно шестикутного метало приймача майже повністю розмите (рис. 5), а круглої форми лише з'явилися помітні тріщини. Тому досліджена форма може бути використана в промислових умовах. Також є доцільним подальша доробка товщини стінок та днища з метою підвищення стійкості і тривалості експлуатації.

ВИСНОВКИ

У ході моделювання встановлено, що областіталопріймача зношуються значно інтенсивніше, ніж інші. Тому є деякі рекомендації по розробці конфігурації металопріймача:

- забезпечення гальмування падаючого зі сталерозливного ковша струменя й зниження турбулентності потоків, викликаних його падінням;
- зменшення інтенсивності турбулентного перемішування металу з поверхневим шлаком й запобігання інтенсивному перемішуванню металу й шлаку у стін промковша в зоні падіння струменя;
- положення й конфігурація вікон металопріймача, які повинні забезпечувати спрямований рух однорідних циркуляційних потоків у напрямку торцевих стінок промковша (тобто, отворів крайніх струменів) і запобігати прямому влученню порцій металу зі сталерозливного ковша в склянки-дозатори середніх струмків;
- достатній запас міцності, що забезпечує стійкість усієї системи в цілому.

Реалізація перерахованих вище функцій може бути досягнута при використанні металопріймача так званої «відроподібної» форми з бічними вікнами для спрямованого витікання сталі.

При розробці металопріймача відроподібного типу для розливання наддовгими серіями на сортових МБЛЗ необхідно враховувати підвищене зношування його днища й стінок (у нижній частині). Представляється доцільним забезпечувати такий діаметр внутрішньої порожнини металопріймача й нахил його бічних стінок, при якому висхідні потоки зустрічалися б з падаючим струменем і гальмували її рух.

3. Відроподібна форма металопріймача є також вигідною і в економічному плані, тому що чим менше зношується металопріймач, тим менша на виході собівартість металу і виробів з нього, так як зменшуються кількість використаних промковшів для виливки певної кількості сталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Опыт непрерывной разливки стали длинными сериями на многоручьевой МНЛЗ /Смирнов А.Н., Несвет В.В. // Сталь. - 2002. - № 8. - С. 36-39.
2. Освоение технологии непрерывной разливки стали на сортовых машинах / А.Г. Левада, Д.Н. Макаров, В.И. Антонов и др. // Сталь. - 2008. - № 3. – С. 34-36.
3. Процессы непрерывной разливки / А. Н. Смирнов, В. Л. Пилюшенко, А. А. Минаев и др. – Донецк: ДонНТУ, 2002.– 536 с.