

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Гірничо-металургійний факультет
Кафедра металургії та організації виробництва

**АВТОРЕФЕРАТ
кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Металургія сталі»
за спеціальністю 136 Металургія

**на тему «Дослідження умов роботи футерівки при
зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку»**

Здобувач



Владислав КУСТИКОВ

Запоріжжя 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.
Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі металургії та організації виробництва.

Керівник:



Христина МАЛІЙ,
к.т.н, доцент, доцент кафедри
металургії та організації
виробництва

Захист відбудеться 18 лютого 2025 р. о 11:00 год на засіданні
екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YjJkMzk0MDYtM2I3NC00Yzg4LWJmMTMtYmlzODVINGU0MjY0%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%22b7d753f3-b1bf-41eb-a80b-cab4005c5acb%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному
репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА» 15 лютого 2025 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. В сучасному виробництві сталі доля витрат на вогнетривки та їх складові може досягати до 2 % кінцевої вартості металу, навіть без витрат на проведення планових ремонтів. Тому задача підвищення стійкості футерівки є важливою задачею в розвитку металургії.

У процесі виробництва, вогнетривкі матеріали піддаються процесам постійної зміни температур, заливки, витримки, випуску, позапічної обробки, тепловим ударами, постійному впливу високих температур сталі й шлаків, хімічному впливу розплавів металу, шлаків і продуктів розкислення. Стійкість футерівки і інтенсивність її зношування змінюються в широких межах і залежать від спільного впливу різних факторів, таких як хімічний склад виплавляємих сталей, шлаків, хімічний склад і властивості вогнетривків, температура розплаву й футерівки, в'язкість шлаку, тривалість витримки розплаву в ковші, від способу позапічної обробки, режимів експлуатації ковшів та ін.

Одну з головних ролей при зносі вогнетривків відіграє шлак. Його агресивна дія на футерівку визначається хімічним складом, температурою, в'язкістю та тривалістю контакту з розплавом.

Постановка проблеми. Дослідження умов роботи футерівки при зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку є одним з головних шляхів для підвищення стійкості футеровочних матеріалів, і як наслідок отримання зменшення витрат на собівартість сталі.

Мета дослідження. Удосконалення існуючої технології експлуатації футерівки шляхом дослідження за допомогою статистичних аналізів умов роботи впливу різних чинників які впливають на стійкість вогнетривків.

Задачі дослідження:

– За допомогою статистичного аналізу даних з'ясувати параметри роботи сталерозливного ковша на різних етапах експлуатації футерівки.

– Визначити взаємозв'язки впливу ступеню зношення вогнетривків з показниками виплавки сталі в подовому агрегаті і експлуатаційними характеристиками

– Розробити пропозиції по покращенню технології експлуатації сталерозливного ковша

Об'єкт дослідження – футерівка сталерозливного ковша в умовах мартенівського цеху.

Предмет дослідження – робота футерівки при зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.

За допомогою статистичного аналізу масиву плавок сталеплавильної печі за обраний період встановлено вплив на роботу ковшів та зношення футерівки таких факторів як хімічний склад шлаку, температура шлаку, кількість шлаку, витрати кисню, витрати чавуну, тривалість плавки в печі, температури футерування ковша перед випуском, температури на випуску. Отримані результати набувають особливої актуальності в умовах постійного зростання цін на вогнетриви та комплектуючі, та дозволять вибрати оптимальні технологічні схеми експлуатації сталерозливних ковшів.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновку, списку використаних джерел, одного додатку. Загальний обсяг роботи становить 93 сторінок, робота містить 25 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 11 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

За результатами виконання досліджень в рамках випускної кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня магістр отримано наступне:

- результатом аналізу літературних джерел є дослідження експлуатації футерівки сталерозливних ковшів що застосовуються в мартенівському цеху;
- головним методом дослідження було обрано статистичний аналіз, та масив плавок за обраний період;
- за результатами аналізу та статистичної обробки даних виявлено основні параметрами що впливають на роботу ковшів та зношення футерівки в процесі експлуатації;
- базуючись на отриманих результатах розроблено пропозиції по покращенню технології експлуатації сталерозливного ковша;
- рекомендовано для підвищення показників роботи мартенівського цеху ПАТ «Запоріжсталь», а саме терміну експлуатації сталерозливних ковшів, організація високотемпературної експлуатації футерування ковша у ковшовому відділенні;
- можливе впровадження забезпечить досягнення зменшення кількості замін футерівки та як наслідок зниження собівартості сталі.

ВИСНОВКИ

Дослідження умов роботи футерівки при зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку є одним з головних шляхів для підвищення стійкості футеровочних матеріалів, через те що шлак і його вплив на вогнетривки відіграють одну з головних ролей. Його агресивна дія на футерівку визначається різними факторами такими як хімічний склад, температурою, в'язкістю та тривалістю контакту з розплавом.

За літературними джерелами підприємства дослідивши експлуатацію футерівки сталерозливних ковшів досліджено призначення і пристрій сталерозливних ковшів, які використовуються в мартенівському цеху. Об'єктом дослідження обрано ківш ємністю 250т. Розглянуто технічне обслуговування і ремонт в умовах цеху, вплив виплавки сталі на стійкість футерівки, а саме хімічну стійкість, взаємодію вогнетривкої футерівки з шлаками, механічну стійкість футерівки. Досвід роботи низки зарубіжних підприємств щодо впровадження високотемпературної експлуатації футерівки сталерозливних ковшів з усіма видами вогнетривів.

В другому розділі в основній частині виконано статистичний аналіз даних роботи сталерозливного ковша на різних етапах експлуатації футерівки Для аналізу був використаний об'єм даних роботи печі ДСПА-1 мартенівського цеху за грудень місяць.

Було опрацьовано данні аналізу впливу різних факторів на футерівку сталерозливного ковша, таких як хімічний склад шлаку, температура шлаку, кількість шлаку, витрати кисню, витрати чавуну, тривалість плавки в печі, температури футерування ковша перед випуском, температури на випуску. Середня стійкість футерівки в даний період склала 23 плавки.

Розглянувши аналіз впливу параметрів виплавки сталі в ДСПА-1 на стійкість футерівки сталерозливних ковшів вдалося з'ясувати що різні сполуки по різному впливають на стійкість вогнетривів. Також важливим показником є вплив температури футерування ковша перед випуском на стійкість футерівки, швидкості та температури розливання.

Розроблено рекомендації щодо заощадливого режиму експлуатації сталерозливних ковшів вказано перелік рекомендацій щодо заощадливого режиму експлуатації ковшів.

В розділі з охорони праці в пічному відділенні розглянуто загальні положення інструкції для ковшового відділення мартенівського цеху, шкідливі фактори та небезпечні фактори при роботі в цеху.

В економічному розділі виконано розрахунки економічної доцільності запропонованих рішень, а саме рекомендована організація високотемпературної експлуатації футерування ковша у ковшовому відділенні.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Кухар В., Кустіков В., Малій Х. Використання методів евристики та функціонально-вартісного аналізу для удосконалення контролю зношування та оптимізації ремонтів футерівки індукційної сталеплавильної печі [Chapter]. The development of technical, agricultural and applied sciences as the main factor in improving life: Collective monograph. Primedia eLaunch, Boston, USA, 2024. Pp. 305–319. <https://doi.org/10.46299/ISG.2024.MONO.TECH.2.11.1>
2. Кухар В. В., Малій Х. В., Кустіков В. В. Аналіз та систематизація способів підвищення стійкості футерівки індукційних сталеплавильних печей. *Науковий журнал Метінвест Політехніки*. Серія: Технічні науки. 2024. № 1. С. 38–44. <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-1>
3. Волжин Д.О., Кустіков В.В., Стоянов О.М., Малій Х.В. Джерела надходження азоту в метал. International scientific conference “MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education” : conference proceedings (November 28–29, 2024. Riga, the Republic of Latvia). Riga, Latvia : “Baltija Publishing”, 2024. Vol. 1. С. 31-32.
4. Кухар В. В., Кустіков В. В., Ву К.-М. Визначення раціональної системи контролю за станом футерівки індукційних сталеплавильних печей методом фокальних об’єктів. Авіація, промисловість, суспільство : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Кременчук, 16 травня 2024 року) / Міністерство внутрішніх справ України, Харківський національний університет внутрішніх справ, Кременчуцький льотний коледж., Науковий парк «Наука та безпека». Харків : ХНУВС, 2024. С. 388–392.
5. Kukhar V.V., Malii K.V., Kustikov V.V. Methods of Improving the Induction Crucible Melting Furnaces Lining Life and Monitoring its Condition. *Met. lit'e Ukr.*, vol. 32, 2024. №3-4 (338-339). P. 31-39. <https://doi.org/10.15407/steelcast2024.03-04.004>

АНОТАЦІЯ

Кустіков Владислав Валерійович .Дослідження умов роботи футерівки при зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку.- Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 136 Металургія, ОПП «Металургія сталі» –

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»,
Запоріжжя, 2025.

Результатом роботи є аналіз роботи сталерозливного ковша на різних етапах експлуатації футерівки, аналіз впливу умов роботи футерівки при зміні теплонавантаження і хімічного складу шлаку в умовах мартенівського цеху.

Проаналізувавши аналітичні дослідження експлуатації футерівки сталерозливних ковшів виконано розгляд впливу виплавки сталі на стійкість футерівки, проведено статистичний аналіз даних роботи сталерозливного ковша на різних етапах експлуатації футерівки, визначено взаємозв'язки впливу ступеню зношення вогнетривів з показниками виплавки сталі в подовому агрегаті і експлуатаційними характеристиками. В результаті визначена необхідність та переваги використання високотемпературної експлуатації футерівки. Розроблено пропозиції щодо покращення технології експлуатації сталерозливного ковша, рекомендації щодо заощадливого режиму експлуатації сталерозливних ковшів.

Впровадження запропонованих рішень, а саме організації високотемпературної експлуатації футерування ковша у ковшовому відділенні набуває особливої актуальності для сталеплавильних цехів та дозволить вибрати оптимальні та технологічні схеми експлуатації сталерозливних ковшів.

ФУТЕРІВКА, СТАЛЕРОЗЛИВНИЙ КІВШ, ШЛАК, ВОГНЕТРИВИ,
КОВШОВЕ ВІДДІЛЕННЯ, ВИПЛАВКА СТАЛІ

ABSTRACT

Kustikov Vladislav Valeriyovich. Studying the lining operating conditions under variations in head load and slag chemical composition. - Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for obtaining a master's degree in specialty 136 Metallurgy, EPP "Steel Metallurgy" - "TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNIC" LLC, Zaporizhzhia, 2025.

The result of the work is an analysis of the operation of the steel pouring ladle at different stages of the lining operation, an analysis of the influence of the operating conditions of the lining when changing the heat load and the chemical composition of the slag in the conditions of an open-hearth shop.

Having analyzed analytical studies of the operation of the lining of steel casting ladles, the influence of steel smelting on the stability of the lining was considered, a statistical analysis of the data of the operation of the steel casting ladle at different stages of the lining operation was carried out, the

relationships between the degree of wear of refractories with the indicators of steel smelting in the hearth unit and operational characteristics were determined. As a result, the need and advantages of using high-temperature operation of the lining were determined. Proposals were developed to improve the technology of operation of the steel casting ladle, recommendations for the economical operation of steel casting ladles.

The implementation of the proposed solutions, namely the organization of high-temperature operation of the ladle lining in the ladle department, is of particular relevance for steel smelting plants and will allow choosing optimal and technological schemes for the operation of steel casting ladles.

LINING, STEEL DUMPING LUCK, SLAG, REFRACTORY, LUCK SEPARATION, STEEL MELTING