

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет гірничо-металургійний
Кафедра металургії, матеріалознавства 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 ефективності технології відсікання шлаку
при випуску сталі з кисневого конвертера»**

Здобувач

Савенок
Максим
Александрович

Подписано
цифровой подписью:
Савенок Максим
Александрович

Максим САВЕНОК

Кам'янське 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі металургії, матеріалознавства та організації виробництва.

Керівник:



Нізяєв Костянтин Георгійович
докт. техн. наук, професор,
професор

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_ZThkNzg5NDEtNDNiZC00ZWVmLTk2NTAtNWQ1ZjU1ODM2NjAx%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 17 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Основною задачею сталеплавильного виробництва є виробництво якісної сталі при мінімальних витратах. З цього погляду процес розкислення і легування є вкрай важливим, оскільки вірно підібрані параметри позапічної обробки сталі, починаючи від випуску з пічного агрегату і закінчуючи розливанням на машині безперервного лиття заготовок, водночас дозволяють отримати якісну сталь та заощадити витрати на коштовні феросплави. Ефективність позапічної обробки сталі при цьому напряму залежить від попередніх етапів виробничого циклу, зокрема від параметрів виплавки сталі. До таких параметрів відноситься і відсікання шлаку на випуску плавки з конвертера в ківш. Потрапляння пічного шлаку в ківш призводить до зниження стійкості футерівки сталерозливного ковша, збільшення витрати феросплавів, забруднення сталі неметалевими включеннями, викликає ризик рефосфорації сталі при обробці на установці ківш-піч. Тому дослідження відсікання шлаку при випуску сталі є актуальним.

Постановка проблеми. Позапічна обробка сталі на сьогоднішній день є невід'ємною частиною технологічного циклу масового виробництва сталі. Її кінцевою метою є підготовка до розливання на машині безперервного лиття заготовок сталі заданої марки із відповідним хімічним складом та температурою, що відповідає технології безперервного розливання сталі заданої марки. Позапічна обробка сталі починається вже на етапі випуску плавки зі сталеплавильного агрегату в ківш, коли у струмінь сталі починають вводити феросплави та алюміній для попереднього розкислення та тверді шлакоутворюючі суміші для захисту дзеркала металу від вторинного окислення та зниження теплопередачі у навколишнє середовище випромінюванням та конвекцією. Ступінь засвоєння феросплавів як на цьому першому етапі розкислення та легування на випуску плавки, так і в ході подальшого введення феросплавів при обробці на установці ківш-піч залежить від кількості шлаку, який потрапив у ківш разом із сталлю. Пічний, зокрема і конвертерний шлак містить багато оксидів заліза та фосфору. Перший окислює корисні елементи феросплаву, зменшуючи ступінь їх засвоєння металом та забруднюючи його неметалевими включеннями, а другий сприяє відновленню фосфору внаслідок сприятливих для цього умов на установці ківш-піч. Для запобігання потрапляння конвертерного шлаку на випуску плавки в ківш розроблено чисельні методи для його виявленні у металевому струмені та своєчасного відсікання. Проте ефективність відсікання шлаку залежить не лише від методу його здійснення, а й від властивостей шлаку, режиму випуску плавки (тривалості випуску) та інших параметрів. Таким чином необхідно

перш за все проаналізувати вітчизняний та світовий досвід впровадження технологій відсікання шлаку та виходячи з нього дослідити вплив параметрів виплавки сталі, випуску плавки та інших на ефективність відсікання шлаку. Проведення досліджень дозволять розробити раціональні параметри виплавки та випуску плавки для поліпшення ефективності відсікання конвертерного шлаку на випуску.

Мета дослідження. Підвищення ефективності відсікання шлаку на випуску сталі з конвертера шляхом вибору раціональних параметрів конвертерної плавки.

Задачі дослідження:

- проаналізувати вітчизняний і світовий досвід застосування технологій виявлення і відсікання шлаку на випуску сталі з конвертеру;
- проаналізувати відповідність поточних параметрів киснево-конвертерного виробництва нормам діючої технологічної інструкції;
- проаналізувати методами математичної статистики вплив технологічних параметрів виплавки сталі у кисневих конвертерах на ефективність відсікання шлаку та ступінь засвоєння феросплавів при розкисненні і легуванні сталі в ковші;
- розробити рекомендації до ведення конвертерної плавки, що дозволять покращити ефективність відсікання шлаку та збільшити ступінь засвоєння феросплавів в ковші;
- оцінити вплив запропонованих рекомендацій на умови праці в конвертерному цеху та навколишнє середовище;
- виконати оцінку планового економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів у виробничий процес.

Об'єкт дослідження – киснево-конвертерний процес виробництво сталі.

Предмет дослідження – відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера в ківш.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності. Методами статистичного аналізу поточних паспортів плавок виробництва конвертерної сталі підтверджено вплив на кількість пічного шлаку, що потрапляє в ківш на випуску плавки, хімічного складу шлаку та тривалості випуску плавки в ківш. Зокрема такі властивості, як перегрів шлаку над температурою плавлення та його в'язкість, що на виробництві змінюються залежно від таких контрольованих параметрів, як основність шлаку, вміст в його складі оксидів заліза та марганцю, впливають на кількість шлаку, що потрапляє в ківш на випуску. Встановлено характер цього впливу, а також тривалості випуску сталі на кількість шлаку в ковші. Визначено вплив кількості шлаку в ковші та деяких параметрів плавки на ступінь

засвоєння кремнію і марганцю феросплавів. Проаналізовано ефективність застосування відсікання вторинного шлаку з конвертера при випуску плавки в ківш.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 57 сторінок, робота містить 14 рисунків, 8 таблиць. Список використаних джерел складається з 48 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

З аналітичного огляду встановлено, що потрапляння пічного шлаку в ківш зі сталлю впливає не лише на якість сталі, а й на показники подальшої її обробки, зокрема собівартість сталі, витрати енергії та інших ресурсів. Встановлено, що методи відсікання первинного та вторинного шлаку у комплексі з методами його виявлення наприкінці випуску дозволяють доволі суттєво знизити кількість шлаку, яка потрапляє в ківш. Важливою задачею при цьому є визначення параметрів шлаку та випуску сталі з конвертера, які дозволять максимізувати ефективність відсікання шлаку. Хімічний склад і температура шлаку через зміну фізико-хімічних параметрів шлаку впливають на його густину, в'язкість, поверхневий натяг та температуру плавлення. Важливу роль відіграє також і режим випуску плавки, який за наявними паспортами плавок ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ» характеризується тривалістю випуску сталі з конвертера.

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

- розглянуто ефективність практичного застосування найбільш розповсюджених методів виявлення та відсікання конвертерного шлаку на вітчизняних і закордонних підприємствах;
- описано метод випуску плавки з конвертера та попереднього розкислення сталі в ковші під конвертером в умовах ПРАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ»;
- обґрунтована методика статистичного аналізу паспортів плавок для аналізу впливу властивостей конвертерного шлаку, параметрів плавки та режиму її випуску на ефективність відсікання вторинного шлаку та ступінь засвоєння кремнію і марганцю феросплавів;
- обґрунтована методика визначення перегріву шлаку над температурою його плавлення за контрольованими на виробництві показниками конвертерного процесу;
- встановлено закономірності між основністю шлаку, його перегрівом над температурою плавлення та тривалістю

випуску плавки та рівнем шлаку в ковші після випуску, а також вплив висоти шлаку в ковші, температури і вмісту вуглецю в сталі на випуску та середньої інтенсивності продувки на ступінь засвоєння феросплавів;

- з метою зменшення кількості конвертерного шлаку в ковші та підвищення ступеня засвоєння феросплавів рекомендовано скоротити частку передутих плавок та дотримуватися вмісту вуглецю в сталі на випуску не нижче рекомендованої величини; використовувати відсікання вторинного шлаку на всіх плавках; вводити в конвертер перед випуском плавки присадки матеріалів для загущення шлаку;
- визначено очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованих заходів, який полягає у зменшенні витрати феросплавів для розкислення і легування сталі та кисню на продувку;
- запропоновані заходи не мають впливу на безпеку праці в конвертерному цеху підприємства.

ВИСНОВКИ

1. Потрапляння пічного шлаку в ківш на випуску суттєво впливає на якість сталі та на показники позапічної обробки. В ході аналізу літературних джерел встановлено, що комплексне застосування методів виявлення та відсікання шлаку дозволяють суттєво знизити кількість пічного шлаку в ковші. Максимізація ефекту відсікання шлаку можлива за рахунок визначення раціональних параметрів шлаку та режиму випуску сталі з конвертера.
2. За результатами виконаного статистичного аналізу паспортів плавок марки ЗСП перспективними до впровадження у виробництво є:
 - скорочення частки передутих плавок та дотримання вмісту вуглецю в сталі на випуску не нижче запропонованої величини;
 - використання відсікання вторинного шлаку на всіх плавках;
 - введення в конвертер перед випуском плавки матеріалів для загущення шлаку.
3. Виконаний статистичний аналіз є підґрунтям для подальших досліджень процесу відсікання шлаку методами математичного, комп'ютерного, фізичного моделювання, а також у напівпромислових та промислових умовах.

4. Впровадження запропонованих заходів не матиме негативного ефекту на навколишнє середовище та не порушує діючих норм з охорони праці.
5. Виконано оцінку планового річного економічного ефекту від впровадження запропонованих заходів.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Кухар В. В., Савенок М. О. Застосування методів контрольних запитань та мозкового штурму для пошуку ефективних рішень з відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера. III Міжнародна науково-технічна конференція “Перспективи розвитку машинобудування та транспорту – 2023” (м. Вінниця, 01 – 03 червня 2023 р.). Вінниця : ВНТУ, 2023.
<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/prmt/pmrt2023/paper/viewFile/17951/14959>

АНОТАЦІЯ

Савенок Максим Олександрович. Дослідження ефективності технології відсікання шлаку при випуску сталі з кисневого конвертера.

У першому розділі за вітчизняними і закордонними джерелами виконано аналітичний огляд технологій виявлення та відсікання шлаку та проаналізовано їх ефективність.

У другому розділі розглянуто технологію випуску сталі з конвертера в ківш з використанням методів відсікання первинного і вторинного шлаку в умовах ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». З використанням паспортів плавок проаналізовано відповідність технологічних параметрів виплавки сталі в конвертері нормативам технологічної інструкції на виплавку сталі, для чого було побудовано гістограми частотного розподілу обраних параметрів та показників виплавки та позапічної обробки сталі. Проаналізовано вплив параметрів конвертерної плавки на ефективність відсікання шлаку. Також визначені залежності ступеня засвоєння феросплавів від кількості шлаку в ковші, температури та вмісту вуглецю в сталі на випуску і інтенсивності продувки. Зроблені рекомендації щодо підвищення ефективності відсікання шлаку та збільшення ступеня засвоєння феросплавів при позапічній обробці.

У третьому розділі виконано аналіз умов праці в конвертерному цеху, розглянуті питання техніки безпеки та пожежної профілактики, а також захисту навколишнього середовища.

У четвертому розділі розраховано плановий економічний ефект від впровадження запропонованих рекомендацій, що полягає у зменшенні витрати феросплавів та кисню.

Ключові слова: кисневий конвертер, випуск сталі, відсікання шлаку, виявлення шлаку, ступінь засвоєння феросплавів.

ABSTRACT

Savenok Maksym. Study of the effectiveness of the slag cutting technology while steel tapping from BOF.

In the first chapter, based on domestic and foreign papers, an analytical review of slag detection and cutting technologies was performed and their effectiveness was analyzed.

In the second chapter, the technology of steel tapping from BOF into the ladle using methods of primary and secondary slag cutting at PJSC "KAMET-STEEL" was considered. The compliance of the technological parameters of steel smelting in BOF with the standards of the technological instructions was analyzed using the passports of smelts. For this purpose, the histograms of the frequency distribution of the selected parameters and indicators of steel smelting and out-of-furnace processing were constructed. The influence of BOF smelting parameters on the efficiency of slag cutting was analyzed. The dependence of the degree of assimilation of ferroalloys on the slag amount in the ladle, the temperature and carbon content in the steel before tapping and the blowing intensity were determined. Recommendations were made to improve the efficiency of slag cutting and increase the degree of assimilation of ferroalloys during out-of-furnace processing.

In the third section, the main harmful factors and hazards during the performance of work, safety measures, fire prevention, and environmental safety for the BOF workshop were considered.

In the third chapter, the analysis of working conditions in the BOF workshop was performed, the issues of safety and fire prevention, as well as environmental protection were considered.

The fourth chapter the calculation of the planned economic effect of the implementation of the proposed recommendations, which consists in reducing the consumption of ferroalloys and oxygen, was made.

Key words: BOF, steel tapping, slag cutting, slag detection, assimilation degree of ferroalloys.