

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 впливу параметрів мартенівської плавки  
на ефективність розкислення і легування сталі в ковші»**

Здобувач



Олексій БЕВЗ

Запоріжжя 2025

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

Керівник:



Костянтин НІЗЯЄВ,  
проф., докт. техн. наук

Захист відбудеться 18 лютого 2025 р. о 11:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/join/19%3ameeting\\_YjKkMzk0MDYtM2I3NC00Yzg4LWJmMTMtYmlzODVINGU0MjY0%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](https://teams.microsoft.com/join/19%3ameeting_YjKkMzk0MDYtM2I3NC00Yzg4LWJmMTMtYmlzODVINGU0MjY0%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 січня 2025 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** В умовах жорсткої конкурентної боротьби на ринку чорних металів постійно зростає потреба у зниженні собівартості сталі, що викликає необхідність максимальної економії металу на всьому технологічному шляху від підготовки шихти до готового прокату.

Одним з напрямів здешевлення вартості металу є заміна спокійних сталей напівспокійними який дозволяє збільшити пропускну спроможність цехів, понизити витрату розкислювачів, а також в порівнянні із виготовленням спокійної сталі понизити витрати на підготовку розливальних складів.

В даний час в світі виробляється до 20% напівспокійної сталі від загального об'єму виробництва. Напівспокійна сталь завдяки своїй близькості до структури спокійною знайшла широке застосування в різних галузях народного господарства. В даний час ведуться роботи по поліпшенню якості напівспокійної сталі і удосконалення технології виробництва напівспокійних марок стали.

**Постановка проблеми.** Через економічну, енергетичну, фінансову кризу, яку переживає економіка України, зокрема, металургійна галузь, різко ускладнюються умови роботи агрегатів і цехів на всіх стадіях металургійного переділу і, особливо, при виробництві сталі. У цих умовах актуальними стають питання пошуку шляхів скорочення витрат при виробництві сталі. Одним з таких методів є зниження витрат шихтових матеріалів у тому числі й при розкисненні та легуванні сталі.

**Мета дослідження.** полягає в удосконаленні технології виготовлення сталі у подових сталеплавильних агрегатах на основі визначення та дослідження основних чинників, що впливають на процес розкиснення і легування сталі, методами статистичного аналізу.

### **Задачі дослідження:**

- Здійснити контент-аналіз досліджень основних технологічних чинників, що впливають засвоєння і вигару розкислювачів в процесі глибинного розкиснення напівспокійної сталі;
- проаналізувати вплив основних технологічних показників мартенівської плавки: хімічного складу та температури металу, кількості шлаку на дослідження ступеня засвоєння FeMn при розкисненні та легуванні сталі у ковші при виробництві напівспокійних марок сталі;
- оцінити вплив запропонованих рекомендацій на умови праці у мартенівському цеху;
- виконати оцінку планового економічного ефекту від впровадження запропонованих рекомендацій у виробничий процес.

**Об'єкт дослідження** – технологія виготовлення напівспокійних марок сталі в умовах мартенівського цеху.

**Предмет дослідження** – аналіз впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення і легування сталі.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** За результатами статистичного аналізу паспортів плавок виробництва мартенівської сталі встановлено вплив основних технологічних факторів (витрати чавуну, брукту, вапна, термін продування, шлаковий режим плавки, то що) на засвоєння базового елемента феросплаву при проведенні розкислення та легування напівспокійних марок сталі. Отримані результати є корисними для вибору раціональної технології ведення плавки у подових сталеплавильних агрегатах та проведення розкислення та легування напівспокійних марок сталі.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 75 сторінок, робота містить 13 рисунків, 21 таблицю. Список використаних джерел складається з 32 джерела.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

- результатам аналізу літературних джерел є визначення, що основних чинників, що визначають величину вигару розкислювачів є параметри металу і шлаку в печі перед випуском плавки, фізичні властивості феросплавів та умови подачі феросплавів в ківш;
- при проведенні дослідження у якості основного метода було застосовано статистичний аналіз;
- визначено, що основними факторами, які впливають на ступень засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі у ковші, є ті, що визначають вміст у кисню у металі та шлаку на випуску з сталеплавильного агрегату
- базуючись на результатах статистичного аналізу запропоновано регресійні рівняння впливу основних технологічних чинників на ступень засвоєння феросплавів при проведенні розкислення та легування напівспокійних марок сталі;
- надано рекомендації з поліпшення умови праці та захисту навколишнього середовища в умовах мартенівського цеху.

## ВИСНОВКИ

За літературними джерелами виконано аналіз питань засвоєння і вигару розкислювачів в процесі глибинного розкислення напівспокійної сталі. Основними чинниками, що визначають величину вигар є параметри металу і шлаку в печі перед випуском плавки, фізичні властивості феросплавів, умови подачі феросплавів в ківш.

Розглянуто типову технологію розкислення напівспокійної сталі марки Зпссв у ковші, в умовах мартенівського цеху.

Були проведені аналітичні дослідження ступеня засвоєння FeMn при розкисленні та легуванні сталі у ковші від технологічних показників мартенівської плавки: хімічного складу та температури металу, кількості шлаку та інш.

Для аналізу був використаний масив зі 190 ковшів валових плавок сталі марки Ст3 пссв.

Проведений аналіз показав, що витрата феромарганцю ФМн 78 при розкисленні та легуванні сталі марки 3 пссв у ковші складає від 4,1 до 6,9 кг/т й у 71,2 % випадків склала від 4,5 до 5,5 т кг/т.

Середня витрата феромарганцю ФМн78 при розкисленні та легуванні сталі марки 3 пссв у ковші складає 5.09 кг/т.

При цьому засвоєння марганцю у ковші по масиву даних коливається від 47,3 до 95,2%. При цьому найбільша частка значень засвоєння марганцю (приблизно 80 %) входить до інтервалу значень від 60 до 80 %. Середнє значення засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі феромарганцем ФМн78 у ковші, складає 72,3 %.

Визначено, що основними факторами, які впливає на ступень засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі у ковші, є ті, що впливають на вміст у кисню у металі та шлаку.

З'ясовано, що з підвищенням вмісту вуглецю на випуску з мартенівської печі засвоєння марганцю зростає. Це пов'язано з тим, що, при збільшенні вмісту вуглецю у відповідності до залежності Вачера-Гамільтону знижується концентрація кисню у сталі, а відповідно менша кількість феросплавів буде витрачена на взаємодію з ним й більша кількість марганцю може перейти до рідкої сталі

Підвищення температури сталі на випуску знижує ступень засвоєння марганцю, що пов'язано з більшою кількістю марганцю який буде витрачено на видалення підвищеної кількості розчиненого кисню.

Зі збільшенням сумарної витрати кисню на плавку засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні зменшується, що пов'язано зі збільшенням кількості розчиненого у металі кисню, й відповідно підвищенням вихару розкислювача.

З підвищенням кількості шлаку знижує засвоєння феромарганцю, оскільки марганець, що міститься у феросплаві буде взаємодіяти з більшою кількістю FeO шлаку й відповідно менша кількість марганцю буде переходити до сталі.

В розділі «Охорона праці та охорона навколишнього середовища» були розглянуті небезпечні та шкідливі фактори, що можуть впливати на життя та здоров'я робітників мартенівського цеху, також були розглянуті питання техніки безпеки та пожежної профілактики на цій ділянці. Узагальнені питання охорони навколишнього середовища при розкисленні та легуванні сталі у мартенівському виробництві.

В економічному розділі випускної кваліфікаційної роботи було проведено аналіз впливу запропонованих заходів на собівартість сталі

марки СтЗ псв. Проведений аналіз показав, що за рахунок зміни параметрів мартенівської плавки, що впливають на вміст розчиненого кисню у металі вдається збільшити ступень засвоєння марганцю при розкисленні та легуванні сталі у ковші, що дозволяє за рахунок зниження питомої витрати FeMn а також підвищити вихід придатної сталі. Що дозволяє отримати економічний ефект у 9 млн. 208 тис. грн.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Бевз О.О. Аналіз вмісту домішок у злитку міді отриманого з використанням різних технологій: 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. p.21-22. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-3>

## АНОТАЦІЯ

Бевз Олексій Олегович. Дослідження впливу параметрів мартенівської плавки на ефективність розкислення і легування сталі в ковші. - 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.

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній науково-технічній проблемі удосконалення технології розкислення та легування напівспокійних марок сталі у подових сталеплавильних агрегатах.

На базі зібраних даних та проведеного аналізу було визначено вплив основних технологічних факторів (витрати чавуну, брухту, вапна, термін продування, шлаковий режим плавки, то що) на засвоєння базового елемента феросплаву при проведенні розкислення та легування напівспокійних марок сталі.

Результати аналізу отримані при виконанні кваліфікаційної роботи магістра можуть бути застосовані для оптимізації технології розкислення та розливання сталі у залежності від основних технологічних чинників, що забезпечує поліпшення техніко-економічних показників мартенівського процесу.

РОЗКИСЛЕННЯ, ПОДОВИЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНИЙ АГРЕГАТ,  
ФЕРОСПЛАВИ, КІВШ, СТАЛЬ "НАПІВСПОКІЙНА", ВИГАР,  
ОКИСЛЕНІСТЬ

## ABSTRACT

Bevz Alexey Olegovich. Studying the impact of open-hearth furnace melt parameters on the efficiency of steel deoxidation and alloying in ladles.

Qualification work for obtaining an educational master's degree in specialty 136 Metallurgy, OPP "Steel Metallurgy" – LLC "Technical University "Metinvest Polytechnic", Zaporozhye, 2025.

The qualification work is focused on the important scientific and technical aspect of improving the deoxidation and alloying process for semi-killed steel grades in open-hearth steelmaking facilities. Based on the data collected and analyzed, the impact of several key technological factors, such as the consumption of cast iron, scrap, and lime, as well as the purging time and slag melting mode, on the absorption of primary alloying elements during deoxidation and alloying of semi-killed has been determined at Prjsc "Zaporizhstal".

The results of the analysis conducted as part of this master's thesis can be used to optimize the deoxidation and casting process, depending on specific technological parameters, leading to improved technical and economic performance in the open-hearth process at Prjsc "Zaporizhstal".

DEOXIDATION, OPEN HEARTH STEELMAKING UNIT,  
FERROALLOYS, LADLE, SEMIKILLED STEEL, BURN-OFF, OXIDATION