

ВІДГУК

офіційного опонента Ямшинського Михайла Михайловича
на дисертацію Довбенка Володимира Віталійовича
«Оптимізація технології одержання алюмінію з вторинної сировини»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 136 – Металургія, галузь знань 13 – «Механічна інженерія»

1. Актуальність теми дисертації

Швидко зростаючий дефіцит первинних кольорових металів та забезпечення високої конкурентоспроможності за рахунок зниження собівартості литих виробів роблять актуальними дослідження, спрямовані на технології більш глибокої переробки та збільшення частки металевих відходів у металургійному та ливарному виробництвах. Однак широке застосування шлаку на металургійних підприємствах, а також литої продукції, які одержують з вторинних сплавів, стримується через відсутність комплексних технологій їхньої переробки та подальшого залучення у виробництво.

Алюміній найпоширеніший метал, в чистому вигляді в природі його не існує. Через високу хімічну активність атоми алюмінію утворюють стійкі сполуки з іншими елементами, наприклад з киснем. Процес одержання первинного алюмінію дуже складний і пов'язаний з використанням електричної енергії великої потужності.

Суттєвий ріст використання алюмінієвих виробів приводить до накопичення відходів, які використовують для виробництва вторинних алюмінієвих сплавів. В порівнянні з первинним металом витрати на їх виробництво набагато нижчі.

Тому робота, що спрямована на створення теоретичних основ та технологічних режимів перероблення ливарного алюмінієвого шлаку, що дозволить удосконалити метод та установку для їх виплавки, є актуальною.

2. Загальна характеристика роботи

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (136 найменувань) та додатків. Повний обсяг дисертації — 145 сторінок. У розділах дисертації матеріали роботи викладено у вигляді 29 формул, 25 таблиць, 33 рисунків.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, надано інформацію щодо зв'язку роботи з науковою тематикою ФТІМС НАН України, сформульовано мету та задачі досліджень, вказано об'єкт, предмет та методи досліджень, викладено наукову новизну та практичне значення, а також відомості щодо особистого внеску здобувача, апробації отриманих результатів, публікацій.

У **першому розділі** розглянуто аналіз сучасного стану та перспективи

розвитку техніки і технологій одержання вторинного алюмінію.

Представлено теоретичні основи та механізм одержання металічного алюмінію з ливарного шлаку. Технологія опирається на особливості температурних залежностей хімічних реакцій за участі алюмінію.

Наведено безвідходну технологічну схему та спосіб перероблення алюмінієвого шлаку в електротермічній установці, який передбачає подачу шлаку на поверхню алюмінієвого розплаву і оплавлення шлаку електричною дугою.

У другому розділі представлено представлено аналіз шлаків, що містять алюміній, їх властивості та класифікація, методику визначення металургійного виходу алюмінію в лабораторних умовах, обладнання та детальний опис методик, які були здобувачем використані у дослідженнях.

Третій розділ дисертаційної роботи присвячений дослідженням процесів теплообміну при виробництві вторинного алюмінію. Представлено технологічні особливості одержання алюмінію металургійним методом та його мікроструктура, схема і конструкція установки для виробництва вторинного алюмінію зі шлаку, вплив конструкції установки на теплообмін в процесі їх переробки та аналіз теплових режимів.

Представлено тепловий режим установки у випадку плавки ливарного шлаку. Процес теплообміну стає в деякому випадку дуже складним. Хоча розмір питомої поверхні матеріалу великий, поверхня, що нагрівається випромінюванням пічки – зовсім незначна. Більше того, рівень передачі тепла до розплаву алюмінію достатньо низький за рахунок великої кількості складових ливарного шлаку. Для того, щоб досягти необхідний рівень теплообміну, шлак спільно з каустичною содою необхідно перемішувати.

У четвертому розділі наведені результати дослідження процесів перероблення відходів на основі алюмінію та опробуванні нової технології на дослідно-промисловій установці, процеси підготовки сировини, екологічні аспекти технології переробки шлаків та економічні показники переробки відходів.

Виконано оцінку економічного ефекту від створення виробництва вторинного алюмінію з ливарного алюмінієвого шлаку.

Результати проведених досліджень надають нові можливості з розроблення нових ливарних технологій.

У загальних висновках дисертації належним чином відображено одержані автором результати, що розкривають наукові та практичні досягнення, що були

отримані в процесі дисертаційного дослідження і які сприяли розв'язанню сформульованої науково-прикладної проблеми.

3. Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

1. Розвинуто уявлення про механізм процесу вилучення алюмінію при переробці металургійного шлаку на основі зміни валентності алюмінію з три- до одновалентного, що реалізується у дві стадії: через хімічну реакцію: $2\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = 2\text{NaAlO}_2 + \text{Al}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{O}_2$ ($t = 2500 - 3000^\circ\text{C}$), пониження температури до $1000-1100^\circ\text{C}$, при якій оксид одновалентного алюмінію розкладається на металевий алюміній та оксид тривалентного алюмінію: $3\text{Al}_2\text{O} = 4\text{Al} + \text{Al}_2\text{O}_3$.

2. Одержали подальший розвиток дослідження закономірностей впливу теплообмінних процесів на металургійний вихід при переробці низькосортних алюмінійвмісних шлаків, визначено раціональні теплові режими, що забезпечують підвищення виходу придатного алюмінію на 35%.

Управління теплообмінними процесами на основі виявлених закономірностей дозволило досягти відновлення алюмінію зі шлаку приблизно від 75 до 85 %, що значно перевищує показники відомих аналогів.

3. Вперше проведено комплексні наукові дослідження та розроблено технічні рішення з підвищення ефективності роботи електротермічного обладнання з переробки алюмінієвих шлаків за рахунок використання змінного струму для нагрівання потоку розплаву до температур від 1820°C до 2250°C ; підтримання циркуляції розплавленого металу між вакуумною електродуговою камерою і накопичувальною піччю; додаткового впливу високих температур в зоні горіння дуги на шлак.

Новизну технічних рішень, розроблених у роботі, підтверджує патент на винахід України № 124750. Вони забезпечують спрощення технологічного процесу переробки, зниження енергозатрат та захист навколишнього середовища.

4. Набули подальшого розвитку експериментальні дослідження процесу окислення алюмінію. Встановлено, що окислення відбувається як за рахунок атмосферного кисню, так і розчинних в розплаві неметалевих включень (MgO , AlN , Mg_3N_2 , Al_2O , AlB_2 тощо). Суттєвому зростанню окислення рідкого алюмінію сприяють лужні або лужноземельні елементи, а також цинк, які утворюють поверхневі рихлі оксидні плівки.

Одержані результати мають наукове значення і можуть бути використані при вирішенні прикладних задач, пов'язаних з переробкою вторинної сировини.

5. Вперше для сплаву системи Al-Mg-Cu, що виплавлений з алюмінію, вилученого з ливарного шлаку, розроблено спосіб введення цинку в пароподібному стані, що дозволило одержати вироби без гарячих тріщин.

Розробка відрізняється способом введення цинку до розплаву. Введення його в пароподібному стані покращує структуру високоміцного алюмінієвого сплаву, що деформується, дозволяє вирішити складну проблему боротьби з гарячими тріщинами, для цього в роботі розроблено відповідні технічні умови.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробити експрес метод визначення алюмінію у ливарному шлаці та удосконалити технологію одержання вторинного алюмінію металургійним способом через встановлення впливу фізичних та хімічних факторів на металургійний вихід алюмінію з ливарного шлаку – здобувач виконав повною мірою і оволодів методологією наукової діяльності.

Представлені у дисертації наукові положення забезпечуються тим, що автором було опрацьовано значну кількість сучасних літературних джерел, результатів досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Висновки і рекомендації автора є логічними і витікають з результатів проведених досліджень.

Достовірність наукових положень, точність одержаних експериментальних результатів, рекомендацій та висновків дисертаційної роботи забезпечено використанням обладнання науково-дослідних лабораторій, використанням методів вивчення властивостей досліджуваних у роботі матеріалів, коректною інтерпретацією одержаних експериментальних результатів, що узгоджуються з існуючими теоретичними даними в галузі металургії.

Обґрунтованість і достовірність отриманих результатів дослідження підтверджена апробацією на міжнародних науково-практичних конференціях.

4. Мова та стиль викладення результатів

Дисертаційну роботу написано грамотно, застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів теоретичних і практичних досліджень, нових наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує достатній рівень доступності їх сприйняття та використання.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

5. Практичне значення роботи – в роботі представлено безвідходну технологію та спосіб перероблення алюмінієвого шлаку в електротермічній установці, який передбачає подачу шлаку на поверхню алюмінієвого розплаву і оплавлення шлаку електричною дугою, при цьому оплавлення алюмінієвого шлаку проводять в електродуговій камері, в яку всмоктують алюмінієвий розплав з накопичувальної печі, причому рівень розплаву в електродуговій камері

піднімають на задану відстань від електрода, а в процесі горіння електричної дуги регулюють її довжину шляхом зміни газового тиску в електродуговій камері, оплавлення алюмінієвого шлаку проводять в процесі підтримки циркуляції розплавленого металу між електродуговою камерою і накопичувальною піччю, при цьому циркуляцію розплаву підтримують під дією електродинамічної сили, що генерується лінійними асинхронними статорами, встановленими на трубопроводах, котрі з'єднують тигель з накопичувальною піччю (патент України №124750, бюл. № 45 від 10.11.2021).

Одержані в роботі нові результати наукових досліджень та дослідно-промислових випробувань в умовах виробництва ТОВ "НВП "УКРКОЛЬОРМЕТ", щодо вдосконаленої установки для переробки алюмінієвого шлаку, яка складається з плавильної накопичувальної печі і розташованої над нею камери з встановленим дозатором шлакової суміші, показали, що використані технологічні режими переробки ливарного алюмінієвого шлаку дозволили суттєво підвищити якість та металургійний вихід алюмінію.

Впровадження у виробництво розробок, які запропоновані в роботі, дозволить підприємствам використовувати безвідходну технологію та одержувати продукцію підвищеної якості. Чистий середньозважений прибуток становить з розрахунку на 1 тонну шлаку 24652,04 грн.

6. Повнота викладу результатів дисертації в опублікованих працях

Основні результати роботи висвітлені у 16 наукових праць, у тому числі: 6 – статей у наукових фахових виданнях, затверджених ДАК МОН України, 4 статті, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus, 5 тез доповідей у збірках наукових праць міжнародних конференцій, один патент України на винахід.

Вказані публікації, в цілому, відображають основний зміст дисертації, об'єм і характер проведених теоретичних та експериментальних досліджень.

7. Оцінка змісту дисертації та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота була написана автором самостійно. За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Довбенка В.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 136 Металургія та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Металургія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Довбенка Володимира Віталійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіяції,

фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

8. Загальні зауваження по роботі

1. Автором не представлено детальне порівняння з іншими методами отримання алюмінію та алюмінієвих сплавів. Відсутні пояснення щодо забруднення навколишнього середовища та заходів щодо їх усунення.
2. Автором не наведено за рахунок яких заходів досягається температура печі 2000 °C та яким технічними засобами відбувається вимірювання.
3. Автором не наведено порівняльний аналіз енергетичних параметрів технологічних процесів. Тому не є зрозумілим за рахунок чого знижується собівартість технології перероблення у порівнянні з аналогами.
4. Сольові алюмінієві шлаки алюмінієвого виробництва дуже токсичні – автор роботи не приділив увагу заходам безпеки та розробленню заходів очищення стічних вод та інших параметрів навколишнього середовища
5. Рис. 3.5 та 3.6 автор не навів кількісні показники домішок і не провів порівняльного аналізу.
6. Рис. 3.9-3.16 єдиним поясненням є «що температури та ентальпії фазових переходів не дуже суттєво відрізняються від характеристик стандартного алюмінію (А85)» відсутні пояснення щодо аналізу представлених даних. Автор не представив рекомендацій для подальшого застосування результатів дослідження.
7. Рис. 3.17 не зрозумілим є представлення інформації: ця технологія є результатом роботи автора або загальновідома інформація, яку необхідно було надати в 2 розділі. Автором не наведено що є оригінальним у введенні цинку за цією технологією.
8. Автор не наводить чітких пояснень щодо технології введення цинку в розплав. Не представлено аналіз результатів рис. 3.23. З урахуванням методики визначення властивостей, деякі результати можна вважати на рівні похибки.
9. Автором не представлено суттєвого аналізу і технологічних рішень стосовно удосконалення процесів підготовки шлаків.
10. П.3 загальних висновків є некоректним і потребує уточнення.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

В цілому дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Довбенка Володимира Віталійовича на тему «**Оптимізація технології одержання алюмінію з вторинної сировини**» становить собою самостійну завершену наукову розробку, має теоретичне і прикладне значення. Дисертаційна робота містить одержані автором науково обґрунтовані результати, що в сукупності дозволяють вирішити важливу задачу по створенню нових технологічних процесів отримання сталевих виливків з високими

експлуатаційними властивостями, що має суттєве значення для механічної інженерії, зокрема металургії та матеріалознавства.

Дисертація Довбенка Володимира Віталійовича є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, що має внутрішню єдність, характеризується системністю нових знань щодо об'єктивних законів природи, базується на фундаментальних положеннях сучасної науки і свідчить про особистий внесок автора в науку, містить нові науково обґрунтовані результати, які не викликають сумніву.

Мова та стиль дисертації відповідають вимогам до науково-технічних текстів та публікацій.

Відмічені недоліки роботи не мають вирішального значення щодо формулювання наукової новизни та оцінки дисертації в цілому.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Довбенко Володимир Віталійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 136 Металургія.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри ливарного виробництва,
Навчально-науковий інститут
матеріалознавства та зварювання
ім. Є.О. Патона,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

