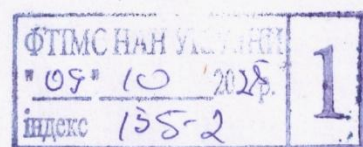


ВІДГУК

офіційного опонента Скоробагатько Юлії Петрівни
на дисертацію Іванченка Дмитра Вікторовича
«Розробка складу флюсів та технології їх застосування для обробки
алюмінієвих сплавів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата
технічних наук за спеціальністю 05.16.04 – Ливарне виробництво

Актуальність теми дисертації та відповідність роботи спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво

Найбільш актуальним способом впливу на структуру металевого сплаву, коли він перебуває в рідкому стані, є модифікування. Цей процес критично важливий, оскільки він закладає основу для кінцевої мікроструктури, яка формується під час затвердіння. Ефективним модифікатором алюмінієвих сплавів, поряд зі скандієм, стронцієм та лігатурою титан-бор, є цирконій. Традиційно цирконій вводять в алюмінієві сплави у вигляді лігатури Al-Zr, де вміст цирконію зазвичай варіюється від 2 до 12 %. Серед переваг такого введення необхідно відзначити, що весь цирконій з лігатури переходить у сплав, який модифікується, забезпечуючи високу ефективність легування та точність контролю хімічного складу. Ключовою особливістю є форма, в якій цирконій міститься у вихідній лігатурі. У ній цирконій перебуває у вигляді інтерметалідної сполуки Al_3Zr , яка має високу температуру плавлення, що становить 1577°C , тоді як температура плавлення чистого алюмінію складає лише 660°C . Через таку значну різницю в температурі плавлення, частинки Al_3Zr не завжди повністю розчиняються в рідкому алюмінії під час його підготовки. Введення цирконію у складі солей дозволяє одержати кристали інтерметалідів не тільки голкоподібної, а й округлої форми безпосередньо в алюмінієвому сплаві, що зменшує витрати цирконію для отримання необхідних результатів зміцнення у порівнянні з тими, що одержані при використанні лігатури. Обробка сплавів флюсами, що вміщують сполуки ZrF_4 або ZrO_2 , забезпечує введення цирконію в розплав в атомарному стані. Це сприяє активному утворенню великої кількості інтерметалідів, які створюють більшу кількість зародків центрів кристалізації, ніж при введенні цирконію із лігатур. Окремо необхідно зазначити, що одержання лігатури складний, багатостадійний процес, який вимагає використання великої кількості коштовних або небезпечних матеріалів (високочистого металічного кальцію, азотної кислоти) та обладнання (печі електронно-променевого переплаву, високочастотні індукційні печі), тому розробка економічно доцільної технології введення цирконію із проміжних сполук його отримання у ливарні алюмінієві сплави є актуальним дослідницьким завданням.



Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами

Дисертаційна робота є складовою частиною досліджень кафедр «Фізико-хімічні основи технології металів» та «Ливарне виробництво» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», які виконувались у 2002-2025 роках, а саме: «Особливості формування структури і властивостей сплавів алюмінію і міді триботехнічного призначення» (№ держ. реєстрації 0104U000464), «Принципи створення литих бар'єрних матеріалів на основі алюмінію для ємностей зберігання водню» (№ держ. реєстрації 0108U000596) та «Створення литих бар'єрних заготовок для біметалічних та комбінованих балонів зберігання водню» (№ держ. реєстрації 0110U001217) і відповідає пріоритетному напрямку «Нові речовини і матеріали» програми наукових досліджень МОН України. Результати роботи використовуються у діючому науковому проекті: «Розробка легованих та модифікованих литих алюмінієвих сплавів авіаційного призначення», реєстраційний номер – 2025.06/0020, Національного фонду досліджень України.

Ступінь обґрунтованості та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Обґрунтованість та достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій представлених у роботі достатня так як

- базується на комплексному критичному аналізі наявного в літературних та інформаційних джерелах матеріалу за даною проблематикою;

- реалізує класичний підхід до наукового дослідження, який включає в себе постановку мети, визначення завдань дослідження (вступ), аналітичний огляд (перший розділ), опис та розроблення методології проведення експериментів та визначення властивостей алюмінієвих сплавів (другий розділ), термодинамічні розрахунки реакцій взаємодії тетрафториду цирконію та діоксиду цирконію з алюмінієм та легувальними елементами алюмінієвих сплавів, дослідження макроструктури та мікроструктури алюмінію та алюмінієво-магнієвих сплавів, дослідження впливу параметрів експерименту на механічні властивості алюмінієво-магнієвих ливарних сплавів (третій розділ), дослідження мікроструктури алюмінієво-мідних ливарних сплавів, дослідження впливу параметрів експерименту на механічні властивості алюмінієво-мідних ливарних сплавів (четвертий розділ), дослідження мікроструктури алюмінієво-кремнієвих сплавів, дослідження впливу параметрів експерименту на механічні властивості алюмінієво-кремнієвих сплавів та їх зносостійкості (п'ятий розділ);

– представлено якісне узагальнення результатів досліджень і формулювання отриманих висновків.

Науковий зміст, достовірність та обґрунтованість основних положень роботи Іванченка Дмитра Вікторовича «Розробка складу флюсів та технології їх застосування для обробки алюмінієвих сплавів» забезпечується використанням сучасного лабораторного обладнання та устаткування.

Наукові результати дисертації

Під час виконання завдання досліджень здобувачем одержано результати, які мають практичне й науково-технічне значення:

1. Вперше розраховано термодинамічні параметри реакцій тетрафториду та діоксиду цирконію з алюмінієм, магнієм, кремнієм та міддю в широкому температурному інтервалі, які однозначно вказують як на можливість відновлення цирконію із його оксиду та фториду алюмінієм та магнієм так і на утворення інтерметалідної сполуки Al_3Zr . При цьому встановлено, що термодинамічна ймовірність утворення інтерметалідної сполуки Al_3Zr вища за ймовірність відновлення ZrF_4 , ZrO_2 до цирконію;
2. На основі повного факторного експерименту вперше встановлені кількісні залежності, які характеризують вплив кількості діоксиду або тетрафториду цирконію у складі комплексного флюсу, температури та часу витримки на механічні властивості алюмінієвих ливарних сплавів та визначено оптимальні параметри їх обробки сполуками, що містять цирконій;
3. Вперше розроблено систему флюсів, що містять діоксид або тетрафторид цирконію, які призначені для обробки ливарних алюмінієвих сплавів. Встановлено, що цирконій переходить до алюмінієвого розплаву тільки у випадку такого підбору компонентів, який забезпечує мінімальну температуру плавлення флюсової суміші (436...500 °C), та утворення такої сполуки у шлаковому розплаві як Li_2ZrF_6 (Na_2ZrF_6). Вищевказані флюси дозволяють перевести до 65 % цирконію із сполук, що мають у своєму складі у алюмінієвий розплав та забезпечити його зміст у алюмінієвому розплаві не нижче за 1 мас.%;
4. Показано, що механізм зміцнення сплавів системи Al-Mg-Si базується не тільки на подрібненні зерен α -твердого розчину на основі алюмінію, але і на запобіганні появи крихкої фази Mg_5Al_8 зосередженої на границях зерен вищевказаної системи, де в рівновазі з алюмінієвим твердим розчином знаходяться фази α -розчину, Mg_5Al_8 , Mg_2Si , в яких цирконій, утворюючи потрібну сполуку з магнієм та алюмінієм, за складом наближається до інтерметаліду Al_3Zr запобігає появі Mg_5Al_8 .

Практичне значення результатів роботи

На замовлення ДП «Антонов» відпрацьовано технологію насичення ливарних алюмінієво-мідних та алюмінієво-кремнієвих сплавів цирконієм введеним із його тетрафториду у складі комплексного флюсу. В результаті проведених робіт було підписано Акт про передачу технологічних рекомендацій призначених для одержання ливарних сплавів АК7ч та АМ4.5Кд зміцнених цирконієм.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати досліджень дисертації Іванченка Дмитра Вікторовича викладені у 11 опублікованих наукових працях, з них 9 у наукових фахових виданнях України, з них 4 – одноосібні, 2 – що індексуються в міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science, один патент України на корисну модель та 28 тез доповідей в збірниках матеріалів міжнародних та українських конференцій.

Зміст автореферату є ідентичним загальним положенням дисертації та відображає її наукові результати отримані здобувачем.

Апробація результатів дисертації

Матеріали дисертації були представлені та доповідалися на: Міжнародній науково-технічній конференції «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра», (Київ, НТУУ-«КПІ», 8...9 жовтня 2002 року); Міжнародному ливарному конгресі (Київ, ФТІМС, 12...16 травня 2004 року), Міжнародній науково-технічній конференції «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра», (Київ, НТУУ-«КПІ», 24 травня 2011 року), XII Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра. (Київ, НТУУ «КПІ», 15 квітня 2014 р.), XIII Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра (Київ, НТУУ «КПІ», 21 квітня 2015 р.), XIV Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра (Київ, НТУУ «КПІ», 19 квітня 2016 р.), XV Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра (Київ, НТУУ «КПІ», 11 квітня 2017 р.), XVI Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра (Київ, НТУУ «КПІ», 17 квітня 2018 р.), XVII Всеукраїнській науково-практичній конференції Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра (Київ, НТУУ «КПІ», 23 квітня 2019 р.), VI Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, НТУУ «КПІ», 20-21 травня 2014 р.), VII Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, НТУУ «КПІ», 21...22 травня 2015 р.), VIII

Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, НТУУ «КПІ», 30...31 травня 2016 р.), IX Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, НТУУ «КПІ», 30...31 травня 2017 р.), XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, НТУУ «КПІ», 28...29 квітня 2021), XV Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 27...28 квітня 2023 р.), XVI Міжнародній науково-технічній конференції «Нові матеріали і технології в машинобудуванні» (Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 25...26 квітня 2024 р.), XVII Міжнародній науково-технічній конференції «Неметалеві вкраплення і гази у ливарних сплавах» (26...27 листопада 2024 р.), XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Литво. Металургія. 2025» (27...29 травня 2025 р.), наукових семінарах кафедри 2 лютого 2008 року, 29 червня 2011 року, 25 січня 2012 року, 21 квітня 2014, розширених наукових семінарах кафедри 14 травня 2015 року, 24 червня 2020 року, 27 червня 2024 року та науковому семінарі ФТІМС НАН України 10 квітня 2025 року з тем, що охоплюють зміцнення ливарних алюмінієвих сплавів сполуками, що вміщують цирконій.

Зауваження по дисертаційній роботі

За дисертаційною роботою можна зробити наступні зауваження:

1 «Перелік скорочень, умовних позначень, одиниць і термінів» не містить усіх елементів, що зустрічаються у тексті роботи.

2 Методика проведення досліджень містить не в одному розділі 2 «Методика досліджень», а й у інших експериментальних розділах.

3 Температуру варто вказувати в одній одиниці вимірювання.

4 У розділі 2 зазначено, що були проведені дослідження з використанням магнітодинамічної установки МДН-6А по модифікуванню алюмінієвого сплаву АК7ч флюсом на основі фториду цирконію, але результати цих досліджень в даній роботі не представлені.

5 На стор. 83 аналізується макроструктура алюмінієво-магнієвого сплаву АМг10, але подальші дослідження проводяться для іншої марки сплаву АМг11. Оскільки ці сплави не тотожні, тому отримані результати по сплаву АМг10 не розповсюджуються на сплав АМг11.

6 Кількість рисунків поверхонь, що отримані на основі рівнянь регресійного аналізу, варто скоротити, так як не всі вони містять точки екстремуму, тому не завжди інформативні.

7 Варто використовувати не позначення «модельний сплав Al-5%Cu», а, наприклад, його американський стандарт ASTM – сплав A02950.

8 Оскільки температури плавлення сплавів системи Al-Cu досягають 900 °С, а це істотно перевищує типові температури для одержання алюмінієвих

сплавів, тому процес плавлення при цих температурах в даному випадку є недоцільним.

9 В сплавах системи Al-Cu не доречним є заміна таких легуючих елементів як Ni, Ti, Cd, Ce комплексним флюсом із тетрафториду цирконію, оскільки механізм впливу даних елементів на сплав різний.

10 В роботі не показано чи є екологічно безпечно використання такого флюсу.

Зроблені зауваження не знижують цінності досягнутих результатів, наукового та практичного рівня дисертаційної роботи.

Рекомендації щодо подальшого використання результатів роботи

Результати дисертаційної роботи Іванченка Дмитра Вікторовича можуть бути рекомендовані працівникам ливарних цехів профільних підприємств з виробництва алюмінієвих сплавів, а також виливків з них загальномашинобудівного призначення, аспірантам і докторантам зі спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво, науковцям, а також викладачам коледжів та вищих навчальних закладів для використання у навчальному процесі при викладанні відповідних розділів лекційних курсів.

Оцінка мови, стилю й оформлення дисертації

Дисертація написана державною добротною технічною мовою.

Стиль дисертації забезпечує доступність і легкість сприйняття викладених в ній матеріалів досліджень, наукових положень, висновків, розробок, рекомендацій тощо.

Дисертація та автореферат оформлені відповідно до вимог щодо кандидатських дисертацій.

Відповідність змісту дисертації спеціальності

Дисертаційна робота Іванченка Дмитра Вікторовича на тему «Розробка складу флюсів та технології їх застосування для обробки алюмінієвих сплавів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.16.04 – Ливарне виробництво.

Висновок про відповідність дисертації встановленим вимогам

Дисертація Іванченка Дмитра Вікторовича є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, робота структурована, системність роботи дотримана. Дисертація містить нові науково обґрунтовані результати. Отримані у дисертаційній роботі результати вирішують науково-технічну проблему насичення ливарних алюмінієвих сплавів цирконієм, введеним із проміжних продуктів його отримання. Встановлено основні технологічні параметри обробки алюмінієвих сплавів хімічними сполуками цирконію та запропоновано технологічні рекомендації обробки широкого спектру алюмінієвих сплавів флюсами, що містять у своєму складі тетрафторид та/або діоксид цирконію.

Зроблені зауваження та побажання не мають принципового характеру до суті дисертації і не знижують її загальної позитивної оцінки.

Наукові положення дисертації, висновки та рекомендації є достовірними та відповідають об'єктивній дійсності.

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

Зміст автореферату повністю відповідає тексту дисертації, а основні наукові положення, що містяться в них, ідентичні.

Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 567 від 24 липня 2013 року, а також іншим вимогам МОН України щодо кандидатських дисертацій, є закінченою кваліфікаційною науковою роботою, а її автор, Іванченко Дмитро Вікторович, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.04 -Ливарне виробництво.

Офіційний опонент:

кандидат технічних наук,
старший дослідник,
старший науковий співробітник
відділу магнітної гідродинаміки,
Фізико-технологічного інституту
металів та сплавів НАН України

Юлія СКОРОБАГАТЬКО

Лізія Скоробагатська
засвідчує:
вчений секретар
ІТІМС НАН



Володимир Лохинко