

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
д.т.н., проф. Тамарі МАНЬКО

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Давидюк Анжели Вікторівни

**«Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та
властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів»**

на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю

132 - Матеріалознавство (галузь знань: 13 - Механічна інженерія)

Актуальність теми

Одним із пріоритетних напрямів розвитку в авіаційній та ракетно-космічній галузях, є створення конструкційних матеріалів із поєднанням високих механічних і технологічних властивостей. Постійне зростання експлуатаційних навантажень, вимог до надійності, довговічності й масогабаритних показників авіаційних і космічних виробів обумовлює потребу в матеріалах нового покоління, які б забезпечували максимальну ефективність при мінімальній масі конструкцій.

У цьому контексті особливе значення мають алюмінієві сплави, що, завдяки своїй невеликій густині, високій питомій міцності, корозійній стійкості та добрій технологічності, широко застосовуються в авіабудуванні, ракетній техніці, а також у суміжних галузях.

Однак ключовими обмеженнями алюмінієвих сплавів залишаються їх порівняно низька температура плавлення, недостатня жароміцність і обмежена експлуатаційна стабільність при високих температурах, що суттєво ускладнює їх застосування в умовах інтенсивного термонавантаження, характерного для авіаційної та ракетно-космічної техніки. Це актуалізує проведення комплексних досліджень, спрямованих на модифікування алюмінієвих сплавів, для покращення їх властивостей.

Дисертаційна робота Давидюк Анжели Вікторівни на тему «Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів» спрямована на вирішення цього завдання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, та їхня достовірність

Текст дисертаційної роботи викладений логічно та у відповідності до поставленої мети та задач дисертаційного дослідження. Метою представленої роботи є підвищення технологічних і механічних властивостей ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів систем Al–Si, Al–Mg–Sc для виготовлення виробів ракетно-космічної техніки, на основі встановлених закономірностей формування структури і властивостей сплавів при модифікуванні нанодисперсними комплексами. Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені та вирішені такі наукові та прикладні задачі: провести аналіз сучасних способів підвищення якості та властивостей ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів; обґрунтувати вибір способу введення комплексного нанодисперсного модифікатора; визначити механізми зміцнення алюмінієвих сплавів АК9ч, АЛ4С і 1545, модифікованих нанодисперсними композиціями; встановити вплив комплексних модифікаторів на технологічні та механічні властивості досліджуваних сплавів; розробити технологічні параметри модифікування сплавів АК9ч, АЛ4С та 1545; провести дослідно-промислове опробування розробленої технології модифікування алюмінієвих сплавів.

Об'єкт дослідження є процеси формування структури та властивостей ливарних алюмінієвих сплавів системи Al–Si та деформованих алюмінієвих сплавів системи Al–Mg–Sc при модифікуванні.

Предмет дослідження є закономірності формування структури, підвищення технологічних, механічних властивостей алюмінієвих ливарних сплавів АК9ч, АЛ4С та деформованого сплаву марки 1545 при модифікуванні нанодисперсними композиціями.

Підтвердженням достовірності наукових положень і висновків, викладених у дисертаційній роботі забезпечується використанням комплексу сучасних

експериментальних методів, зокрема оптичну мікроскопію, стереометричну металографію та спектральний аналіз. Експериментальні дані були піддані статистичній обробці в середовищі Microsoft Office із використанням функціоналу Microsoft Excel.

Висока точність експериментальних результатів підтверджується промисловою апробацією на Державному підприємстві «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова».

При написанні дисертації автором проаналізовано достатню кількість науково-технічних джерел (107 найменувань).

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи є достатньо обґрунтованими та достовірними, що підтверджується логічною структурою викладення, використанням сучасних експериментальних методів дослідження, статистичною обробкою результатів та промисловою апробацією запропонованої технології.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступні:

Наукова новизна дисертаційної роботи Давидюк А.В. не викликає сумнівів і підтверджується рядом вперше отриманих результатів, які мають вагоме значення для теорії та практики модифікування алюмінієвих сплавів. Авторка запропонувала нові підходи впливу на структуру та властивості сплавів через введення нанодисперсних модифікаторів, що дозволяє суттєво покращити їх механічні та технологічні характеристики. Здобуті результати є актуальними, теоретично обґрунтованими й експериментально підтвердженими. Робота має значний потенціал для подальших наукових розробок і впровадження в галузі матеріалознавства.

Представлена дисертаційна робота вирізняється високим рівнем наукової новизни, підтвердженої вперше отриманими результатами, що мають важливе значення для подальшого розвитку технологій зміцнення алюмінієвих сплавів. Наукові положення є обґрунтованими, новими та заслуговують на позитивну оцінку.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Практичні результати дисертаційного дослідження мають важливе значення для сучасної технології модифікування алюмінієвих ливарних та деформованих сплавів і знайшли реальне впровадження у виробничу діяльність. Автором розроблено новий спосіб обробки сплавів за допомогою комплексного наномодифікатора з розміром часток 50–100 нм, що дозволяє істотно покращити структурні характеристики матеріалу. Запропонований технологічний підхід захищено патентом України на корисну модель № 157286, С22С 1/06 (2006.01) «Спосіб одержання виливків з силумінів», що свідчить про його новизну та технічну ефективність.

Розроблені технологічні параметри модифікування із застосуванням термочасової обробки розплаву при 750 °С протягом 10 хвилин. На основі результатів дослідження розроблені «Технологічна інструкція ТІ № 102.25210.00377 з приготування алюмінієвого сплаву АЛ4, модифікованого комплексним наномодифікатором на основі силіциду магнію та карбіду кремнію» (від 11.06.2024) та «Технологічна інструкція ТІ № 102.25210.00376 з приготування алюмінієвого сплаву 1545 системи Al-Mg-Sc, модифікованого комплексним наномодифікатором на основі силіциду магнію та карбіду кремнію» (від 11.06.2024), які впроваджені у ливарному виробництві Державного підприємства «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова». Отримано дослідно-промислові партії виливків модифікованих сплавів АК9ч, АЛ4С та 1545 з високим комплексом механічних та технологічних властивостей. Результати роботи впроваджені при отриманні ливарних алюмінієвих сплавів АК9ч, АЛ4С та деформованого сплаву 1545 у промислових умовах Державного підприємства «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова» (акт від 04.02.2025 р.).

Матеріали дисертації також впроваджено в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара для підготовки фахівців за спеціальністю 132 «Матеріалознавство», що підтверджує освітню і методичну значущість отриманих результатів.

Отже, результати дисертаційної роботи мають високу практичну значущість та можуть бути використані у литті алюмінієвих сплавів, у підвищенні ефективності термічної обробки, а також у підготовці майбутніх фахівців з матеріалознавства.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Усі наукові результати, представлені в дисертаційній роботі, здобувачкою отримано самостійно. Основні положення дисертації викладено у 21 науковій публікації, зокрема: 1 стаття опублікована у виданні, що індексується в наукометричній базі Scopus; 10 статей – у фахових наукових виданнях України; 9 тез доповідей – у матеріалах вітчизняних і міжнародних наукових конференцій; також зареєстровано 1 патент України на корисну модель.

Основні результати дослідження були оприлюднені на таких наукових заходах: Міжнародні молодіжні науково-практичні конференції «Людина і Космос» (Дніпро, 2016, 2019, 2022–2024 рр.); Міжнародний форум студентів, аспірантів і молодих вчених (Дніпро, 2017 р.); Міжнародна конференція «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід» (Дніпро–Відень, 2017 р.); конференція «Дніпровська орбіта» (Дніпро, 2016 р.); наукова конференція «Актуальні напрямки матеріалознавства: збільшення ресурсу конструкцій на основі конвергенції сучасних технологій обробки матеріалів» (Харків, 2020 р.); конференція «Виклики та проблеми сучасної науки» (Дніпро, 2023 р.).

Матеріал дисертаційної роботи викладено логічно, з дотриманням принципів наукової послідовності. Структура дослідження чітко побудована, її розділи взаємопов'язані й повною мірою розкривають поставлену мету.

Академічна доброчесність

У процесі ознайомлення з дисертаційною роботою та аналізу опублікованих матеріалів, у яких висвітлено результати досліджень Давидюк А.В., порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

Оцінка змісту дисертації в цілому

Робота виконана відповідно до чинних вимог до оформлення дисертаційних досліджень, відзначається професійним викладом матеріалу, системністю й науковою логікою. Дослідження структуровано відповідно до мети й задач, отримані результати мають достатню обґрунтованість, достовірність і комплексну аргументацію.

Структурно робота включає анотацію, вступ, п'ять розділів основної частини, висновки, список використаних джерел та п'ять додатків на 19 сторінках, що містять 2 таблиці. У тексті представлено 30 таблиць і 43 рисунка. Список літератури охоплює 107 найменувань.

Загалом дисертаційне дослідження здійснено на належному науково-теоретичному рівні. Принципових зауважень щодо змісту роботи немає.

Зауваження до тексту дисертації:

1. Дещо незрозумілим виглядає загальна архітектура побудови тексту дисертації. Зокрема, на мій погляд, більша частина розділу 3 мала б бути включена в склад методичного розділу 2. Те ж зауваження відноситься до тексту, наведеному на стр. 74 відносно методики визначення властивостей сплавів до утворення гарячих тріщин, в якому, до того ж, абсолютно незрозумілим видається функція використаних забарвлених фарбою металевих стрижнів (потребує графічного пояснення).

2. На стр. 71 дисертації запропонована модель кристалізації α -Al-твердого розчину на модифікуючих наночастинках силіциду магнію та карбіду кремнію, однак в тексті роботи не надано будь-якого фізико-хімічного обґрунтування запропонованої моделі.

3. Практично на всіх рисунках в тексті дисертаційної роботи, що відображають структуру отриманих сплавів, збільшення фото мікроструктури наведено у вигляді числового значення ($\times 200$, $\times 500$, тощо), що значно ускладнює сприйняття наведених даних. Суттєво більш інформативним є застосування представлення збільшення мікроструктури у формі мірної лінійки на фоні мікрофото.

4. Дещо некоректним виглядає висновок 1 до розділу 5, а саме:

"Введення в алюмінієві розплави нано дисперсних порошків силіциду магнію і карбіду кремнію у вигляді таблеток при ваговому співвідношенні порошків $\text{SiC}+\text{Mg}_2\text{Si}=1:3$ дозволяє полегшити розрахунки необхідної кількості модифікатора в процесі плавки..."

Не зрозуміло, яким чином введення дисперсних порошків в розплав може полегшити розрахунки необхідної кількості модифікатора?

5. На стр. 90 дисертанка відзначає, що "В ході досліджень проводили гарячу деформацію заготовок". Але ні схема напружено-деформованого стану процесу, ні температурно-деформаційні режими деформації, на жаль, в тексті роботи не наведені, що обмежує інформативність представлених результатів.

6. В дисертаційній роботі (стр. 103) не наведено обґрунтування вибору температурних інтервалів старіння, в яких проведено дослідження.

7. Відзначається деяка невідповідність між даними про руйнування зварного шва модифікованого сплаву - 65 діб (табл. 5.11) та аналогічними даними в тексті - 70 діб (стор. 126).

8. На рис. 1.1-1.5 не наведені посилання на джерела інформації (вочевидь, ці рисунки не є оригінальними результатами авторки роботи).

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Давидюк Анжели Вікторівни на тему «Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів» повністю відповідає напрямку спеціальності 132 - Матеріалознавство. Представлене дослідження є завершеною науковою працею, у якій вирішується актуальна науково-практична задача, пов'язана з підвищенням фізико-механічних, технологічних та корозійних характеристик алюмінієвих сплавів. Це досягається шляхом визначення та обґрунтування закономірностей формування структури сплавів під впливом модифікування нанодисперсними композиціями.

З огляду на актуальність тематики, обсяг і якість проведених досліджень, наукову новизну, практичну значущість, а також достовірність і обґрунтованість основних результатів, представлених до захисту, дисертаційна робота відповідає встановленим вимогам "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, може бути оцінена позитивно, а її автор, Давидюк Анжела Вікторівна, заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 - Матеріалознавство.

Офіційний опонент:

директор Інституту проблем матеріалознавства

ім. І.М. Францевича НАН України,

доктор технічних наук, професор,

член-кореспондент НАН України



Геннадій БАГЛЮК