

Голові разової спеціалізованої вченої ради
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
доктору технічних наук, професору
кафедри ракетно-космічних та інноваційних
технологій
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара
МАНЬКО Тамарі Антонівні

ВІДГУК

офіційного опонента **МІТЯЄВА Олександра Анатолійовича**,
доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри композиційних матеріалів, хімії та технологій
Національного університету «Запорізька політехніка»
на дисертаційну роботу

ДАВИДЮК Анжели Вікторівни

**«Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та
властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів»,**
подану на здобуття ступеня доктора філософії
у галузі знань 13 «Механічна інженерія»
за спеціальністю 132 «Матеріалознавство»

Актуальність теми

Забезпечення високого комплексу фізико-механічних властивостей для алюмінієвих сплавів є актуальною проблемою сучасного виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Алюмінієві сплави використовуються у виробках відповідального призначення в ракетно-космічній техніці, завдяки малій питомій вазі, високій технологічності та корозійній стійкості. Впровадження нових матеріалів для застосування в галузі пов'язане з доволі довгою та витратною процедурою сертифікації. Тому на сьогодні, основною тенденцією удосконалення

службових характеристик алюмінієвих сплавів є модифікування існуючих сплавів.

За прогнозами аналітиків зараз відбувається нова науково-технічна революція – НАНОРЕВОЛЮЦІЯ, ринок продукції якої, на сьогодні, перевищує 1 трлн. дол. США. Вона впливає на всі області науки, виробництва, національної безпеки та оборони, медицини, побуту, відпочинку та розваг. Наслідки нанореволюції вважаються більш значущими та глибинними у порівнянні з комп'ютерною революцією кінця ХХ сторіччя.

Модифікування наноматеріалами вивчене недостатньо, хоча наявні розробки і попередні дослідження інших учених свідчать про надзвичайну перспективність методу. У зв'язку з цим, робота ДАВИДЮК А.В., що присвячена вивченню впливу модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів, є актуальною та своєчасною.

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

Наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані у дисертації, відповідають вимогам до такого виду досліджень. Високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, сформульованих у дисертації, забезпечені:

- професійним вирішенням здобувачем низки наукових завдань, що сприяло реалізації поставленої мети дослідження, та логічної будови структурної схеми дослідження визначеній меті: кожен наступний розділ дисертації чи підрозділ органічно пов'язаний з попереднім і доповнює його;
- використанням достатньо великого переліку науково-технічних джерел за темою дисертації;
- предметною спрямованістю дисертаційного дослідження паспорту спеціальності 132 – «Матеріалознавство»;

- достатньо широкою апробацією отриманих результатів на науково-практичних конференціях, у тому числі міжнародних.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність результатів досліджень підтверджується достатньою кількістю проведених експериментальних досліджень з використанням металографічного, рентгеноструктурного, фрактографічного аналізів, високу точність яких забезпечено використанням стандартизованого та сертифікованого обладнання Державного підприємства «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова» та Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. Висока точність експериментальних результатів підтверджується промисловою апробацією на Державному підприємстві «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова».

Достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій, що представлені у дисертаційній роботі, узгоджуються та не суперечать існуючим теоретичним уявленням в галузі матеріалознавства алюмінієвих сплавів.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступні:

Після ознайомлення зі змістом дисертації, а також основними публікаціями здобувачки ДАВИДЮК А.В. можна визнати, що мету дослідження досягнуто. Це відображено в основних положеннях роботи, які були сформульовані автором особисто й характеризуються певною науковою новизною. Опонент погоджується з наступною редакцією наукової новизни.

1. **Вперше встановлено**, що модифікування розплавів алюмінієвих сплавів систем Al–Si та Al–Mg–Sc нанодисперсними композиціями на основі силіциду магнію Mg_2Si та карбіду кремнію SiC забезпечує значне зменшення розміру зерна від 280 до 110 мкм, з 200 до 100 мкм (у 2,0...2,5 рази) та

підвищення міцнісних властивостей алюмінієвих ливарних сплавів марки АЛ4(АК9ч), АЛ4С та деформованого сплаву марки 1545.

2. **Вперше запропонований** механізм зміцнення алюмінієвих сплавів при модифікуванні комплексним модифікатором нанодисперсним карбідом кремнію модифікації β -SiC, що полягає у зеренному зміцненні при значному вкладі дисперсійного зміцнення, обумовленого впливом нерозчинних тугоплавких частинок модифікатора.

3. **Доведено**, що при модифікуванні алюмінієвих сплавів систем Al-Si і Al-Mg-Sc розробленою нанодисперсною композицією, досягається рівномірний розподіл зміцнювальних фаз, що сприяє підвищенню комплексу механічних властивостей.

4. **Вперше встановлено** механізм впливу нанодисперсного модифікатора Mg_2Si і SiC на механічні та технологічні властивості алюмінієвих ливарних сплавів АК9ч, АЛ4С та деформованого сплаву 1545, що полягає у зеренному зміцненні при значному вкладі дисперсійного зміцнення.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Наукове значення роботи полягає у встановленні залежностей процесів структуроутворення ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів та забезпечення певного рівня їхніх властивостей під впливом модифікування нанодисперсними композиціями.

Практична цінність дисертаційної роботи полягає в наступному:

1. Розроблено спосіб обробки ливарних алюмінієвих сплавів комплексним модифікатором з розміром часток 50...100 нм, на основі нанодисперсних порошків. Розроблений спосіб захищено патентом України на корисну модель № 157286, С22С 1/06 (2006.01) «Спосіб одержання виливків з силумінів».

2. Надано рекомендації щодо технологічних параметрів модифікування сплавів з введенням операції термочасової обробки розплаву при температурі 750 °C на протязі 10 хвилин.

3. 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.).

4. Удосконалено режим термозміцнювальної обробки заготовок зі сплавів АК9ч, АЛ4С, модифікованих комплексним модифікатором Mg_2Si і SiC , який відрізняється від існуючого зменшенням часу витримки деталей при температурі загартування та скороченням часу старіння.

5. Матеріали дисертації впроваджено у навчальний процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (акт від 28.02.2025) при вивченні дисциплін «Технологія обробки спеціальних матеріалів», «Корозія сплавів авіаційно-космічної техніки», «Наноматеріали і нанотехнології», «Математичне моделювання та оптимізація технологічних процесів і матеріалів» при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 132 – «Матеріалознавство».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Усі наукові результати дисертації одержано автором самостійно. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 21 наукових роботах: 1 стаття у виданні, що індексується у наукометричній базі Scopus, 10 статей у наукових фахових виданнях України, 9 тез доповідей в матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій, 1 патент України на корисну модель.

Матеріал у роботі викладено логічно, розділи взаємопов'язані і повністю розкривають поставлену в роботі мету.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертація являє собою завершену кваліфікаційну роботу, у якій розв'язана важлива та актуальна науково-прикладна задача підвищення комплексу властивостей ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів, що використовуються для виготовлення відповідальних виробів ракетно-космічної техніки, з застосуванням модифікування нанодисперсними комплексами.

Дисертаційна робота оформлена згідно з вимогами, викладена професійно та кваліфіковано. Матеріали досліджень логічно систематизовані, відповідають поставленій проблематиці. Отримані результати є достовірними, висновки достатньо аргументованими і повними.

Дисертація загальним обсягом 161 сторінка складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 5 додатків на 19 сторінках, які містять 2 таблиці. Дисертаційна робота містить 30 таблиць, 43 рисунка, список використаних джерел із 107 найменувань.

До дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. У таблиці 1.3 (стор. 35) значення показників, що розміщено у останній колонці, котра має назву «Скорочення витрати пального, кг/км», потребують додаткових пояснень, у зв'язку з дуже високим рівнем.
2. За текстом дисертації при описанні рисунку 1.1 (стор. 38) йде розгляд процесів, що відбуваються в області точки Е, котра на рисунку 1.1 відсутня. Також на цій сторінці зустрічаються повтори одного речення та окремих слів.
3. На сторінці 44 цитата з тексту: «Евтектичні спеціальні силуміни (АЛ25, АЛ30), маючи хороші ливарні властивості, відрізняються вищою жароміцністю, оскільки містять добавку 12% Ni...». У той же час, за даними ДСТУ 2839-94 вміст нікелю у цих сплавах не перевищує 0,8...1,3%.
4. У висновках до Розділу 1 останній абзац (стор. 54) та наступний (стор. 55) не стосуються матеріалу, котрий розглянуто у Розділі 1.
5. У Розділі 2 (стор. 56) вказано, що вміст елементів визначали методом спектрального та хімічного аналізів, но не наведено характеристики та маркування цього обладнання.
6. З підрозділу «2.2. Склад запропонованого наномодифікатора» (стор. 58) не зрозуміло на підставі чого, до складу наномодифікатора були включені саме обрані компоненти та саме у такій кількості.
7. На стор. 70 потребує додаткового пояснення наступне речення: «Введення в ливарні алюмінієві сплави АК9ч та АЛ4С комплексного модифікатора вимагає виключення або обмеження складу наявних у сплавах мікролегуючих добавок титану, сурьми та цирконію». Якщо це робити, то сплави виходять із нормативів ДСТУ 2839-94 та будуть потребувати додаткової сертифікації.
8. Сміслові навантаження рисунку 3.1 (стор. 71) потребує додаткового пояснення, у зв'язку з незрозумілим впливом наномодифікатора на границю міцності сплаву АК9ч, а також і режим термочасового оброблення розплаву, що описаний на сторінці 72.

9. Рисунок 4.3 (стор. 81) повторює рисунок 4.1 (стор. 77), також є повторювання зображень структур на рисунках 4.6 (стор. 82) та рисунку 4.13 (стор. 91). Потребує уваги рисунок 5.3 (стор. 108), так як рисунок 5.3а співпадає з рисунком 5.3б. Необхідно навести структури, що відповідають описанню за текстом роботи.

10. При описанні рисунку 4.5 (стор. 82) мова йде про «простори на границях між дендритами та евтектикою, очевидно, збагачені магнієм та міддю». Для встановлення дійсності потрібно було провести рентгеноспектральний аналіз цих ділянок.

11. У пункті 5.4 (стор. 110) мова йде про зварюваність сплаву 1545. Відомо, що спосіб зварювання та режими, на яких воно проводилось, значно впливають на кінцевий результат. Хотілося б уточнити цей момент.

12. За текстом дисертації відсутні посилання на додатки, а також зустрічаються окремі орфографічні, синтаксичні та граматичні помилки.

Слід відмітити, що вказані недоліки не зменшують наукової цінності виконаних досліджень, робота по сукупності рішень має велику наукову і практичну цінність.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота ДАВИДЮК Анжели Вікторівни «Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів», за своїм змістом відповідає спеціальності 132 – «Матеріалознавство». Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, що розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка вирішується в роботі – підвищення фізико-механічних, технологічних і корозійних властивостей ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів на основі встановлених закономірностей формування структури в результаті модифікування нанодисперсними композиціями.

За актуальністю теми, обсягом і рівнем виконаних досліджень, науковою новизною, практичною цінністю, достовірністю і обґрунтованістю основних положень, які виносяться на захист, дисертаційна робота відповідає 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, а її автор заслуговує на присудження ступеня **доктора філософії** за спеціальністю **132 – «Матеріалознавство»**.

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри «Композиційні матеріали,

хімія та технології» Національного університету

«Запорізька політехніка»



Олександр МІТЯЄВ

Підпис О.А. Мітяєва засвідчую:

Учений секретар

НУ «Запорізька політехніка»



Віктор КУЗЬМІН