

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Дніпровського національного університету  
імені Олеся Гончара

---

## **ВІДГУК**

офіційного опонента

на дисертацію Давидюк Анжели Вікторівни на тему «Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів» на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – Механічна інженерія за спеціальністю 132 – Матеріалознавство

### **1. Актуальність теми дисертаційного дослідження**

Тема дисертаційної роботи є безперечно актуальною, оскільки спрямована на встановлення закономірностей структуроутворення та формування властивостей алюмінієвих сплавів систем Al–Si–Mg та Al–Mg–Sc під впливом модифікування нанодисперсним комплексом  $Mg_2Si+SiC$ , що має важливе значення для підвищення їх технологічного рівня та придатності до серійного виробництва відповідальних конструкцій авіаційної й ракетно-космічної техніки.

Актуальність обраного напрямку дослідження підсилюється зростаючими вимогами до надійності, питомої міцності та довговічності конструкцій, особливо при дії агресивних середовищ, за умов сучасних викликів для ефективного функціонування економіки України, зокрема у зв'язку з відсутністю власного виробництва первинного алюмінію та високоякісних деформованих алюмінієвих сплавів. Це значно ускладнює задоволення потреб стратегічно важливих галузей промисловості та вимагає розвитку науково обґрунтованих підходів до вдосконалення існуючих матеріалів.

### **2. Структура дисертаційної роботи:**

Представлені Анотації українською та англійською мовами, Вступ, 5 розділів, Висновки та 5 Додатків.

У вступі дисертаційної роботи здобувачка обґрунтовує актуальність обраної теми наукових досліджень, подає стислий огляд сучасного стану проблеми за матеріалами літературних джерел, визначає зв'язок роботи з науковими програмами, планами та науковою тематикою університету і кафедри. Також сформульовано наукову новизну та відображене практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про апробацію матеріалів дисертації та публікації автора з визначенням особистого внеску у проведені дослідження.

**У першому розділі** розглянуто сучасні підходи до підвищення властивостей алюмінієвих сплавів. Здобувачка обґрунтувала перспективність використання тугоплавких нанодисперсних композицій для модифікування ливарних алюмінієвих сплавів системи Al-Si та деформованих алюмінієвих сплавів системи Al-Mg-Sc з метою покращення їх міцнісних характеристик. Проаналізовано існуючі типи модифікаторів, їх особливості взаємодії з розплавом, при цьому найбільшу увагу приділено нанодисперсним композиціям. На основі проведеного аналітичного огляду встановлено актуальність проблеми підвищення механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів, що є особливо важливим для деталей ракетних і авіаційних двигунів, які зазнають дії агресивного середовища при високих температурах. Визначено цілі, напрями та основні завдання проведеного дослідження.

**У другому розділі** дисертаційної роботи описано методи, залучені для дослідження мікроструктури, фазового складу та механічних і технологічних властивостей ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів. Обґрунтовано доцільність використання комплексу представлених методів. Дослідження виконано згідно з чинними стандартами із застосуванням обладнання, що пройшло держпівірку. Вивчення технологічних властивостей і оцінювання поведінки матеріалів в умовах агресивних середовищ здійснено відповідно до встановлених стандартів і технічних умов.

**У третьому розділі** обґрунтовано склад комплексного нанодисперсного модифікатора на основі силіциду магнію та карбіду кремнію для обробки ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів систем Al-Si та Al-Mg-Sc. На рівні гіпотези запропонований механізм модифікування, який на думку автора полягає у створенні додаткових центрів кристалізації при введенні до розплаву наночастинок із кристалографічною та розмірною відповідністю до алюмінієвої матриці. В результаті, подрібнюється зерно, відбувається більш рівномірний розподіл фаз, зменшується мікропористість. Запропоновано технологічний процес модифікування за допомогою таблетованих композицій, який має забезпечувати однорідність структури та поліпшення механічних властивостей сплавів. Ця технічна пропозиція захищена Патентом України.

**У четвертому розділі** надано результати експериментальних досліджень щодо визначення технологічних властивостей і структури модифікованих алюмінієвих сплавів. Встановлено, що модифікування сплавів АК9ч та АЛ4С комплексним таблетованим нанодисперсним модифікатором призводить до підвищення рідинотекучості відповідно на 8 % та 3,5 %, зменшення газоутворення, зниження балу пористості та підвищення щільності виливків. В результаті модифікування розмір зерна у сплаві АК9ч зменшено з 280 до 110 мкм, що суттєво підвищило його міцнісні характеристики.



Для сплаву 1545, після модифікування та термічної обробки, досягнуто рівномірне подрібнення зеренної структури з 200 до 100 мкм, що забезпечує суттєве зміцнення деформованих заготовок.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи розроблено технології модифікування та термозміцнювальної обробки алюмінієвих сплавів з підвищеними механічними, технологічними та експлуатаційними характеристиками. Запропоноване авторкою введення нанодисперсних порошків силіциду магнію і карбіду кремнію у вигляді таблеток у ваговому співвідношенні 1:3 спрощує технологічний процес модифікування та не потребує додаткового ливарного оснащення.

Таке модифікування зумовило усунення ливарних дефектів та подрібнення структури сплавів АК9ч і АЛ4С. Розроблені режими термозміцнювальної обробки сприяли зростанню міцнісних характеристик за рахунок оптимізації процесів загартування і двоступеневого старіння зі скороченням тривалості обробки деталей з 23 до 9 годин, що суттєво підвищує продуктивність виробництва.

У роботі також встановлений позитивний вплив модифікування на корозійну стійкість сплавів.

### **3. Обґрунтованість та достовірність результатів**

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- узгодженістю отриманих основних результатів і висновків з даними значної кількості джерел інформації щодо хімічного складу, структури, властивостей алюмінієвих сплавів, що використовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці, методів їх підвищення, зокрема – їх модифікуванням, що дозволило авторці визначити науково-прикладну задачу отримання ливарних та деформованих алюмінієвих сплавів зі стабільними підвищеними властивостями, обґрунтувати актуальність дослідження, сформулювати мету дослідження;
- використанням сучасних методів досліджень з використанням повіреного обладнання;
- використанням сучасних підходів до статистичної обробки експериментальних даних та позитивними результатами дослідно-промислових випробувань на Державному підприємстві «Виробниче об'єднання Південно машинобудівний завод імені О. М. Макарова».

### **4. Новизна наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі**

Можна погодитися з формулюванням наукової новизни, запропонованої авторкою роботи.

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає у низці результатів, що істотно доповнюють існуючі уявлення про закономірності структуроутворення та механізми зміцнення алюмінієвих сплавів при модифікуванні нанодисперсними композиціями.

Особливо суттєвим уявляється досягнення авторки щодо підтвердження механізму модифікування алюмінієвих сплавів систем Al–Si–Mg та Al–Mg–Sc комплексними таблетованими нанодисперсними модифікаторами на основі силіциду магнію ( $Mg_2Si$ ) та карбіду кремнію ( $SiC$ ), що забезпечує суттєве підвищення їх властивостей.

## 5. Значущість дослідження для науки і практики

У дисертаційній роботі здобувачкою отримано низку значущих науково-практичних результатів, що свідчать про високий рівень проведених досліджень та їхню прикладну цінність. Важливим уявляється ефективний спосіб модифікування ливарних алюмінієвих сплавів з використанням нанодисперсного таблетованого комплексного модифікатора з розміром частинок 50–100 нм (Патент України № 157286). Обґрунтовано та експериментально підтверджено технологічні параметри модифікування, що включають введення операції термочасової обробки розплаву при температурі 750 °C протягом 10 хвилин.

На основі проведених досліджень розроблено та впроваджено у виробничу практику технологічні інструкції модифікування сплавів АЛ4 та 1545, модифікованих за допомогою таблетованого наноконкомплексу на основі силіциду магнію та карбіду кремнію. Вказані інструкції впроваджено на ДП «ВО Південний машинобудівний завод ім. О. М. Макарова» при виготовленні дослідно-промислові партій виливків зі сплавів АК9ч, АЛ4С та 1545 з підвищеними та стабільними механічними та технологічними характеристиками.

Також удосконалено режим термозміцнювальної обробки модифікованих сплавів, що дозволило скоротити час витримки при загартуванні та істотно зменшити тривалість старіння, зберігаючи при цьому високий рівень механічних властивостей матеріалу. Важливим аспектом є також впровадження результатів дослідження в освітній процес Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, де матеріали роботи використовуються при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 132 «Матеріалознавство» в рамках вивчення низки профільних дисциплін.

## 6. Зауваження до дисертаційної роботи

За розглянутими матеріалами слід зробити декілька зауважень, які умовно можна поділити на зауваження за суттю та формальні:

6.1 Дані щодо будови евтектичної складової алюмінієвих сплавів (стор. 40) вступають в протиріччя з аналогічними дослідженнями Тарана-Жовніра Ю.М., Мазура В.І., що потребує пояснень автора.

6.2 Дані щодо виникнення «темних полів» на границях між дендритами та евтектикою (стор. 80, рис. 4.5) уявляються суттєвими і не містять пояснення. Ймовірно, йдеться про виділення залізовмісних інтерметалідів.



6.3 Інформація про наявність в структурі дослідних сплавів залізовмісних фаз  $AlSiFeMn$  та  $Al_3FeSi$  (стор. 81) не супроводжується необхідними доказами.

6.4 В п. 5.2 при розробці термозміцнювальної обробки сплавів АК9ч та АЛ4С доцільно було б звертатися до фазової діаграми  $Al-Si-Mg$ , а не  $Al-Si$ , як у автора.

6.5 Незрозуміло, чому дані про максимальні міцнісні хварактеристики сплаву, що отримані при модифікуванні частинками  $SiC+Mg_2Si$  розміром 20...30нм (стор. 70-71) не використані при визначенні раціональних параметрів модифікування; доречи, відображення *нульового* розміру частинок (рис. 3.1) є некоректним;

6.6 Дані щодо руйнування звареного шва модифікованого сплаву - 65 діб (табл. 5.11) не узгоджуються з аналогічними даними тексту - 70 діб (стор. 126). Аналогічна неузгодженість має місце стосовно даних корозійного розтріскування основного металу.

До формальних зауважень слід віднести наступні:

6.7 На стор. 75 наявне посилання на рисунок 4.1, але сам рисунок відсутній.

6.8 Дані рисунків 4.12 та 4.13, дублюються між собою та дані рисунку 4.. Аналогічне зауваження – до рисунків 4.4 та 5.3.

6.9 На стор. 93 рисунок 4.14 відсутні ідентифікація позицій а...г та інформація про збільшення.

6.10 Позиції 60 та 61 Переліку використаних джерел дублюються між собою.

## 7. Академічна доброчесність

При опрацюванні дисертаційної роботи та аналізі публікацій, де висвітлені наукові результати Давидюк А.В. порушень академічної доброчесності не виявлено.

## 8. Повнота викладання наукових положень, висновків і результатів в опублікованих працях

Давидюк А.В. представила до захисту завершене дослідження. Матеріали дисертаційної роботи опубліковані у 21 друкованих працях: у тому числі – 1 стаття у виданні, що індексуються 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.

Основні результати дисертації доповідалися на: IV Всеукраїнського форумі студентів, аспірантів і молодих учених ДНУ (Дніпро, 2017 р); Міжнародній конференції «Інноваційні технології в науці та освіті. Європейський досвід», (Дніпро-Відень, 2017 р.), Міжнародній науково-технічній конференції «Людина і космос» НЦАОМУ (Дніпро, 2019 р., 2022 р., 2023 р., 2024 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні напрямки матеріалознавства: збільшення ресурсу конструкцій на основі конвергенції сучасних технологій обробки матеріалів» ХНАДУ (Харків, 2020 р.).

Повнота відображення матеріалів дисертації в публікаціях та їх апробація на конференціях є достатньою.

Дисертаційна робота здобувачки Давидюк А.В. написана логічно, автор дотримується сучасних наукових термінів. Текст анотації повно розкриває основні положення дисертаційної роботи.

## 9. Відповідність дисертації встановленим вимогам

У цілому, незважаючи на недоліки, більшість яких має дискусійний характер, дисертаційна робота «Вплив модифікування нанодисперсними композиціями на структуру та властивості ливарних і деформованих алюмінієвих сплавів» Давидюк А.В. є актуальною, вона виконана на високому науковому рівні з практичною реалізацією наукових результатів, відповідає спеціальності 132 – Матеріалознавство та вимогам, затвердженим наказом Міністерства освіти і науки України від 12 січня 2017 р. № 40 та 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, **Давидюк Анжела Вікторівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 132 – Матеріалознавство.**

Офіційний опонент,  
доцент кафедри матеріалознавства та  
термічної обробки металів  
Українського державного університету  
науки і технологій,  
кандидат технічних наук, доцент



Тетяна АЮПОВА

Підпис доцента Аюпової Т.А. засвідчую:  
Учений секретар Українського  
державного університету науки і  
технологій,  
кандидат філологічних наук, доцент




Тетяна РАДКЕВИЧ