

## **ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу  
Устименко Аліни Іванівни  
на тему «**Технологія виробництва чавунних виливків з градієнтною  
структурою та властивостями**»,  
представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
в галузі знань 13 Механічна інженерія  
за спеціальністю 136 Металургія

### **Актуальність теми дисертації.**

Дисертаційна робота Устименко А.І. присвячена дослідженню технології виробництва чавунних виливків із градієнтною структурою та властивостями. Запропонований підхід до отримання таких виливків є перспективним, оскільки поєднує в собі оптимізацію механічних та термічних характеристик матеріалу. Наукова новизна дослідження полягає в обґрунтуванні складу жаростійких чавунів та розробленні технологічних рішень для виробництва виливків із покращеними експлуатаційними характеристиками. Прикладне значення отриманих результатів розглянуто на основі деталей формокомплектів для виготовлення склотари, які експлуатуються в умовах високотемпературного та механічного навантаження.

Актуальність тематики дисертаційного дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності та довговічності використання формокомплектів, а практичне значення роботи визначається її внеском у розвиток склотарної промисловості України та зменшенням імпорту аналогічних виробів, матеріалів і технологій.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертації полягає в наступному:

1. Визначено хімічний склад низьколегованих графітизованих чавунів з підвищеним вмістом кремнію (Si). Застосування легувальних елементів (Mo, Cr, Al, Ni, Ti) у різних комбінаціях та кількостях дозволило отримати підвищення температури початку фазових перетворень, що сприяє збільшенню експлуатаційного ресурсу матеріалів в умовах впливу циклічних термічних навантажень.

2. Встановлено експериментально підвищені показники жаростійкості низьколегованих графітизованих чавунів з підвищеним вмістом кремнію (Si) для роботи в умовах впливу циклічних термічних навантажень. Це дозволило отримати кращі окалинотійкість, ростотійкість та термостійкість приблизно до 1,7 разів, що обумовлює збільшення терміну експлуатації виробів та зменшує витрати виробництва.

3. Вперше використано послідовне оброблення (ковшове силікобарієм та внутрішньоформове магнієвмісним модифікатором) рідкого чавуну з пришвидшеною кристалізацією у формі під час контакту з холодильником із сірого чавуну товщиною стінки 30 мм. Це дозволило отримати матеріал із градієнтом морфології графітових включень, а саме від кулястого до вермикулярного, з подальшим переходом до пластинчастого графіту.

4. Встановлено, що послідовне оброблення розплаву чавуну забезпечує зміну коефіцієнтів температуропровідності за перерізом виливків залежно від градієнту структури. Отримані значення коефіцієнтів температуропровідності вищі на 26 % за показники аналогічного матеріалу, що сприяє підвищенню експлуатаційних характеристик матеріалу в умовах інтенсивного впливу циклічних термічних навантажень.

Наукові положення, які представлені у дисертації підтверджуються опрацюванням авторкою значної кількості сучасної літератури за тематикою дослідження. Точність отриманих експериментальних результатів, обґрунтованість висновків дисертаційної роботи забезпечені використанням сучасного обладнання науково-дослідних лабораторій, застосуванням відповідних методів аналізу властивостей досліджуваних матеріалів, а також коректною інтерпретацією отриманих даних. Висновки і рекомендації автора є конструктивними, логічними та безпосередньо впливають з результатів проведених досліджень.

Отримані результати підтверджуються участю на міжнародних науково-практичних конференціях, а також впровадженням у навчальний процес, що засвідчено відповідним актом.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання створення технології виробництва чавунних виливків з градієнтною структурою та властивостями виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

**Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Устименко Аліни Іванівни повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 136 «Металургія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Металургія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Виробництво виливків із чавуну».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Устименко Аліни Іванівни є результатом самостійних досліджень здобувача і не

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

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал дисертації викладено доступно, з використанням загальноновживаної термінології та дотриманням принципів академічної доброчесності.

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 184 сторінки.

У *вступі* окреслено актуальність дослідження, сформульовано його мету, задачі, наукову новизну та практичну значущість, а також відображено застосовані методи дослідження, зв'язок з науковими програмами та темами, апробацію результатів дослідження.

У *першому розділі* широко розглянуто питання впливу пластику на навколишнє середовище, запропоновано альтернативний екологічний матеріал скло. Детально розглянуто особливості виробництва скляної порожнистої тари та проаналізовано стан та умови роботи формувального оснащення. Показано, що у світі поширеними матеріалами для виготовлення формокомплектів є чавуни, а методом їх отримання – лиття. При цьому, відображено методи виробництва форм та наведено популярних, сучасних виробників. Проаналізовано хімічні склади використовуваних чавунів, невирішені питання та проблеми, запропоновано альтернативні технологічні методи, які сприятимуть їх вирішенню. На основі ґрунтового аналізу інформаційних джерел та літератури створено алгоритм виконання та задачі дисертаційної роботи.

У *другому розділі* представлено вихідні матеріали, методики виплавляння жаростійких чавунів, їхню позапічну обробку та методи та обладнання для дослідження структурних змін, теплофізичних властивостей, твердості та мікротвердості, а також жаростійкості.

У *третьому розділі* визначено та обґрунтовано підбір основних хімічних елементів для дослідних чавунів. Визначено температури початку фазових перетворень за допомогою диференціально-термічного аналізу та встановлено, що дослідні чавуни мають вищі значення за аналогічні показники температури вихідного зразка, з яким проводили порівняння. За визначеними показниками жаростійкості дослідні чавуни знаходяться на рівні чавуну вихідного зразка форми, відбракованої при виробництві скла.

У *четвертому розділі* дисертації представлено результати дослідження технологічних варіантів виготовлення виливків з градієнтною структурою перерізу із чавунів 310СМ і 350СМХАН. Авторкою роботи запропоновано та реалізовано

чотири технологічні варіанти виготовлення виливків з метою дослідження утворення градієнтної структури:

- перший технологічний варіант – поверхнєве оброблення розплаву силікобарієвим інокулятором SB5 фракціями 0,315 мм, 0,4 мм та 0,63 мм в порожнині ливарної форми. Варіант дозволив отримати виливки з пластинчастим графітом;

- другий технологічний варіант – поверхнєве оброблення розплаву силікобарієвим інокулятором фракції 0,315 мм із литтям на холодильники товщинами 10 мм, 20 мм та 30 мм. Технологічний варіант дозволив підвищити дисперсність графітових включень, порівняно з першою технологією;

- третій технологічний варіант – ковшове оброблення розплаву силікобарієвим інокулятором з розливанням на холодильники товщинами 10 мм, 20 мм та 30 мм. Встановлено, що у виливках формується градієнтний розподіл графітових включень — від дрібнорозгалужених до рівномірних пластинчастих. Умови кристалізації та наявність певної кількості графітизувальних чи карбідоутворювальних хімічних елементів у складі дослідних чавунів сприяють утворенню феритної чи перлітної металевої матриці залежно від марки дослідного чавуну;

- четвертий технологічний варіант – оброблення розплаву чавуну комбінованим (поступовим) методом: ковшове силікобарієвим інокулятором та внутрішньоформове (inmold методом) магнієвмісним модифікатором з розливанням на холодильники товщинами 10 мм, 20 мм та 30 мм. Цей варіант дозволив отримати феритну металеву матрицю з градієнтом морфології графітових включень за перерізом виливків з чавуну 310СМ, де форма включень кулястого графіту переходить до вермикулярного та змінюється на пластинчастий.

Всі розроблені технологічні варіанти авторка підкріпила аналізом металографічних зображень, мікротвердості, твердості та температуропровідності, які в свою чергу підтвердили зміну структури й властивостей виливків залежно від застосованого технологічного підходу.

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

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.**

Наукові результати дисертації висвітлені у 5 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus. Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. Формулювання пунктів наукової новизни викладено доволі узагальнено, варто було зробити акцент на конкретних наукових досягненнях. Наприклад, у п. 2 у твердженні про «показники жаростійкості чавунів» потрібно уточнити рівень визначених показників по кожному із трьох параметрів, які її характеризують. Також не наведено порівняння отриманих результатів з аналогічними матеріалами.

2. Для найменування дослідних чавунів доцільно використати позначення хімічних елементів відповідно до чинних нормативних документів (ДСТУ), що забезпечить коректність і уніфікацію термінології.

3. Декілька технологічних варіантів обробки розплавів мають у назві «поверхневе оброблення». Розмір частинок інокулятора SB5 менше 1 мм, а його густина менша густини чавунного розплаву. Дуже ймовірно, що такі дрібні частки інокулятора будуть залучатись розплавом, утворюючи рухоме середовище, в якому відбувається об'ємна взаємодія, а не поверхнева. Не зрозуміло, чому саме так назвали технологічні варіанти?

4. У застосованих технологічних підходах використано холодильники різної товщини, проте у роботі не вказано причини їх та чи розглядалися інші варіанти. Крім того, доцільно було б визначити вплив швидкості охолодження на процес кристалізації виливків та формування кінцевої мікроструктури матеріалу.

5. Відсутні мікроструктури металевої основи зразків із дослідних чавунів та дані про кількісне співвідношення «ферит/перліт». Наводяться лише описові дані про те, що їхні кількості збільшуються або зменшуються.

6. За четвертим технологічним варіантом графіт кулястої форми було отримано лише у зразках 3-Є із чавуну 310СМ. Чим це пояснюється?

7. У тексті іноді зустрічаються описки та певні неточності у формулюваннях. У підрозділі 3.3.2 (ст. 94) – про яку підвищену температуру випробувань зразків чавуну 310СМ іде мова?; у підрозділі 4.1.1 (ст. 106) – твердість НВ зразків для фракції 0,63 мм (рис. 4.6) не співпадає з мікротвердістю структурних складових (рис. 4.5); також у цьому підрозділі на с. 104 – не зрозуміло чому збільшується площа графітових включень; у підрозділі 4.2.1 (ст. 118) – невірно, якщо при переважаючому вмісті фериту «виявлено перлітно-феритну металеву матрицю у литому стані»; у підрозділі 4.3.2 (ст. 139) – зазначено, що Ni це карбیدоутворювальний елемент у чавунах, але це насправді не так.

Вважаю, що наведені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.



### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Устименко Аліни Іванівни на тему «Технологія виробництва чавунних виливків з градієнтною структурою та властивостями» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для Механічної інженерії. 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 Устименко Аліна Іванівна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 136 Металургія.

### **Офіційний опонент:**

старший науковий співробітник відділу  
високоміцних і спеціальних чавунів  
Фізико-технологічного інституту металів та  
сплавів Національної академії наук України,  
кандидат технічних наук

Юрій БАЧИНСЬКИЙ

### **Підпис к.т.н. Юрія БАЧИНСЬКОГО засвідчую:**

Вчений секретар  
Фізико-технологічного інституту металів та  
сплавів Національної академії наук України,  
кандидат технічних наук

Володимир ЛАХНЕНКО

«25» квітня 2025 року

