

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу

**Квасницької Катерини Геннадіївни**

на тему «Вдосконалення технології виготовлення керамічних оболонкових

форм для одержання виливків деталей газотурбінних двигунів»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 – «Механічна інженерія»

за спеціальністю 136 – «Металургія»

### **Актуальність теми дисертації.**

Забезпечення високого комплексу механічних та експлуатаційних властивостей лопаток газотурбінних двигунів є однією з головних проблем при їхньому виробництві. В дисертаційній роботі наведено детальний аналітичний огляд сучасних технологічних рішень з одержання лопаток газотурбінних двигунів, з якого випливає, що основна увага при цьому зосереджено на розробці нових сплавів для їх виробництва. Тим часом вирішення цієї проблеми залежить не тільки від підвищення жароміцності і жаростійкості використовуваних для цього сплавів, але й від технологічних особливостей одержання лопаток газотурбінних двигунів з них, а саме від якості ливарних керамічних форм. Це пов'язано з тим, що рівень властивостей керамічних форм мають значний вплив на властивості, геометрію і якість виготовлених лопаток.

В зв'язку з цим технологічний прогрес у ливарному виробництві, а саме в одержанні лопаток ГТД, можливий лише при впровадженні нових модельних мас, формувальних матеріалів, у вдосконаленні процесів формування керамічних форм, а також у використанні 3D-друку моделей. Тому дослідження як самих процесів формування керамічних форм і основних факторів, що впливають на це, так і якості відлитих у ці форми лопаток та їх властивостей є актуальним завданням.

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

Обґрунтованість наукових результатів, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи Квасницької К.Г. підтверджується ґрунтовним аналізом сучасних літературних джерел, чітким формулюванням мети, основних завдань досліджень та шляхів їх реалізації. Достовірність наукових положень дисертації базується на використанні в роботі фундаментальних положень ливарного виробництва, матеріалознавства та підтверджується комплексними дослідженнями, проведених з використанням сучасного науково-дослідного обладнання та апробованих експериментальних методів. Крім цього, достовірність результатів підтверджується апробацією роботи на міжнародних та вітчизняних конференціях та публікаціями експериментальних даних у відомих фахових виданнях.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

1. Вперше розроблено екологічно безпечну технологію виготовлення керамічних оболонкових форм зі зв'язувальними компонентами на водній основі для лиття складнопрофільних виливків із жароміцних сплавів у двоє вищими показниками міцності порівняно з аналогами на основі гідролізованого етилсилікату.

2. Вперше встановлено відмінність у газопроникності дослідної кераміки, яка суттєво залежить від форми, розмірів і характеру упаковки сферичних частинок вогнетривких компонентів. Встановлено, що газопроникність кераміки зі зв'язувальними компонентами на водній основі на 20% вища порівняно з аналогами на основі гідролізованого етилсилікату. Це пояснюється поліморфними перетвореннями у структурі кварцу з підвищенням температури, яка супроводжується зі збільшенням елементарної комірки. При цьому об'єм матеріалу збільшується на 15 % і відбувається відповідне зменшення щільності.

3. Встановлено, що керамічні оболонкові форми на основі корунду з використанням водних зв'язувальних компонентів не взаємодіють з розплавами дослідних жароміцних сплавів у температурному інтервалі від температур їх плавлення ( $\sim 1450^{\circ}\text{C}$ ) до максимальних температур перегріву ( $\sim 1600^{\circ}\text{C}$ ). Це дозволяє мати високу чистоту поверхні у виливках, що сприяє зменшенню браку лопаток газотурбінних двигунів за пригаром.

4. Уперше розроблено моделі на основі полілактиду 3D-друком, призначені для виготовлення керамічних оболонкових форм з метою отримання виливків деталей газотурбінних двигунів. Експериментально визначено, що такі моделі мають мінімальну усадку  $\sim 0,4\%$ , екологічно безпечні та їх використання сприяє скороченню робочого циклу.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Квасницької К.Г. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 136 – «Металургія» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми в галузі знань 13 – «Механічна інженерія».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у вирішенні науково-технічної проблеми створення ефективної технології отримання керамічних форм для виробництва виливків з жароміцних сплавів на основі нікелю для газотурбінних двигунів.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Квасницької Катерини Геннадіївни є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та некоректних запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Дисертаційна робота написана українською мовою з послідовним описанням експериментів та логічним викладенням результатів досліджень із використанням загальноприйнятої наукової термінології.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 140 сторінок.

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 13 наукових публікаціях здобувача, у тому числі 9 з яких опубліковано у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази SCOPUS, і 4 – у наукових фахових виданнях України. Також результати дисертації були апробовані на 15 наукових фахових конференціях.

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

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

1. У дисертаційній роботі недостатньо розкрито екологічну складову запропонованої технології виготовлення керамічних форм. Не проведено аналізу впливу використовуваних компонентів на навколишнє середовище, а також не наведено оцінки можливості утилізації або вторинного використання відходів виробництва.

2. У п. 2.5. Методики визначення усадки пластикових моделей при зберіганні щодо подальшого використання для виготовлення керамічних оболонкових форм моделі потрібно було вказати значення похибки у відсотках.

3. Доцільно було б надати пояснення наведеним на стор. 87 у таблиці 3.6 фізичних характеристик матеріалів PLA та ABS, що використовують для 3D-друку, з обґрунтуванням їх відмінностей та аналізом впливу цих властивостей на

процес виготовлення керамічних оболонкових форм. Оскільки саме ці характеристики визначають поведінку модельного матеріалу під час формування оболонкової форми, її термічної обробки та видалення моделі, що в подальшому впливає на якість отриманих литих виробів.

4. Частина висвітлення деяких експериментальних результатів має побіжний характер, тобто представлена без належного кількісного аналізу або статистичної обробки, що обмежує їх наукову інформативність.

5. В представленій роботі обмежено аналіз промислових ризиків та надійності технології. Під час розгляду застосування результатів у виробництві не розглянуто ризики, пов'язані з відмовами, нестабільністю параметрів або поведінкою матеріалу в реальних умовах лиття.

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

#### **Висновок про дисертаційну роботу.**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Квасницької Катерини Геннадіївни на тему «Вдосконалення технології виготовлення керамічних оболонкових форм для одержання виливків деталей газотурбінних двигунів» 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 галузі знань 13 – «Механічна інженерія».

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 Квасницька Катерина Геннадіївна заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю 136 – «Металургія».

**Рецензент:**

Провідний науковий співробітник  
відділу безперервного лиття та  
деформаційних процесів  
Фізико-технологічного інституту  
металів та сплавів НАН України

д.т.н., с.н.с.



Абди НУРАДИНОВ

**Підпис д.т.н. Нурадинова А.С. засвідчую:**

Вчений секретар

ФТІМС НАН України, к.т.н.



Володимир ЛАХНЕНКО



«17» серпня 2025 року