

ВІДГУК
офіційного опонента на дисертаційну роботу
Квасницької Катерини Геннадіївни
на тему «Вдосконалення технології виготовлення керамічних оболонкових
форм для одержання виливків деталей газотурбінних двигунів»,
представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 136 Металургія

Актуальність обраної теми дисертації.

Процес виготовлення деталей типу лопаток газотурбінних двигунів є складною технологічною операцією, що включає отримання литих заготовок за технологією витоплюваних моделей. Незважаючи на тривалий досвід роботи турбобудівних підприємств України, показники браку виливків лопаток залишаються на досить високому рівні. Основна частка браку виливків, що сягає до 40%, зумовлена виникненням різностінності, термічних тріщин та жолоблення стрижнів, які формуються на стадії виготовлення керамічних форм внаслідок недосконалості властивостей модельних мас, формувальних та стрижньових матеріалів. Внаслідок цього підприємства зазнають значних виробничих втрат, тому розробка заходів, спрямованих на зменшення браку є актуальною задачею.

Процес створення нових конструкцій газотурбінних двигунів або удосконалення існуючих моделей вимагає виготовлення дослідних партій лопаток, що є обов'язковим етапом для проведення стендових та експлуатаційних випробувань. На даний час тривалість виготовлення таких партій становить від 6 місяців до одного року, що обумовлено значними годинними та фінансовими витратами на проектування, виготовлення оперативність впровадження нових технічних рішень і збільшує вартість досвідчено-конструкторських робіт. виробничих витрат, підвищення гнучкості виробництва та оперативності внесення конструктивних змін за результатами випробувань. Використання адитивних технологій для виготовлення разових моделей лопаток дозволяє істотно скоротити ці терміни дослідно-конструкторських робіт та малосерійного виробництва.

Актуальною залишається також проблема екологічної безпеки технологічних процесів, зокрема на етапі виготовлення керамічних ливарних форм, де в якості сполучних компонентів використовують етилсилікат, що потребує застосування органічних вибухо- та пожежонебезпечних розчинників, таких як етиловий спирт та ацетон. Крім того, процес сушіння керамічних форм здійснюється в аміачному середовищі.

Про актуальність теми роботи свідчить також її зв'язок з темами відомих програм, що виконані в Фізико-технологічному інституті металів та сплавів

Національної академії наук України. У реалізації цих науково-дослідних робіт дисертантка приймала безпосередню участь у якості виконавця.

Наукова новизна та значення результатів роботи для науки і практики.

Наукова новизна отриманих результатів полягає:

1. Вперше визначено, що міцність на вигин керамік, одержаних з водними зв'язувальними компонентами, є вищою ніж керамік з етилсилікатним в'язучим. Кераміки на основі електрокорунду і водних зв'язувальних компонентів продемонстрували міцність в сирому стані вищу в 2,5-3,5 рази, а в прожареному в 3,5-5,0 разів ніж кераміки з етилсилікатом.

2. Вперше встановлено, що керамічні матеріали на основі електрокорунду, дистен-силиманіту та зв'язувального компонента Remasol Premium Plus демонструють міцність на розрив у сирому стані вдвічі більшу ніж аналогічний показник для керамік на основі етилсилікатної системи.

3. Після термічної обробки, керамічні матеріали на водних зв'язувальних системах забезпечили показники газопроникності в межах 2,5–14,0 умовних одиниць, що перевищує аналогічні значення керамік на етилсилікатній основі щонайменше на 20 %.

Практична цінність отриманих у роботі Квасницької Катерини Геннадіївни результатів полягає у тому, що: вперше запропоновано та реалізовано технологію виготовлення керамічних оболонкових форм з використанням зв'язувальних речовин на водній основі для лиття складнопрофільних виливків із жароміцних сплавів за полілактидними моделями, виготовленими методом 3D-друку. Розроблена технологія не потребує спеціалізованих умов сушіння та має екологічну складову.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота Катерини Геннадіївни Квасницької викладена українською мовою. Суть дисертаційної роботи подана послідовно, зрозуміло та стисло. Автор використав загальноприйняту технічну термінологію, що сприяє повному розумінню представлених результатів досліджень.

Подані у дисертації результати досліджень систематично розподілені на окремі розділи, що дозволяє іншим ученим чітко розуміти послідовність кроків у виконанні досліджень. Представлений графічний матеріал, що включає власні фотографії та графіки, повністю відображає результати експериментальних і аналітичних досліджень.

Дисертація має загальний обсяг дисертації обсяг 140 сторінок, в тому числі 50 рисунків, 32 таблиць складається з анотації, вступу, 4 розділів, загальних висновків та списку використаних джерел з 108 найменувань та 3 додатків.

Дисертація є завершеною науковою роботою, у якій досліджуються зміни структури, фазового складу, властивостей композиційного матеріалу на усіх стадіях - від виплавлення до деформаційної та термічної обробки.

У вступі обґрунтовано актуальність поставленої проблеми, сформульовано мету та основні завдання дослідження, визначено наукову новизну та практичну значущість отриманих результатів. Також наведено відомості про апробацію матеріалів роботи та публікації за темою дисертаційної роботи.

Перший розділ присвячений проведеному ретельному аналізу літературних джерел стосовно технології виготовлення керамічних оболонкових форм засвідчено наявність низки актуальних проблем та недосконалостей, які істотно впливають на якість готових виливків і стабільність технологічного процесу. Зокрема, серед основних недоліків можна виокремити обмежені технологічні можливості наявних формувальних матеріалів, недостатню екологічну безпеку керамічної оболонки в умовах серійного та досвідченого виробництва.

На основі ґрунтовного аналізу наявних наукових праць та практичних розробок автором сформульовано завдання дослідити технологічні властивості водних суспензій на основі електрокорунду, кварцу та дистен-силіманіту, а також виготовлених з них керамічних матеріалів. Передбачено виконання порівняльної оцінки отриманих суспензій та керамічних формувальних матеріалів та матеріалів для виготовлення моделей методом 3D-друку, призначених для формування керамічних оболонкових форм.

У другому розділі дисертаційної роботи наведено детальний опис стандартних методик, застосованих під час виконання експериментальних досліджень. Для проведення експериментальної перевірки працездатності керамічних оболонкових форм на водному зв'язувальному компоненті визначено тип жароміцного сплаву та обрано установку, призначену для плавлення складнопрофільних виливків. Наведено перелік та характеристику експериментальних досліджень, які забезпечують комплексний підхід до вирішення поставлених наукових завдань та дозволяють отримати експериментальні результати.

У третьому розділі дисертаційної роботи представлені результати експериментальних досліджень фізико-механічних та технологічних характеристик керамічних оболонкових форм, виготовлених з використанням вогнетривких наповнювачів — електрокорунду, плавленого кварцу та дистен-силіманіту у поєднанні з водними зв'язувальними компонентами та гідролізованим етилсилікатним вяжучим. Здійснено комплексне порівняльне дослідження механізмів взаємодії та зв'язування частинок вогнетривких матеріалів у структурі оболонкових форм залежно від їх наповнювача.

Особливий акцент зроблено на обґрунтуванні вибору матеріалу для виготовлення моделей методом 3D-друку з урахуванням термічних та фізико-хімічних характеристик полімерів, які забезпечують належне формування

керамічних оболонкових форм та стабільність їх структури на всіх стадіях технології.

На основі аналізу отриманих експериментальних результатів сформульовано висновки щодо оптимальних складів керамічних оболонкових форм, визначено доцільність використання конкретних вогнетривких наповнювачів та зв'язувальних компонентів, а також обґрунтовано перспективні напрямки подальших досліджень.

Четвертий розділ містить результати експериментальної перевірки працездатності керамічних оболонкових форм, виготовлених за новою технологією для лиття лопаток газотурбінних двигунів. Розроблено технологічний процес формування форм із корундовим наповнювачем, водним зв'язувальним компонентом та полімерними моделями, які виготовлені за адитивною технологією.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності.

При виконанні досліджень використано комплекс сучасних методів вивчення основних властивостей матеріалів – густина дослідних суспензій, міцність на розтяг та вигін зразків різних оболонкових форм, газопроникність керамічної оболонки, проведено їх аналіз.

Мікроструктуру зразків, структурні особливості приповерхневої зони та глибину зони зразків сплаву та розподіл легувальних елементів між фазами вивчали за допомогою оптичної і електронної мікроскопії. Фазовий аналіз сплавів проведено за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Проведені механічні випробування дослідних зразків з хорошою кореляцією даних, що забезпечує високу достовірність отриманих результатів.

Наукові положення та висновки, розвинуті у дисертації, обґрунтовані, базуються на проведеному комплексі досліджень та розробкою технології щодо виготовлення керамічних оболонкових форм для складнопрофільних литих деталей газотурбінних двигунів.

Висновки, що сформульовані в роботі, не суперечать класичним уявленням щодо формування структури та властивостей як керамічних матеріалів так і литих виробів, а саме лопаток газотурбінних двигунів.

Дотримання принципів академічної доброчесності.

За результатами аналізу звіту про подібність тексту та перевірки дисертаційної роботи на наявність текстових збігів встановлено, що дисертаційна робота Квасницької Катерини Геннадіївни є самостійним науковим дослідженням здобувача.

Робота не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату, запозичень чи несанкціонованого використання здобувачем результатів

інших авторів. Згідно звіту подібності, найбільша схожість – група посилань (4,47%, 3,43%), що містять фрагменти власних публікацій здобувача, а також загальні твердження в літературному огляді. Текстові фрагменти, запозичені з наукових праць інших дослідників, супроводжені коректними бібліографічними посиланнями.

Повнота опублікованих результатів дисертації.

За результатами дисертаційної роботи опубліковано 28 наукових праць, у тому числі 9 статей, що входять у міжнародну наукометричну базу Scopus, 4 статті в наукових фахових виданнях України (з них 1 одноосібна) та 15 публікацій в збірниках матеріалів конференцій. Вказані публікації повністю відображають основний зміст дисертації, об'єм та характер проведених теоретичних та практичних досліджень.

Апробація матеріалів дисертації.

Основні положення та результати досліджень доповідалися на 14 міжнародних наукових конференціях.

Зауваження до дисертаційної роботи:

1. З літературних джерел відомо, що оптимальна в'язкість суспензії має становити 30-35 с. Автор не наводить аргументів щодо введення 65 % мас та 55 % мас пиловидного кварцу і не надає пояснення щодо отриманих значень.
2. Стор. 73. Автор зазначає, що живучість суспензій на водній основі складає 30 діб і не приводить числових значень та порівняльних характеристик суспензії.
3. Результати табл. 3.3 не корелюється з рис. 3.4-3.6.
4. Стор. 79-81 автор наводить лише факт наявності результатів і не приділив уваги поясненню та аналізу.
5. Аналіз таблиці 3.5 є недостатньо зрозумілим, оскільки в ньому не наведено порівняння з аналогічними показниками. До того ж, автор використовує неаргументоване формулювання «...є достатнім показником для КО...», не пояснюючи критеріїв такої оцінки.
6. Стор. 80 автором записано «Крім того встановлено, що міцність на розрив кераміки, яку виготовлено з суміші дистен-силіманіту і ЕТС в сирому стані приблизно на 20 % менша, ніж корунду з ЕТС. Після прожарювання її міцність понизилася ще на 40%», відсутні пояснення фізико-хімічних процесів або явищ внаслідок чого відбувається зниження міцності керамічних оболонок.
7. Аналіз рис. 3.14-3.15 не дає змогу оцінити, що відноситься до бокової площини 1 та 2. Крім того автор не наводить пояснення чому в торцевій частині усадка із знаком «+», а в бокових площинах із знаком «-».

Внаслідок зміни усадки в продовж 9 днів, автору доцільно було б надати рекомендації по використанню або термінах зберігання із зазначенням умов.

8. Висновок 1 до розділу 3 має інформативний характер, оскільки автором не досліджувалась зміна кількості наповнювача на в'язкість.
9. Висновок 5 до розділу 4 не має відношення до змісту роботи.

Загальний висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що представлена 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 рівні, вона не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, а сукупність її теоретичних та практичних результатів розв'язує наукове завдання, як має вагоме значення для галузі знань Механічна інженерія.

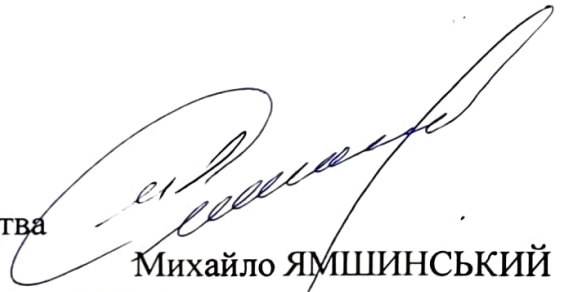
Дисертація відповідає спеціальності 136 Металургія, тому що вона присвячена розробленню технологічних процесів виготовлення керамічних оболонкових форм за разовими моделями, що одержані за допомогою 3D-друку, для лиття складнопрофільних деталей газотурбінних двигунів.

Дисертаційна робота за своєю актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, які наведені в п.п. 6-9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. №44.

Здобувач Квасницька Катерина Геннадіївна заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 136 Металургія.

Офіційний опонент,

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри ливарного виробництва
НТУУ «КПІ» ім. Ігоря Сікорського


Михайло ЯМШИНСЬКИЙ

