

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Шашка Юрія Анатолійовича** на тему
«Розробка технології чистової обробки лопаток турбін турбонасосного агрегату,
виготовлених методом 3D-друку»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 13 Механічна інженерія
за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

Актуальність теми дисертації

Технології тривимірного друку виявляють все ширше використання та активно інтегруються у виробництво різноманітної продукції. Нещодавно адитивні технології обмежувались виключно виготовленням прототипів, проте зараз їх впровадження поширилось на виробництво високоточних та передових приладів і систем. Серед таких технологій не останнє місце посідає метод вибіркового лазерного спікання (SLM – Selective Laser Melting).

Спочатку зацікавленість у SLM-технологіях виникла у галузях авіації, медицини та ракетно-космічної промисловості, основним рушієм якої була можливість виготовлення складних просторових конструкцій. Проте, на шляху масового впровадження 3D-принтерів у серійне виробництво і нині залишається чимало проблем і питань, які вимагають ефективного вирішення.

Ключові виклики таких технологій пов'язані із виникненням дефектів, спричинених локальним впливом лазерного променя. Значною проблемою є висока шорсткість поверхні матеріалу надрукованого виробу, яка для кожного використовуваного сплаву залежить від режимів спікання, властивостей вихідної сировини та положення утворюваної поверхні під час друкування.

Метою даного дисертаційного дослідження є розробка ефективної технології чистової обробки закритих поверхонь лопаткових каналів турбінних коліс, виготовлених за SLM-технологією з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

Дисертаційна робота складається із вступу, п'ятьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 184 сторінки.

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертації, встановлена мета та основні задачі дисертаційного дослідження, визначені наукова новизна і практичне значення одержаних результатів, описані методи, які були використані в дослідженнях і особистий внесок здобувача.

У першому розділі проведено науково-технічний аналіз існуючих методів чистової обробки деталей типу лопаток турбін.

Другий розділ зосереджений на вивченні існуючої методики підготовки зразків, на прикладі металографії, проєктуванні 3D-моделей зразків сегментів лопаток турбіни, їх виготовленні та розробці методики для оцінки шорсткості закритих поверхонь лопаток турбіни. У даному розділі зазначено обладнання, що використовувалось в процесі дослідження, визначено метод вимірювання мікрорельєфу шорсткості та вибрано, згідно наведених рекомендацій, конкретний перелік абразивних матеріалів що необхідні для обробки зразків-свідків та зразків закритих лопаток турбіни.

Третій розділ присвячено моделюванню процесу сухої абразивно-струменевої обробки поверхонь лопаток закритого типу методом кінцевих елементів у програмному середовищі ANSYS CFX. Проведено детальний аналіз отриманих даних, які дали змогу виявити необхідні технологічні та фізичні фактори, що впливають на якість, величину шорсткості та форму оброблюваної поверхні. На основі даних були вибрані найбільш продуктивні та ефективні режими абразивно-струменевої обробки.

У четвертому розділі експериментально вивчалися можливості абразивно-струменевої обробки, як на зразках-свідках, так і сегментах закритих лопаток турбін, виконано дослідження шорсткості та форми закритих поверхонь лопаток. Під час експериментального відпрацювання було виявлено конструктивний недолік, усунення якого за допомогою спеціального оснащення дозволило покращити режими обробки та зробити їх більш контрольованими.

П'ятий розділ стосується розробки експериментального маршрутного технологічного процесу абразивно-струменевої чистової обробки закритих поверхонь лопаток турбін турбонасосних агрегатів з підрахунком операційного часу.

Висновки за результатами виконання дисертаційної роботи підкреслюють наукову новизну та практичну цінність проведених досліджень.

Перелік використаних джерел свідчить про те, що під час роботи було проаналізовано сучасні результати наукових досліджень.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям галузі знань Механічна інженерія.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові збіги, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Шашка Юрія Анатолійовича 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.

Достовірність отриманих результатів забезпечується:

- результатами виконанням автором низки експериментальних досліджень;
- публікацією статей в провідних фахових виданнях України і за кордоном;

- апробацією отриманих наукових результатів на 8 міжнародних науково-практичних конференціях;
- впровадженням отриманих результатів в навчальний процес фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;
- дослідними випробуваннями на підприємстві ТОВ "ФЛАЙТ КОНТРОЛ" (Flight Control LLC).

Основні наукові результати, одержані автором, та їх новизна

Основні наукові результати та висновки дисертації пройшли апробацію під час міжнародних конференцій та знайшли відображення в публікаціях у фахових виданнях. 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 періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus. Також результати дисертації були апробовані на 8 наукових фахових конференціях.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному. Уперше із застосуванням розроблених математичних моделей встановлено і експериментально підтверджено закономірності процесів руху абразиву в міжлопатковому каналі, що спричиняють створення на поверхні лопаток зон з різною шорсткістю та змінного розміру в залежності від режимів обробки. З використанням розроблених моделей процесу абразивно-струменевої обробки лопаток турбін закритого типу (з бандажем), встановлено залежність показників шорсткості обробленої поверхні від величини різнозернистості абразивних матеріалів. На основі даних моделювання та порівняльного аналізу закономірностей утворення зон з різною шорсткістю були визначені найбільш раціональні режими обробки поверхонь лопаток закритого типу, що забезпечують необхідний рівень шорсткості.

Наукові результати, наведені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність наукових результатів роботи полягає у тому, що в них запропоновано рішення важливого наукового завдання – розробка технології чистової обробки закритих поверхонь лопаток турбін турбонасосних агрегатів, виготовлених за SLM-технологією із жароміцного сплаву Inconel 718. Практичне значення полягає в наступному:

- визначено і обґрунтовано метод абразивно-струменевої чистової обробки поверхонь лопаток закритого типу (з бандажем), як найбільш перспективний;
- вперше, для лопаток турбін закритого типу (з бандажем) розроблена методика оцінки шорсткості складнопрофільних поверхонь лопаток турбін;

- вперше встановлено найбільш ефективні режими обробки поверхонь лопаток турбін на основі моделювання та експериментальної обробки .

- вперше, експериментальним шляхом на зразках-свідках визначені найбільш ефективні абразивні матеріали;

- вперше розроблено та впроваджено експериментальний маршрутний технологічний процес чистової обробки лопаток турбін закритого типу (з бандажем).

- вперше, здійснене дооснащення технологічного обладнання, що дозволило зробити процес обробки складнопрофільних закритих поверхонь лопаток турбін більш ефективним та контрольованим.

Розроблена технологія пройшла дослідницьке випробування у дослідно-виробничому комплексі з розробки рідинних ракетних двигунів ТОВ "ФЛАЙТ КОНТРОЛ" (Flight Control LLC), де показала прийнятні результати. Результати дисертаційної роботи впроваджені у навчальний процес фізико-технічного факультету Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара з дисциплін «Технологія виробництва типових деталей» за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування, «Основи виробництва літальних апаратів та енергетичних двигунних установок» за спеціальністю 134 – Авіаційна та ракетно-космічна техніка, та «Адитивні технології та економічна ефективність у виробництві нової техніки» за спеціальністю – 132 Матеріалознавство.

Відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушення академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні, про що свідчить висновок перевірки на плагіат за допомогою спеціалізованої сервісної програми Strike Plagiarism.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. В розділі 1, описуючи переваги та недоліки адитивних технологій, були описані ключові проблеми 3D-друку, до яких відноситься виникнення пористості та значної величини шорсткості, з чим складно не погодитись. Однак, не вказано за яких умов, режимів 3D-друку чи просторового положення поверхонь деталей можливо отримати конкретну задану шорсткість або її мінімальне значення.

2. В розділі 3 є такий абзац: « Характер розподілу концентрації по зонам I та III (рис.3.36), дозволяє зробити припущення, що в момент обробки в каналі сопла виникають внутрішні фізичні сили, що змушують частинки з більшою масою притискатись до бічних сторін частини прямого каналу сопла, чим в свою чергу і пояснюється характер картини ерозії (рис.3.36).» Що саме мається на увазі, варто було б описати що це за сили, та більш ґрунтовно пояснити причину виникнення даного явища.

3. П.4.6 «Підготовка до абразивно-струменевої обробки» стр.153, логічно та

більш доцільніше було б перенести в розділ.2

4. Складно зрозуміти сутність речення: Завершальним етапом моделювання програми є підготовка звітності результатів, в конкретно визначеній формі, що відповідають конкретним вхідним даним» ст.96., дане речення варто було б по іншому сформулювати.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів робота Шашка Юрія Анатолійовича на тему «Розробка технології чистової обробки лопаток турбін турбонасосного агрегату, виготовлених методом 3D-друку» відповідає вимогам, викладеним у «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи при присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12.01.2022 р. №44 зі змінами), а здобувач Шашко Юрій Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Рецензент:

Доцент кафедри ракетно-космічних
та інноваційних технологій
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара,
кандидат технічних наук, доцент

Юрій Ткачов

Підпис доцента Ткачова Ю.В.
засвідчую:

Учений секретар Дніпровського
національного університету
імені Олеся Гончара,
кандидатка фізико-математичних наук,
доцентка



Тетяна ХОДАНЕН