

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Шашко 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

Застосування адитивних технологій найбільш раціональним є в авіації, медицині та ракетно-космічній промисловості, що дозволяє зменшити час та підвищити економічну ефективність виробництва під час виготовлення складних за конфігурацією деталей та нових виробів. Але масове впровадження 3D-принтерів у серійне виробництво досить ускладнене через чималу кількість проблем і питань, які необхідно вирішити. Основні проблеми даних технологій пов'язані з особливостями використання високоенергетичних джерел тепла, таких як лазерний та електронний промені, які викликають локальну дію на шар металевих порошків та виникнення великої шорсткості на поверхні матеріалу надрукованого виробу. Величина шорсткості залежить від оброблюваного металу, властивостей вихідного порошку, режимів сплавлення, та положення поверхні при друкуванні. Завданням даного дисертаційного дослідження є розробка ефективної технології чистової обробки закритих поверхонь лопаткових каналів коліс турбін виготовлених за SLM-технологією з жароміцного нікелевого сплаву Inconel 718.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності та дотримання принципів академічної доброчесності

Структура дисертаційної роботи складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації 184 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету і основні задачі дисертаційного дослідження, визначено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, описано методи, які були використані у дослідженнях і особистий внесок здобувача.

У першому розділі поставлено за мету проаналізувати існуючі технології забезпечення кінцевої якості поверхонь деталей типу лопаток турбін закритого типу (з бандажем) виготовлених за одне ціле з диском турбіни за допомогою адитивних технологій. Автором проведено аналіз наукових праць та літератури, з визначенням особливостей, недоліків та переваг кожного методу існуючих технологій, та сформульовано наукове завдання.

Завданням другого розділу є вивчення існуючої методики підготовки зразків, на прикладі металографії, розробка 3D-моделей зразків сегментів лопаток турбіни, їх виготовлення та розробка методики для оцінки шорсткості закритих поверхонь лопаток турбіни. В даному розділі зазначено обладнання, що використовувалось в процесі дослідження, визначено метод вимірювання мікрорельєфу шорсткості та обрано, згідно наведених рекомендацій, конкретний перелік абразивних матеріалів, що застосовуються при обробці зразків-свідків та зразків закритих лопаток турбіни.

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

Четвертий розділ присвячено практичній реалізації результатів дослідження, а саме експериментально вивчалися можливості абразивно-струменевої обробки як на зразках-свідках так і сегментах закритих лопаток турбін, виконано дослідження шорсткості та форми закритих поверхонь лопаток. При експериментальній обробці було виявлено конструктивний недолік, усунення якого за допомогою спеціального оснащення, дозволило покращити режими обробки та зробити їх більш контрольованими.

П'ятий розділ містить рекомендації для розробки та відповідно розроблений експериментальний маршрутний технологічний процес 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.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни

Результати перевірки дисертаційної роботи за допомогою спеціалізованої програми Strike Plagiarism на відсутність плагіату, дозволяє зробити висновок, що дисертаційна робота Шашко 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 обґрунтована:

- результатами виконаним 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

Результати наукового дослідження та висновки дисертації пройшли апробацію під час представлення на міжнародних конференціях 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.

Автором дисертаційної роботи було отримано наступні наукові результати:

Уперше з використанням розроблених математичних моделей встановлено і експериментально підтверджено закономірності процесів руху абразиву у 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.

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

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність результатів роботи полягає у тому, що в ній 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 чудові 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» 134 – Авіаційна та ракетно-космічна

техніка, та «Адитивні технології та економічна ефективність у виробництві нової техніки» спеціальність – 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 Unicheck.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. В підрозділі 1.4 описується технологія абразивно–екструзійної обробки та аспекти застосування. В характеристиках методу автором вказано, що застосування даного методу для обробки закритих поверхонь лопаток неможливо, що є досить дискусійним питання. Тому автору варто було більш детально описати за яким умов можлива обробка, навести приклади профілів для обробки яких, даний метод доцільно використовувати.

2. В розділі 3, розглядається математичне моделювання процесу абразивно-струменевої обробки закритих поверхонь лопаток турбіни та вивчення факторів, що впливають на результат обробки. Для проведення моделювання було обрано 16 розрахункових варіантів з конкретними вхідними даними теоретичних режимів обробки. Автору варто було б коротко пояснити, чому саме 16 розрахункових варіантів було розроблено.

Висновок про дисертаційну роботу

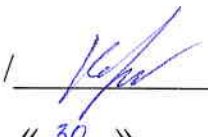
Дисертаційна робота Шашко Юрія Анатолійовича на тему «Розробка технології чистової обробки лопаток турбін турбонасосного агрегату, виготовлених методом 3D-друку» представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

(галузь знань 13 Механічна інженерія) є актуальною, завершеною науковою працею, що виконана на високому науково-технічному рівні з доступно викладеним матеріалом та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого, розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань Механічна інженерія. Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну цінність результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Віддаючи належне здобуткам дисертаційного дослідження, здобувач Шашко Юрій Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка.

Рецензент:

Доцентка кафедри ракетно-космічних
та інноваційних технологій
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара,
кандидатка технічних наук, доцентка

/  / Олена КАРПОВИЧ
« 30 » 01 2024 року

«ЗАСВІДЧУЮ»:

Підпис доцентки Карпович О. В.
засвідчую:

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



Тетяна ХОДАНЕН
« 30 » 01 2024 року