

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу

Лопати Олександра Віталійовича

на тему: «Забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей

із газотермічними покриттями електроконтактною обробкою»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 13 – Механічна інженерія

за спеціальністю 131 – Прикладна механіка

Актуальність теми дисертації.

Розвиток промисловості та зростання вимог до вибору та використання матеріалів деталей машин, здатних працювати в екстремальних умовах, при спільній дії високої температури, механічних навантажень й агресивних середовищ потребує застосування композиційних матеріалів типу «поверхня деталі – покриття», що дозволяє поєднати захисні, зміцнюючі властивості покриттів з механічною міцністю деталей. Із застосуванням покриттів відпадає необхідність витрачання легуючих елементів для виготовлення всієї деталі. Використання порошкових матеріалів для покриттів дозволяє варіювати їх хімічний складом і забезпечувати задані механічні властивості покриття та розширювати сферу їх використання. Серед методів нанесення покриттів найбільше застосування знайшли методи газотермічного напилення. Недоліки газотермічних покриттів можна усунути шляхом їх модифікації та різними способами обробки в тому числі і електроконтактною обробкою. Поєднання нанесення покриттів з їх обробкою – перспективні методи інженерії поверхні. Використання цих методів запобігає виникненню пошкоджень різного роду, в тому числі й тріщин втоми на поверхні деталей машин, що експлуатуються в складних умовах термосилового навантаження.

Тому дисертаційна робота Лопати О. В. «Забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями електроконтактною обробкою», основною метою якої є вирішенню науково-технічної задачі забезпечення високих механічних властивостей поверхонь деталей машин з покриттями імпульсною електроконтактною обробкою є актуальною.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна роботи полягає в забезпеченні механічних властивостей поверхонь деталей машин із газотермічними покриттями імпульсною електроконтактною обробкою за рахунок утворення адгезійно-когезійних

зв'язків в системі «поверхня деталі – покриття», що пов'язані з ущільненням порошкових матеріалів та імпульсним характером процесу електроконтактної обробки.

Дисертаційна робота Лопати О.В. містить наступні положення наукової новизни:

1. Вперше науково обґрунтовано доцільність використання імпульсної електроконтактної обробки як засобу забезпечення механічних властивостей деталей з газотермічними покриттями за рахунок підвищення міцності адгезійно-когезійних зв'язків в системі «поверхня деталі – покриття», що обумовлено ущільненням напиленого покриття та його напружено-деформованим станом.

2. Набули подальшого розвитку уявлення та теоретичні моделі визначення щільності і міцності зчеплення газотермічних покриттів:

- розроблена математична модель залежності щільності напиленого покриття від тиску імпульсної електроконтактної обробки, яка включає механічні властивості матеріалу покриття (межі текучості, межі міцності) і його відносну щільність;

- встановлена залежність адгезійної міцності напилених покриттів від тиску формуючого інструменту на порошковий шар. Визначено, що імпульсна електроконтактна обробка підвищує адгезійну міцність напилених покриттів до 200 МПа;

- доведено, що підвищення адгезійної міцності та щільності напилених покриттів забезпечується механічним фактором процесу імпульсної електроконтактної обробки.

3. На основі аналізу напружено-деформованого стану поверхонь з покриттям встановлено, що товщина покриттів має знаходитись в межах 0,75...3 мм для забезпечення міцності зчеплення покриттів на рівні 100 – 200 МПа. При підвищенні модуля пружності покриття до модулю пружності компактного матеріалу різниця напружень між поверхнею деталі та покриттям і напружений стан в самій деталі зменшується. При більшому модулі пружності покриття адгезійна міцність між покриттям та поверхнею деталі вища ніж там, де покриття має менший модуль пружності.

4. Вирішені теоретичні та прикладні задачі, за допомогою яких доведена можливість забезпечення граничних значень механічних властивостей (щільності, адгезійно-когезійної міцності, модуля пружності, твердості) газотермічних покриттів шляхом їх імпульсної електроконтактної обробки, що дозволило встановити раціональні режими ведення обробки (сили струму $I = 10$ кА, тиску $P = 40$ МПа, $t_{\text{імп}} = t_{\text{п}} = 0,04$ с) та отримати характеристики адгезійної міцності до 200 МПа, твердості до 60 HRC, пористості до 3%, й тим

самим приблизити модуль пружності покриттів до модулю пружності компактних матеріалів, що дозволило підвищити їх експлуатаційні властивості, і насамперед, зносостійкість в 2...3 рази.

Представлені в роботі наукові завдання виконано. Положення наукової новизни відповідають завданням роботи.

Достовірність результатів роботи базується на використанні комплексу методів і методик: оцінки механічних властивостей експериментальних зразків і деталей з покриттям; математичного моделювання і чисельних розрахунків; металографічного, кількісного стереологічного, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізів, скануючої електронної мікроскопії для вивчення мікроструктури та дослідження вмісту та розподілу легуючих елементів у покритті; мікротвердості та зносостійкості; статистичних та математичних методів, а саме методів математичної статистики та регресійного аналізу. Сума цих чинників дає підставу вважати, що результати отримані автором в дисертаційній роботі є достовірними.

Дисертація виконувалася відповідно до плану наукових досліджень на кафедрі зварювального виробництва Навчально-наукового інституту матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (НН ІМЗ ім. Є.О. Патона). Здобувач прийняв участь як виконавець у науково-дослідній роботі «Технологія комбінованого лазерного та імпульсноплазмового нанесення зносостійких покриттів для зміцнення стволів вогнепальної зброї» (держреєстрація №0121U111822). Дослідження виконувались також згідно договору про спільну науково-дослідну діяльність між КПІ ім. Ігоря Сікорського та Інститутом проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України по темі «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин (проект № Р8.19 програми «Ресурс», держреєстрація №0121U111822).

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

За своїм змістом дисертаційна робота Лопати Олександра Віталійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Прикладна механіка». Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Механічна інженерія».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Лопати О.В. 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, є завершеною науковою працею, має чітку та логічну структуру. Текст роботи викладено з використанням загально прийнятої технічної термінології з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації складає 251 сторінку.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження, описано методи дослідження, надана інформація про наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

В першому розділі за результатами проведеного аналізу літературних джерел із дослідження проблем забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями визначено шляхи їх вирішення. Обґрунтовано доцільність використання імпульсної електроконтактної обробки для підвищення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями. Виходячи з результатів аналізу літератури була сформульована мета і задачі досліджень.

У другому розділі викладено методики проведення досліджень: металографічного, кількісного стереологічного, рентгеноструктурного та мікрорентгеноспектрального аналізів, скануючої електронної мікроскопії; оцінки мікротвердості, щільності/пористості покриттів, визначення механічних властивостей поверхонь деталей й експериментальних зразків. Обґрунтований вибір матеріалів і обладнання для створення поверхонь деталей з покриттями та дослідження їх механічних властивостей.

У третьому розділі наведено результати комплексних розрахунково-експериментальних досліджень механічних властивостей (міцності зчеплення, напружено-деформованого стану, залишкових напружень, щільності, твердості) поверхонь деталей машин із газотермічними покриттями після їх імпульсної електроконтактної обробки.

У четвертому розділі досліджено вплив режимів імпульсної електроконтактної обробки на механічні властивості системи «поверхня деталі – покриття», та визначено її оптимальні параметри для підвищення функціональних властивостей деталей.

Загальні висновки відображають основні положення дисертаційної роботи.

У додатках містяться документи, які підтверджують практичне застосування результатів досліджень та список опублікованих автором праць.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 24 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 9 статей 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, з яких 1 стаття у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports; 2 патенти України на корисну модель; Основні результати дисертації були апробовані на 13 наукових фахових конференціях.

Результати дисертаційної роботи повністю представлено в наукових публікаціях Лопати О.В.

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

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Дисертаційна робота має завищений об'єм – 251 сторінку. Основний текст роботи без літератури та додатків складає 193 сторінки.

2. В тексті роботи зустрічаються повтори рисунків (рис.2.4, Рис.2.5 та рис.3.1 а, в, г). Рис.3.1 має невдалу назву «Процес обробки циліндричних (а) і плоских (б) поверхонь деталей...». На рис. 3.1 зображено обладнання, то більш коректною назвою може бути «обладнання для процесу обробки ...».

3. В тексті дисертації зустрічаються деякі неточності. Наприклад: стор. 93 «Поверхню відполірованого зразка промивали знежиреним зневодненим етиловим спиртом...». Яким чином зневоднювали та знежирювали спирт ? Стор. 94 фраза «...шліф труїли» правильно «шліф травили». Стор.85 «Мета обладнання...». Обладнання не може мати своєї мети.

4. На стор. 128 зазначені результати розрахункової міцність матеріалу порошку КХН-30 в кг/мм², хоча потрібно в МПа.

5. В другому розділі роботи зазначено, що «Вибір методу підготовки поверхні, обладнання, матеріалу, режимів залежить від геометричних параметрів поверхні...». Але в роботі відсутні данні по чистоті підготовки поверхні деталей перед подальшим процесом напилення. Також не зрозуміло, як використовують спосіб електроіскрової обробки поверхонь, який після себе залишає оплавлені кратери з окисленою поверхнею нерівномірно розміщені по поверхні деталі.

6. На стор.132 (табл. 3.2) Розмірність модуля Юнга зазначена в МПа, а необхідно в ГПа.

7. Стор. 148, на рис. 3.8 відповідно до підпису на рисунку повинно бути ще дві пунктирні лінії – експериментальні данні.

8. В розділі 3 (табл. 3.4, стор 159 та висновки п.8) в значеннях коефіцієнту дифузії при статичній (D) і імпульсній (D_M) обробці множник повинен мати від'ємний ступінь.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що вказані недоліки та зауваження не знижують загального високого рівня роботи та цінності отриманих результатів.

В цілому дисертаційна робота Лопати Олександра Віталійовича на тему: «Забезпечення механічних властивостей поверхонь деталей із газотермічними покриттями електроконтактною обробкою», є завершеною науково-дослідною розробкою, яка за обсягом виконаних в дисертації досліджень, їх новизною, науковою та практичною значимістю одержаних результатів та їх рівнем, відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України №40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», та вимогам, передбаченим пунктами 6-9 постанови Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Лопата Олександр Віталійович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 13 Механічна інженерія за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Офіційний опонент:

Завідувач відділу

Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона

Національної академії наук України,

доктор технічних наук

 Юрій ФАЛЬЧЕНКО

Підпис офіційного опонента

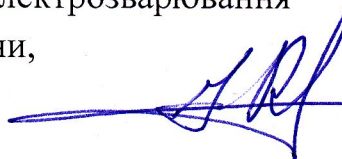
д. т. н, с. н. с. Ю.В. Фальченко

засвідчую:

Вчений секретар Інституту електрозварювання

ім. Є.О. Патона НАН України,

кандидат технічних наук

 Ілля КЛОЧКОВ



МП

«08» грудня 2023 р.