

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Лаптевої Ганни Миколаївни на тему «**Удосконалення технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів за рахунок оптимізації фракційного складу та розтікання металевих частинок**», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – зварювання та споріднені процеси і технології

Актуальність теми. Екстремальні умови експлуатації конструкційних матеріалів викликають необхідність вирішення великого круга питань технологічного і матеріалознавчого характеру, пов'язаних з цілеспрямованою розробкою і проектуванням покриттів, отриманих різними способами, у тому числі і газотермічним напиленням.

Термічне напилення в даний час є високотехнологічною галуззю світової економіки. Природно виникають завдання, пов'язані з розробкою основних принципів формування покриттів в процесі напилення, досліджень стабільності їх в умовах експлуатації.

Сучасні газотермічні (плазмові) покриття на основі дротів, багатокomпонентних сумішей порошків металів, сплавів дозволяють вирішити ряд проблем в інженерії поверхні, пов'язаних із захистом деталей машин, елементів конструкцій і окремих вузлів від зносу, дії високих температур, напруги і агресивних корозійно-ерозійних середовищ.

У загальному випадку широта проблеми, з одного боку, викликає необхідність узагальнення отриманих результатів, а, з іншого боку, диференційованого підходу при вивченні окремих аспектів плазмового напилення і глибшого їх вивчення у зв'язку з необхідністю розширення діапазону робочих характеристик покриттів, що відповідають сучасним вимогам експлуатації.

Поглиблення і розкриття механізмів взаємодії в приповерхневих шарах і на самій поверхні основного матеріалу як безпосередньо, так і після напилення покриттів, впливи цих фізико-хімічних процесів на технологію здобуття покриттів і експлуатаційні характеристики отриманого композиційного матеріалу в умовах дії різних середовищ (кислоти, рідини, газу) є важливим науковим напрямом.

Таким чином, дослідження впливу різних факторів, пов'язаних з температурою, швидкістю частинок, фракційним складом, при використанні струмоведучих дротів на формування ГТП та вплив їх зміни на якість напиленого шару є актуальною науково-технічною задачею.

Ціль дисертаційної роботи сформульована логічно, вірно та відображає актуальність роботи. Поставлені завдання направлені на реалізацію цієї цілі.

Наукова новизна і практичне значення одержаних результатів
Наукова новизна полягає у тому, що в роботі експериментально встановлений діапазон температур для гетерогенного плазмового потоку, при яких спостерігається випаровування або вигоряння частинок матеріалу наплавного

дроту відповідної частки внаслідок протікання екзотермічних реакцій і прирощення ентальпії.

Згідно з розробленою експериментально-теоретичною моделлю встановлено, що при нагріванні дроту в плазмовому струмені значна частина теплового потоку витрачається також на нагрів плівки металу, при цьому щільність теплового потоку на поверхні розплаву пропорційна підвищенню ентальпії металу та синусу кута між площиною розплаву та віссю дроту.

Представляють інтерес отримані результати, які свідчать, що при напиленні струмоведучими дротами алюмінія, міді, бронзи і вуглецевих сталей формування покриттів в основному відбувається частинками великого розміру (100...400 мкм), в той же час дрібнодисперсні частинки знижують міцнісні властивості покриття і потребують їх видалення.

Важливим є вивчення механізму розтікання рідини по шорсткій поверхні і умов змочування, при яких спостерігається формування покриття в результаті сплавлення, хімічної взаємодії, механічного зчеплення та просочення, і відповідно збільшення адгезії та когезії.

Для оцінки ступеню адгезійного і когезійного руйнування розроблена ефективна комп'ютерна програма для швидкого та точного підрахунку частки адгезійного та когезійного руйнування плазмового покриття.

Практична цінність поданої до захисту дисертації визначається розробленням на основі проведених досліджень з впливу товщини та ступеня шорсткості напиленого шару нових науково-практичних рекомендацій щодо удосконалення технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів.

Цінність отриманих результатів обґрунтовується впровадженням технології напилення алюмінієвих контактних шин та струмопідводів міддю, напилення бронзи та порошкового дроту ПП-100X15M2Г2Р на сталь.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, є достатнім, що демонструється сукупністю експериментального матеріалу, обґрунтованим теоретичним обговоренням власних і літературних даних. Якість досліджень, викладених у дисертації, підтверджується ретельно розробленою методикою, сучасними методами, застосованими для отримання експериментальних даних. Логіка викладення матеріалу відповідає поставленій меті та завданням дисертації.

Повнота викладу в опублікованих працях. Фактичний матеріал дисертаційної роботи та висновки за результатами досліджень апробовано на сторінках наукових видань, доповідались на численних вітчизняних та міжнародних наукових конференціях.

Вважаю, що основні положення дисертації достатньою мірою викладено в 21 науковій праці, серед яких 12 статей опубліковані у фахових виданнях (з них 9 статей у виданнях іноземних держав, 1 стаття – у виданнях, які увійшли до переліку міжнародних наукометричних баз даних). Матеріали роботи доповідались на багатьох міжнародних, республіканських і регіональних конференціях.

До найбільш вагомих здобутків дисертаційної роботи варто віднести такі:

Дисертантом зроблений внесок у розробку моделі процесу плазмово-дугового напилення щодо течії розплаву на торці проволочки і формування крапель електродного металу. Запропоновано експериментально-теоретичну модель, згідно з якою проведена оцінка теплообміну на поверхні дроту-аноду з врахуванням швидкості подачі дроту, товщини плівки металу, теплофізичних характеристик.

Зазначено актуальним визначення складових теплового потоку в дріт-анод в залежності від розрядного струму, конвекції і випромінювання плазми.

Представляє науковий інтерес розроблена комп'ютерна програма для кількісної оцінки складових адгезійно-когезійного руйнування плазмових покриттів.

Робота виконувалась згідно з планами наукової та науково-технічної діяльності Запорізького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України.

Структура і зміст дисертації

Робота складає 179 сторінок основної частини машинописного тексту, вона містить 18 таблиць, 50 рисунків. Список використаних літературних джерел включає 105 найменувань на 12 сторінках, 10 додатків.

Структура дисертації побудована відповідно до чинних вимог, побудована по традиційному плану і складається з вступу, п'яти розділів, які включають огляд літератури, матеріали і методи досліджень, результати експериментальних досліджень, аналіз та узагальнення результатів досліджень, висновки, список використаних джерел, додатки.

У вступі дається характеристика стану проблеми, обґрунтована актуальність теми і її наукова новизна, сформульовані мета роботи і основні задачі, що вирішуються, визначено практичне значення роботи.

У першому розділі наведені в достатній кількості результати вітчизняних і зарубіжних джерел, пов'язаних з дослідженнями і аналізом сучасного стану щодо енергетичних і технологічних характеристик процесу плазмового напилення.

Показано, що незважаючи на значну кількість публікацій, деякі важливі питання, такі як температура плазмового гетерогенного потоку, тиск його на основу, змочування і розтікання частинок розплавленого напиленого матеріалу по поверхні, висвітлені недостатньо і не мають однозначного трактування.

Обґрунтована перспективність підвищення фізико-механічних і спеціальних властивостей плазмових багатокомпонентних покриттів в різних умовах експлуатації за допомогою використання струмоведучих дротів.

На основі проведеного глибокого аналізу проблеми сформульована мета і задачі досліджень та вирішення проблеми в цілому.

У другому розділі представлені методика оцінки міцності зчеплення покриттів з основою, проведена оцінка результатів вимірів. Представлені

методики визначення частки адгезійної і когезійної міцності покриттів з використання розробленої комп'ютерної програми. запропоновані методики визначення температури, фракційного складу і величини тиску плазмове-металевого (гетерогенного) потоку при розпиленні струмоведучого дроту.

Представлена методика визначення поверхневого натягу частинок розплавленого матеріалу.

Приведений опис фізичних і хімічних методів досліджень.

У **третьому розділі** розглянуті питання впливу параметрів плазмового напилення струмоведучим дротом та композиційних порошкових матеріалів на температуру і фракційний склад розпиленних частинок

Розглянуто питання теплообміну на поверхні дроту-анода з врахуванням швидкості подачі дроту, товщини плівки металу, теплофізичних характеристик.

Запропонована експериментально-теоретична модель процесу плазмове-дугового напилення щодо течії розплаву на торці проволочки і формування крапель електродного металу.

Зазначено актуальним визначення складових теплового потоку в дріт-анод в залежності від розрядного струму, конвекції і випромінювання плазми. Показано, що, окрім нагріву дроту в твердому стані, значна частина теплового потоку витрачається на нагрів плівки металу.

Розглянуто питання тиску гетерогенного потоку і розтікання рідкого металу по мікронерівностях шорсткої поверхні під дією цього тиску. Стверджується, що тиск струменю при використанні струмоведучого дроту на порядок вище ніж при використанні композиційних порошкових матеріалів.

У **четвертому розділі** представлені результати розрахунково-експериментальних досліджень процесів змочування основного матеріалу рідким розплавом в залежності від стану поверхні, визначені поверхневий натяг, адгезійні і когезійні характеристики.

В умовах шорсткої поверхні основи спостерігається збільшення капілярного тиску рідких частинок, що рухаються, зменшення радіуса кривизни звужуючого меніска, і в наслідок чого краще змочування.

Автором встановлено оптимальне співвідношення між розмірами металевих крапель покриття (160...650 мкм) та мікрорельєфу поверхні (75...95 мкм), при якому забезпечуються найбільші міцнісні характеристики покриття, нанесеного струмоведучим дротом.

Показано залежність міцнісних характеристик від параметрів обробки поверхні, встановлений характер руйнування покриттів.

Фрактографічні дослідження зламів дозволили встановити адгезійно-когезійний характер руйнування.

У **п'ятому розділі** на підставі аналізу та узагальнення результатів досліджень розроблено практичні рекомендації щодо використання запропонованої технології плазмового напилення для підвищення строку служби деталей машин, які експлуатуються при різних умовах, наприклад, в умовах тертя металу по металу.

Робота закінчується 9-ма висновками, де узагальнені і представлені основні результати досліджень.

Надруковані праці відображають основний зміст дисертації.

Автореферат дисертації відображає основні положення самої роботи.

Представлена робота за актуальністю, обсягом проведених досліджень та новизною отриманих результатів має безумовно наукову та практичну цінність.

Загалом позитивно оцінюючи дисертаційну роботу Лаптевої Г. М. слід вказати і на окремі недоліки, висловити зауваження та побажання:

1. У роботі піднімаються важливі питання адгезії і когезії покриттів, при цьому задіяні експериментальні і розрахункові методики. Згідно з термодинамічним підходом для оцінки адгезійної і когезійної складової міцності покриттів використані результати досліджень розтікання краплі металу в умовах статичності. Отримані результати переносяться на процес напилення. Ці результати носять якісний характер, не можуть бути зіставлені з кількісними показниками, наприклад, з когезійною міцністю, які, взагалі, відсутні.

2. В роботі задекларовано визначення контактної опори напиленого шару (глава 2). Але в подальшому не наводяться результати впливу складу сформованого покриття і контактної зони на зміну контактної опори, не запропонований механізм, який відповідає за експлуатаційні характеристики, зокрема, міцність покриттів.

3. В основних главах роботи багато уваги приділяється детальному описанню різних питань, що стосуються процесів напилення і формування покриттів, які є, в загальному, цікавими питаннями, але широко відомими і наведені у багатьох посібниках і підручниках, ці питання відносяться до першого розділу.

4. На мій погляд, не потрібно в подробицях описувати, підготовку травників для шліфів, якщо нема особливостей і специфіки травника.

5. В роботі багато тривіальних посилань, які мають другорядне відношення до конкретних завдань дисертації. При цьому одночасно йдуть посилання на підручники, навчальні посібники. На мій погляд, у розділах, де обговорюються питання, що стосуються авторської новизни, мають наводитися більш конкретні, суттєві посилання. Також, на жаль, в роботі дуже мало посилань на зарубіжні джерела, що є взагалі, бажаним фактором актуальності роботи.

Водночас зауваження можна розглядати, як дискусійними, які не стосуються принципових положень дисертації, не знижують загальної високої оцінки роботи, її наукової і практичної цінності.

Загальний висновок.

Враховуючи актуальність теми, обсяг досліджень, наукову новизну, кваліфікаційний рівень, аналіз одержаних результатів, оформлення, апробацію, зміст висновків і пропозицій виробництву, вважаю, що дисертаційна робота на тему «Удосконалення технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів за рахунок

оптимізації фракційного складу та розтікання металевих частинок», відповідає існуючим вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук і п. п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. № 567, щодо кандидатських дисертацій, а її автор Лаптева Ганна Миколаївна, заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – зварювання та споріднені процеси і технології.

Офіційний опонент

Доктор технічних наук, професор

кафедри інженерії поверхні

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського” МОН України,

професор



Копилов В. І.

Підпис д.т.н., професора Копилова В. І.

засвідчую: Учений секретар

КПІ ім. Ігоря Сікорського



Мельниченко А. А.