

ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, професора

Макаренко Наталії Олексіївни

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», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 «Зварювання та споріднені процеси і технології»

Ознайомлення з дисертацією та авторефератом Лаптевої Ганни Миколаївни дає підстави для представлення характеристики основних результатів авторського дослідження.

1. Актуальність обраної теми дисертації та її зв'язок із науковими програмами і темами

Нанесення покриттів плазмовим розпиленням є одним із розповсюджених процесів отримання поверхонь із спеціальними властивостями: зносостійкістю при нормальних і високих температурах, корозійною стійкістю, електропровідністю і т. інш. Властивості плазмових покриттів визначаються фізико–хімічними процесами, які відбуваються між основою і частинками, а також між самими частинками в покритті при їх сплавленні, деформації і затвердінні. Останнє залежить від кінетики і механізму контактної взаємодії частинок, а це визначає властивості і працездатність покриттів.

Незважаючи на велику кількість публікацій за даною тематикою, деякі важливі питання (такі як температура плазмового потоку з металевими частинками, тиск його на основу, змочування і розтікання напиленого матеріалу по поверхні) висвітлені недостатньо і не мають однозначного трактування.

У деяких випадках крім достатньої міцності зчеплення покриття з основою потрібне забезпечення необхідних спеціальних властивостей поверхні – корозійної стійкості, зносостійкості, електропровідності і т.інш.

Таким чином, дослідження впливу вищезазначених факторів при використанні струмоведучих дротів на формування ГТП та вплив їх зміни на якість напиленого шару є актуальною науково-технічною задачею.

Дисертаційна робота виконувалась в Запорізькому національному технічному університеті на кафедрі «ОТЗВ» відповідно до тематичного плану кафедри з НДР та виконання НДР ЗНТУ в рамках тем: 02712 «Підвищення надійності та зносостійкості матеріалів і деталей машин та обладнання» (№0115U004669), 02715 «Забезпечення надійності та зносостійкості матеріалів і деталей, що експлуатуються в екстремальних умовах» (№0115U004671).

Враховуючи вище зазначене вважаю, що проведені в дисертаційній роботі Лаптевої Ганни Миколаївни дослідження повною мірою актуалізують практичну значимість вирішених в дисертації складних науково-прикладних проблем при нанесенні покриттів плазмовим розпиленням.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність та наукова новизна

Детальне ознайомлення зі змістом дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що мета, яка полягає у виявленні закономірностей впливу характеристик процесу плазмового напилення з використанням струмоведучих дротів на формування покриття, у вдосконаленні існуючої технології для підвищення технологічних, міцнісних та спеціальних властивостей напиленого шару, досягнута.

Основні наукові положення, методичні підходи і пропозиції дисертаційного дослідження Лаптевої Г.М. є достатньо обґрунтованими і достовірними. Варто відзначити коректність та доцільність застосування різноманітних методів наукового дослідження, відповідність висновків поставленій меті й завданням. Переважна більшість положень, висновків та рекомендацій дисертаційного дослідження є достатньо аргументованими і такими, що беззаперечно сприятимуть удосконаленню технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів.

3. Значущість дослідження для науки і практики та шляхи його використання

Наукова цінність поданої до захисту дисертації визначається поглиблення існуючих теоретичних положень та розробленням нових науково-практичних рекомендацій щодо удосконалення технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів. Практична цінність отриманих результатів обґрунтовується впровадженням технології напилення алюмінієвих контактних шин та струмопідводів міддю, напилення бронзи та порошкового дроту ПП-100Х15М2Г2Р на сталь.

4. Структура та зміст дисертації, її завершеність та відповідність встановленим вимогам щодо оформлення

Дисертація відповідає необхідним вимогам щодо правил оформлення її структурних елементів. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Робота викладена на 179 сторінках машинописного тексту, містить 50 рисунків, 18 таблиць, список використаних джерел із 105 найменувань на 12 сторінках та 10 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, подано загальну характеристику роботи, сформульована її мета, основні завдання та наукова новизна досліджень. Представлена практична цінність отриманих результатів, представлено інформацію про особистий внесок здобувача та апробацію роботи.

У першому розділі був проведений аналіз сучасного стану висвітлення енергетичних і технологічних характеристик процесу плазмового напилення, який показав, що незважаючи на велику кількість публікацій, деякі важливі питання, такі як температура плазмового потоку з металевими частинками, тиск його на основу, змочування і розтікання напиленого матеріалу по поверхні, висвітлені недостатньо і не мають однозначного трактування.

Відмічається, що незважаючи на те, що існує велика кількість визначення міцності зчеплення покриттів (більше 40), всі вони або не дають якісних показників, або є надто складними.

На підставі викладеного були сформульовані мета і завдання роботи.

Другий розділ присвячений розробці методик вибору діаметра штифта для випробувань на міцність зчеплення покриття з основою, визначення часток адгезійного та когезійного руйнування, дослідження енергетичних характеристик процесу плазмового напилення, дослідження характеру змочування основи рідким розплавом в залежності від стану поверхні.

У третьому розділі наведено результати експериментальних досліджень з визначення температури та фракційного складу розпиленних частинок. Встановлено діапазон параметрів режиму напилення, при якому формування покриття відбувається частинками, розмір яких забезпечує високу якість та працездатність напиленого шару.

Встановлено, що найбільша доля металу, перенесеного в пароподібному вигляді, якісно відповідає найбільшому значенню теплоємності частинок з плазмовим потоком.

Також було проведено вимірювання температури і будови частинок розпилюваних порошкоподібних матеріалів з урахуванням одночасного впливу плазми з розпилим матеріалом, а також визначена температура чистого плазмового струменя без порошку.

Також актуальною є задача розробки простої та достовірної методики розрахунку теплового потоку. Встановлено, що площа зони попереднього підігріву поверхні до температури плавлення відносно невелика та складає приблизно 5% від площі розплаву. Показано, що окрім нагріву дроту в твердому стані значна частина теплового потоку витрачається на нагрів плівки металу.

Встановлено, що виміряна величина напірного тиску плазми з металевими порошкоподібними частками в середньому в 2 рази перевищує тиск чистого плазмового струменя. В свою чергу тиск струменю зі струмоведучим мідним дротом на порядок вище ніж при використанні порошкоподібних матеріалів.

У четвертому розділі були проведені дослідження характеру змочування основи рідким розплавом в залежності від стану поверхні: гладкої після прокатки та після дробоструминної обробки з $R_z = 90\text{мкм}$. Встановлено, що у всіх випадках досліджувані сплави краще розтікаються на шорсткій (розвинутій) поверхні, ніж на гладкій поверхні твердого тіла. Це можна пов'язати з тим, що поверхня, піддана дробоструминній обробці, активується в результаті процесів екструзії і інтрузії металу під дією механічної деформації.

Проведені дослідження впливу часу дробоструминної обробки на морфологію оброблюваної поверхні і міцність зчеплення плазмового покриття з основою та побудовано графічну залежність. Також було побудовано залежність оптимального співвідношення розмірів крапель та мікрорельєфу, що забезпечує найбільшу міцність покриття, нанесеного струмоведучим дротом.

Досліджено вплив товщини напиленого шару та ступеня обробки поверхні після напилення та встановлено, що зі збільшенням товщини напиленого шару контактний опір знижується, особливо на зразках з необробленою поверхнею, хоча після механічної обробки поверхні зниження контактного опору несуттєве.

Показано, що частка адгезійного і когезійного руйнування не залежить ні від діаметра штифта, ні від товщини напиленого шару, а визначається лише ступенем однорідності металу основи і напилюваного матеріалу.

У випадку спільної основи границя розподілу представляє собою тонку лінію. Нижче границі з'єднання є окремі темні ділянки, вочевидь нерозплавившоїся повністю шихти про що свідчить різке падіння мікротвердості. В цьому випадку руйнування носить адгезійно-когезійний характер, приблизно 50/50.

У випадку напилення матеріалом іншої основи у зрівнянні з основою виробу границя з'єднання характеризується чітким інтерметалідним прошарком різної товщини зі стрибком величини мікротвердості. В цьому випадку слабким місцем є границя розподілу основа-напилений шар, так що руйнування носить адгезійний характер.

У п'ятому розділі представлено, що на підставі комплексу виконаних досліджень була розроблена удосконалена технологія напилення наведеного переліку деталей машин, про що свідчать акти впровадження у виробництво.

В цілому дисертація Лаптевої Г.М. за своїм змістом, рівнем наукової новизни, логікою викладення матеріалу, сукупністю зроблених висновків та розроблених пропозицій являє собою завершене та самостійно виконане наукове дослідження, що відповідає паспорту спеціальності 05.03.06 - «Зварювання та споріднені процеси і технології».

5. Повнота викладення в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

За результатами досліджень опубліковано 21 наукову працю, у тому числі 12 статей у наукових фахових виданнях (з них 9 статей у виданнях іноземних держав, 3 статті у фахових виданнях України, 1 з яких включене до міжнародних науко-метричних баз), 4 статті в інших виданнях, а також тези доповідей у збірниках матеріалів 4 міжнародних конференцій.

Кількість, обсяг і якість друкованих праць повною мірою відображають основний зміст дисертації, її наукові положення та висновки та надають авторові право публічного захисту дисертації.

6. Недоліки, дискусійні питання та зауваження до дисертації

Оцінюючи в цілому високий рівень розробки автором дисертації теоретичних положень та практичних рекомендацій, обґрунтованість висновків та пропозицій, слід відмітити, що деякі з них є дискусійними, а саме:

1. Велика увага приділяється явищам змочування поверхні розплавленими частинками, але дослідження проводяться на статичній краплі, не враховується внесок динамічної складової процесу напилення. Доцільним

було б врахування як статично складової розтікання за рахунок змочування, так і динамічної за рахунок напору струменя.

2. Наводяться експериментальні результати щодо температури плазмового струменя з металевими частинками, що є дуже важливим показником при формуванні покриття, однак викликає сумнів дуже висока точність – до 10°C. Можливо необхідно перерахувати та зменшити точність до 100°C.

3. Потребує доробки спосіб визначення частки адгезійного та когезійного руйнування методом січних ліній по фрактограмам січних ліній у випадку напилення матеріалів, що мають однакове кольорове забарвлення з матеріалом основи (наприклад, ПП-100X15M2Г2Р, Нп 65г на сталь) на стадії підготовки зразків перед випробуванням, це дало б можливість розширити можливості використання запропонованого способу.

4. Для отримання порівняльного аналізу таких характеристик, як тиск плазмового струменя, розмір, будова та температура частинок, струмоведучі дроти та порошкоподібні матеріали мають бути максимально близькі за хімічним складом.

5. Текст потребує окремих редакційних правок, доповнень та виправлень.

В цілому, висловлені зауваження і зазначені недоліки не зменшують теоретичного та практичного значення результатів дослідження, до того ж окремі з них можуть бути враховані в подальшій науково-дослідній роботі здобувача.

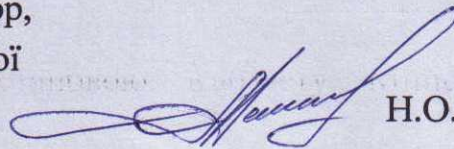
7. Оцінка ідентичності змісту автореферату та основних положень дисертації

Зміст автореферату повною мірою відображає основні положення дисертації, які дають підставу надати позитивну оцінку науковій та практичній цінності дослідження.

8. Загальний висновок

Дисертаційна робота Лаптевої Ганни Миколаївни «Удосконалення технології нанесення плазмових покриттів при використанні струмоведучих дротів за рахунок оптимізації фракційного складу та розтікання металевих частинок» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.03.06 – зварювання та споріднені процеси і технології. Дисертація є завершеною науковою працею, в якій отримано вагомі науково обґрунтовані результати та висновки. Актуальність обраної теми дослідження, ступінь наукової новизни, теоретична та практична значимість, стиль викладення матеріалів дослідження дають підстави зробити висновок, що структура, зміст та оформлення дисертації відповідають вимогам пп. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567, а її автор – Лаптева Ганна Миколаївна, заслуговує на присудження ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.06 – зварювання та споріднені процеси і технології.

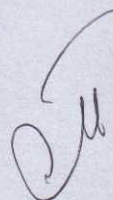
Завідувач кафедри «Обладнання і технологій зварювального виробництва» Донбаської державної машинобудівної академії,
доктор технічних наук, професор,
академік Підйомно-транспортної Академії наук України



Н.О. Макаренко

Підпис Макаренко Н.О. засвідчую:

Проректор з наукової роботи
управлінню і розвитком
міжнародних зв'язків
професор, докт. хім. наук



М.А. Турчанін