

ВІДГУК

на дисертаційну роботу **Строгонова Дмитра Вадимовича** «Отримання сферичних гранул і покриттів при плазмово-дуговому розпиленні струмопровідних дротових матеріалів», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії по галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 132«Матеріалознавство»

1. Актуальність теми дисертації

Сьогочасний інтенсивний розвиток аерокосмічної, суднобудівної, енергетичної, хімічної та біомедичної галузей виробництва неможливий без виготовлення об'ємних деталей складної геометрії з використанням адитивних технологій, або технологій об'ємного, так званого 3D друку та металургії з використанням гранульованої сировини. Залежно від призначення цих деталей гранули, як розхідні матеріали в цих застосунках, виготовляють з різних матеріалів (сталей, титану, різних високолегованих сплавів на основі нікелю чи інших металів, інтерметалідів, тугоплавких металів тощо). Для формування адитивних шарів та композицій з гранул, як правило, використовують матеріали сферичної форми та певного гранулометричного складу з необхідними механічними та технологічними властивостями, які повинні відповідати вимогам щодо плинності порошкових композицій та забезпечити їх компактне вкладання у задані форми і об'єми створюваних елементів. На основі огляду літератури відзначено, що відомі способи отримання таких гранул (PREP, EIGA, FFGA тощо) мають суттєві недоліки (обмежена продуктивність та складність реалізації, високі енергетичні затрати та вартість тощо). До перспективніших методів відносять спосіб отримання гранул потрібного гранулометричного складу за технологією плазмово-дугового розпилення струмопровідних матеріалів у вигляді дротів, яка дає змогу отримувати сферичні гранули з необхідним комплексом властивостей і високими продуктивністю та енергоефективністю.

Слід зазначити також, що сферичні гранули для 3D друку, як правило імпортуються з-за меж України. Тому робота, яка спрямована на вирішення проблеми імпортозаміщення витратних гранульованих матеріалів для потреб ключових галузей виробництва відповідає викликам як воєнного, так і повоєнного часу, а завдання пов'язане із розробленням відповідного дослідно-промислового обладнання для реалізації технології отримання матеріалів з контрольованим гранулометричним складом під різні потреби виробництва є актуальною і своєчасною.

2. Отримані в роботі основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації, їх новизна, ступінь обґрунтованості і достовірності

Під час виконання роботи було вирішено низку важливих завдань: 1) досліджено вплив конструктивних особливостей плазмотрону і технологічних параметрів плазово-дугового розпилення на гранулометричний склад та показники форми отриманих гранул та на їх відповідність вимогам щодо сферичності; 2) визначено вплив різних середовищ та плазмо-утворюючих газів на гранулометричний склад та параметри сферичності отриманих гранул; 3) досліджено фізико-металургійні особливості нагрівання, плавлення і розпилення у плазмовій дузі струмопровідних компактних дротів різного хімічного складу з перерізом однорідного складу; 4) досліджено фізико-металургійні особливості плавлення та розпилювання у плазмовій дузі струмопровідних порошкових дротів з перерізом неоднорідного складу, в тому числі особливостей утворення розплаву під час плавлення його компонентів та формування хімічного складу утворених гранул внаслідок взаємодії порошкового наповнювача і металевої оболонки; 5) визначено вплив технологічних параметрів плазово-дугового розпилення струмопровідного порошкового дроту на структуру, хімічний та фазовий склад і властивості отриманих гранул та покриттів; 6) розроблено дослідно-промислове обладнання та практичну технологію отримання сферичних гранул, а також нанесення

багатофункціональних покриттів для підвищення роботоздатності поверхонь нагрівання енергетичного устаткування.

Використання сучасних методів досліджень, достатньо широка база даних, їх відтворюваність, детальний аналіз результатів, обґрунтованість висновків і їх не суперечливість з ключовими поняттями матеріалознавства свідчать про достовірність отриманих під час виконання дисертаційної роботи результатів. Роботу ілюстровано рисунками, графіками і таблицями, які полегшують сприйняття отриманих результатів. Вважаю, що поставлені в роботі завдання вирішені, отримані результати мають необхідні елементи новизни та практичної цінності.

3. Значення отриманих в дисертації наукових і прикладних результатів

Головне значення наукових і прикладних результатів, отриманих дисертантом, полягає в тому, що на їх основі розроблено технологію та промислове обладнання для отримання сферичних гранул із заданим гранулометричним складом із суцільних і порошкових дротів різного хімічного складу (у т.ч. з інтерметалідами у складі шихти), визначено діапазон їх можливостей для отримання багатофункціональних покриттів, зокрема для підвищення довговічності поверхонь нагрівання енергетичного обладнання.

4. Повнота викладу в опублікованих роботах основних наукових і прикладних результатів дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 108 найменувань і додатків, до яких входять дві довідки про впровадження результатів роботи. Загальний обсяг роботи становить 179 аркушів без списку літератури та додатків. Основні результати роботи викладено у 14 наукових працях, 8 з яких - статті у наукових фахових виданнях України і періодичних закордонних виданнях, причому 2 з

них включені до міжнародної наукометричної бази даних SCOPUS та 6 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій. Результати роботи достатньо широко висвітлені в публікаціях і представлялися та обговорювалися на престижних наукових конференціях. За формальними і змістовними ознаками публікації дисертанта відповідають вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

5. Основні недоліки роботи та її оцінка в цілому

1. Як зауваження за формальними ознаками слід зазначити дещо завищений загальний обсяг роботи (179 сторінок) у порівнянні з рекомендованими авторськими аркушами (до 150 сторінок). В тексті трапляються також окремі синтаксичні та граматичні помилки.
2. У вступі та в першому розділі є різні тлумачення мети роботи.
3. У методичній частині дисертації не обґрунтовано критерії вибору розміру порошку алюмінію для шихт порошкового дроту. Адже чим менший розмір порошку алюмінію, тим більше тугоплавкого оксиду алюмінію буде в шихті внаслідок чого вона важче сплавлятиметься зі сталлю оболонкою. Як наслідок – гранули за хімічним складом будуть більш гетерогенними.
4. Для дослідження форми краплин розпилених плазмотроном можливо доцільніше було б використовувати снігову мішень, а не воду, оскільки при ударі розплавлених краплин об воду вони деформуються.
5. Не вказано тиск супутнього газу, а лише розміри зазору сопла та його витрату.
6. Немає пояснення чому гранулометричний склад титанових гранул має два екстремуми.
7. Не зрозуміло із матеріалів дисертації чому зі зменшенням струму дуги зростає кількість оксидів у складі гранул закристалізованих у повітряній атмосфері (табл. 4.7 – 4.9), а в атмосфері аргону навпаки (табл. 4.4 – 4.6).

8. Необхідно було б пояснити чому в гранулах крупного розміру (200...315 мкм) є більше оксидної фази, ніж у гранулах менших розмірів (табл. 4.4 – 4.9).
9. Корозійні характеристики та жаростійкість пористих покриттів (табл. 4.15 та 4.16) слід визначати впродовж тривалого часу. Це зумовлено тим, що під час випробувань корозивне середовище через пори проникає до основи, на яку напилене покриття, де відбувається підплівкова корозія. Продукти корозії на границі основа - покриття збільшуючись у розмірах відривають покриття від основи.
10. В роботі не в повній мірі проілюстровано кількісні переваги за основними показниками гранул, отриманих згідно запропонованої технології виготовлення із наперед обґрунтованим гранулометричним складом, чи покриттів, отриманих з їх застосуванням, порівняно з іншими відомими технологіями, що ускладнює порівняння можливостей різних технологій і оптимальний вибір тієї з них, яка дасть змогу досягти максимального ефекту за показниками роботоздатності покриттів.

Проте зроблені зауваження та дрібні неточності не зменшують вагомості отриманих в роботі результатів і не змінюють її загалом позитивної оцінки. Робота написана технічно грамотно, добре проілюстрована графічними матеріалами, що полегшує її сприйняття. В цілому за структурованістю, змістом і обсягом робота відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

6. Загальна оцінка дисертації

Дисертаційна робота Строгонова Дмитра Вадимовича на актуальну тему «Отримання сферичних гранул і покриттів при плазово-дуговому розпиленні струмопровідних дротових матеріалів» є завершеною науковою працею, під час виконання якої отримано нові, науково обґрунтовані результати, які дали автору

змогу розв'язати важливе завдання – розробити дослідно-промислове обладнання та практичну технологію отримання сферичних гранул для нанесення багатофункціональних покриттів плазмово-дуговим розпиленням струмопровідних дротових матеріалів.

За рівнем, обсягом виконаних досліджень, елементами новизни та прикладною значимістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор Строгонов Дмитро Вадимович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 132 - «Матеріалознавство».

Офіційний опонент:

провідний науковий співробітник
Фізико-механічного інституту
ім. Г.В. Карпенка НАНУ України,
доктор технічних наук, професор

 Михайло СТУДЕНТ

Підпис д.т.н., проф. М.М. Студента засвідчую:
кандидат технічних наук

Вчений секретар ФМІ
ім. Г.В. Карпенка НАНУ України



 Валентина КОРНІЙ