

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Дерев'янка Олександра Васильовича "Особливості сплавоутворення при консолідації порошкових матеріалів на основі абразив-металевих систем під дією електричного струму" подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.06 порошкова металургія і композиційні матеріали

Предметом дослідження є закономірності структуроутворення в композиційних матеріалах на основі алмазів чи оксиду алюмінію та металевих зв'язок (Cu-Sn, Ni-Al) під час їх консолідації.

Метою роботи є дослідження закономірностей взаємодії між компонентами металевої зв'язки (Cu-Sn, Ni-Al) в композитах на основі алмазів та оксиду алюмінію під дією електричного струму на границі переходу поверхня твердої частинки – прошарок рідкої фази (розплав) під час отримання високозносостійких матеріалів, вивчення їх функціональних характеристик при обробці граніту та мarmуру.

Актуальність теми дисертації визначається декількома факторами:

Виробництво композиційних матеріалів на основі абразив-металевих систем методами електроспікання є одним із сучасних підходів, що інтенсивно розвивається.

Більшість досліджень по консолідації порошкових систем методами електроспікання проводять для композиційних матеріалів, де необхідно досягати достатньо високих температур та застосовувати захисне середовище, тому процеси, що відбуваються в матеріалі при його консолідації під дією електричного струму з утворенням рідкої фази майже не досліджуються.

Виходячи з цього, вивчення процесів масообміну між поверхнею твердої частинки та прошарком, що утворює рідка фаза (розплав), що її оточує, визначення механізмів розчинення та взаємодії, за умови безпосереднього проходження крізь порошкову суміш електричного струму, при отриманні композиційних матеріалів з металевою компонентою є актуальним питанням, вирішення якого дозволить суттєво покращити якість виробів та технологію їх виготовлення.

Робота виконана у відповідності з планами науково-дослідницьких робіт Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, а сам дисертант був в них виконавцем.

Практична цінність роботи Розроблені в роботі алгоритми розрахунку швидкості переміщення та напрямків розповсюдження розплавленої речовини навколо порошкової частинки, а також визначення ступеня проходження процесів сплавоутворення між компонентами під дією електричного струму, дозволяють знизити час та температуру процесу консолідації абразив-металевих матеріалів інструментального призначення, що забезпечує економію енергетичних ресурсів до 20%.

На основі проведених автором теоретичних і експериментальних досліджень було розроблено режими отримання алмазвміщуючих композитів на основі мідь-олово-кобальт при пропусканні спрямленого постійного електричного струму. Отримані матеріали були випробувані на ТОВ "НПК "АГРОППРОМДЕТАЛЬ" (акт від 22 грудня 2020 року) та рекомендовані для виготовлення сегментів інструментального призначення для обробки нерудних матеріалів.

Достовірність одержаних результатів забезпечується використанням сучасних методів експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання, коректністю постановки задач та співставленням результатів з відомими аналітичними та експериментальними даними інших авторів.

Повнота викладу основних результатів підтверджується 24 науковими працями, із яких 10 статей у провідних наукових фахових виданнях, що входять до наукометричних баз SCOPUS, Web of Science of Thomson Reuters та ін. та у відчизняних виданнях, що входять до переліку фахових видань МОН України, 1 патентом на винахід, 10 публікаціями за матеріалами доповідей на міжнародних конференціях.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано модель елементарної комірки, яка описує закономірності взаємодії між компонентами металевої зв'язки (Cu-Sn, Ni-Al) в порошкових матеріалах на основі абразив-металевих систем на границі переходу поверхня твердої частинки – прошарок рідкої фази (розплав) в процесах спікання під дією постійного електричного струму.

2. Вперше для визначення ступеня проходження процесів масоперенесення речовини із поверхні твердого тіла у прошарок рідкої фази та подальшої оптимізації режимів отримання композиційних алмазвміщуючих матеріалів з металевою зв'язкою, що проходять з утворенням рідкої фази під дією електричного струму застосовано критерій Шервуда.

3. Вперше виявлено ефект переміщення твердих компонентів металевої зв'язки під дією електричного струму, що починає проходити вже при величині критерія Релея 62,2-78,7 на відміну від його величини у 1707 при застосуванні традиційних методів консолідації порошкових матеріалів.

Рекомендації з використання результатів і висновків дисертації полягають у розробленні математичні моделі на макро- і мікрорівнях, що пояснюють процеси взаємодії на межі переходу «поверхня твердого тіла – прошарок рідкої фази, що її оточує» в дисперсному тілі за умови безпосереднього проходження постійного електричного струму, можливо застосовувати не тільки при отриманні матеріалів на основі алмаз-металевих компонентів, а й для порошкових систем інших складів.

Характеристика розділів дисертації.

Перший розділ присвячено огляду методів консолідації із використанням дії електричного струму, описано фізичні явища, які їх супроводжують. Показано, що наукові дослідження сьогодення більш орієнтовані на розробку технологічних прийомів по отриманню композиційних матеріалів при застосуванні технології електроспікання.

Проаналізовано сучасні теоретичні дослідження про поведінку порошкової засипки під дією електричного струму на макро- і мікрорівнях. Проведено аналіз літературних джерел, які описують моделі елементарної комірки, що необмежена у просторі, розглянуто рух розплавленої компоненти, виникнення поля концентрацій та переміщення речовини при утворенні рідкої фази під дією електричного струму.

Представлено висновки, що напрямок досліджень потребує подальшого розвитку на основі математичного аналізу процесу консолідації під дією електричного струму. Сформульована мета на основі завдання досліджень.

Другий розділ присвячено опису порошків та обладнання, що використовувались в дослідженні. Також подано опис прес-інструменту та устаткування для здійснення консолідації під дією електричного струму. Представлено відпрацьовану методику по отриманню алмазвміщуючого композиту на мідно-кобальтовій зв'язці (мас.%) ((40,0% Cu + 11,0 % Sn + 44,0% Co + 5,0 % Cr) + (50,0 % (умовних одиниць) алмазу синтетичного марки AC 200, 400/315 мкм), описано устаткування і методику по випробовуванню алмазвміщуючих композиційних матеріалів на працездатність по граніту та мармуру за методом зішліфовування.

Третій розділ присвячено проведенню теоретичного аналізу, який показав, що у разі відмінності електропровідності поверхні твердої частинки, як компоненти дисперсного тіла,

від електропровідності рідкого оточення, по об'єму прошарку ініціюється направлене переміщення речовини за рахунок дії на частинку електромагнітної виштовхувальної сили електромагнітного походження

З метою проведення моделювання визначено геометрію елементарної комірки порошкового тіла, яка знаходиться під дією постійного електричного струму та введено коефіцієнт комірки, як відносна товщина прошарку рідкої фази між частинками.

Використання формули по обчисленню величини критерія Шервуда показало, що під дією спрямленого постійного електричного струму температура процесу консолідації дисперсного тіла не повинна сильно перевищувати температуру плавлення металевої матриці чи наповнювача, а аналіз отриманих результатів визначив, що за таких температурних умов процеси сплавоутворення в порошковому тілі будуть проходити переважно за рахунок сил електричної природи.

В **четвертому** розділі визначено особливості формування структури матеріалів на основі композицій, що входять до складу металевої зв'язки на основі міді, олова, кобальту, хрому та алмазів (мас.%) ((40,0% Cu + 11,0 % Sn + 44,0% Co + 5,0 % Cr) + (50,0 % (умовних одиниць) алмазу синтетичного марки АС 200, 400/315 мкм). Під час досліджень в якості твердої сферичної компоненти було взято порошок міді, а в якості матриці, що плавиться і утворює прошарок між твердими компонентами – олово.

З метою обґрунтування ефекту дії електричного струму на порошкову пресовку проведено два різновиди обробки: з проходженням електричного струму та без (муфельна піч). Показано, що у випадку пропускання електричного струму тривалістю 2 хв. в отриманих зразках були виявлені інтерметаліди Cu_6Sn_5 і Cu_3Sn без залишків міді, а консолідація у муфельній печі показала, що фазовий склад зразків складається із залишків міді (Cu), олова (Sn) і інтерметалідів складу Cu_6Sn_5 і Cu_3Sn .

Представлено аналіз динаміки проходження процесу консолідації на прикладах систем «Ni сплав – Sn» та «частинки електрокорунду – Sn», та показано, що тверді частинки за наявності різниці температури між основою і верхом зразка, пересувалися вгору і одночасно до зовнішньої бічної поверхні зразка, але кожен із своїм ефектом пересування. Визначено, що завдяки більшій різниці в електропровідностях між корундом і оловом, на відміну від нікелевого сплаву, ефект пересування до бічної поверхні корундових частинок буде більшою.

Також із метою оцінки результатів математичних обчислень у розділі наведено результати експерименту по вивченню дії електричного струму на взаємодію між складниками Cu-Al та Ni-Al, що можуть вміщувати матеріали зв'язок абразивного інструменту. Визначено критерій Шервуда, як у широкому інтервалі, так і для вузького діапазону параметрів електричного струму і, відповідно, досягнутої при заданих параметрах консолідації температури. Встановлено, що для Cu-Al різниця електропровідностей складників по модулю майже вдвічі більша ніж для Ni-Al, що можна спостерігати при розрахунку величини критерію Шервуда.

Обґрунтовано, що розбіжність між експериментальним значенням критерія Шервуда і теоретичним насамперед пов'язана із відмінностями у запропонованій в роботі моделю елементарної комірки і реальними умовами проходження процесу консолідації порошкових композицій під дією електричного струму, розвиток даного напрямку з урахуванням більшої кількості факторів, що впливають на порошкове тіло допоможе наблизитися до практичних результатів.

П'ятий розділ присвячений отриманню алмазвміщуючого матеріалу на основі міді, олова, кобальту, хрому і алмазів (мас.%) ((40,0% Cu + 11,0 % Sn + 44,0% Co + 5,0 % Cr) +

(50,0 % (умовних одиниць) алмазу синтетичного марки АС 200, 400/315 мкм) інструментального призначення при використанні спрямленого постійного струму та дослідженню і порівнянню ступеня працездатності по обробці граніту та мармуру із зразками промислового отримання.

Дослідна партія зразків була виготовлена на установці ЕРАН 2/1 під дією спрямленого постійного електричного струму в графітовій прес-формі за технологічних режимах отримання, коли величина густини електричного струму крізь графітову матрицю є основним чинником під час електроспикання. Тривалість технологічного циклу отримання зразків визначилася як 3 хв виходячи із умови, коли усадження порошкової композиції практично закінчується. Проходження процесу консолідації показало – ущільнення порошкового тіла починається при температурі на поверхні прес-інструмента ~ 400 °С і закінчується через 1,5-2 хв після початку.

В результаті, було отримано дослідні зразки діаметром 10 мм і висотою 4,8-5,5 мм. При постійному підпресовуванні у 40-60 МПа залишкова пористість зразків складала 1,5-2%. Та тестування по визначенню працездатності отриманих алмазвміщуючих матеріалів методом зішліфовування по граніту та мармуру. Визначено, що середня абразивна здатність по граніту складала 0,6931 г/см² хв., а по мармуру 3,0806 г/см² хв., що в 1,7-2,3 рази краще аналогів, де металева зв'язка майже чистий кобальт і отримані в промислових умовах ТОВ "ІНСТЕХ" та сегменти марки "ТІГАН" (склад: зв'язка М1+10%Ті).

Ідентичність автореферату змісту дисертації

Автореферат в повній мірі відповідає змісту дисертації

Зауваження по дисертації та автореферату.

1. У дисертаційній роботі представлено великий обсяг теоретичних досліджень які присвячено дослідженню явищ, що виникають при дії електричного струму на компоненти порошкового тіла під час консолідації та визначенню критерію Шервуда, однак сутність цього критерію розкривається лише у п'ятому розділі.
2. У другому розділі не приділено достатньо уваги комплексу ЕРАН 2/1, хоча всі експериментальні дослідження виконувались саме на ньому.
3. У третьому розділі сказано, що розрахунки виконувались за допомогою власноруч складеного ПО, однак це ніде не пояснено, а потенційний інтелектуальний здобуток не наведено в додатках.
4. В четвертому розділі, замість терміну «спикання», автор почав використовувати термін «термообробка».
5. Також, в четвертому розділі, не наведено результати фазового аналізу, які б підтверджували повну взаємодію між компонентами міді та алюмінію, результати якої наведено в таблиці 4.7
6. Фотографії деяких структур мають погану якість та різне збільшення, що погіршує сприйняття матеріалу.
7. Метою роботи вказано "дослідження закономірностей взаємодії між компонентами металевої зв'язки під час отримання високочносотійких матеріалів та вивчення їх функціональних характеристики", але основним висновком по роботі є " на основі розробленої моделі елементарної комірки, яка пояснює взаємодію по границі переходу поверхня твердого тіла реалізовано комплексний підхід по отриманню порошкових високочносотійких матеріалів". При цьому, сутність цього підходу з висновків не зрозуміла.

Загальний висновок по дисертації

У роботі присутні всі складові частини завершеної дисертації. Автореферат та опубліковані здобувачем статті в фахових виданнях відображають основний зміст і результати дисертаційної роботи. Апробація роботи на наукових конференціях та семінарах є достатньою. Отриманий по відпрацьованим режимам в ІПМ НАНУ ім. І.М. Францевича на устаткуванні ЕРАН 2/1 при пропусканні спрямованого постійного електричного струму композиційний матеріал складу ((40,0% Cu + 11,0 % Sn + 44,0% Co + 5,0 % Cr) + (50,0 % (умовних одиниць) алмазу синтетичного марки АС 200, 400/315 мкм) був випробуваний на працездатність по обробці граніту та мармуру в ТОВ "НПК "АГРОПРОМДЕТАЛЬ" (акт від 22 грудня 2020 року) при застосуванні промислового обладнання та рекомендований для виготовлення сегментів інструментального призначення для обробки нерудних матеріалів (граніту, мармуру).

Представлена на відгук дисертація, незважаючи на відмічені недоліки, є закінченою науково-дослідницькою роботою, що містить нові теоретичні подання і вирішення науково-технічної задачі, наукового обґрунтування та експериментального підтвердження щодо прискорення процесів взаємодій між складниками при отриманні під дією електричного струму композиційного матеріалу складу ((40,0% Cu + 11,0 % Sn + 44,0% Co + 5,0 % Cr) + (50,0 % (умовних одиниць) алмазу синтетичного марки АС 200, 400/315 мкм).

За отриманими науковими результатами, стилю викладання та оформленню дисертаційна робота Дерев'янка О.В. "Особливості сплавоутворення при консолідації порошкових матеріалів на основі абразив-металевих систем під дією електричного струму" повністю відповідає вимогам пунктів 9, 10 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника" (постанова Кабінету міністрів України від 24.03.2013. №567) та Вимогам до оформлення дисертації (Наказ МОН України від 03.02.2017. №40).

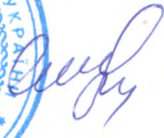
Вважаю, що здобувач Дерев'янка Олександр Васильович заслуговує на присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.16.06 "Порошкова металургія і композиційні матеріали".

Офіційний опонент, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
відділу імпульсної обробки дисперсних систем
ІПТ НАН України



М.С. Присташ

Підпис канд. техн. наук, ст. наук. співробітника
Присташа М.С. засвідчую:
Вчений секретар ІПТ НАН України
кандидат технічних наук



А.В. Сінчук