



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **38178** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B22F 7/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ОТРИМАННЯ ПОКРИТТІВ З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ**

1

2

(21) u200809594

(22) 22.07.2008

(24) 25.12.2008

(46) 25.12.2008, Бюл.№ 24, 2008 р.

(72) ЛОПАТА ЛАРИСА АНАТОЛІЇВНА, UA, ЛЯШЕНКО БОРИС АРТЕМОВИЧ, UA, КІНДРАЧУК МИРОСЛАВ ВАСИЛЬОВИЧ, UA, МЄДВЕДЄВА НАТАЛЯ АНАТОЛІЇВНА, UA, ЛОПАТА ТЕТЯНА ВІТАЛІЇВНА, UA, ЛАБУНЕЦЬ ВАСИЛЬ ФЕДОРОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Спосіб отримання покриттів з порошкових матеріалів шляхом електроконтактного припікання

порошку під тиском, який включає формування порошкового шару на поверхні деталі, стискування його електродом-пуансоном і нагрів до температури спікання прямим пропусканням імпульсного електричного струму, який **відрізняється** тим, що електроду-пуансону надають коливально-обертального руху з частотою 1,5-5,0 рад/с та амплітудою 1,5-3,5 рад, а імпульсний електричний струм пропускають в момент зміни напрямку обертання на протилежний, при цьому величину нормального тиску на електроді-пуансоні встановлюють в межах 10-40 МПа.

Запропонована корисна модель відноситься до області технології машинобудування і може бути використана при зміцненні або відновленні деталей машин та інструменту шляхом нанесення зносостійких, в тому числі абразивних, покриттів з порошкових матеріалів.

Відомий спосіб нанесення покриттів, який містить формування на заготовці шару з металевих порошків, стискування його ущільнюючим елементом та послідовне нагрівання зовнішнім джерелом до температури спікання (див. Авдеев Н.В. Металирование. - Москва, „Машиностроение“, 1978 г., стр. 50-53).

Недоліком відомого способу є низька продуктивність, в результаті значного (10-60 хв.) проміжку часу між операціями пресування та нагрівання. Крім того, покриття, отримані по відомому способу, характеризуються високою пористістю, в них присутні різного роду дефекти, а процес нагрівання необхідно проводити в спеціальних захисних атмосферах для перешкодження окислення складових елементів порошкової шихти.

Найбільш близьким по технічній сутності є спосіб отримання порошкових покриттів, які включають формування порошкового шару на поверхні деталі, що зміцнюють, стискування його електродом-пуансоном з одночасним нагріванням до температури спікання прямим пропусканням

імпульсного електричного струму (Дорожкин Н.Н. И др. Электрофизические методы получения покрытий из металлических порошков. - Рига, «Зинатне», 1985 г., 92-94).

Однак, даний спосіб не дозволяє отримати високощільне (з пористістю не більше 1 %) покриття з важкодеформуваних твердосплавних та абразивних порошкових матеріалів тому, що збільшення твердості часток одночасно знижує як формованість, так і ущільнення порошку, а використані для виготовлення електродів-пуансонів мідні сплави по показникам міцності не дозволяють реалізувати тиск більше 50-60 МПа (Ярошевич В.К. и др. Электроконтактное упрочнение. Минск. «Наука и техника», 1982 г., стр. 127). Більш високий тиск приводить до руйнування електродів. Іншими словами, для збільшення щільності покриттів і міцності їх зчеплення з основою - значне підвищення тиску на порошковий шар з боку електродів-пуансонів (тиск пресування) не допустиме при роботі з твердосплавними сумішами із-за підвищення зношення обладнання і інструменту та загрози появи розшарованих тріщин.

На відміну від способу-прототипу, який включає формування порошкового шару на поверхні деталі, що зміцнюється, стискування його електродом-пуансоном з одночасним нагріванням до температури спікання прямим пропусканням

(19) **UA** (11) **38178** (13) **U**

імпульсного електричного струму, в заявленому способі, для того щоб отримати покриття з твердосплавних важкодеформуємих порошків з високою щільністю і міцністю зчеплення, в порошковому шарі, який ущільнюється утворюють додаткові зсувні деформації шляхом придання електроду-пуансону коливально-обертового руху з частотою 1,5-5,0 рад/с та амплітудою 1,5-3,5 рад, а імпульсний електричний струм пропускають в момент зміни напрямку обертання на протилежний, при цьому величина нормального тиску на електроді-пуансоні знаходиться в межах 10-40 МПа.

Зі сказаного вище можна відмітити що, на відміну від способу-прототипу, в якому на порошковий шар зі сторони електрода-пуансона прикладені тільки нормальні зусилля, в способі, що пропонується, шляхом надання електроду-пуансону коливально-обертового руху, до порошкового шару, крім нормальних, прикладені дотичні напруження. Дотичні напруження утворюють в шарі порошку зсувні деформації. Під дією зсуву проходить перебудова структури маси: хаотично орієнтовані частки перепакуються, прагнучи зайняти паралельне, більш компактне розташування, що призводить до зменшення об'єму (Явление положительной дилатансии, Перельман В.Е. Формирование порошковых материалов. - Москва, «Металлургия», 1979 г., стр. 62). Позитивна дилатансія сприяє зменшенню залишкової пористості, скороченню кількості дефектів-мікротріщин, що призводить до підвищення щільності і міцності зчеплення. Зсувні деформації виникають вздовж кристалографічних площин, які називають площинами ковзання. Найвищі міцності характеристики мають напрямом, збіжний з напрямом ковзання в матеріалі.

Задача корисної моделі: створення ефективного способу нанесення твердосплавних та абразивних порошкових покриттів, які мають високу щільність та міцність зчеплення.

В передбачуваному способі здійснюється інтенсифікація процесу ущільнення шляхом створення в порошковому шарі зсувних деформацій вздовж не однієї і тієї ж системи поверхонь ковзання, а вздовж різних систем, завдяки зміні напрямку обертання електроду-пуансону на діаметрально протилежний.

При гладких сферичних частках, порошки ущільнюються краще, ніж при дендритній і волокнистій формах частинок, тому й величина кута (значення амплітуди) для них менше, ніж для останніх. Збільшення міцності часток одночасно знижує як ущільнюваність, так і формуючість порошку, а отже, потребує використання амплітуд (кутів) більших величин.

Сказане вище встановлено експериментальне і приведено в таблиці 1 для порошку АСН плакованого нікелем, з умовною концентрацією алмазів 100 % (тобто в 1 см³ порошку містить 25 об. % алмаза).

Значення амплітуди (величини кутів) також вибирається експериментально, шляхом аналізу ефективності ущільнення порошку під електродом.

Таблиця 2 відображає залежність фізико-механічних властивостей покриттів з порошку АСН зі сферичною формою часток і розміром часток 40-65 мкм від амплітуди (кута повороту) верхнього електроду-пуансону при частоті коливально-обертового руху електроду 2 рад/с.

При амплітуді менш 1,5 спостерігається значна неоднорідність шару внаслідок нерівномірного розподілу нормальних та зсувних деформацій по перерізу шару. При амплітудах більше 3,5 рад спостерігається зворотний ефект: міцність і щільність знижуються із-за надмірних переміщень часток порошку (табл. 2). Експериментально встановлено, що частота не впливає суттєво на щільність, що дозволяє рекомендувати працювати на низьких частотах.

Осьове обертання верхнього електроду-пуансону здійснюється електромеханічним приводом. При досягненні електродом визначеної величини кута (значення амплітуди), він зупиняється, і через порошковий шар пропускають імпульс електричного струму, в результаті чого проходить нагрівання порошку до температури $(0,2-0,3)T_{пл}$. Після цього електрод повертається в протилежному напрямку, і пропускають аналогічний імпульс електричного струму. В результаті багатократного пропускання електричного струму порошковий шар нагрівається до $(0,98-0,99)T_{пл}$. Процес закінчується при досягненні заданої максимальної щільності покриття і міцності його зчеплення з основою. В якості критерію оптимізації вибирались максимальні щільність покриття (98-99 %) і міцність зчеплення (80-90 МН/м²).

Величина тиску на електроді знаходилась в межах 10-40 МПа. Встановлено, що тиск більше 40 МПа при електроконтактному прип'яканні порошків приводить до таких небажаних явищ, як видавлювання покриття з-під електроду, пластична деформація поверхні, що зміцнюється, руйнування електродів, що погіршує фізико-механічні властивості нанесених покриттів (наприклад, знижує щільність і міцність зчеплення).

Тиск 10 МПа є мінімально допустимим і приймається з умов забезпечення початкового електричного опору (Ярошевич В.К. и др.. Электроконтактное упрочнение. - Минск, «Наука и техника», 1982 г., стр. 200).

Зміни напрямку обертання електроду-пуансону на діаметрально протилежний збуджують зсувні деформації вздовж нової системи поверхні ковзання, яка не співпадає з існуючою раніше. На цьому основана інтенсифікація процесу ущільнення.

Пропускання імпульсного електричного струму в період відсутності обертання сприяє рівномірному нагріву порошкової шихти і перешкоджає іскровиділенню в період нагрівання порошку. При одночасному обертанні електроду і пропусканні імпульсного електричного струму проходить інтенсивне іскровиділення, так як зсувні деформації, які виникають в порошковому шарі, будуть розривати лінії електричного струму. Пропускання електричного струму активує і прискорює протікання процесів, визначаючих властивості спеченого шару. Порошок під впливом

електронагрівання за короткий час стає пластичним, легко деформується, таким чином досягається об'ємне нагрівання шихти, яке викликає рівномірну усадку шару, що в свою чергу, передбачає низький рівень залишкових напруг в покритті.

Таким чином, спосіб, що пропонується, нанесення твердосплавних і абразивних порошкових покриттів складається з чотирьох основних етапів:

1 етап - Верхній електрод-пуансон діє на порошок шар з визначеним тиском і одночасно здійснюється його обертання на заданий кут (обертання з заданою амплітудою) відносно вихідного положення. В результаті утворених в шарі порошку вздовж поверхні ковзання зсувних деформацій проходить попереднє ущільнення порошку (явище позитивної дилатансії), які сприяють отриманню шарів порошкової шихти з низьким та стабільним по перерізу початковим електроопором на наступному етапі процесу.

2 етап - Через порошок шар пропускають імпульс електричного струму. Обертання електрода відсутнє. Пропускання електричного струму сприяє нагріву порошкової шихти до $(0,2-0,3)T_{пл}$. Частинки збираються в групи (агломерати). Пористість групи незначна (може доходити до нуля), контакт значний (може доходити до повного контакту). Міжгрупова пористість більше, а ступінь міжгрупового контакту менше, чим між частинками всередині груп.

3 етап - Обертання електрода в протилежну сторону на заданий кут (з заданою амплітудою). Зміна напрямку обертання електрода-пуансона на діаметрально протилежний визиває зсувні деформації вздовж нової системи поверхонь ковзання, яка не співпадає з існуючою раніше. Процес ущільнення інтенсифікується. На цьому етапі здійснюється ущільнення агломератів (груп частинок), які утворилися на попередньому етапі і ущільнення частинок в середині агломерату, що сприяє утворенню низького і стабільного електроопору порошкової шихти на 4 етапі.

4 етап - Пропускання імпульсу електричного струму через порошок шар. Обертання електрода відсутнє. Здійснюється спікання агломератів та наступне припикання нанесеного порошкового шару до поверхні зміцнюємої деталі. При цьому зменшується міжгрупова пористість, збільшується ступінь міжгрупового контакту.

Процес повторюється до досягнення заданих максимальних щільностей покриттів (98-99 %) і міцності його зчеплення з основою ($80-90 \text{ МН/м}^2$).

Приклад реалізації.

Наносилось зносостійке покриття на твердосплавну пластину, призначену для використання в бурильному устаткуванні. Розмір пластини $20 \times 20 \text{ мм}$, товщина $2,5 \text{ мм}$. Матеріал пластини - сплав ВК-6. В якості покриття використовувався алмазний порошок АСН, плакований нікелем, з умовною концентрацією алмазів 100 % (в 1 см^3 порошку міститься 25 % алмазу), зернистість порошку $809/63 \text{ мкм}$, форма частинок сферична. Товщина шару знаходиться в межах $0,3-0,5 \text{ мм}$.

Пластина з нанесеним на її поверхні, в вільному насипному стані, порошковим шаром

встановлюється між точковими електродами в устаткуванні, виконаної на базі зварювальної машини МТП-100-5. Після цього вмикався пневматичний привід верхнього електрода, в результаті чого останній взаємодіяв на порошок шар з тиском $17-20 \text{ МПа}$. Верхній електрод повертався на кут (обертався з амплітудою) $1,9$ рад узятя із таблиці 2, яка відтворює вплив амплітуди колиально-обертового руху (кута повороту) електрода на фізико-механічні властивості покриттів з порошку АСН зі сферичною формою частинок, з розміром частинок $40-60 \text{ мкм}$, при частоті 2 рад/с . Значення амплітуди вибиралося експериментальне шляхом аналізу ефективності ущільнення порошку під електродом. При амплітуді менш $1,5$ рад спостерігалась значна неоднорідність шару внаслідок нерівномірного розподілу нормальних і зсувних деформацій по перерізу шару. При амплітудах більше $3,5$ рад спостерігався зворотній ефект: міцність і щільність знижувалась із-за надмірних переміщень частинок порошку (див. табл. 2). Величина кута (амплітуди) також визначається формою та розміром частинок порошку. В таблиці 1 приведені експериментальні дані, які вказують на залежність кута (амплітуди) від форми і розмірів частинок порошку АСН, плакованого нікелем при електроконтактному припиканні порошків. В якості критерію оптимізації вибирались максимальна щільність покриття (98-99 %) і міцність зчеплення ($80-90 \text{ МН/м}^2$). При досяганні електродом-пуансоном кута (амплітуди) $1,9$ рад він зупинявся і через порошок шар пропускали імпульс електричного струму величиною $12-16 \text{ кА}$, в результаті чого порошок нагрівався до температури $0,2-0,3T_{пл}$. Тривалість імпульсу $0,02 \text{ с}$. Після цього здійснювали обертання електрода в протилежну сторону з заданою амплітудою (кутом), по досяганню якого електрод-пуансон зупинявся і через порошок шар пропускали аналогічний імпульс електричного струму. Далі цикл повторювався. В результаті багатократного пропускання електричного струму порошок шар нагрівався до температури $0,95-0,98T_{пл}$. Процес закінчувався при досяганні заданих щільності покриття 98-99 % і міцності зчеплення покриття з основою $80-90 \text{ МН/м}^2$. Загальна тривалість процесу нанесення покриття 30 с .

Частота, з якою здійснювався колиально-обертальний рух верхнього електрода-пуансона була встановлена в межах $1,5-5,0 \text{ рад/с}$ експериментально.

Фізико-механічні властивості отриманих покриттів з алмазного порошку АСН, плакованого нікелем, із сферичною формою частинок і розміром частинок $40-63 \text{ мкм}$ приведені в табл. 3. Електрод обертався з постійною амплітудою $1,9$ рад, частота колиально-обертального руху 2 рад/с . В таблиці 3 також задані для порівняння фізико-механічних властивостей покриттів з того ж порошку з вище вказаними характеристиками колиально-обертального руху електрода, але при постійному напрямку обертанні електрода і при нерухомому електроді (спосіб-прототип).

Таким чином, покриття по пропонуємій технології порівняно з прототипом характеризується:

- підвищеною (на 10-15 %) щільністю;

- збільшеною (в 1,7-2 рази) міцністю зчеплення;

- підвищеною (в середньому на 55 %) ріжучою властивістю.

Таблиця 1

Значення кута повороту (амплітуди) електрода в залежності від фізико-технологічних властивостей нанесеного алмазного порошку АСН

Форма частинок порошку	Амплітуда (кут) повороту, рад			
	Розміри частинок порошку, мкм			
	20-35	35-40	40-63	більш 63
Сферична	2,58	2,25	1,9	1,5
Дендритна	3,14	2,7	2,25	1,9

Таблиця 2

Залежність фізико-механічних властивостей покриттів з порошку АСН, (розмір частинок 40...63 мкм, форма частинок - сферична, частота коливань електрода 2 рад/с) від амплітуди (кута повороту) електрода

№ п/п	Показник	Амплітуда, рад									
		0,5	1,0	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
1	Пористість, %	10	3-4	2,5-3,6	3,3-2,5	1,3-1,9	1,7-1,2	1,3-1,8	1,3-1,8	1,3-1,8	1,5
2	Міцність зчеплення з основою, МН/м ²	45-50	57-63	60-73	85-90	85-90	85-90	85-90	90	90	90

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості покриття з алмазного порошку АСН, зі сферичною формою частинок, розмір частинок 40-63 мкм. Амплітуда обертання електрода 1,9 рад, частота обертання 2 рад/с

№	Показник	Розмірність	Значення		
			По способу прототипу (без обертання)	Обертання електрода в одну сторону	По способу, що пропонується (обертання електрода в протилежні сторони)
1	Пористість	%	7-10	3-5	менше 1,5
2	Міцне зчеплення з основою	МН/м ²	45-50	65-70	85-90
3	Інтенсивність різання (алмаз по алмазу)	мг/хв	0,8-0,9	1,1-1,2	1,7-1,9

Експериментально було встановлено, що при змінному напрямку обертання електрода-пуансона щільність покриття, міцність зчеплення і ріжуча властивість твердосплавних пластин вище, ніж при обертанні електрода в одну сторону (див. табл. 3), так як в запропонованому способі зміна напрямку обертання на протилежний викликає зсувні деформації вздовж нової системи поверхонь ковзання, які не співпадають з існуючими раніше. При цьому порошкові покриття утворюються більш щільнішими і міцнішими. На цьому основана інтенсивність процесу ущільнення. Отже, наявність явно вираженого зв'язку між міцностними характеристиками матеріалу і його щільністю дозволяє представити процес ущільнення в запропонованому способі як непере-

рвний розрив зв'язку між частинками порошку вздовж поверхонь ковзання і утворення на базі цього руйнування нового, більш міцностного і щільного шару, завдяки подальшому зближенню частинок.

Техніко-економічна перевага способу.

1. Підвищення щільності за рахунок введення в схему пресування зсувних деформацій, які виникають вздовж поверхонь ковзання.

2. Підвищення міцності зчеплення покриття як наслідок більш рівномірного ущільнення порошкових шарів і якості нагріву.

3. Розширення галузі застосування способу як наслідок можливості застосування важкодеформуваних твердосплавних і абразивних порошкових матеріалів.

