



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29480 (13) U
(51) МПК (2006)
B05B 7/00
H05H 1/26

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ФОРМУВАННЯ ГАЗОПОРОШКОВОГО ПОТОКУ ПРИ ПЛАЗМОВОМУ НАНЕСЕННІ ПОКРИТТІВ

1

2

(21) u200711229

(22) 10.10.2007

(24) 10.01.2008

(72) ПАЩЕНКО ВАЛЕРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, UA,
КУЗНЕЦОВ ВАЛЕРІЙ ДМИТРОВИЧ, UA,
СВИСТУН СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ", UA

(56)

(57) Спосіб формування газопорошкового потоку
при плазмовому нанесенні покриття шляхом
запалювання електричної дуги в дуговому каналі,

нагрівання електричною дугою
плазموутворювального газу, який її обдуває,
формування плазмового потоку, введення
дисперсного матеріалу у потік плазми, який
відрізняється тим, що початкову та більшу
частину основної ділянки дуги розміщують на
вхідній, а меншу частину основної ділянки дуги та
її приелектродну ділянку на вихідній ділянці
дугового каналу, під кутом до початкової та
основної ділянок дуги, при цьому дисперсний
матеріал вводять в зоні переходу вхідної ділянки
дугового каналу у вихідну, співвісно з напрямком
витікання плазмового потоку.

Корисна модель відноситься до області
розпилення з використанням електричної дуги і
може бути використана в установках плазмового
напилення порошків.

Відомі способи формування газопорошкового
потоку при плазмовому нанесенні покриттів [див.
наприклад, книгу Пащенко В.М. «Обладнання для
газотермічного нанесення покриттів» -К.: ІВЦ
«Політехніка», 2001. - 416с], при яких в результаті
взаємодії потоку плазموутворювального газу із
електричною дугою, що горить в дуговому каналі,
генерується потік високотемпературного газу.
Потім, у сформований потік низькотемпературної
плазми вводиться дисперсний матеріал. Це може
бути введення порошку за межами генератора
плазми, або дисперсний матеріал подається в
соплову частину дугового каналу [Пащенко В.М.
«Обладнання для газотермічного нанесення
покриттів» - К.: ГОЦ «Політехніка», 2001, стор.287-
290, рис.9.49-9.51]. В обох випадках матеріал
вводиться під деяким кутом до напрямку витікання
плазмового потоку. Обидва способи мають суттєві
недоліки. При введенні порошку за межами
дугового каналу виключається можливе його
налипання на стінку дугового каналу, але об'єм
високотемпературної зони газового потоку
використовується нерационально. Початкова
траєкторія руху частинок не співпадає з
траєкторією руху молекул газу, тому входження їх

у високотемпературну область змішується вниз по
потоку. При цьому суттєво зменшується час
перебування частинок в зоні нагрівання і перехід їх
у розплавлений стан стає проблематичним,
особливо для тугоплавких матеріалів з низькою
теплопровідністю. У другому випадку, місце
подавання матеріалу змішується вверх по потоку і
порошок вводиться ще в межах дугового каналу в
його сопловій частині. Такий спосіб дає змогу
збільшити час перебування матеріалу у
високотемпературній зоні потоку плазми, але
враховуючи різні початкові умови входження
ансамблю частинок у плазмовий струмінь і певний
діапазон їх характерного розміру, різко зростає
ймовірність проходження частини порошків поперек
дугового каналу і налипання їх на протилежну
стінку із наступним перекриттям прохідного
отвору. Особливо висока ймовірність налипання
при введенні порошку в зону горіння електричної
дуги, де наявний високий рівень температур і висока
здатність газового середовища передавати тепло.
Хоча саме ця зона введення матеріалу є найбільш
раціональною з точки зору технології плазмового
напилення.

Частково цей недолік усувається іншим
способом, прийнятим за прототип [Пащенко В.М.
«Обладнання для газотермічного нанесення
покриттів» - К.: ІВЦ «Політехніка», 2001, стор.309,
рис.9.65]. Відомий спосіб включає запалювання

(19) UA (11) 29480 (13) U

електричної дуги, що горить у прямолінійному дуговому каналі, нагрівання дугою плазموутворювального газу, який її обдуває, формування потоку високотемпературного газу. За межами електричної дуги встановлюється так зване „кутове сопло”, що розміщується під деяким кутом до дугового каналу, і яке є продовженням дугового каналу. Дуга розміщується на прямолінійній частині дугового каналу, а сопловий пристрій тільки змінює напрямок витікання вже сформованого плазмового потоку. При певному куті між дуговим каналом і сопловим пристроєм можна звести до мінімуму неспіввідношеність між каналом подавання дисперсного матеріалу і поздовжньою віссю соплового отвору. Таким чином, цей спосіб дозволяє в деякій мірі узгодити напрямок витікання плазмового потоку і подавання дисперсного матеріалу, знизити ймовірність перетинання нагрітими частинками перерізу дугового каналу, підвищити час перебування частинок у високотемпературному газовому потоці. Однак способу притаманний суттєвий недолік: відхилення плазмового потоку на стадії розвиненої турбулентної течії викликає різке зростання теплових втрат у стінку сопла в місці повороту струменя плазми, що погіршує енергетичні параметри плазмотрона і значно скорочує ресурс роботи вихідного електрода.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення способу формування газопорошкового потоку при плазмовому нанесенні покриттів шляхом гармонізації напрямків витікання плазмового потоку і подавання порошкового матеріалу при одночасній мінімізації втрат тепла в елементи конструкції розпилювача, що дозволяє подовжити час перебування порошку в активній зоні плазмового потоку, підвищивши тим самим коефіцієнт використання матеріалу в процесі нанесення покриття, і зберегти рівень втрат в елементи конструкції розпилювача, зберігши тим самим значення його коефіцієнту корисної дії.

Поставлена задача вирішується шляхом запалювання електричної дуги в дуговому каналі, нагрівання електричною дугою плазموутворювального газу, який її обдуває, формування плазмового потоку і введення дисперсного матеріалу у потік плазми, новим є те, що початкову та більшу частину основної ділянки дуги розміщують на вхідній, а меншу частину основної ділянки дуги та її приелектродну ділянку на вихідній ділянці дугового каналу, під кутом до початкової та основної ділянок дуги, а дисперсний матеріал вводять в районі переходу вхідної ділянки дугового каналу у вихідну, співвідносно з напрямком витікання плазмового потоку. Це дає змогу в деякій мірі захистити стінки дугового каналу в місці зміни напрямку руху газового потоку від тепла нагрітої частини газу за допомогою збереженого на цьому етапі формування потоку плазми холодного прошарку газу між стінкою каналу та електричною дугою і не повністю сформованим плазмовим потоком.

Спосіб ілюструється кресленням (Фіг.), де:

1 - канал порошкопроводу;

2 - вхідна ділянка дугового каналу;

3 - вихідна ділянка дугового каналу;

4 - газопорошковий потік;

5 - вихідний електрод;

6 - кінцева ділянка стовпа дуги та її приелектродна ділянка;

7 - початкова і основна частина стовпа дуги

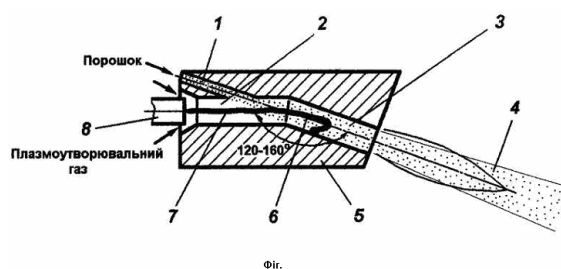
Порошок, який вводиться співвідносно із напрямком витікання високотемпературного газу, не має радіальної складової швидкості (відносно поздовжньої осі дугового каналу). В результаті формується газопорошковий потік, в якому дисперсний матеріал починає нагріватися і прискорюватися ще до формування розвиненої турбулентної течії газового потоку, частково ще в області горіння електричної дуги. При цьому ймовірність перетинання частинками порошку перерізу дугового каналу і налипання на стінці дугового каналу, внаслідок відсутності радіальної складової швидкості у частинок, різко знижується.

Спосіб був реалізований на дуговому плазмотроні лінійної схеми (Фіг.), в якому дуга горить між термохімічним електродами 8 і вихідним електродом 5. Дуговий канал складається із двох ділянок - вхідної 2 та вихідної 3, розміщених під кутом одна відносно другої. При цьому початкова та основна ділянка стовпа дуги, а, відповідно, ламінарна і перехідна ділянки газового потоку 7 розміщуються на вхідній ділянці дугового каналу 2, а частина стовпа дуги і приелектродна ділянка дуги, а, відповідно, і ділянка розвиненої течії плазмового потоку 6 - на вихідній ділянці каналу 3. Порошок вводиться в районі переходу вхідної ділянки дугового каналу 2 у вихідну 3 через канал порошкопроводу 1. Осі каналу порошкопроводу і вихідної ділянки дугового каналу співпадають. В якості плазموутворювального газу використане повітря. Загальна потужність розпилювача становила 25...30кВт; діапазон зміни струму дуги 100...200А; витрата повітря не перевищувала 5,5...6м³/год. Для порівняння, аналогічні режимні параметри роботи були встановлені на розпилювачі з прямим дуговим каналом.

Напилювався порошок Al_2O_3 марки Г-0, ГОСТ 6912-74 із виділеною фракцією 25...50мкм на зразки із Ст.3 розміром 150х150мм. Визначався коефіцієнт використання матеріалу, як співвідношення маси матеріалу покриття на зразку до загальної маси використаного порошку. Результати вимірювань наведені в табл. 1. Встановлено, що за рахунок подовження часу перебування дисперсного матеріалу в активній зоні плазмового струменя і умов теплообміну з високотемпературним газом суттєво підвищується коефіцієнт використання матеріалу (у знаменнику для порівняння наведені значення КВМ для розпилювача з прямим соплом і подаванням порошку в канал на відстані 5мм від зрізу сопла). Кут між ділянками дугового каналу змінювався від 90° до 170°. Верхня межа дослідженого діапазону зміни кута обмежується технічною можливістю розміщення в межах конструкції розпилювача каналу 1 і штуцера для подавання дисперсного матеріалу (Фіг.). Нижня межа - здатністю дуги в заданому діапазоні зміни струму (100...200А) і

витрат плазмоутворювального газу фіксуватися в приосьовій зоні дугового каналу без передчасного шунтування у місці перегину. При куті менше 120° із підвищенням струму вище 160А спостерігається прив'язування опорної плями дуги в зоні перегину. Цьому можна запобігти підвищенням витрати плазмоутворювального газу, але це погіршує енергетичні характеристики плазмового потоку (питому ентальпію, рівень і розподіл температур).

В процесі експериментів за період досліджень (2,5 години) випадків налипання дисперсного матеріалу на стінку дугового каналу зафіксовано не було.



Таблиця 1

Результати експериментального визначення КВМ

№	Потужність, кВт	Струм дуги, А	Витрата газу, м ³ /год	Витрата порошку, кг/год.	Час напilenня, с	КВМ
1	17,5	120	5,5	2	300	0,63/0,25
2	21	150	5,5	2	300	0,62/0,30
3	23,5	170	5,5	3	300	0,65/0,30
4	27	200	5,5	5	300	0,68/0,35

Другою серією досліджень були проведені ресурсні випробування розпилювача з формою дугового каналу, що реалізує запропонований спосіб формування високотемпературного газового потоку (порівняно з каналом із «кутовим соплом»). Режимні параметри роботи розпилювача аналогічні наведеним вище. Випробування проводились шляхом вимірювання втрати маси вихідного електрода після 6 годин безперервної роботи. Результати наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати експериментального визначення втрати маси електрода

№	Потужність, кВт	Струм дуги, А	Витрата газу, м ³ /год	Час роботи, хв.	Втрата маси, г
1	17,5	120	5,5	360	1,3/3,1
2	21	150	5,5	360	1,62/3,5
3	23,5	170	5,5	360	1,84/4,2
4	27	200	5,5	360	2,16/5,3

Примітка: у знаменнику останньої графи таблиці наведені значення втрат матеріалу для електрода з «кутовим соплом»

Встановлено, що втрата маси вихідного електрода, що складається із двох ділянок, розміщених під кутом між собою, практично не відрізняється від втрати маси традиційного прямолінійного дугового каналу при роботі з однаковими струмовими навантаженнями, що відповідає типовим значенням питомої ерозії $5 \cdot 10^{-10}$ кг/Кл. При цьому втрата маси електродів з «кутовим соплом» значно більша.