



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105396** (13) **C2**
(51) МПК (2014.01)
C23C 8/34 (2006.01)
C23C 8/36 (2006.01)
C23C 12/00
C23C 16/42 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2012 02577</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.03.2012</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 12.05.2014</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.09.2013, Бюл.№ 17</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 12.05.2014, Бюл.№ 9</p>	<p>(72) Винахідник(и): Пузіков В'ячеслав Михайлович (UA), Іщенко Григорій Іванович (UA), Семенов Олександр Володимирович (UA), Дмитрик Віталій Володимирович (UA), Вавілов Олександр Васильович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: JPH 04321578 A, 11.11.1992 JPH 02215869 A, 28.08.1990 JPH 04231381 A, 20.08.1992 JPH 04278339 A, 02.19.1992</p>
---	---

(54) ТЕРМОСТІЙКЕ ПОКРИТТЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до зварювального обладнання, зокрема до термостійких покриттів сопел пальників і струмопідвідних мундштуків зварювальних роботів, автоматів та напівавтоматів для захисту від забризкування їх робочих поверхонь. Термостійке покриття виконано двошаровим, перший шар містить матеріал поверхні, вуглець і кремній, а другий шар являє собою суміш нанокристалічних карбідів кремнію і нітридів кремнію.

UA 105396 C2

Винахід належить до зварювального обладнання, зокрема до термостійких покриттів сопел пальників і струмопровідних мундштуків зварювальних роботів, автоматів та напівавтоматів для захисту від приварювання та налипання до робочих поверхонь сопел і струмопровідних мундштуків (СМ) бризок розплавлення металу.

5 Відоме термостійке покриття [Пат. США № 6043451, В23К 10/00], яке складається із інтерметалевої сполуки нікель-титан. Вказане покриття наносять шляхом напилення порошку з плазмового струму на поверхню.

Вказане покриття відзначається високим рівнем адгезії до робочої поверхні металу. Однак, при нагріванні нижньої робочої поверхні сопла в область температур $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$, що характерно для зварювання в середовищі захисних газів CO_2+Ar , до нижньої робочої поверхні сопла налипають бризки розплавленого металу. Внаслідок налипання бризок та на нижній торцевій ділянці сопел утворюється суцільне кільцевидне тіло, яке погіршує захист розплаву ванни від атмосферних газів, внаслідок чого в металі зварного шва утворюються пори, газові та шлакові включення.

15 Відоме термостійке покриття на основі карбідів [Патент Японії, № 2943895, С23С28/04], яке має перехідний шар з карбідом вольфраму та металами групи заліза, а також тверду фазу з двома чи більшим числом з'єднань з групи карбідів, нітридів або карбонітридів елементів груп 4а, 5а, 6а. Тверда фаза покриття вміщує одночасно карбіди, нітриди чи карбонітриди цирконію або гафнію і титану. Один або декілька поверхневих шарів покриття вміщують карбіди, нітриди, оксиди та бориди елементів груп 4а, 5а, 6а та оксид алюмінію.

20 Однак, при циклічному зварювальному нагріванні відомого покриття в область температур $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$, покриття руйнується і його частки відокремлюються від поверхні сопел, що зумовлює відносно невеликий термін служби покриття.

25 Відоме термостійке покриття [Патент України № 65027, В23К 35/36] з твердого вуглецевмісного матеріалу, яке виконано двошаровим, при цьому перший перехідний шар крім матеріалу поверхні містить вуглець і кремній, а другий зовнішній шар являє собою карбід кремнію чи легований карбід кремнію.

30 Спосіб одержання вказаного термостійкого покриття включає попередню обробку поверхні, її орієнтацію щодо падаючого потоку часток і наступне осадження потоку часток іонів вуглецю та іонів кремнію протягом часу, необхідного для одержання покриття заданої товщини.

Однак відомий склад покриття при багаторазовому механічному видаленні налиплих бризок (понад 160 операцій), характеризується тим, що вказані бризки відриваються разом з частками покриття, що зумовлює його пошкодження та поступове руйнування.

35 Таким чином, порушення суцільності покриття сприяє підвищенню інтенсивності приварювання бризок розплавленого металу до робочої поверхні сопел, що зумовлює зменшення терміну їх експлуатації, а також сприяє утворенню у металі шва неметалевих включень. Наявність таких включень викликає утворення в металі шва мікротріщин при довготривалій експлуатації зварних з'єднань в умовах повзучості.

40 Як прототип вибрано відоме термостійке керамічне покриття, "Aero-dag[®]CERAMISHIELD" до складу якого входить нітрид бора, кількість якого складає 10 % [Журнал "Сварщик", 2011, 1(77), яке є найбільш близьким до покриття, що заявляється.

45 Спосіб отримання вказаного термостійкого покриття включає попереднє очищення робочої поверхні сопел чи СМ від масла, бруду та окалини. Рекомендовано використовувати пальники з новими соплами та СМ, що не мають на своїх поверхнях окалини, бруду чи яких-небудь рідин (масла, води), які запобігають адгезії. Також рекомендується обезжирювання поверхонь перед нанесенням покриття. Наведене покриття наноситься шляхом розпилення, аерозолію.

50 Водночас відомий склад покриття, в умовах збільшення ресурсу його напрацювання та надійної експлуатації при зварюванні енергетичного обладнання, яке характеризується широким типом швів, характеризується відносно низьким рівнем адгезії з робочими поверхнями сопел чи СМ від налиплих бризок, разом з такими бризками відриваються і частки термостійкого керамічного покриття, що зумовлює порушення його суцільності. Таким чином порушення суцільності покриття викликає підвищення інтенсивності приварювання бризок розплавленого металу до робочих поверхонь сопел чи СМ, що сприяє зменшенню терміну їх експлуатації і забезпечує утворення в металі зварного шва шлакових включень, які сприяють зниженню властивостей зварних з'єднань.

55 В основу запропонованого винаходу поставлена задача розробки термостійкого покриття та способу його отримання, що забезпечили б високі міцності характеристики такого покриття в процесі експлуатації за рахунок підвищення рівня його адгезії до робочих поверхонь сопел чи СМ, збільшення опору руйнуванню покриття при видаленні налиплих бризок, зниження

інтенсивності налипання самих бризок, зменшення у металі шва шлакових включень та збільшення терміну експлуатації сопел і СМ.

Рішення поставленої задачі забезпечується тим, що термостійке покриття виконано двошаровим, відповідно до винаходу, перший шар містить матеріал поверхні, вуглець і кремній, а другий шар являє собою суміш фаз, відрізняється тим, що до складу суміші фаз другого шару входять нанокристалічні карбіди і нітриди кремнію.

Після формування, шляхом осадження іонів вуглецю і кремнію, першого перехідного та другого шару, сопла та СМ нагрівають в атмосфері азоту протягом часу за який у другому шарі утворюються нітриди кремнію. У результаті отримують нанокристалічний композиційний матеріал, що складається з міцної поверхні другого шару, тобто механічної суміші фаз карбіду кремнію, та нітриду кремнію. Таким чином одержують високоміцне термостійке покриття до якого майже не прилипають бризки, а ті бризки, що прилипають, легко відокремлюються при їх видаленні. І при цьому не порушується суцільність покриття. Високі фізико-хімічні та механічні властивості захисного покриття забезпечують йому підвищений, при порівнянні з відомими покриттями рівень інертності і стійкості в області температур зварювального нагрівання сопел та СМ. Прилипання бризок до робочої поверхні захисного покриття відбувається тільки завдяки дії капілярних сил і тому ступінь їх адгезії до підкладки є незначним. Такі прилипли бризки можуть відокремлюватися з робочих поверхонь сопел чи СМ обдувкою їх стисненим повітрям при відповідному тиску.

Запропоноване захисне покриття збільшує термін служби сопел чи СМ у 3,5-4,5 рази порівняно з відомими.

В процесі дугового зварювання, наплавлення, а також при плазмовому зварюванні сопла, які не охолоджуються, і СМ нагріваються в область температур 300-400 °С і тому для підвищення термостійкості покриття, при зіткненнях з бризками розплавленого металу, температура яких досягає 1800-1900 °С, захисне покриття являє собою суміш фаз карбіду кремнію та нітриду кремнію. Наведений склад суміші забезпечує зниження залишкових механічних напружень у зовнішньому шарі покриття, в порівнянні з відомими покриттями значно підвищує термостійкість та міцність самого покриття, сформованого при відносно низькій температурі в процесі азотування. Зменшення механічних напруг підвищує рівень адгезії запропонованого покриття до підкладки, що дозволяє витримати їм більш високі механічні і температурні навантаження в області температур 300-400 °С, а також значно підвищити термін експлуатації самого покриття.

Завдяки тому, що матеріал сопел та СМ (підкладка) є мідь, на їх поверхні не утворюються хімічні сполуки з компонентами, що входять до її складу, а саме вуглецем (карбіди) і кремнієм (силіциди) та нітриди. Для підвищення рівня адгезії плівки, що являє собою суміш фаз кремнію та нітриду кремнію, спочатку формують перехідний шар. Перехідний шар формують шляхом фізичного перемішування атомів підкладки і плівки при взаємодії потоку іонів вуглецю і кремнію з атомами з енергією 100-500 еВ міді (підкладка). При цьому частково утворюються хімічні з'єднання (силіциди і карбіди) завдяки взаємодії гарячих "атомів", що не утворюються при звичайних умовах. Товщина перехідного шару, та його склад задається енергією осаджених іонів і параметрами режимів осадження та азотування. При зменшенні енергії осадження іонів перехідний шар переходить у зростаючу плівку карбіду кремнію. Термостійкість запропонованого покриття сягає 2000-2100 °С.

Приклад

Одержання термостійкого покриття, що являє собою нанокристалічну суміш фаз карбіду кремнію та нітриду кремнію виконують наступним чином. Робочу поверхню мідного сопла очищають у вакуумі (10^{-3} - 10^{-4} Па) іонним травленням пучком іонів аргону з енергією 1000 еВ і щільністю струму 1 мА/см². Час очищення триває 10-15 хв. Після очищення на поверхні гаку поверхню сопла направляють пучок іонів вуглецю і кремнію з енергією осадження 110 еВ та щільністю струму 7 мА/см². Через 12 хв. осадження енергію іонів підвищують до 150 еВ і витримують осадження терміном 25 хв. Після виконання наведених операцій отримують сопло покрите захисним термостійким покриттям на основі одного карбіду кремнію. Потім таке сопло поміщають у азотовмісну герметичну камеру, нагрівають в область температур азотування та відповідно витримують. Після цього отримують сопло покрите захисним термостійким покриттям, яке являє собою нанокристалічну суміш фаз карбіду кремнію та нітриду кремнію, товщиною близько 3,7 мкм.

Виконували механізоване зварювання зразків з конструкційних сталей товщиною 30-70 мм з V-подібною та щільною обробкою кромки у вуглецевому газі на режимах: Ізв.=300-400 А; Уд=28-30 В. Зразки, які зварювалися, мали стикові, кутові та кільцеві шви. Температура нагрівання сопла в процесі нагрівання сопла в процесі зварювання сягала 320-350 °С.

- Встановили (при тривалості процесу безперервного зварювання 50 год.), що приварювання бризок до поверхні сопел і СМ, які мають запропоноване термостійке покриття, є відсутнім. Приварювання бризок до робочих поверхонь сопел і СМ, які мають запропоноване покриття відбувається тільки після 380-385 операцій їх механічного видалення, тобто коли з'являються пошкодження суцільності запропонованого термостійкого покриття. Механічне видалення налипших бризок розплавленого металу для запобігання руйнуванню покриття виконують за допомогою алюмінієвих або мідних шкребків. Зношені сопла чи СМ (прототип) для їх відновлення потребують протягом 8 год. Затрата часу - до 5 хв. Це викликає порушення процесу зварювання і може зумовити погіршення якісних характеристик зварних з'єднань.
- 5 Пошкодження суцільності запропонованого термостійкого покриття. Механічне видалення налипших бризок розплавленого металу для запобігання руйнуванню покриття виконують за допомогою алюмінієвих або мідних шкребків. Зношені сопла чи СМ (прототип) для їх відновлення потребують протягом 8 год. Затрата часу - до 5 хв. Це викликає порушення процесу зварювання і може зумовити погіршення якісних характеристик зварних з'єднань.
- 10 Приварювання бризок розплавленого металу до робочих поверхонь сопел і СМ з термостійким покриттям (прототип) відбувається після 230-250 операцій видалення налипших бризок. Окрім цього відоме термостійке покриття (прототип) не є достатньо чистим конструкційним матеріалом, оскільки до його складу входять компоненти, які є токсичними для шкіри та очей зварювальника та характеризуються відповідними наркотичними властивостями.
- 15 Доцільно використовувати сопла і СМ з запропонованим покриттям у складі пальників зварювальних роботів, автоматів і напівавтоматів при зварюванні у вуглекислому газі та його сумішах з'єднань із конструктивних вуглецевих та низько вуглецевих сталей.
- 20 Запропоноване покриття сопел випробувано при механізованому зварюванні з'єднань енергетичного обладнання в середовищі вуглекислого газу та його сумішей на ОАО - "Турбоатом", м. Харків. Продуктивність процесу зварювання при використанні сопел із запропонованим покриттям підвищилась майже на 10 %. Ресурс напрацювання сопел із запропонованим захисним покриттям підвищився в 8-9 разів при порівнянні з соплами, що мають відомі захисні термостійкі покриття. При використанні сопел із запропонованим покриттям, внаслідок зменшення їх забризкування, суттєво підвищилась стабільність процесу зварювання і зменшилась кількість вихідних дефектів у зварних з'єднаннях.
- 25

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

- 30 Термостійке покриття, яке виконано двохшаровим, перший перехідний шар містить матеріал поверхні, вуглець і кремній, а другий шар являє собою суміш фаз, яке **відрізняється** тим, що до складу суміші фаз другого шару входять нанокристалічні карбіди кремнію і нітриди кремнію.

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601