



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117631** (13) **C2**
(51) МПК (2018.01)

B23K 35/36 (2006.01)

C23C 4/10 (2016.01)

C23C 14/06 (2006.01)

C23C 14/16 (2006.01)

C23C 14/28 (2006.01)

C23C 28/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2017 01040</p> <p>(22) Дата подання заявки: 03.02.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 27.08.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 11.09.2017, Бюл.№ 17</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.08.2018, Бюл.№ 16</p>	<p>(72) Винахідник(и): Дмитрик Віталій Володимирович (UA), Семенов Олександр Володимирович (UA), Соболь Олег Валентинович (UA), Погрібний Микола Андрійович (UA), Григоренко Світлана Георгіївна (UA), Глушко Альона Валеріївна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 93108 C2, 10.01.2001 US 6043451 A, 28.03.2000 RU 2228824 C2, 20.05.2004 US 4713123 A, 15.12.1987 US 9121548 B2, 01.09.2015 US 20070259204 A1, 08.11.2007 CN 104928614 A, 23.09.2015</p>
--	--

(54) ТЕРМОСТІЙКЕ ПОКРИТТЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ І СПОСІБ ЙОГО ОДЕРЖАННЯ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузей машинобудування та металургії. Термостійке покриття з твердого вуглецевмісного матеріалу виконано двошаровим, перший перехідний шар містить титан та кобальт у кількості 5-7 ат. %, а другий зовнішній шар являє собою суміш карбіду кремнію, карбіду титану та кобальту, при наступному співвідношенні компонентів, ат. %: карбід кремнію - 45-48, карбід титану - 45-48, кобальт - 4-10. Також заявлено спосіб одержання вказаного термостійкого покриття. Технічний результат: підвищення міцнісних характеристик та збільшення терміну експлуатації сопел.

UA 117631 C2

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

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

Вказане покриття відзначається високим рівнем адгезії до робочої поверхні сопел і струмопідвідних мундштуків, виконаних із міді. Однак, при нагріванні нижньої робочої поверхні сопел чи СМ в область температур $>300\text{ }^{\circ}\text{C}$, що характерно для зварювання в середовищі захисного газу CO_2 , а також в суміші захисних газів $\text{CO}_2 + \text{Ar}$, до нижньої робочої поверхні сопел та СМ налипають бризки розплавленого металу. Внаслідок налипання бризок на нижній торцевій ділянці утворюється суцільне кільцеве тіло, яке заважає захисту розплавленого металу ванни від атмосферних газів, внаслідок чого в металі шва утворюються неметалеві включення і пори.

Відоме термостійке керамічне покриття "Aerodag CERAMISHIELD", до складу якого входить нітрид бору, кількість якого складає 10 % і його спосіб отримання [Журнал "Сварщик", 2011, 1(77)]. Водночас відомий склад покриття, в умовах його тривалого напрацювання при зварюванні енергетичного обладнання, яке характеризується широким типом швів, має низький рівень адгезії з робочими поверхнями сопел та СМ і разом з налиплими 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 та СМ, що сприяє зменшенню терміну їх експлуатації і забезпечує утворення в металі зварного шва шлакових включень, які сприяють зниженню властивостей зварних з'єднань.

Відоме термостійке покриття [Пат. України № 105396, С23С 8/34, С23С 8/36, С23С 12/00, С23С 16/42], яке виконано двошаровим, перший перехідний шар містить матеріал поверхні, вуглець, а другий шар являє собою суміш фаз, до складу якої входять нанокристалічні карбіди кремнію і нітриди кремнію. Однак відомий склад покриття, в умовах збільшеного термоциклування при зварюванні енергетичного обладнання великих товщин, допускає пошкодження його суцільності й частки покриття разом з налиплими бризками відриваються від робочої поверхні. Таким чином відбувається пошкодження покриття і його руйнування.

Відоме термостійке покриття і спосіб його одержання [Пат. України № 93108, В23К 35/36, С23С 14/48] яке виконано двошаровим, перший перехідний шар містить титан в кількості 3-10 % (відсотки тут і далі по тексту наводяться в ат. %), а другий зовнішній шар являє собою суміш карбіду кремнію (80-60 %) та карбіду титану (решта). Формування першого перехідного шару ведуть осадженням потоку часток іонів вуглецю, кремнію та титану в кількості 3-10 %, після формування вказаного перехідного шару у зазначеному потоці часток іонів вуглецю, титану та кремнію збільшують вміст іонів титану до 20-40 % від загальної кількості іонів.

Однак при багаторазовому механічному видаленні налиплих бризок (понад 160 операцій) вказані бризки відриваються разом з частками покриття, що зумовлює пошкодження його суцільності та наступне руйнування. Таким чином, порушення суцільності покриття сприяє підвищенню інтенсивності приварювання та налипання бризок розплавленого металу до робочих поверхонь сопел та СМ, що зумовлює зменшення терміну їх експлуатації, а також сприяє утворенню в металі шва неметалевих включень. Наявність таких включень викликає утворення в металі шва мікротріщин в процесі довготривалої експлуатації зварних з'єднань паропроводів в умовах повзучості.

За найближчий аналог нами вибраний останній з документів.

В основу дійсного винаходу поставлена задача розробки термостійкого покриття та способу його одержання, що забезпечило б високі міцнісні характеристики та збільшення терміну експлуатації сопел і СМ, за рахунок підвищення рівня адгезії покриття до їх робочих поверхонь, збільшення опору його руйнуванню при вилученні налиплих бризок, зниження інтенсивності налипання самих бризок, а також зменшення у металі шва неметалевих включень.

Вирішення поставленої задачі забезпечується тим, що термостійке покриття з твердого вуглецевмісного матеріалу, яке виконано двошаровим, перший перехідний шар крім матеріалу поверхні містить титан, а другий зовнішній шар являє собою суміш карбіду кремнію та карбіду титану, відповідно до винаходу, перший перехідний шар додатково містить кобальт 5-7 ат. %, а другий зовнішній шар являє собою суміш: карбід кремнію - 45-48 ат. %, карбід титану - 45-48 ат. %, кобальт - 4-10 ат. %.

Вирішення поставленої задачі забезпечується і тим, що в способі одержання термостійкого покриття, який включає попередню обробку поверхні, її орієнтацію щодо падаючого потоку часток, осадження потоку часток іонів вуглецю, кремнію та титану протягом часу, необхідного для одержання покриття заданої товщини, відповідно до винаходу, формування першого перехідного шару ведуть осадженням потоку часток іонів, в який додатково вводять іони кобальту в кількості 5-7 ат. %, після формування першого перехідного шару у зазначеному потоці часток іонів вуглецю, титану, кремнію і кобальту збільшують вміст іонів кобальту до 4-10 % від загальної кількості іонів.

Введення в потік осаджуваних іонів вуглецю, кремнію та титану, іонів кобальту забезпечує одержання перехідного шару, що складається з атомів міді, кремнію, вуглецю, титану та кобальту, який плавно переходить у другий захисний шар, що складається із суміші карбідів кремнію, титану та атомів кобальту. В результаті одержують суцільну механічну суміш, яка характеризується більш сильними зв'язками між атомами Cu, C, Si, Ti, Co та покриття із суміші карбідів кремнію, титану і атомів кобальту, що зумовлює високі фізико-хімічні та механічні властивості покриття.

Завдяки цьому до одержаного високоміцного термостійкого покриття майже не прилипають бризки розплавленого металу, а ті, що прилипають, легко відокремлюються, не порушуючи його суцільності. Прилипання бризок розплавленого металу до робочої поверхні захисного покриття забезпечується тільки капілярними силами і тому рівень його адгезії є незначним. Такі прилипли бризки відокремлюються від робочої поверхні шляхом обдування сопел і СМ стисненим повітрям.

Експериментально встановлено, що при введенні в осаджувальний потік іонів кобальту в кількості менш за 5 % або більш за 7 % порушується когерентність на міжатомному рівні між першим перехідним та другим зовнішнім захисним шарами. Також погіршується адгезія першого шару до робочої поверхні сопел, що зумовлює підвищення його пошкоджуваності в процесі експлуатації.

Наявність у другому зовнішньому шарі атомів кобальту в кількості 4-10 % зумовлене когерентністю між кристалічними решітками карбідів титану, кремнію і атомами кобальту з однієї сторони та атомами титану, кремнію, кобальту і міді, які входять до складу першого перехідного шару - з другої. Зниження рівня міжатомних сил зчеплення між атомами кристалічних решіток карбідів і атомами кобальту зумовлює викришування та відшарування часток зовнішнього шару покриття.

При введенні кобальту в кількості більш за 10 % інтенсивність налипання бризок розплавленого металу буде збільшуватися, що зумовлює відповідно більш часте їх видалення механічними способами. Таке видалення призводить до утворення в покритті мікро- та макротріщин, які викликають його прискорене руйнування.

В процесі експлуатації сопла і СМ нагріваються до температур близько 350-400 °С. Їх нагрівання сприяє вварюванню у поверхню сопел і СМ бризок розплавленого металу, температура яких 1800-1900 °С. Введення карбідів кремнію, карбідів титану і атомів кобальту забезпечує зниження механічних напружень у зовнішньому шарі покриття, що значно підвищує термостійкість та міцність самого покриття, сформованого в процесі осадження. Зменшення рівня механічних напружень підвищує рівень адгезії покриття до підкладки, що дозволяє йому витримати більш високі механічні та термічні навантаження при температурах >350 °С, а також значно підвищити термін напрацювання покриття.

Матеріалом підкладки (сопел і СМ) є мідь, і тому на її поверхні не утворюються хімічні сполуки з елементами покриття - вуглецем (карбіди) і кремнієм (силіциди). Для підвищення рівня адгезії покриття з мідною підкладкою спочатку формують перехідний шар. Перехідний шар формують шляхом перемішування атомів підкладки та покриття при взаємодії потоку іонів вуглецю, кремнію, титану і кобальту з атомами міді (підкладка). При цьому частково утворюються хімічні сполуки (силіциди та карбіди) завдяки взаємодії гарячих "атомів", що не утворюються при звичайних умовах.

Короткочасна термостійкість запропонованого покриття відповідає 2210-2320 °С.

Тривалість експлуатації сопел з термостійким покриттям

Вид покриття	Термін безперервного напрацювання, год. (до зачистки від бризок)	Загальний термін напрацювання, год.
Запропоноване термостійке покриття	5,5	1860
Пат. США № 6043451	3,5	970
«Aerodag CERAMISHIELD" Журнал "Сварщик", 2011, 1(77)	4,3	1100
Пат. України № 93108 (прототип)	5,0	1800
Пат. України № 105396	4,9	1820

Як видно із табл. запропоноване покриття характеризується значно збільшеним ресурсом напрацювання, що відповідно зумовлює зниження собівартості виготовлення зварних з'єднань.

5 Запропоноване захисне покриття збільшує термін служби сопел і СМ у 1,6-3,7 разу порівняно з відомими.

Приклад одержання запропонованого термостійкого покриття. Робочу поверхню мідного сопла або мідного СМ очищають у вакуумі (10^{-3} - 10^{-4} Па) іонним травленням пучком іонів Ag з енергією 1000 еВ і щільністю струму іонів 1 мА/см². Час очищення триває 5-10 хв. На очищену 10 поверхню сопла направляють пучок іонів вуглецю, кремнію, титану та кобальту з енергією 100 еВ та щільністю струму 5 мА/см². Через 1-2 хв. осадження іонів продовжують з енергією 150 еВ і включають додаткове джерело легуючої домішки Со. Потім після 10-12 хв. осадження процес зупиняють. Таким чином отримують сопла і СМ покриті захисним термостійким покриттям на основі суміші карбідів кремнію і титану і атомів кобальту, наявність яких значно збільшує сили зчеплення між атомами в структурі покриття. Товщина запропонованого покриття складає 15 близько 5,5 мкм.

Виконували автоматичне зварювання зразків з конструкційних сталей товщиною 40-70 мм з V-подібною і щілинною обробкою крайок у вуглецевокислому газі на режимах $I_{зв}=320-420$ А; $U_{д}=8-32$ В; $V_{зв}=20-30$ м/год. Температура нагрівання сопла в процесі зварювання досягала 350 °С.

20 Експериментально встановлено, що при використанні запропонованого термостійкого покриття, приварювання бризок розплавленого металу до поверхні сопел відсутнє (при сумарній тривалості зварювання 40 год.). Приварювання бризок до поверхні сопел з запропонованим покриттям відбувається тільки після 360-370 операцій їх механічного видалення, тобто коли з'являється пошкодженість суцільності запропонованого термостійкого покриття. Механічне видалення налиплих бризок розплавленого металу можна проводити з використанням шкребків, виконаних із сталі 10, що значно полегшує їх видалення в порівнянні з використанням мідних чи алюмінієвих шкребків. Приварювання бризок розплавленого металу до поверхні з термостійким покриттям у найближчому аналозі відбувається після 350-360 операцій видалення налиплих бризок.

30 Доцільним є використання сопел і СМ з запропонованим термостійким покриттям у пальниках зварювальних роботів, автоматів і напівавтоматів при зварюванні у вуглецевокислому газі та його сумішах конструкцій середніх і великих товщин з V-подібною та щілинною обробкою крайок.

35 Запропоновані покриття сопел і СМ опробовані при механізованому зварюванні конструкцій енергетичного обладнання в середовищі захисних газів на Харківському турбінному заводі. Продуктивність процесу зварювання при використанні сопел і СМ із запропонованим покриттям зросла на 8-10 %. Загальний ресурс напрацювання сопел і СМ із запропонованим термостійким покриттям, внаслідок зменшення їх забризкування, збільшився в порівнянні з відомими покриттями в 1,6-3,7 разу. При використанні сопел і СМ, внаслідок зменшення їх забризкування 40 значно підвищилась стабільність процесу зварювання і зменшилась кількість вихідних дефектів у металі шва зварних з'єднань.

Джерела інформації:

1. Патент США № 6043451, кл. В23К 10/10.

2. Журнал "Сварщик", 2011, 1(77).

3. Пат. України № 105396, кл. С23С 8/34, С23С 8/36, С23С 12/00, С23С 16/42.

4. Патент України № 93108, кл. В23К 35/36, С23С 14/48.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Термостійке покриття з твердого вуглецевмісного матеріалу, яке виконано двошаровим, перший перехідний шар містить титан, а другий зовнішній шар являє собою суміш карбїду кремнію та карбїду титану, яке **відрізняється** тим, що перший перехідний шар додатково містить кобальт у кількості 5-7 ат. %, а другий зовнішній шар додатково містить кобальт, при наступному співвідношенні компонентів, ат. %: карбїд кремнію - 45-48, карбїд титану - 45-48, кобальт - 4-10.
2. Спосіб одержання термостійкого покриття, що включає попередню обробку поверхні, її орієнтацію щодо падаючого потоку часток, осадження потоку часток іонів вуглецю, кремнію та титану протягом часу, необхідного для одержання покриття заданої товщини, який **відрізняється** тим, що формування першого перехідного шару ведуть осадженням потоку часток іонів, в який додатково вводять іони кобальту в кількості 5-7 ат. %, після формування першого перехідного шару у зазначеному потоці часток іонів вуглецю, титану, кремнію і кобальту збільшують вміст іонів кобальту до 4-10 % від загальної кількості іонів.

Комп'ютерна верстка О. Рябко

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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