



УКРАЇНА

(19) UA (11) 19031 (13) U  
(51) МПК (2006)  
B23K 35/365МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) ПОКРИТТЯ ЕЛЕКТРОДІВ ДЛЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

1

2

(21) u200609831

(22) 14.09.2006

(24) 15.11.2006

(46) 15.11.2006, Бюл. № 11, 2006 р.

(72) Явдошин Ігор Романович, Косенко Петро Олексійович, Походня Ігор Костянтинович

(73) Явдошин Ігор Романович, Косенко Петро Олексійович, Походня Ігор Костянтинович

(57) 1. Покриття електродів для ручного дугового зварювання, що містить рутиловий концентрат, силікати, карбонат кальцію, феросплав на основі марганцю, органічні матеріали та зв'язуюче, яке **відрізняється** тим, що додатково містить кварцовий пісок, феросплав на основі марганцю додатково містить кремній, а як зв'язуюче застосовують

водний розчин калієвмісного силікату при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

рутиловий концентрат	49-54
карбонат кальцію	6-10
силікати	10-19
кварцовий пісок	4-7
феросплави на основі марганцю та кремнію	13-16
органічні матеріали	2-10
зв'язуюче - водний розчин калієвмісного силікату	до маси сухої шихти - 25-30.

2. Покриття електродів для ручного дугового зварювання за п.1, яке **відрізняється** тим, що як силікати використовують каолін та польовошпатові матеріали при співвідношенні, мас. %: каолін – 6-9; польовошпатові матеріали – 4-10.

Корисна модель відноситься до дугового зварювання металів, зокрема, до покритих електродів для ручного дугового зварювання конструкційних низько вуглецевих сталей.

Відомі різноманітні склади електродних покриттів, наприклад, покриття [а. с. СССР №254687, B23K35/365, 1968], яке містить такі матеріали: плавииковий шпат; рутил; магnezит; слюду; феромарганець; феросиліцій; глинозем; залізний порошок.

Наявність в покритті плавиикового шпату спричинює утворення в зварному шві пор при зварюванні іржавого металу, при зволоженні електродного покриття, при збільшенні довжини дуги.

Відомий „Електрод для сварки низькоуглеродистих сталей” [п. РФ №2084321, B23 K 35/365, публ. БИ №20, 20.07.97], покриття якого містить титановий концентрат, марганцеву руду, кварцовий пісок, феротитан, каолін, деревинне борошно, вуглець та рідке скло. Електродом з вказаним покриттям можна виконувати зварювання іржавого металу, металу, забрудненого фарбою чи маслом, і отримувати щільні зварні шви без пор. Вказане електродне покриття забезпечує отримання щільних зварних швів при збільшенні довжини дуги, оскільки

ки шлак, що утворюється при його плавленні добре захищає розплавлений метал від взаємодії з газами оточуючої атмосфери. Незважаючи на відмічені позитивні якості це покриття має і суттєві недоліки.

Недоліком відомого покриття є підвищене виділення зварювального аерозолі у процесі зварювання та високий вміст у ньому токсичних сполук марганцю (особливо небезпечних для організму людини). Електрод з цим покриттям, крім того, не дозволяє виконувати зварювання швів у вертикальній площині за способом „зверху-униз” з причини високої рідкотекучості шлаку, який утворюється при плавленні покриття.

Перелічені недоліки зумовлені високим вмістом оксидів марганцю, що вносяться марганцевою рудою, яка у відомому рішенні присутня у великій кількості.

Відомий „Состав электродного покрытия” [п. РФ №2226458, B23K35/365, публ. БИПМ №10, 10.04.2004], до якого входить рутиловий концентрат, тальк, мармур, каолін, феромарганець, целюлоза, промпродукт титанового виробництва. Електроди з цим покриттям забезпечують стабільне горіння дуги, отримання щільних швів без пор при

(19) UA (11) 19031 (13) U

зварюванні конструкцій, покритих іржею, фарбами та іншими забрудненнями.

Однак, електродом з таким покриттям також неможливо виконувати зварювання швів у вертикальній площині високопродуктивним способом „зверху-униз”. Цей недолік зумовлений високою рідкотекучістю шлаку, що утворюється при плавленні покриття, внаслідок занадто високого вмісту у ньому основних оксидів - CaO та MgO, джерелом яких є мармур та тальк. Це покриття також спричинює виділення підвищеної кількості зварювального аерозолі, небезпечного для організму зварювальників та робітників суміжних професій.

Найбільш близьким з аналогів є „Електрод для сварки низкоуглеродистых сталей и способ его изготовления” [п. РФ №2120367, B23K35/365, публ.20.10.1998], покриття якого містить такі компоненти: продукт, який містить діоксид титану (зокрема, рутиловий концентрат), тальк, слюду, мармур, феросплав на основі заліза, марганцю та титану, целюлозу та сухий залишок зв'язуючого. Цей електрод забезпечує стабільне горіння дуги, хороше формування металу шва, мале розбрикування металу у процесі зварювання, щільні шви без пор при зварюванні забрудненого металу та при збільшенні довжини дуги.

Недоліком цього рішення є відсутність можливості зварювання швів у вертикальній площині високопродуктивним способом „зверху-униз”. Цей недолік зумовлений досить високим вмістом основних оксидів - CaO та MgO, джерелом яких є мармур та тальк, що призводить до високої рідкотекучості шлаку, який неможливо утримати в процесі зварювання на вертикальній площині.

Крім того, високий вміст силікатів, які містять значну кількість зв'язаної води (кристалізаційна та конституційна вода в складі тальку та слюди), призводить до виділення парів води у атмосферу дуги у процесі плавлення покриття, які стискають стовп дуги. В результаті зростає напруга на дузі, що, в свою чергу, призводить до збільшення виділення зварювального аерозолі.

В основу корисної моделі поставлено технічну задачу створення такого покриття електроду, яке надасть можливість утворювати якісні шви у вертикальній площині високопродуктивним способом „зверху-униз” та зменшити валові виділення зварювального аерозолі.

Поставлена задача вирішується тим, що покриття електродів для ручного дугового зварювання, яке містить рутиловий концентрат, силікати, карбонат кальцію, феросплав на основі марганцю, органічні матеріали та зв'язуюче, згідно з корисною моделлю, додатково містить кварцовий пісок, феросплав на основі марганцю додатково містить кремній, а як зв'язуюче застосовують водний розчин калієвмісного силікату при слідуєчому співвідношенні компонентів, мас. %:

Рутиловий концентрат	-49...54
Карбонат кальцію	-6...10
Силікати	-10...19
Кварцовий пісок	-4...7
Феросплави на основі марганцю та кремнію	-13...16
Органічні матеріали	-2...10
Зв'язуюче - водний розчин	до маси сухої

калієвмісного силікату шихти 25-30

Крім того, в якості силікатів використовують каолін та польовошпатові матеріали, при співвідношенні: каолін - 6...9; польовошпатові матеріали - 4...10.

Можливість зварювання швів у вертикальній площині високопродуктивним способом „зверху-униз” залежить від фізико-хімічних властивостей шлаку (його в'язкості в рідкому стані, залежності в'язкості від температури, поверхневого натягу рідкого шлаку та таке інше), який утворюється при плавленні покриття. Введення до складу покриття, що пропонується, кварцового піску (SiO<sub>2</sub>) сприяє зменшенню рідкотекучості шлаку, а значна кількість рутилового концентрату (TiO<sub>2</sub>) робить шлак більш „коротким”, що створює сприятливі умови для утримання ванни рідкого металу на вертикальній площині і забезпечує отримання шва без прослаблення.

Валові виділення зварювального аерозолі, які визначають санітарно-гігієнічні показники електродів, в значній мірі залежать від складу покриття електродів та від режимів зварювання. Чим вище номінальна напруга дуги, тим більші валові виділення аерозолі [Kobayashi M, Maki S., Ohe I., Factors affecting the amount of fumes generated by manual metal arc welding. IIW Doc. II-E-211-76, P.22; Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов. / Под ред. И.К.Походни. – Киев: Наукова думка, 1990. - 224с.].

Електроди із запропонованим покриттям характеризуються меншою напругою на дузі. Це пов'язано з тим, що до складу запропонованого покриття введено меншу порівняно з покриттям - найближчим аналогом кількість силікатів, що містять у своєму складі зв'язану воду (8-9мас.% каоліну у запропонованому покритті проти 18-28мас.% тальку та слюди у покритті - найближчому аналогу). Значна кількість зв'язаної води, як відмічалось вище, призводить до росту напруги на дузі внаслідок стиснення стовпа дуги парами води.

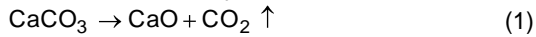
Висока провідність дуги забезпечується також за рахунок використання як зв'язуючого розчинного калієвмісного рідкого скла. Калій є чудовим стабілізатором душ і зменшує величину напруги на дузі.

Введення до складу запропонованого покриття кварцового піску підвищує кислотність шлаку, що утворюється при його плавленні, завдяки чому також зменшуються валові виділення зварювального аерозолі.

Межі вмісту рутилового концентрату (49...54мас.%) вибрані за умови забезпечення таких фізико-хімічних властивостей шлаку, при яких можливо виконувати зварювання швів на вертикальній площині високопродуктивним способом „зверху-униз”, а також з метою зменшення валових виділень зварювального аерозолі. При зниженні вмісту рутилового концентрату нижче 49мас.% шлак, що утворюється в процесі зварювання при плавленні запропонованого електродного покриття не досить „короткий”, що призводить до погіршення формування металу шва. При підвищенні вмісту рутилового концентрату вище 54мас.% хоча і поліпшується показник валового виділення зварювального аерозолі, але при цьо-

му погіршуються властивості шлаку. При цьому процес зварювання швів у вертикальній площині способом "зверху-униз" стає нестабільним, шлак шунтує дуговий проміжок, що призводить до зашлаковування металу шва.

Межі вмісту карбонату кальцію (6...10мас.%) вибрані за умови забезпечення мінімально необхідного рівня газового захисту розплавленого металу від взаємодії з газами оточуючої атмосфери - азотом та киснем. При плавленні покриття карбонат кальцію дисоціює з утворенням  $\text{CO}_2$ :



Вуглекислий газ, що утворюється, знижує парціальний тиск азоту і кисню в атмосфері дугового проміжку і завдяки цьому знижує вміст цих газів в металі шва. При зниженні вмісту карбонату кальцію нижче 6мас.% в металі шва підвищується вміст кисню і знижується вміст марганцю нижче мінімального рівня, необхідного для забезпечення механічних властивостей металу шва, що регламентується нормативною документацією для електродів типу Е46 згідно ГОСТ 9467. В цьому разі необхідно було б збільшити вміст феромарганцю в покритті, але це небажано, оскільки призведе до погіршення санітарно-гігієнічних показників електродів і збільшить їх собівартість. При підвищенні вмісту карбонату кальцію більше 10мас.% зростає рідкотекучість шлаку, що унеможливорює зварювання вертикальних швів способом "зверху-униз", крім того, збільшуються валові виділення зварювального аерозолу.

Межі вмісту кварцового піску (4...7мас.%) вибрані за умови забезпечення фізико-хімічних властивостей шлаку, необхідних для виконання зварних швів на вертикальній площині способом "зверху-униз". При зниженні вмісту кварцового піску в покритті нижче 4мас.% шлак в рідкому стані буде мати незначну в'язкість, тобто буде рідкотекучим, і не зможе утримувати на вертикальній площині ванну рідкого металу при зварюванні способом "зверху-униз". При підвищенні вмісту кварцового піску більше 7мас.% на поверхні металу шва з'являються дефекти типу свищів, які є наслідком поганої дегазації металу в зварювальній ванні за рахунок розвитку кремній-відновлювального процесу.

Межі вмісту каоліну (6...9мас.%) вибрані за умови забезпечення достатнього рівня пластичності обмазувальної маси при виготовленні електродів, оскільки каолін є непоганим пластифікатором. Крім того, він є джерелом постачання водню в метал зварювальної ванни, оскільки містить до 14% зв'язаної (кристалізаційної) води. Тобто, каолін забезпечує контрольований вміст водню в металі зварювальної ванни, завдяки чому в металі шва не утворюються пори. При зниженні вмісту каоліну в покритті нижче 6мас.% погіршується пластичність обмазувальної маси при виготовленні електродів, а при зварюванні зростає вірогідність утворення пор в металі шва. При підвищенні вмісту каоліну більше 9мас.% збільшується розбризкування металу та погіршується формування металу шва внаслідок росту напруги на дузі, що зумовлено стисненням дуги великою кількістю пари води, які виділяються з каоліну при плавленні покриття.

Межі вмісту польовошпатових матеріалів (4...10мас.%) вибрані за умови забезпечення фізико-хімічних властивостей рідкого шлаку, необхідних для забезпечення високих зварювально-технологічних властивостей електродів із запропонованим покриттям. Польовошпатові матеріали містять до 70%  $\text{SiO}_2$ , 12-17%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , до 10%  $\text{K}_2\text{O}$ . Як джерело кислих окислів ( $\text{SiO}_2$ ) вони сприяють зменшенню валових виділень зварювального аерозолу, у вибраному діапазоні концентрацій сприяють отриманню шлаку, який показав себе позитивно при зварюванні як на вертикальній площині, так і в інших просторових положеннях. При підвищенні вмісту польовошпатових матеріалів більше 10мас.% шлак в розплавленому стані стає занадто в'язким, що призводить до погіршення формування металу шва, особливо при зварюванні в вертикальній та горизонтальній площинах. Крім того, на поверхні металу шва з'являються дефекти типу свищів з причин, які були зазначені вище.

Межі вмісту феросплавів на основі марганцю та кремнію (13...16мас.%) вибрані за умови забезпечення оптимального вмісту в наплавленому металі марганцю (0,50-0,70мас.%) та кремнію (0,15-0,30мас.%), які забезпечують необхідні властивості металу шва - тимчасовий опір на розрив 450-500МПа, ударну в'язкість KCU при +20°C на рівні 100-140Дж/см<sup>2</sup> та відносне подовження не нижче 22%. Нижня межа вмісту феросплавів на основі марганцю та кремнію зумовлена заданими значеннями характеристик міцності та пластичності металу шва, верхня межа - значним зростанням міцності та зменшенням пластичності металу шва.

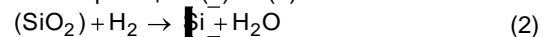
Межі вмісту органічних матеріалів (2...10мас.%) вибрані за умови:

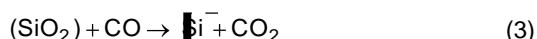
а) забезпечення потоку газів з торця електроду в сторону ванни рідкого металу та шлаку для її утримання на вертикальній площині;

б) забезпечення високої пластичності обмазувальної маси при нанесенні покриття на металевий стрижень при виготовленні електродів.

Потік газів з торця електроду утворюється при нагріванні і плавленні електродного покриття, коли органічні матеріали розкладаються і частково окислюються з утворенням суміші газів в складі  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ . Оскільки органічні матеріали, які входять до складу запропонованого покриття (целюлоза, карбоксиметилцелюлоза, альгінати) є чудовими пластифікаторами, вони забезпечують високі технологічні властивості обмазувальної маси при нанесенні покриття на стрижень,

При зниженні вмісту органічних матеріалів нижче 2мас.% обмазувальна маса не буде достатньо технологічною при нанесенні покриття на стрижень, тобто при виготовленні електродів. При збільшенні вмісту органічних матеріалів більше 10мас.% в металі шва з'являються дефекти типу свищів, утворення яких пов'язане з активізацією протікання кремнійвідновлювального процесу в зварювальній ванні за рахунок підвищення парціального тиску відновлювальних газів ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ) в атмосфері дуги. Збільшення парціального тиску цих газів призводить до більш активного відновлення кремнію по реакціям (2) та (3):





Таким чином, перелічені суттєві ознаки та зв'язок між ними дозволяють досягти очікуваний технічний результат.

Експериментальна перевірка покриття, що заявляється, виконувалась таким чином. На стрижні із зварювального дроту марки Св-08А за ГОСТом 2246-70 діаметром 4,0мм наносили покриття. При приготуванні обмазувальної маси використовували зв'язуюче - водний розчин калієвмісного силіка-

ту з модулем 2,95 та густиною 1,44г/см<sup>3</sup>. Кількість зв'язуючого в обмазувальній масі в залежності від її складу коливалась в межах 25...30мас.%. Електроди після виготовлення сушили при температурі 115±5°C протягом 1, 5 години.

Склад покриття наведено в таблиці 1, причому варіанти 1-5 містять компоненти в кількості, що заявляються формулою корисної моделі, а варіанти 6-10 містять компоненти в кількості, що виходить за межі, вказані у формулі.

Таблиця 1

Номер варіанту покриття	Рутиловий концентрат	Карбонат кальцію	Каолін	Польовошпатів матеріали	Кварцовий пісок	Феросплав на основі марганцю та кремнію	Органічні матеріали
Вміст компоненту, мас.%							
1	54	7	6	6	4	13	10
2	49	6	7	10	5	15	8
3	52	6	10	10	7	13	2
4	53	8	7	6	4	16	6
5	50	10	9	4	6	14	7
6	55	6	10	11	4	13	1
7	48	10	8	7	4	17	6
8	53	8	6	5	5	12	11
9	52	5	10	9	3	14	7
10	51	11	7	4	8	14	5

У процесі виготовлення всіх варіантів електродів фіксували стабільність витікання обмазувальної маси з головки електрообмазувального пресу, наявність чи відсутність дефектів в електродному покритті.

Після сушки вимірювали товщину покриття, оцінювали зварювально-технологічні властивості електродів при зварюванні в різних просторових положеннях. Зварювання швів у вертикальній

площині виконували як традиційним способом "знизу-вверх" так і високопродуктивним способом "зверху-вниз".

В ході випробовувань оцінювали формування металу шва, наявність дефектів як на поверхні металу швів, так і в площині злому при руйнуванні швів. Оцінка формування металу шва виконувалась в балах, як наведено в таблиці 2.

Таблиця 2.

Опис характеру формування	Оцінка в балах
1	2
Шлак не заважає процесу зварювання, шов гладкий, повний, без послаблення	10
Шлак не заважає процесу зварювання, шов гладкий, але послаблений	6
Шлак накопичується над електродом і періодично проривається вниз через дуговий проміжок	4
Шлак заважає веденню стабільного процесу зварювання, безперервно стікає вниз, зашлаковує метал шва	0

Механічні властивості металу шва оцінювали згідно з вимогами ГОСТ 9466-75 по показникам тимчасового опору на розрив, відносного подовження, які визначали на зразках типу II за ГОСТом 6996 при випробуваннях на статичний розтяг при температурі +20°C, а також по величині ударної в'язкості, яка визначалась при випробуваннях на ударний згин зразків типу VI за ГОСТом 6996 (надріз по Менаже) при температурі +20°C.

Хімічний склад наплавленого металу визначали згідно з вимогами ГОСТ 9466-75. Всі випробування проводили при зварюванні змінним струмом. Сила зварювального струму коливалась в межах 140 - 190 А.

Валові виділення зварювального аерозолу визначали методом повної фільтрації диму, який утворюється при зварюванні. В якості фільтра використовували тканину Петрянова.

Як видно з результатів випробувань зварювальні електроди з покриттями варіантів 1-5 забезпечують заданий рівень хімічного складу та механічних властивостей металу шва (див. таблицю 3), задовільні зварювально-технологічні властивості електродів, в тому числі можливість зварювання швів на вертикальній площині методом "зверху-вниз", низький рівень валових виділень зварювального аерозолу (див. таблицю 4).

Таблиця 3

Номер варіанту покриття	Тимчасовий опір розриву, МПа	Відносне подовження %	Ударна в'язкість при $T=+20^{\circ}$ (КСУ) Дж/см <sup>2</sup>	Хімічний склад наплавленого металу, мас. %				
				C	Si	Mn	S	P
1	488,6	25,3	106,2	0,08	0,28	0,59	0,021	0,027
2	491,5	27,3	121,4	0,08	0,27	0,69	0,025	0,028
3	462,0	27,4	101,8	0,07	0,16	0,51	0,029	0,027
4	494,3	29,0	121,1	0,09	0,25	0,70	0,023	0,030
5	498,4	29,7	111,4	0,08	0,21	0,60	0,025	0,026
6	490,4	28,1	106,2	0,08	0,18	0,56	0,023	0,028
7	551,0	22,3	102,6	0,09	0,31	0,76	0,022	0,031
8	484,0	26,8	100,2	0,07	0,32	0,47	0,025	0,029
9	506,8	27,3	108,0	0,08	0,23	0,42	0,021	0,027
10	514,2	24,8	104,3	0,08	0,32	0,60	0,022	0,028

Таблиця 4

Номер варіанту покриття	Наявність дефектів в металі шва	Валові виділення твёрдой складової зварювального аерозолі, Г/кг	Оцінка в балах якості формування металу шва при зварюванні в вертикальній площині способом "зверху-униз"
1	2	3	4
1	відсутні	11,4±0,5	10
2	відсутні	11,2±0,5	10
3	відсутні	10,8±0,4	10
4	відсутні	10,9±0,4	10
5	відсутні	10,8±0,5	10
6	свищі по лінії сплавлення	10,3±0,6	4
7	відсутні	11,2±0,5	10
8	свищі по лінії сплавлення	12,6±0,4	8
9	відсутні	11,3±0,4	8
10	свищі по лінії сплавлення	12,8±0,4	6

Випробування зварювальних електродів з покриттями варіантів 6-10 показали, що жоден з них не забезпечує одночасно необхідного рівня зварювально-технологічних властивостей електроду, хімічного складу металу шва та їх механічних властивостей, що дозволяє зробити висновок про правильність вибраних меж вмісту компонентів в складі запропонованого покриття електродів для ручного дугового зварювання.

Отже, запропоноване покриття, призначене для виготовлення електродів для ручного дугового

зварювання конструкцій із низьковуглецевих сталей в усіх просторових положеннях забезпечує можливість зварювання швів на вертикальній площині високопродуктивним способом "зверху-униз", що підвищує продуктивність праці в 1,5-2 рази; забезпечує незначне валове виділення зварювального аерозолі, що сприяє покращенню умов праці зварювальників та робітників суміжних професій.