



УКРАЇНА

(19) UA (11) 61831 (13) U
(51) МПК (2011.01)
B23K 35/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЕЛЕКТРОДНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РІЗНОРІДНИХ СТАЛЕЙ

1

(21) u201101797

(22) 15.02.2011

(24) 25.07.2011

(46) 25.07.2011, Бюл.№ 14, 2011 р.

(72) ЮЩЕНКО КОСТЯНТИН АНДРІЙОВИЧ, БУЛАТ ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ, КАХОВСЬКИЙ ЮРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ, САМОЙЛЕНКО ВІКТОР ІВАНОВИЧ, ФАДЄЄВА ГАЛИНА ВІКТОРІВНА, КОСЕНКО ПЕТРО ОЛЕКСІЙОВИЧ, КАХОВСЬКИЙ МИКОЛА ЮРІЙОВИЧ, ЮЩЕНКО АНДРІЙ КОСТЯНТИНОВИЧ, ПОТАШНИК СЕМЕН ІЗРАЙЛЕВИЧ, РАССОВСЬКИЙ ВАДИМ ЛЕОНІДОВИЧ, ДУБИЦЬКИЙ ЮРІЙ ІВАНОВИЧ, ВАСИЛЕНКО ВІКТОР ІВАНОВИЧ, ПАЩЕНКО ОЛЕГ ГРИГОРОВИЧ

(73) ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) 1. Електродне покриття для зварювання різнорідних сталей низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18N10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T, що містить мармур, плавиковий шпат, феротитан, феросиліцій, яке відрізняється тим, що до складу покриття додатково введені хром металевий, нікелевий порошок, марганець азотований; розкислювачі - марганець та алюміній, взяті разом або окремо; один або декілька оксидів чотиривалентних металів, вибраних з наступного ряду металів - титану, цирконію, кремнію; пластифікуючі домішки, а саме - слюду мусковіт, електродну целюлозу,

2

соду кальциновану, причому компоненти покриття взяті в наступному співвідношенні, мас. %:

мармур	24,0-28,0
плавиковий шпат	22,0-26,0
феротитан	2,5-3,0
феросиліцій	0,5-1,5
хром металевий	18,5-21,0
нікелевий порошок	12,0-14,5
марганець азотований	0,5-1,5
розкислювачі (марганець, алюміній)	5,0-5,5
оксиди чотирьохвалентних металів (титану, цирконію, кремнію)	3,0-5,0
пластифікуючі домішки (слюда мусковіт, електродна целюлоза, сода кальцинована)	0,5-3,0.

2. Електродне покриття за п. 1, яке відрізняється тим, що хром металевий та нікелевий порошок введені у вигляді сплаву хрому та нікелю.

3. Електродне покриття за п. 1, яке відрізняється тим, що оксиди чотиривалентних металів - титану, цирконію, кремнію введені у вигляді їх комплексних сполук типу силікатів титану та силікатів цирконію.

4. Електродне покриття за п. 1, яке відрізняється тим, що розкислювачі, які містять марганець та алюміній введені у вигляді їх сплаву.

5. Електродне покриття за п. 1, яке відрізняється тим, що як пластифікатори вибрані один або декілька компонентів з наступного ряду: ніфеліновий концентрат, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ), поташ.

Корисна модель належить до області зварювання, а саме до зварювальних матеріалів, зокрема покритих електродів для дугового зварювання різнорідних сталей: низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18N10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T. Зварні з'єднання різнорідних сталей використовують при виготовленні апаратури, що працює в окислювальному середовищі та при підвищеній температурі в хімічному, харчовому,

нафтопереробному та енергетичному машинобудуванні, а також інших галузях промисловості.

Основними вимогами до зварювальних матеріалів, зокрема до покритих електродів, які призначені для зварювання вищевказаних різнорідних сталей, є зниження структурної та хімічної неоднорідності, а також забезпечення відсутності крихких кристалізаційних прошарків мартенситу в передній зоні між низьковуглецевою сталлю та високолегованим металом шва. Наявність структурної та хімічної неоднорідності, а особливо крихких кристалізаційних прошарків мартенситу, знижує деформаційну здатність зварних з'єднань, тим

(13) U

(11) 61831

(19) UA

самим зменшуючи експлуатаційну надійність зварних конструкцій, аж до їх руйнування внаслідок утворення та розвитку холодних тріщин (відколів).

Отже, при розробці покритих електродів для зварювання різномірних сталей необхідно виключити вказані негативні явища.

Для ручного дугового зварювання різномірних сталей, а саме низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18N10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T, застосовуються електроди марки ЭНТУ-3 типу Э-10Х25Н13Г2 по ГОСТ 10052-75 [Борт М. М., Белоцкий Л. А., Васильев Г. В. и др. Справочник электросварщика: - Москва - Киев: Машгиз, 1961 г., 752 стр., стр. 171]. Цей електрод складається із стрижня із сталі Св-07Х25Н13 та покриття, до складу якого входять наступні компоненти, в мас. %

мармур	45,0
плавиковий шпат	39,0
двоокис титану	6,0
феромарганець	2,5
феротитан	5,5
феросиліцій	2,0

Застосування вказаних електродів в деяких випадках, а саме, при зварюванні товстого металу, а також при зварюванні сталей з підвищеним вмістом вуглецю, не завжди забезпечує отримання високоякісних зварних з'єднань. Іноді це залежить від кваліфікації зварника та режимів зварювання. Найбільш близьким до покриття, що заявляється як винахід, є склад покриття електродів марки ЦЛ-9 типу Э-10Х25Н13Г2Б по ГОСТ 19952-75, аналогічного призначення, [Закс И. А.: - Электроды для дуговой сварки сталей и никелевых сплавов: Санкт-Петербург: Welcome, 1996, 381 стр., 340...341 стр.], яке вибрано нами як прототип. Ці електроди складаються з металевго стрижня, виготовленого із сталевго дроту марки Св-07Х25Н13, та покриття, яке містить компоненти при наступному їх співвідношенні, мас. %

мармур	34,0
плавиковий шпат	39,5
двоокис титану	4,5
феромарганець	8,0
феротитан	3,0
феросиліцій	2,0
фероніобій	9,0

Покритий електрод марки ЦЛ-9 (прототип), як і електрод марки ЭНТУ-3 (аналог), забезпечує практично такий самий тип наплавленого металу, а саме Э-10Х25Н13Г2Б. Тобто містить 25,0 мас. % хрому, 13,0 мас. % нікелю, та 2,0 мас. % марганцю. Такий хімічний склад наплавленого металу не завжди спроможний забезпечити вимоги, які пред'являються до зварних з'єднань різномірних сталей.

При зварюванні відомими електродами різномірних сталей, так само біметалу, в перехідній зоні товщиною до 100 мкм між низьковуглецевою сталлю та високолегованим наплавленим металом типу Э-10Х25Н13Г2Б (Э-10Х25Н13Г2) виникає структурна неоднорідність у вигляді окремих напівострівців низьковуглецевого металу в високоле-

гованому металі шва. Тут також виникає хімічна неоднорідність, яка проявляється в зниженні вмісту хрому та нікелю до 9 мас. % та 4 мас. %, відповідно. Внаслідок цього в перехідній зоні утворюється крихка мартенситна фаза (твердість 3800-4000 МПа) та виникають тріщини, що в подальшому спричиняє корозію та відшарування високолегованого металу від конструкційної низько вуглецевої сталі. Як наслідок зменшується працездатність зварного з'єднання та конструкції в цілому.

Задачею корисної моделі, що пропонується, є створення покриття електродів для зварювання різномірних сталей низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18N10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T, що забезпечує зниження структурної та хімічної неоднорідності, відсутність мартенситу в перехідній зоні між низьковуглецевою сталлю та високолегованим металом шва, та підвищення деформаційної здатності зварного з'єднання.

Поставлена задача вирішується тим, що в електродне покриття для зварювання різномірних сталей низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18N10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T, що містить мармур, плавиковий шпат, феротитан, феросиліцій, згідно з винаходом, додатково введені хром металевий, нікелевий порошок, марганець азотований; розкислювачі - марганець та алюміній, взяті разом або окремо; один або декілька оксидів чотиривалентних металів, вибраних з наступного ряду металів - титану, цирконію, кремнію; пластифікуючі домішки, а саме - слюда мусковіт, електродна целюлоза, соду кальциновану, причому компоненти покриття взяті в наступному співвідношенні, мас. %

мармур	24,0-28,0
плавиковий шпат	22,0-26,0
феротитан	2,5-3,0
феросиліцій	0,5-1,5
хром металевий	18,5-21,0
нікелевий порошок	12,0-14,5
марганець азотований	0,5-1,5
розкислювачі (марганець, алюміній)	5,0-5,5
оксиди чотирьохвалентних металів (титану, цирконію, кремнію)	3,0-5,0
пластифікуючі домішки (слюда мусковіт, електродна целюлоза, сода кальцинована)	0,5-3,0

Мармур та плавиковий шпат є основними газошлакоутворюючими компонентами покриття електродів. Газошлакоутворюючі системи електродного покриття, що пропонується як і покриття - прототипу, відноситься до фтористо-кальцієвого типу. Однак, суттєвою відмінністю заявляемого складу покриття є зниження вмісту мармуру до 24,0-28,0 мас.% порівняно із складом прототипу - 34,0 мас. %. Зменшений вміст мармуру в складі електродного покриття поряд з застосуванням як

розкислювача марганцю металевому сприяє отриманню в наплавленому металі низького вмісту вуглецю, внаслідок чого зменшується розвиток структурної неоднорідності в перехідній зоні. При зменшенні в покритті вмісту мармуру нижче 24,0 мас. % не забезпечується надійний захист металу шва від повітряного середовища, що призводить до пористості зварних швів.

При вмісті мармуру більш ніж 28,0 мас. % в металі шва збільшується вміст вуглецю. Зменшене використання в складі електродного покриття плавикового шпату (22,0-26,0) мас. %, порівняно з прототипом -39,5 мас. %, сприяє підвищенню стабільності горіння дуги, тобто покращує зварювально-технологічні властивості електродів. Подальше зменшення вмісту плавикового шпату - нижче 22 мас. % не забезпечує достатню стійкість металу зварних швів проти утворення пористості. При вмісті плавикового шпату більш ніж 26,0 мас. % погіршується стабільність горіння дуги.

Додатковим введенням до складу електродного покриття таких шлакоутворюючих компонентів, як оксиди чотиривалентних металів (титану, цирконію, кремнію) в кількості 3-5 мас. % досягається комплекс фізико-хімічних властивостей шлаку, що забезпечує добре формування швів та відокремлення шлакової корки.

Зменшення в електродному покритті вмісту вказаних оксидів менше 3,0 мас. % не забезпечує необхідного ефекту. При збільшенні їх кількості - вище 5,0 мас. % на поверхні зварних швів утворюються плівки шпінеллю, які погіршують зовнішній вигляд та якість зварних швів.

Додаткове введення до складу електродного покриття марганцю азотованого в кількості 0,5-1,5 мас. %, поряд з розкислювачами марганцем металевим та алюмінієм в кількості 5,0-5,5 мас. %, сприяє утворенню в металі шва високотемпературних нітридів та карбонітридів хрому, титану та алюмінію, які є модифікаторами металу шва і підвищують його стійкість проти утворення гарячих тріщин.

Зменшення в покритті вмісту азотованого марганцю менше 0,5 мас. % та розкислювачів (марганцю та алюмінію) - менше 5,0 мас. % не дає позитивного ефекту. При збільшенні вмісту азотованого марганцю вище 1,5 мас. %, та розкислювачів - вище 5,5 мас. % може викликати пористість в зварних швах.

Однак, найбільш суттєвою відмінністю є додаткове введення до складу електродного покриття хрому металевому в кількості 18,5-21,0 мас. % та нікелевого порошку в кількості 12,0-14,5 мас. %.

При застосуванні електродних стрижнів із сталі Св-07Х25Н13, поряд із складом електродного покриття, що заявляється, в перехідному прошарку між низьковуглецевою сталлю та високолегованим металом шва зменшується структурна та хімічна неоднорідність. Вміст хрому досягає 15,0 мас.%, а нікелю - 9,0 мас. %, внаслідок чого тут виключається утворення мартенситної фази (мікротвердість зменшується до 3000 МПа). Вказані зміни структурного стану металу перехідної зони збільшують робочий ресурс зварних конструкцій із різномірних сталей та біметалу. Підвищується де-

формаційна здатність зварних з'єднань, про що свідчить підвищення кута загину при випробуванні дослідних зразків. Введення хрому металевому в склад покриття в кількості, меншій, ніж 18,5 мас.%, не забезпечує отримання в перехідній зоні між низьковуглецевою сталлю та високолегованим швом вмісту хрому в кількості не нижче 15,0 мас.%. Так само при використанні в складі покриття нікелевого порошку в кількості меншій 12,0 мас.%, зменшується вміст нікелю в перехідній зоні - нижче 9,0 мас. %. При такому зменшенні вмісту хрому та нікелю в перехідній зоні створюються умови для утворення тут крихких прошарків мартенситної фази, що в подальшому може призвести до утворення тріщин та відколів.

Збільшення в складі покриття вмісту хрому - вище 21,0 мас. %, та нікелю - вище 14,5 мас. % є не раціональним, оскільки збільшує витрати дорогих компонентів та вартість електродів.

Додаткове введення до складу електродного покриття хрому металевому та нікелевого порошку та інших металевих компонентів спричиняє зниження технологічності електродної маси при виготовленні електродів, виникає необхідність додаткового введення в покриття пластифікуючих домішок, а саме - слюди мусковіт, електродної целюлози та соди кальцинованої в загальній кількості 0,5-3,0 мас. %.

Менша за 0,5 мас. % кількість пластифікаторів не дозволяє забезпечити технологічність електродної маси при виготовленні електродів. В цьому випадку знижується пластична міцність покриття, на ньому утворюються вм'ятини та інші пошкодження.

Більша за 3,0 мас. % кількість пластифікуючих домішок в покритті (слюди мусковіт, електродної целюлози та соди кальцинованої) підвищує схильність електродної маси до отвердіння під час пресування електродів, в наслідок чого не забезпечується рівномірність нанесення покриття відносно стрижня.

Для оцінки якості зварних з'єднань різномірних сталей низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легованого плакуючого шару біметалу із сталей марок 8Х13, 12Х17Т, 08Х18Н10Т, так само сталей феритного класу типу 15Х25Т були виготовлені 5 партій покритих електродів діаметром 3 мм зі стрижнем із сталей Св-07Х25Н13 та покриттями, складі яких відповідають запропонованому (див. табл. 1, складі № 1; 2; 3) та - не відповідають запропонованому (див. табл. 1, складі № 4; 5).

Для оцінки якості зварних з'єднань різномірних сталей електродами № 1-5 зварювали постійним струмом зворотної полярності (при $I_{зв.} = 80...100A$, $U_d = 26...28B$) низьковуглецеву сталь (Ст. 3) із сталлю феритного класу типу 15Х25Т. Така комбінація з'єднання різномірних сталей вибрана тому, що вона є найбільш проблематичною з точки зору забезпечення низької хімічної та структурної неоднорідності та відсутності крихких прошарків мартенситної фази в перехідній зоні. Товщина металу в з'єднаннях вказаних сталей складала 16 мм.

Після зварювання із стикових з'єднань виготовляли мікрошліфи для проведення металографіч-

них досліджень, вимірювання мікротвердості та визначення вмісту легуючих елементів (хрому, нікелю) в металі перехідної зони. Виготовляли також зразки для визначення кута вигину одержаних з'єднань.

Результати оцінки якості зварних з'єднань різнорідних сталей, виконаних електродами з покриттями наведеними в табл. 1, представлені в табл. 2.

Таблиця 1

Склад покриття електродів для зварювання з'єднань різнорідних сталей

№ п/п	Найменування компонентів	Склад покриття електродів, мас %				
		Номер електродів				
		1	2	3	4	5
1.	Мармур	24,0	27,1	28,0	23,0	30,0
2.	Плавиковий шпат	26,0	22,0	24,5	31,0	20,0
3.	Феротитан	2,9	3,0	2,5	2,0	4,0
4.	Феросиліцій	0,5	1,0	1,5	0	2,0
5.	Хром металевий	21,0	18,5	20,0	23,0	16,0
6.	Нікелевий порошок	14,3	14,5	12,0	10,0	16,0
7.	Марганець азотований	0,5	1,0	1,5	2,0	0
8.	Розкислювачі (марганець, алюміній)	5,5	5,0	4,0	3,0	6,0
9.	Оксиди чотиривалентних металів (титану, цирконію, кремнію)	4,8	5,0	3,0	6,0	1,0
10.	Пластифікуючі домішки (сплюска мусковіт, електродна целюлоза, сода кальцинована)	0,5	2,9	3,0	0	5,0

Аналіз одержаних результатів дозволяє зробити наступні висновки. Електродне покриття, що заявляється (покриття електродів № 1-3), забезпечує в перехідному шарі між низьколегованою сталлю та високолегованим металом шва зниження структурної та хімічної неоднорідності. Вміст хрому тут досягає рівня не нижче 14,5 мас. %, а нікелю - не менше 9,0 мас. %. Завдяки цьому тут

спостерігається відсутність мартенситної фази (мікротвердість зменшується до 3100 МПа). Вказаний рівень структурного стану перехідного шару збільшує робочий ресурс зварних конструкцій із різнорідних сталей. Кут вигину зразків становить 155-180°, що також свідчить про високу деформаційну здатність зварних з'єднань.

Таблиця 2

Результати досліджень з'єднань різнорідних сталей, виконаних електродами №1÷5

Номера електродів	Вміст в металі перехідного шару, мас. %		Мікротвердість металу в перехідному шарі, МПа	Присутність мартенситної фази в перехідному шарі	Кут вигину, град.
	хрому	нікелю			
1	14,5	10,5	2900-3000	немає	180
2	15,5	9,5	2950-3000	немає	155
3	16,0	9,0	3000-31000	немає	140
4	13,0	6,0	3400-3600	є мартенсит (тріщина)	30,0
5	16,5	11,0	2800-3000	немає	140

При зварюванні електродом з покриттям № 4 в перехідній зоні спостерігається мартенситна фаза (мікротвердість становить 3400-3600 МПа). При цьому, вміст нікелю становить 6,0 мас. %, а вміст хрому - 13,0 мас. %. Кут вигину зменшується до 30°. Крім того, тут спостерігаються мікротріщини типу відколів.

Разом з тим, хоча при зварюванні електродом № 5 мартенситна фаза та тріщини не утворюються, збільшення в електродному покритті кількості

дорогих легуючих компонентів, особливо нікелю, приводить до нераціонального підвищення вартості електродів.

Таким чином електродне покриття, що заявляється, як корисна модель, забезпечує: зниження структурної та хімічної неоднорідностей; відсутність мартенситної фази в перехідній зоні між низьковуглецевою сталлю та високолегованим металом шва; підвищення деформаційної здатності та ресурсу зварних з'єднань різнорідних сталей -

низьковуглецевих або низьколегованих з високолегованими сталями аустенітного класу, а також легovanого плакуючого шару біметалу із сталей марок 08X13, 12X17T, 08X18H10T, так само сталей феритного класу типу 15X25T.

Тому, оскільки встановлено, що покриття електродів, яке заявляється як корисна модель, має суттєві відмінності, котрі не виявлені у відомих

технічних рішеннях, то можна зробити висновок, що дана пропозиція має суттєві відзнаки.

Електроди з покриттям, яке заявлено як корисна модель, пройшли лабораторні та промислові випробування, їм надано індекс АНВ-70БГ. На ці електроди оформлені технічні умови України - ТУ У 28.7-05416923-099:2010.