



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **17108** (13) **U**
(51) МПК (2006)
B23K 35/365

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) ЕЛЕКТРОД ДЛЯ ПІДВОДНОГО ЗВАРЮВАННЯ

1

2

(21) u200602339

(22) 03.03.2006

(24) 15.09.2006

(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.

(72) Ляхова Інна Василівна, Максимов Сергій Юрійович, Бут Віктор Степанович, Радзівська Ала Адонівна, Дрогомирецький Михайло Миколайович, Педько Борис Іванович, Оверко Олександр Федорович

(73) ДОЧІРНЯ КОМПАНІЯ "УКРТРАНСГАЗ", ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ. Є.О.ПАТОНА

(57) Електрод для підводного зварювання, який містить стрижень із сталі Св.-08 та покриття, що включає рутиловий концентрат, польовий шпат та

феросиліцій, який **відрізняється** тим, що покриття додатково включає флюорит, окис заліза, магнетит металургійний, марганець металічний, нікелевий порошок та карбоксиметилцелюлозу при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

флюорит	19,5-28,0
рутиловий концентрат	18,0-33,5
окис заліза	13,0-28,0
польовий шпат	8,0-12,0
магнетит металургійний	4,0-8,0
марганець металічний	5,0-10,0
феросиліцій	0,5-2,0
нікелевий порошок	0,5-3,5
карбоксиметилцелюлоза	1,5-2,0,
коефіцієнт маси покриття складає	22...25 %.

Корисна модель відноситься до області дугового зварювання плавленням, зокрема до розробки зварювальних матеріалів для ручного підводного мокрого зварювання маловуглецевих та низьколегованих сталей. Може бути використана у газовій та інших галузях промисловості.

Проблема зварювання підводних металоконструкцій в усіх просторових положеннях на сьогоднішній день не вирішена. Шлакова система покриття існуючих електродів забезпечує якісне формування металу шва переважно у нижньому положенні. При зварюванні на вертикальній площині і особливо у стельовому положенні зварюально-технологічні властивості електродів погіршуються, тому що фізичні властивості шлаку, що утворюється при плавленні електродного покриття, не забезпечують надійний захист розплавленого металу, не попереджують його стікання, а також утворення підрізів та наплівів. Як результат, формування наплавленого металу стає незадовільним, механічні властивості таких швів різко знижуються. В той же час, більшість робіт при ремонті підводних металоконструкцій (підводна частина корпусу суден, трубопроводи, вертикальні опори платформ та стінки портових споруд) потрібно виконувати саме у просторових положеннях, відмінних від нижнього. Тому забезпечення можливості зварювання в усіх просторових положеннях -

одне з ключових питань при створенні електродних матеріалів, розробці або удосконалюванні технологічного процесу підводного зварювання. Крім того, рівень механічних властивостей металу швів не задовольняє вимогам "Специфікації з підводного зварювання" ANSI/AWS D3.6, що обмежує застосування мокрого підводного зварювання вузьким колом маловуглецевих сталей.

Відомий електрод ЕПС-52 [Н.М. Мадатов. Подводная сварка и резка металлов. - Ленинград: Судостроение, 1967, с. 142] з покриттям руднокислого типу, що призначений для зварювання під водою вуглецевих і низьколегованих сталей, покриття якого містить, мас. %:

Двоокис титану	35
Польовий шпат	10
Мармур	10
Цирконієву руду	5
Феромарганець	5
Феротитан	12
Феросиліцій	3
Поташ	10
Рідке скло	20.

Основними його недоліками є незадовільні зварюально-технологічні властивості і низький рівень механічних властивостей через дуже високий вміст дифузійного водню та шлакових включень.

(11) **17108** (13) **U**
(19) **UA**

В якості прототипу нами обрано електрод ЕПС-АН1 [Авторське свідоцтво СРСР №1706821 МПК В23К 35/365], який дозволяє виконувати мокре підводне зварювання в усіх просторових положеннях, і покриття якого містить:

польовий шпат	6...11
мармур	3...7
феромарганець	5...20
целюлоза	1,5...2,5
рутиновий концентрат	решта.

Але зазначений електрод не забезпечує якісне формування багатопрхідних стикових швів. Покриття електроду-прототипу суто рутилового типу і створює короткі шлаки з високою температурою твердіння, що спричиняє утворення наплавлених валиків з підвищеним коефіцієнтом форми - валики майже трикутні, досить високі, не мають плавного переходу до поверхні попередньо наплавлених швів. При наплавленні наступних швів це призводить до виникнення дефектів у вигляді несплавлень, зашлаковувань, підрізів тощо. Крім того, зазначені електроди не забезпечують достатній рівень механічних властивостей металу шва.

Задачею корисної моделі є забезпечення при зварюванні в усіх просторових положеннях якісного формування металу шва та показників механічних властивостей металу шва у відповідності до вимог "Специфікації з підводного зварювання" ANSI/AWS D3.6.

Поставлена задача вирішується тим, що електрод складається зі стрижня із дроту Св.-08 та покриття, що містить рутиловий концентрат, польовий шпат та феросиліцій, в яке додатково введено флюорит, окис заліза, магнезит металургійний, марганець металічний, нікелевий порошок та карбоксиметилцелюлозу при такому співвідношенні компонентів(мас.%):

флюорит	19,5-28,0
рутиловий концентрат	18,0-33,5
окис заліза	13,5-28,0
польовий шпат	8,0-12,0
магнезит металургійний	4,0-8,0
марганець металічний	5,0-10,0
феросиліцій	0,5-2,0
нікелевий порошок	0,5-3,5
карбоксиметилцелюлоза	1,5-2,0
Коефіцієнт маси покриття складає	22...25%.

Зниження температури твердіння шлаку, його подовження, а також збільшення кута змочування основного металу розплавленим досягнуто шляхом введення в покриття збалансованої кількості флюориту та окису заліза. Введення значної кількості фторидів забезпечує зниження вмісту водню в металі шва, десульфажію розплавленого металу, високий ступінь засвоєння легкоокислюваних елементів і разом з польовим шпатом сприяє утворенню шлакової корки, яка надійно захищає шов від навколишнього середовища, та одержанню гарного формування. Це технічне рішення - результат ретельного дослідження впливу компонентів потрійної системи $\text{CaF}_2 - \text{TiO}_2 - \text{FeO}$ на зварювально-технологічні властивості електродів для підводного мокрого зварювання.

Суть проведених дослідів ілюструє кресленням, де на концентраційному трикутнику якісно

відтворено характер впливу співвідношення інгредієнтів системи $\text{CaF}_2 - \text{TiO}_2 - \text{FeO}$ на зварювально-технологічні властивості електродів. Тут А - область оптимальних складів покриття електродів, які відповідають вимогам до виконання мокрого підводного зварювання в усіх просторових положеннях багатопрхідних стикових швів.

Напрямок 1 - при такій зміні співвідношень інгредієнтів збільшується схильність до утворення зварних валиків трикутної форми, утворення твердої керамічної шлакової корки із схильністю до заклинювання при багатошаровому зварюванні стикових з'єднань, збільшення коефіцієнту посилення зварних валиків, погрублення лускатості, утворення дефектів у вигляді підрізів, шлакових включень при зварюванні багатопрхідних швів.

Напрямок 2 - при такій зміні співвідношень інгредієнтів збільшується схильність до утворення твердої керамічної шлакової корки, високих нерівномірних груболускатих, а зрештою литих валиків округлої форми, погіршується відділення шлакової корки, з'являються великі краплі поряд зі швом, зростає напруга дуги, режим стає нестійким.

Напрямок 3 - при такій зміні співвідношень інгредієнтів збільшується схильність до утворення валиків з малим коефіцієнтом посилення, дрібнолускатою поверхнею та плавним переходом до поверхні основного металу або попередньо наплавлених валиків, перенос розплавленого металу набуває дрібнокрапельного характеру, спостерігається утворення аморфноподібного шлакового покриття наплавлених валиків, яке легко видаляється щіткою, можливість якісного зварювання у просторових положеннях, відмінних від нижнього, обмежується.

Таким чином межі вмісту флюориту, рутилового концентрату та окису заліза, а також їх співвідношення в покритті електроду, що пропонується в якості корисної моделі, визначено в ході дослідження шлакової системи $\text{CaF}_2 - \text{TiO}_2 - \text{FeO}$ і відповідає значенням області А оптимальних складів системи.

З метою поліпшення стабілізації дугового проміжку та забезпечення сталого горіння дуги, як прямої, так і зворотної полярності, а також певного збільшення коефіцієнта форми, в покриття введено магнезит (у вигляді магнезиту металургійного), що також практично припиняє розбризкування. Введення магнезиту в кількості, яке перевищує прийняту межу, призводить до огрублення лускатості валиків і нерівномірності їх по висоті.

Окис заліза при введенні в шлакову систему $\text{CaF}_2 - \text{TiO}_2$ знижує її температуру плавлення, а також коефіцієнт поверхневого натягіння, що спричиняється до дрібнокрапельного переносу розплавленого металу і утворенню валиків з дрібнолускатою поверхнею і плавними переходами до основного металу, або металу попередньо наплавлених валиків. Введення в покриття пропонованого електроду FeO в кількості меншій від заявленої, призводить до утворення "горбатих" валиків. Перебільшення кількості FeO за пропоновану межу сприяє утворенню легкоплавких шлаків, які унеможливають якісне формування вертикальних і стельових швів. Введення FeO в пропоно-

ваній кількості в присутності фториду кальцію спричиняє утворення фторидів заліза, що також забезпечує додаткове зниження дифузійного водню в наплавленому металі.

Введення польового шпату в зазначених межах спричиняє утворення достатньо щільної шлакової корки і сприяє поряд з магnezитом стабілізації дугового проміжку. Збільшення вмісту польового шпату над вказану межу призводить до утворення більш рідкоплинних шлаків великої маси, що утруднює зварювання в просторових положеннях.

Введення марганцю і нікелю у прийнятих межах забезпечує одержання наплавленого металу, міцностні властивості якого не нижче за такі зварюваного металу.

Феросиліцій забезпечує перехід необхідної кількості марганцю в наплавлений метал. Але перебільшення його вмісту вище пропонованої межі призводить до зменшених значень пластичності

наплавленого металу, що обумовлено твердорозчинним зміцненням феритної матриці силіцієм.

Для експериментальної перевірки технічного рішення, що пропонується, були виготовлені 5 партій електродів із стрижнями зі сталі Св.-08 діаметром 4мм, склад покриття яких приведено у Таблиці 1.

Для оцінки зварювально-технологічних властивостей водолазом-зварником у лабораторному басейні на глибині 2м в усіх просторових положеннях зварювалися стикові зразки зі сталі Ст3 товщиною 14мм. Формування наплавленого металу оцінювалось за трибальною системою. Таблиця 2, з урахуванням зовнішнього вигляду, віддільності шлаку, характеру шлакової корки, розбризкування, стабільності горіння тощо. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що електроди з покриттям запропонованого складу забезпечують задовільне формування багатшарових швів в усіх просторових положеннях.

Таблиця 1

Склад покриття електродів, мас. %

Покриття Компоненти	1	2	3	4	5
флюорит	17	19,5	23	28	30
рутиловий концентрат	35	33,5	26	18	16
окис заліза	10	13	20	28	30
магnezит	10	8	7	4	3
польовий шпат	14	12	10	8	7
марганець металічний	8	8	8	8	8
нікелевий порошок	2	2	2	2	2
феросиліцій	2	2	2	2	2
карбоксиметилцелюлоза	2	2	2	2	2

Таблиця 2

Зварювально-технологічні властивості електродів

Покриття Зварювально-технол. властивості	1	2	3	4	5
Можливість зварювання в нижньому (н), вертикальному (в) та стельовому (с) положеннях	нвс	нвс	нвс	нвс	нв
Формування металу швів, бали (трибальна система):					
нижнє	3	3	3	3	3
вертикальне	2	3	3	3	2
стельове	1	2	3	2	-

Для визначення механічних властивостей металу шва при зварюванні сталі Ст3 були виготовлені електроди зі стрижнями із дроту Св.-08 на

базі покриття №3, таблиця 1, в якому легуючі елементи змінювались в межах, представлених у Таблиці 3.

Таблиця 3

Склад покриття електродів із стрижнями зі сталі Св.-08
для випробування механічних властивостей металу шва

Покриття Компоненти	1	2	3	4	5
Базова шихта	86	87	86,5	87,5	88
марганець металічний	12	10	8	5	3
нікелевий порошок	0	0,5	2	3,5	4
феросиліцій	0	0,5	1,5	2	3
карбоксиметилцелюлоза	2	2	2	2	2

Із зварних з'єднань у відповідності до вимог "Специфікації з підводного зварювання" ANSI/AWS D3.6 виготовлялись зразки типу М12, ГОСТ 6996-66. Результати випробувань приведені в таблиці 4. Їхній аналіз свідчить, що електроди з покриттями №2-4 забезпечують високі показники пластичних

та міцностних властивостей металу зварного з'єднання і задовольняють вимогам "Специфікації з підводного зварювання" ANSI/AWS D3.6 ($\delta \geq 12\%$, границя міцності металу шва більша за границю міцності основного металу).

Таблиця 4

Механічні властивості зварних з'єднань, виконаних електродами зі стрижнями зі сталі Св.-08

Покриття Мех. властив. металу шва	1	2	3	4	5
Границя міцності, σ_b , МПа	420	425	445	460	475
Границя текучесті, σ_t , МПа	340	355	370	410	445
Відносне подовження, δ , %	8	12	14	13	9

Для визначення механічних властивостей металу шва при зварюванні в усіх просторових положеннях використовували електроди з покриттям

№3, таблиця 3. Отримані результати наведені у таблиці 5.

Таблиця 5

Механічні властивості металу швів при зварюванні в усіх просторових положеннях

Просторове положення	Механічні властивості		
	σ_t , МПа	σ_b , МПа	δ , %
Нижнє	370	445	14
Вертикальне	360	430	12
стельове	365	425	12

Таким чином, запропонований електрод дозволяє одержати в усіх просторових положеннях якісне зварне з'єднання з необхідним рівнем механічних властивостей при зварюванні під водою

маловуглецевих та низьколегованих сталей і може бути рекомендований для застосування при ремонті підводних трубопроводів.

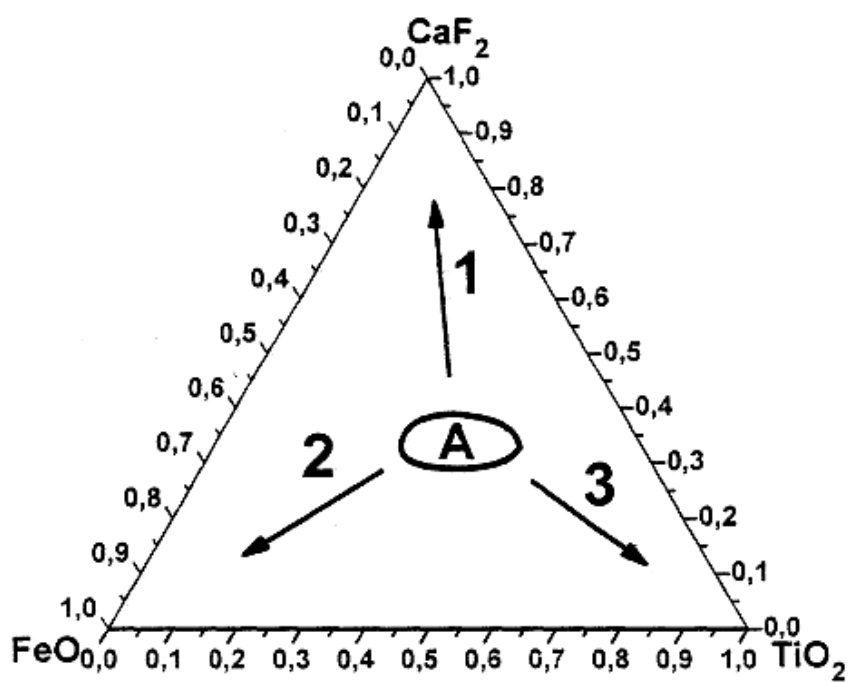


Fig. 1