



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 71039

(13) C2

(51) 7 B23K35/22,35/36

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СКЛАД ПОРОШКОВОГО ДРОТУ

1

2

(21) 2002053974

(22) 15.05.2002

(24) 15.11.2004

(46) 15.11.2004, Бюл. № 11, 2004 р.

(72) Походня Ігор Костянтинович, Шлепаков Вале-  
рій Миколайович, Наумейко Сергій Михайлович(73) ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ІМ.  
Є.О.ПАТОНА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ

(56) JP 61165295 A, 25.07.1986

JP 61119396 A, 06.06.1986

FR 2137590, 29.12.1972

US 3767891, 23.10.1973

US 3947655, 30.03.1976

US 4186293, 29.01.1980

US 4551610, 5.11.1985

RU 2084322, 20.07.1997

(57) Склад порошкового дроту, що містить оболон-  
ку із маловуглецевої сталі і порошкоподібну шихту,  
яка містить фторид барію, фторид літію, двоокис  
кремню, оксид кальцію, гематит, алюміній, магній,марганець, який відрізняється тим, що порошко-  
подібна шихта містить флюс сухої грануляції, кар-  
бонат літію, марганець, нікель, і комплексні лігату-  
ри - алюмомагній, алюмокальцій,  
фероалюмоцирконій при наступному співвідно-  
шенні компонентів, мас. %:

флюс сухої грануляції	10,0-15,0
карбонат літію	0,5-2,5
марганець	0,5-1,5
нікель	0,5-1,5
алюмокальцій	0,5-2,5
алюмомагній	1,0-3,0
фероалюмоцирконій	0,1-0,5
сталь оболонки	решта,

флюс сухої грануляції містить, мас. %: фторид  
барію 7,0-11,0, фторид літію 0,7-1,7, оксид магнію  
1,5-2,5, шихта складає 16-20 % від маси дроту,  
сталь оболонки містить вуглець у кількості не бі-  
льшій від 0,10 мас. %, кременю не більше 0,03  
мас. %, марганцю не більше 0,5 мас. %, сірки і  
фосфору не більше 0,035 мас. %.Винахід відноситься до зварювального вироб-  
ництва - до матеріалів для механізованого елект-  
родугового зварювання конструкцій із маловугле-  
цевих та низьколегованих сталей.Відомий склад (авторське свідоцтво СРСР  
№613568, кл. В23К 35/30, 1974р. БИ N21) порош-  
кового дроту для зварювання відкритою дугою  
низьколегованих конструкційних сталей, який  
складається з маловуглецевої сталеві оболонки і  
порошкоподібної шихти, що містить наступні ком-  
поненти: мармур, перовскитовий концентрат, во-  
ластоніт, флюоритовий концентрат, натрій крем-  
нефтористий, феромарганець, феросиліцій,  
залізний порошок. Такий дріт забезпечує задові-  
льні зварювально-технологічних властивості при  
зварюванні тільки в нижньому положенні і неза-  
безпечує технологічної якості зварного з'єднання  
при зварюванні в вертикальному й стельовому  
положеннях.Відомі також найближчі по складу порошкови  
дроту (патент US №3767891, кл.В23К 35/22, 1973,  
патент Франція №2137590, кл.В23К 35/22, 1973,  
патент US №3947655, кл.В23К 35/22, 15.05.1974 р,  
патент US, №4186293, кл.В23К 35/30, 8.05.1978,патент Японія №56-74395, кл.В23К 35/00,  
20.11.1979, патент US №4551610, кл.В23К 35/36,  
17.05.1983, патент Японія №61-119396, кл.В23К  
35/00, 16.11.1984), які містять оболонку з маловуг-  
лецевої сталі і порошкоподібну шихту, яка містить  
один або декілька оксидів лужно чи лужноземель-  
них металів (таких як Li, Na, Mg, Ca, Sr, Ba) у ком-  
бінації з одним або декількома фторидами мета-  
лів, таких як фторид барію, фторид кальцію,  
фторид літію, фторид натрію, та один або декілька  
нітридоутворюючих та розкислюючих елементів  
(переважно Al, Ti, Zr, Si, Mg). Найближчий склад  
порошкового дроту (патент Японія №61-165295,  
кл.В23К 35/22, 17.01.1985-прототип) по інгредієн-  
тах рудомінеральної і легуючим частинам і досяг-  
нутому технічному результату до заявленого  
складу порошкового дроту для зварювання відкри-  
тою дугою містить оболонку з маловуглецевої ста-  
лі і порошкоподібну шихти, що містить, (мас.%):

Фторид барію	25-75
Фторид літію	1-15
Двоокис кремнію	0.2-3.5
Оксид кальцію	0.4-5.0
Гематит	4-28

(13) C2

(11) 71039

(19) UA

Алюміній	4-15
Магній	3-12
Марганець	2-9

Окисні і фториди металів, переважно окисні кремнію, кальцію і фториди барію, літію за точкою зору авторів є газозахисними матеріалами і включені до складу шихти разом із сполученнями оксидів металів для зниження поглинання вологи з повітря в процесі зварювання.

Такий склад порошкового дроту для зварювання конструкцій із низьколегованих сталей відповідно до опису дозволяє підвищити зварюально-технологічні властивості порошкового дроту при зварюванні у різних просторових положеннях. При зварюванні конструкцій із сталей із межею текучості від 385 до 550 МПа рівень холодостійкості металу зварного шва є недостатнім через відсутність у даному складі шихти дроту компонентів із високими модифікуючими властивостями. Це призводить до зменшення опірності металу шва крижому руйнуванню і працездатності зварного з'єднання конструкцій. Наявність у шихті значної кількості алюмінію призводить до погіршення пластичних властивостей зварювальних з'єднань, так як алюміній є феритизатором.

Крім того, наявність у шихті дроту - прототипу оксиду заліза та кремнію призводить до погіршення відокремленості шлакової кірки з поверхні металу шва і погіршенню плавності границі сплавлення металу шва з основним металом, що знижує якість зварного з'єднання.

Задачею запропонованого винаходу є підвищення зварюально-технологічних властивостей при зварюванні у всіх просторових положеннях, а також підвищення працездатності зварного з'єднання конструкції внаслідок збільшення холодостійкості металу зварного шва при температурах до мінус 60°C.

Відповідно до нашої пропозиції технічний результат досягається тим, що запропонований порошок дріт складається з маловуглецевої оболонки та порошкоподібної шихти, яка містить флюс сухої грануляції, карбонат літію, марганець, нікель, і комплексні лігатури алюмомагній, алюмокальцій, фероалюмоцирконій, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

Флюс сухої грануляції	10.0-15.0
Карбонат літію	0.5-2.5
Марганець	0.5-1.5
Нікель	0.5-1.5
Алюмокальцій	0.5-2.5
Алюмомагній	1.0-3.0
Фероалюмоцирконій	0.1-0.5
Сталь оболонки	решта

Флюс сухої грануляції містить мас. %: фторид барію 7.0-11.0, фторид літію 0.7-1.7, оксид магнію 1.5-2.5.

Присутність у флюсі фторидів барію, літію й оксиду магнію в зазначених границях забезпечує, з урахуванням оксидів які утворюються при взаємодії легуючих елементів з киснем, утворення відносно "короткого" швидко твердіючого шлаку, що забезпечує зварювання в горизонтальному, вертикальному й стельовому положеннях. Зміна співвідношення цих компонентів призводить до погіршення форми шва.

Присутність у шихті карбонату літію в зазначених кількостях та співвідношенні з іншими матеріалами шихти покращує газовий захист зони плавлення металу при зварюванні, дозволяє знизити вміст азоту в наплавленому металі до рівня 300 ррт, покращує стабільність горіння дуги за рахунок високих іонізуючих властивостей оксиду літію, який утворюється при дисоціації карбоната. При зменшенні вмісту даного компонента в шихті погіршуються захисні властивості дроту, а при збільшенні вмісту підвищується розбризкування металу, що призводить до погіршення зварюально-технологічних властивостей. Для одержання надійного бездефектного шва метал додатково легується комплексними сплавами, що містять нітридоутворюючий елемент-алюміній та цирконій, які зв'язують азот у твердому розчині у нітриди. Алюміній та цирконій у шихту вводять у вигляді порошоків алюмомагнію, фероалюмоцирконію та алюмокальцію. Необхідність введення алюмінію у вигляді алюмомагнію обумовлена тим, що при зварюванні відкритою дугою в металі шва присутня значна кількість кисню, і для того щоб увесь алюміній витрачався на зв'язування азоту у твердому розчині, а не на утворення оксидів у рідкому металі його необхідно захищати магнієм.

Введення в шихту порошкового дроту алюмокальцію в зазначених кількостях дозволяє прямим шляхом рафінувати метал від сірки на стадії краплі, при модифікуванні кальцієм металу шва утворюються глобулярні оксисульфідні, які не є концентраторами напруг, що дозволяє підвищити в'язкопластичні властивості металу.

Для поліпшення мікроструктури метал шва додатково легують цирконієм. Цирконій покращує структуру за рахунок утворення у твердому розчині дисперсних карбонітридів цирконію, що призводить до подрібнювання зерна і як наслідок до підвищення холодостійкості металу шва в області низьких температур. Необхідність введення цирконію в шихту дроту у вигляді комплексної лігатури фероалюмоцирконію обумовлена захистом цирконію від окислювання, при введенні цирконію у вигляді фероалюмоцирконію дисперсні карбонітриди цирконію осідають на оксидах алюмінію. Зменшення комплексної лігатури в шихті менше зазначеної нижньої границі призводить до зниження ударної в'язкості металу зварних з'єднань, вміст лігатури у шихті вище зазначеної верхньої границі призводить до значного росту міцності металу шва, зниженню його пластичності.

Так як алюміній є феритизатором, то для подрібнювання зерна і розширення γ-області перетворень необхідно вводити аустенізатори - марганець і нікель. Зазначені кількості марганцю і нікелю при легування шва алюмінієм у указаних границях узяті з розрахунку забезпечення високої ударної в'язкості металу шва при низьких температурах при границі текучості не менше 450-550 МПа.

Порівняльний аналіз заявленого порошкового дроту з прототипом показав, що заявлений відрізняється від відомого наявністю та вмістом компонентів, зокрема як флюс сухої грануляції у суміші з карбонатом літію, лігатур алюмокальцію і фероалюмоцирконію, а також кількісними співвідно-

шеннями компонентів дроту.

Таким чином, заявлений винахід відповідає критерію "новизна".

Були виготовлені 5 варіантів складів порошкових дрітів і проведені 2 серії дослідів зварювання стикових з'єднань низьколегованих сталей. Зварювання вели без попереднього й супутного підігріву, з охолодженням на повітрі. Режим зварювання:  $I_{зв}=250A$ ;  $U_d=22B$ . Струм постійний, полярність пряма. Товщина металу з'єднань - 20 мм, сталь марки Ст3. Склади дрітів, й результати дослідів приведені в таблицях 1 і 2.

Іспит зразка порошкового самозахисного дроту показав наступні результати: дослідний порошковий дріт забезпечує стабільне горіння дуги, гарне формування швів у нижньому, вертикальному і стельовому положеннях і легке видалення шлакової кірки; показники механічних властивостей металу зварних з'єднань (табл.2) дозволяють віднести дослідний зразок порошкового дроту до типу ПС-49 А4В (ГОСТ 26271-91).

З таблиць видно, що метал шва має максимальну пластичність й ударну в'язкість при вмісті цирконію порядку 0,015 мас.%, та низькому вмісті алюмінію. Зменшення алюмінію нижче 0,7 мас.% призводить до звуження інтервалу робочих напруг. Надлишок алюмінію небажаний також у зв'язку зі зменшенням пластичних властивостей металу шва.

Застосування зразків заявленого винаходу для виготовлення зварних конструкцій із низьколегованих сталей, що працюють в умовах негативних кліматичних температур забезпечує йому відповідність критерію "промислове застосування".

Порошковий дріт запропонованого складу виготовляють по наступній технології.

Матеріали шихти попередньо змішують в зазначених пропорціях. Після ретельного перемішування компонентів шихти виконують заповнення низьковуглецевої сталевий оболонки і формовку дроту з наступним волочінням або прокаткою до заданого діаметру (1,2-1,6 мм). Співвідношення шихти та оболонки становить 1:5-1:6.

Зварювання виготовленого таким чином дроту запропонованого складу можливе в усіх просторових положеннях на струмах до 250А, що істотно перевищує допустимі струми при виконанні такого виду швів відомими порошковими дротами. При цьому при виконанні швів у нижньому, горизонтальному, вертикальному і стельовому положенні забезпечуються відмінні зварювально-технологічні властивості і висока продуктивність процесу.

Метал шва і зварного з'єднання виконаний таким дротом має високу міцність, пластичність й ударну в'язкість при низьких температурах, що не поступається показникам, досягаємим при зварюванні електродами фтористо-кальцієвого типу.

Таблиця 1

Склад дроту і хімічний склад металу шва

№ серії	Порошковий дріт								Метал шва, мас.%					
	№ дроту	Сталева оболонка, %	Склад шихти, мас.%						C	Si	Mn	Ni	Al	Zr
			Mn	Ni	AlMg	AlCa	FeAlZr	Шлако- і газоутворюючі						
1	1	82,4	1,0	1,0	2,5	0,5	0,1	12,5	0,12	0,14	1,2	1,0	0,71	0,005
	2	82,2	1,0	1,0	2,5	0,5	0,3	12,5	0,15	0,15	1,2	1,05	0,70	0,015
	3	81,8	1,0	1,0	2,5	0,5	0,7	12,5	0,14	0,14	1,2	1,0	0,72	0,030
2	4	82,7	1,0	1,0	2,0	0,5	0,3	12,5	0,12	0,14	1,2	1,0	0,60	0,015
	5	81,2	1,0	1,0	3,0	1,0	0,3	12,5	0,13	0,15	1,2	1,0	1,10	0,015

Таблиця 2

Механічні властивості металу шва

№ серії	№ дроту	$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	Ударна в'язкість, KCV, Дж/см <sup>2</sup> при температурі			
						+20°C	-20°C	-40°C	-60°C
1	1	470...490	600...620	23...26	63...69	130...140	40...52	35...45	15...20
	2	520...530	630...640	22...25	62...68	125...140	55...67	50...65	49...60
	3	580...600	700...710	16...18	40...45	100...110	27...35	12...17	5...10
2	4	515...525	625...635	24...28	65...72	130...140	58...68	55...68	50...60
	5	530...545	640...650	18...24	50...60	120...130	35...45	25...35	10...15