



(19) **UA** (11) **43 611** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **H 05B 7/085, C 23C 4/06**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 2001042348, 09.04.2001

(24) Дата начала действия патента: 17.05.2004

(46) Дата публикации: 15.05.2004

(72) Изобретатель:

Русев Геннадий Михайлович, UA,
Киселев Сергей Михайлович, UA,
Овсяников Виктор Васильевич, UA,
Галюк Николай Филиппович, UA

(73) Патентовладелец:

Русев Геннадий Михайлович, UA,
Киселев Сергей Михайлович, UA,
Овсяников Виктор Васильевич, UA,
Галюк Николай Филиппович, UA

(54) ГРАФИТОВЫЙ ЭЛЕКТРОД С ЗАЩИТНЫМ ПОКРЫТИЕМ

(57) Реферат:

Предлагаемый графитовый электрод с защитным покрытием может быть использован в дуговых печах. Электрод содержит графитовый стержень с двухслойным поверхностным покрытием. В качестве материала первого слоя используется алюминиевый сплав, содержащий 5 ... 10 % кремния, а в качестве материала второго слоя используется медь. Толщина покрытия составляет 0,2 ... 1,5 мм. Для нанесения покрытия используется процесс плазменного распыления проволоочного материала. Предлагаемая

конструкция электрода позволяет уменьшить механические напряжения в деталях электрода и, в результате, увеличить срок службы электродов и уменьшить расходы при их производстве.

Официальный бюлетьень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2004, N 5, 15.05.2004. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** (11) **43 611** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 05B 7/085, C 23C 4/06**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 2001042348, 09.04.2001
(24) Effective date for property rights: 17.05.2004
(46) Publication date: 15.05.2004

(72) Inventor:
Rusiev Gennadii Mykhailovych, UA,
Kyselov Sergii Mykhailovych, UA,
Ovsianikov Viktor Vasylivovych, UA,
Galiuk Mykola Pylypovych, UA

(73) Proprietor:
Rusiev Gennadii Mykhailovych, UA,
Kyselov Sergii Mykhailovych, UA,
Ovsianikov Viktor Vasylivovych, UA,
Galiuk Mykola Pylypovych, UA

(54) **GRAPHITE ELECTRODE WITH PROTECTING COATING**

(57) Abstract:

The proposed graphite electrode with protecting coating can be used in arc furnaces. The electrode contains a graphite electrode with a two-layer surface coating. Aluminium alloy containing 5 ... 10 % of silicon is used as the material of the first layer, and copper is used as the material of the second layer. The coating thickness is 0.2 ... 1.5 mm. In applying the coating, the process of plasma deposition of wire material is employed. The proposed electrode

design allows stresses in the electrode parts to be reduced. As a result, service life of electrodes would be increased and production costs would be reduced.

Official bulletin "Industrial property". Book 1 "Inventions, utility models, topographies of integrated circuits", 2004, N 5, 15.05.2004. State Department of Intellectual Property of the Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **43 611** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **H 05B 7/085, C 23C 4/06**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
2001042348, 09.04.2001

(24) Дата набуття чинності: 17.05.2004

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 15.05.2004

(72) Винахідник(и):

Русєв Геннадій Михайлович, UA,
Кисельов Сергій Михайлович, UA,
Овсяніков Віктор Васильович, UA,
Галюк Микола Пилипович, UA

(73) Власник(и):

Русєв Геннадій Михайлович, UA,
Кисельов Сергій Михайлович, UA,
Овсяніков Віктор Васильович, UA,
Галюк Микола Пилипович, UA

(54) ГРАФІТОВАНИЙ ЕЛЕКТРОД З ЗАХИСНИМ ПОКРИТТЯМ

(57) Реферат:

Винахід відноситься до виробництва графітованих електродів з захисним покриттям, зокрема для електродугових і відновних печей. Графітований електрод з захисним покриттям містить графітовану основу, на яку нанесене захисне двошарове плазмове одержане покриття, перший шар якого виконаний з алюмінію або його сплаву, а другий - з електропровідного матеріалу. Другий шар покриття виконаний з міді, товщина

покриття складає 0,2-1,5 мм, причому покриття одержують плазмовим розпиленням дроту. Перший шар захисного покриття виконаний з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10 % кремнію. Технічний результат – зниження напружень в елементах конструкції електроду, підвищення міцності зчеплення покриття з основою і за рахунок цього – підвищення якості графітованих електродів при суттєвому зниженні витрат на їх виробництво.

Опис винаходу

Винахід відноситься до електродної промисловості і може бути використаний при виробництві виробів з вуглецевих матеріалів, зокрема графітованих електродів, які мають захисне покриття, для електродугових і відновних печей.

Найбільш близьким до графітованого електрода з захисним покриттям, що заявляється, за технічною суттю є графітований електрод з захисним покриттям (в. з. Німеччини №4136823, заявл. 08.11.91, опубл. 19.05.93, М.кл.⁵. H05B7/085, C23C4/06), який містить графітовану основу, на яку нанесене захисне двошарове плазмове одержане покриття, перший шар якого виконаний з алюмінію або його сплаву, а другий - з електрично провідного матеріалу. Другий шар захисного покриття виконаний з тугоплавкого електрично провідного однорідного або комбінованого матеріалу, в якості якого використовують залізо. Електрод з покриттям обробляють електричною дугою або плазмовим пальником.

Проте відомий електрод не має необхідної окислювальної стійкості при роботі в агресивних газових середовищах внаслідок недостатньої міцності зчеплення покриття з графітованою основою. Це обумовлено в першу чергу тим, що матеріал захисного покриття не має здатності "затікання" у пори та нерівності поверхні основи, що призводить до збільшення контактних напружень у крайніх точках виступів та западин мікронерівностей і утворення мікротріщин. Внаслідок цього збільшуються напруження, які виникають у покритті, що знижує міцність зчеплення покриття з основою.

Крім того, відомий графітований електрод, покриття якого виконано з шару алюмінію та шару заліза, не має необхідної для його подальшої експлуатації електропровідності, що може привести до нестабільності технологічного процесу.

В основу винаходу поставлена задача удосконалити графітований електрод з захисним покриттям, в якому нове виконання елементів електрода та їх геометричні параметри забезпечують зниження напружень в елементах конструкції електрода, підвищення міцності зчеплення покриття з основою та за рахунок цього забезпечується підвищення якості графітованих електродів при суттєвому зниженні витрат на їх виробництво.

Поставлена задача вирішується тим, що у графітованому електроді з захисним покриттям, який містить графітовану основу, на яку нанесене захисне двошарове плазмове одержане покриття, перший шар якого виконаний з алюмінію або його сплаву, а другий - з електрично провідного матеріалу, відповідно до винаходу, новим є те, що, другий шар покриття виконаний з міді, товщина покриття складає 0,2-1,5мм, причому покриття одержують плазмовим розпиленням дроту.

Новим є також те, що перший шар захисного покриття виконаний з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10% кремнію.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю суттєвих ознак пристрою та технічним результатом, що досягається, полягає в тому, що конструктивне виконання графітованого електрода з захисним покриттям, що заявляється, а саме:

- виконання другого шару покриття з міді;
- оптимізація товщини покриття;
- одержання покриття плазмовим розпиленням дроту,

у сукупності з відомими ознаками забезпечує зниження напружень в елементах конструкції електрода, підвищення міцності зчеплення покриття з основою та за рахунок цього досягається підвищення якості графітованих електродів при суттєвому зниженні витрат на їх виробництво.

Досягненню зазначеного технічного результату сприяє також те, що перший шар захисного покриття виконаний з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10% кремнію.

Одночасне виконання першого шару захисного покриття з алюмінію або його сплаву, другого з міді з загальною товщиною покриття 0,2-1,5мм та одержання покриття плазмовим розпиленням дроту дозволяє знизити напруження в покритті, підвищити міцність зчеплення покриття з основою і за рахунок цього підвищити якість електродів, а також знизити витрати на виробництво електродів.

Одержання першого шару покриття плазмовим розпиленням алюмінієвого дроту дозволяє повністю заповнити увесь об'єм поверхневих пор графіту, оскільки пластичний алюміній добре "затікає" у пори та нерівності поверхні графіту. В результаті утворюється рівномірне покриття, знімаються напруження, які виникають у покритті, і тим самим підвищується міцність зчеплення покриття з основою.

Якість захисного покриття поліпшується також за рахунок виконання другого шару покриття з міді. Це пов'язано з утворенням при робочих температурах експлуатації електродів між алюмінієм та міддю прошарку псевдосплаву Al-Cu, який покращує захисні властивості. Крім того, електроопір захисного покриття значно знижується, що необхідно при експлуатації графітованих електродів.

Експериментально встановлено, що оптимальна товщина захисного покриття складає 0,2-1,5мм. Графітовані електроди з захисним покриттям товщиною менше, ніж 0,2мм, при експлуатації зазнають окислення, швидко руйнуються. При збільшенні товщини покриття більше, ніж 1,5мм, міцність зчеплення значно знижується, що негативно впливає на якість покриття і знижує експлуатаційні властивості електрода.

Виконання першого шару захисного покриття з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10% кремнію, також дозволяє одержати якісне захисне покриття. Наявність кремнію у складі алюмінієвого дроту, який використовують для нанесення покриття, забезпечує одержання карбиду кремнію під дією плазми, а також робочих температур під час експлуатації електрода. Карбід кремнію добре змочує графіт, внаслідок чого одержується газонепроникна плівка, яка сприяє збільшенню щільності і якості покриття. При цьому наявність

кремнію у складі першого шару додатково підвищує захисні властивості покриття за рахунок утворення між алюмінієм та міддю прошарку псевдосплаву Al-Cu-Si.

При підвищенні місткості в алюмінієвому дроті кремнію понад 10% у покритті утворюється надлишок карбиду кремнію, що спричиняє часткове руйнування, розтріскування поверхні покриття, а при місткості кремнію менше 5% кількість карбідів кремнію, яка утворилася, не забезпечує необхідну газонепроникність поверхні електрода.

Графітовані електроди, захисне покриття яких одержане плазмовим розпиленням дроту, мають підвищену міцність зчеплення покриття з основою, оскільки плазмове розпилення дозволяє рівномірно розподілити матеріал покриття по факелу струмینی плазми. В результаті дріт рівномірно нагрівається у потоці плазми, розплавляється і матеріал покриття рівномірно розподіляється по поверхні електрода. Завдяки цьому знімаються напруження, які виникають у покритті, за рахунок чого підвищується міцність зчеплення покриття з основою. Крім того графітовані електроди мають низьку собівартість, тому що використання дроту виключає необхідність використання дозуючих пристроїв, спрощує введення матеріалу, який напіляють, у плазмову струмину, підвищує коефіцієнт використання матеріалу (70-85%), що знижує витрати на виробництво графітованих електродів з захисним покриттям. Витрати знижуються також за рахунок відносно низької вартості дроту (1кг алюмінієвого дроту коштує ~12грн).

Графітований електрод з захисним покриттям, що заявляється, містить графітовану основу із захисним двошаровим покриттям. Перший шар покриття виконаний з алюмінію або його сплаву, а другий - з міді. Товщина покриття складає 0,2-1,5мм. Перший шар покриття може бути виконаний з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10% кремнію.

Графітований електрод, що заявляється, виготовляють таким чином. На графітовану основу, якою є графітований електрод, виготовлений за відомою технологією, наносять захисне двошарове покриття. Перший шар покриття наносять плазмовим розпиленням алюмінієвого дроту, або дроту з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10% кремнію. Другий шар покриття наносять плазмовим розпиленням мідного дроту.

Плазмове розпилення дроту здійснюють плазмотроном прямої дії (робочий ток - 160А, напруга - 70В). Дріт, який використовують для розпилення, є покупним виробом, одержаним згідно з ДОСТом 7871-75, та має діаметр 1,2-2,0мм.

Промислові випробування графітованих електродів марок ЕГ-20, ЕГ-25 з двошаровим покриттям проводилися на підприємстві ВАТ "Запорізький абразивний комбінат".

Захисне покриття одержували плазмовим розпиленням дроту за допомогою плазмотрона прямої дії потужністю 25кВт. Для одержання першого шару захисного покриття використовували алюмінієвий дріт або дріт з сплаву алюмінію з кремнієм, при цьому кількість кремнію у дроті складала 2, 5, 8, 10, 14%. Другий шар покриття одержували розпиленням мідного дроту.

Були виготовлені графітовані електроди з товщиною захисного покриття від 0,10 до 1,70мм з однаковим складом покриття.

Здійснювали дослідження впливу складу та товщини покриття на якість електродів, а саме визначали міцність зчеплення покриття з графітованою основою (за клейовою методикою), питомий опір покриття, середній розхід електрода на одну плавку. Середній розхід електрода визначали при проведенні серії плавок електрокорунду білого з використанням заявлених графітованих електродів з двошаровим покриттям діаметром 300мм марки ЕГ-25. Результати досліджень наведені у таблиці.

Таблиця								
№ з/р	Склад			Товщина покриття, мм	Міцність зчеплення покриття з графітованою основою, МПа	Середній розхід електрода на одну плавку, мм	Питомий опір покриття, ом/мм ²	Інші характеристики покриття
	I шару покриття		II шару покриття					
	Al %	Si %	Cu %					
1.	100		100	0,70	3,8	123,6	0,069	
			Fe					
2.	100	-	100	0,70	6,3	103,2	0,058	
3.	98	2	100	0,70	6,7	100,7	0,055	
4.	95	5	100	0,70	8,2	91,2	0,040	
5.	92	8	100	0,70	8,9	83,6	0,035	
6.	90	10	100	0,70	8,4	98,1	0,045	
7.	86	14	100	0,70	4,5	131,2	0,070	З'явлення тріщин, технологічні складності одержання покриття
8.	93	7	100	0,10	4,3	128,5	0,048	Скорочення циклу роботи електрода
9.	93	7	100	0,20	6,1	90,3	0,042	
10.	93	7	100	0,75	7,2	86,1	0,036	
11.	93	7	100	1,50	8,8	91,8	0,035	
12.	93	7	100	1,70	4,7	120,6	0,036	З'явлення тріщин

У прикладі за прототипом (прикл. №1) перший шар покриття виконаний з алюмінію, другий - з заліза. Електрод з таким покриттям має недостатню міцність зчеплення покриття з основою, високий питомий опір та швидко витрачається під час експлуатації. Крім того, залізо, яке входить до складу покриття, погіршує властивості матеріалу, що виплавляється, зокрема при виплавці електрокорунду.

Графітований електрод з двошаровим покриттям, перший шар якого виконаний з алюмінію, а другий - з міді, характеризується високою якістю (прикл. №2). Також високою якістю характеризується графітований електрод, перший шар захисного покриття якого містить алюміній та кремній (прикл. №3-6). При цьому найкращі показники, які характеризують покриття, одержані при виконанні першого шару покриття зі сплаву алюмінію з кремнієм при місткості останнього 5-10% (прикл. №4-6). Підвищення місткості кремнію у складі першого шару покриття більше ніж 10%, знижує показники якості електродів і призводить до з'явлення тріщин у покритті, обумовлює технологічні складності одержання покриття (прикл. №7).

Дослідження впливу товщини покриття на якість електродів показали, що оптимальна товщина захисного покриття складає 0,2-1,5мм (прикл. №9-11), оскільки електроди з таким покриттям мають найкращі показники якості. Зниження товщини захисного покриття нижче заявленої призводить до зниження міцності зчеплення покриття з основою, що пов'язано зі збільшенням напружень у покритті і призводить до скорочення циклу роботи електрода з таким покриттям (прикл. №8). Збільшення товщини покриття вище заявленої знижує показники, які характеризують якість електрода, що пов'язано з виникненням тріщин у покритті (прикл. №12).

Таким чином, графітований електрод з захисним покриттям, що заявляється, характеризується високою якістю, що досягнуто за рахунок зниження напруження в захисному покритті та підвищення міцності зчеплення покриття з основою.

Формула винаходу

1. Графітований електрод з захисним покриттям, який містить графітовану основу, на яку нанесене захисне двошарове плазмове одержане покриття, перший шар якого виконаний з алюмінію або його сплаву, а другий - з електропровідного матеріалу, який відрізняється тим, що другий шар покриття виконаний з міді, товщина покриття складає 0,2-1,5 мм, причому покриття одержане плазмовим розпилянням дроту.

2. Графітований електрод з захисним покриттям за п.1, який відрізняється тим, що перший шар захисного покриття виконаний з алюмінієвого сплаву, який містить 5-10 % кремнію.

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2004, N 5, 15.05.2004. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.