



(51) МПК

*B23H 1/06* (2006.01)*B23H 3/06* (2006.01)*C22C 37/06* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2006133405/02, 18.09.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
18.09.2006

(45) Опубликовано: 10.07.2008 Бюл. № 19

(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2181646 C2, 27.04.2002. SU 411974  
A1, 25.01.1974. RU 2007274 C1, 15.02.1994. RU  
2014181 C1, 15.06.1994. JP 08081731 A,  
26.03.1996.

Адрес для переписки:

680021, г.Хабаровск, ул. Серышева, 47, ГОУ  
ВПО ДВГУПС, Зав. отделом промышленной  
собственности Н.Ф. Щербаковой

(72) Автор(ы):

Химухин Сергей Николаевич (RU),  
Муромцева Елена Владимировна (RU),  
Ли Валерий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

ГОУ ВПО "Дальневосточный государственный  
университет путей сообщения" (ДВГУПС) (RU)

## (54) ЭЛЕКТРОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к металлургии, в  
частности к электродным материалам для  
искрового легирования стальных и чугунных  
поверхностей. Электродный материал выполнен на  
основе белого чугуна, содержит углерод, марганец,

кремний, хром и железо при следующем  
соотношении компонентов, мас. %: углерод 4,0-4,5,  
марганец 0,5-0,6, кремний 0,8-0,9, хром 7,0-10,5,  
железо остальное. Электродный материал  
позволяет повысить коррозионную стойкость  
покрытия деталей. 2 табл.

RUSSIAN FEDERATION



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 328 362** <sup>(13)</sup> **C1**

(51) Int. Cl.

**B23H 1/06** (2006.01)

**B23H 3/06** (2006.01)

**C22C 37/06** (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2006133405/02, 18.09.2006**

(24) Effective date for property rights: **18.09.2006**

(45) Date of publication: **10.07.2008 Bull. 19**

Mail address:

**680021, g.Khabarovsk, ul. Serysheva, 47, GOU  
VPO DVGUPS, Zav. otdelom promyshlennoj  
sobstvennosti N.F. Shcherbakovoj**

(72) Inventor(s):

**Khimukhin Sergej Nikolaevich (RU),  
Muromtseva Elena Vladimirovna (RU),  
Li Valerij Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**GOU VPO "Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj  
universitet putej soobshchenija" (DVGUPS) (RU)**

(54) **ELECTRODE MATERIAL FOR ELECTRIC SPARK ALLOYING**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: electrode material is produced on white iron base and contains carbon, manganese, silicon, chromium and iron at a following ratio of components, mas. %: carbon 4.0-4.5; manganese

0.5-0.6; silicon 0.8-0.9; chromium 7.0-10.5; iron - the rest.

EFFECT: allows increasing corrosion resistance of details coating.

2 tbl, 5 ex

**RU 2 328 362 C1**

**RU 2 328 362 C1**

Изобретение относится к металлургии, в частности к электродным материалам для электроискрового легирования (ЭИЛ) стальных и чугунных поверхностей.

Существует проблема увеличения срока службы изделий из железоуглеродных сплавов. Одним из путей увеличения срока службы изделий является повышение их коррозионной стойкости путем нанесения покрытия методом ЭИЛ. В известных решениях проблема повышения коррозионной стойкости решается различными путями, например, за счет уменьшения гальванических пар в структуре материала электродов или за счет увеличения переноса материала на защищаемую поверхность детали методом ЭИЛ.

Известен электродный материал для ЭИЛ [1], который выполнен из белого чугуна и в своем составе содержит углерод 2,88%, марганец до 2,9%, кремний 1% и железо остальное.

Микроструктура электродного материала состоит из металлической основы-феррита и вторичного цементита, при этом графит находится в связанном состоянии. В контакте с агрессивной средой структурные составляющие образуют гальванические пары, в которых феррит является анодом, цементит - катодом. При работе гальванического элемента ферритная составляющая окисляется, что приводит к разрушению металлической основы.

Разность потенциалов гальванического элемента цементит - феррит равна 0,01В.

Достоинством электродного материала из белого чугуна является совместимость его физико-химических свойств со свойствами материала деталей, которые выполнены из железоуглеродистых сплавов. Кроме того, чугун обладает высокими литейными и эксплуатационными свойствами.

Недостатком указанного электродного материала является наличие мелкодисперсного цементита из-за небольшого содержания углерода.

Измельчение структурных составляющих материала приводит к увеличению количества гальванических пар, а это, в свою очередь, усиливает интенсивность протекания коррозии.

Другим недостатком электродного материала является высокая температура плавления и, как следствие, высокая эрозионная стойкость.

Высокая эрозионная стойкость электрода, равная  $38,4 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>2</sup>, ограничивает перенос материала на защищаемую поверхность детали методом ЭИЛ. При этом перенос составляет  $26,5 \cdot 10^{-4}$  г/см, а образующиеся покрытие имеет толщину до 0,2 мкм. Малая толщина покрытия из-за высокой эрозионной стойкости электрода обуславливает его пористость, следовательно, оно малоэффективно в коррозионной среде. Визуально-оптическая оценка покрытия железоуглеродистого сплава после ЭИЛ показала наличие окислов на поверхности до 22%, а доля плазменного переноса материала электрода на поверхность составляет около 25%.

Наиболее близким по технической сущности и получаемому результату является электродный материал для ЭИЛ [2], который выполнен из белого чугуна и в своем составе содержит углерод 4,0-4,5%, марганец 0,5-0,6%, кремний 0,8-0,9% и железо остальное.

Структура электродного материала состоит из основы, которая представляет собой эвтектику (смесь феррита и цементита) и первичного цементита.

В контакте с агрессивной средой структурные составляющие образуют гальванические пары, в которых феррит, входящий в состав эвтектики, является анодом, цементит - катодом. При работе гальванического элемента ферритная составляющая окисляется, что приводит к разрушению металлической основы.

Покрытие, как показывает визуально-оптическое исследование, после ЭИЛ содержит до 5% окислов железа. Доля плазменного переноса материала электрода составляет около 62%. Кроме того, увеличение содержания углерода приводит к увеличению размера цементита в структуре материала за счет первичной кристаллизации, способствует образованию эвтектики в материале электрода. Эвтектика в электродном материале снижает температуру плавления.

Достоинствами данного электродного материала является снижение температуры плавления которая, как следствие, приводит к уменьшению эрозионной стойкости электрода до  $82,0 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>2</sup>. В свою очередь, с уменьшением эрозионной стойкости

увеличивается массоперенос на защищаемую поверхность, который составляет не менее  $45 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>2</sup>.

Увеличение массопереноса приводит к росту толщины покрытия до 0,5-0,8 мкм.

Увеличение толщины покрытия увеличивает его коррозионную стойкость.

5 Другим достоинством электродного материала является увеличение размера цементита в структуре электродного материала, которое приводит к уменьшению гальванических пар, а это уменьшение, в свою очередь, - к увеличению коррозионной стойкости покрытия.

Недостатком указанного состава электродного материала является то, что получаемое покрытие в агрессивной среде является некоррозионно-стойким.

10 Это обусловлено наличием гальванических пар, совокупность которых в агрессивной среде создает высокую ЭДС. Высокая ЭДС приводит к разрушению покрытия по электрохимическому механизму. Во-вторых, наличие окислов железа в покрытии также снижает его коррозионную стойкость.

15 Задача, решаемая изобретением, заключается в разработке электродного материала для ЭИЛ, обладающего высокой коррозионной стойкостью за счет уменьшения в нем ЭДС совокупности гальванических пар.

Для решения поставленной задачи в известный электродный материал для ЭИЛ, выполненный на основе белого чугуна, содержащего углерод, марганец, кремний и железо, дополнительно введен хром при следующем соотношении компонентов, мас. %:

20 углерод 4,0-4,5  
марганец 0,5-0,6  
кремний 0,8-0,9  
хром 7-10,5  
железо остальное

25 Введение в электродный материал хрома отличает заявляемое решение от прототипа, что свидетельствует о соответствии заявляемого решения критерию патентоспособности «новизна».

30 Благодаря введению хрома в электродный материал повышается коррозионная стойкость. Это обусловлено тем, что хром входит в структуру эвтектики и первичного цементита. Во-первых, наличие хрома в структуре электродного материала как более активного элемента приводит к тому, что в гальванической паре эвтектика-цементит он выступает в качестве анода. При работе гальванического элемента хром окисляется и образует защитную пленку на покрытии, за счет чего уменьшается ЭДС гальванических пар.

35 Во-вторых, благодаря тому, что хром по сравнению с железом обладает более высоким электрическим сопротивлением, что увеличивает количество энергии для переноса материала электрода.

40 Благодаря этому структурные составляющие электрода успевают проплавиться в полном объеме. Наличие проплавленного материала позволяет осуществить плазменный перенос материала электрода на поверхность деталей, что приводит к увеличению толщины покрытия, а следовательно, увеличивает его коррозионную стойкость, уменьшается ЭДС гальванических за счет сокращения оксидов железа в покрытии.

Доля плазменного переноса материала электрода на поверхность составила около 68%.

45 Неочевидный результат заключается в том, что плазменный перенос в покрытии осуществляется только при содержании в материале электрода хрома в пределах 7-10,5%. Получение плазменного покрытия в зависимости от количественного соотношения хрома в электродном материале не вытекает из известного уровня техники и свидетельствует о соответствии заявляемого решения критерию патентоспособности «изобретательский уровень».

50 Заявляемый электродный материал выполнен на основе белого чугуна и содержит углерод, марганец, кремний, хром и железо. Компоненты выбраны в следующем интервале, мас. %:

углерод 4,0-4,5

марганец 0,5-0,6  
кремний 0,8-0,9  
хром 7-10,5  
железо остальное

5 Для экспериментальной проверки заявляемого электродного материала были подготовлены составы, указанные в табл.1.

Пример 1.

В качестве базового сплава использовали эвтектический чугуи, выполненный из белого чугуна с содержанием, мас. %: углерода 4,25, марганца 0,55, кремния 0,85, железо  
10 остальное, и добавляли хром 9,0.

Выплавку электродного материала производили в печи Таммана с графитовым нагревателем. Исходный материал расплавляли, затем нагревали до температуры 1450°С, после выдержки в течение 5 минут вводили легирующие.

15 После растворения легирующих и выдержки были получены электроды, методом вакуумного всасывания (создавая разрежение 0,5-1,5 мм рт. ст.), отбирали расплав в кварцевые трубки диаметром 2,5 мм. Выбранная технология получения электродных материалов позволяет исключить стадию обработки, снизить влияние процессов вторичного окисления при литье, варьировать химический состав электродов в широком интервале концентраций.

20 Примеры 2-5.

Электродный материал приготавливают, как в примере 1, изменяя состав, приводимый в табл.1.

Содержание компонентов, мас. %	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Железо
Пример 1	4,25	0,55	0,85	9,0	остальное
Пример 2	4,0	0,55	0,85	10,5	остальное
Пример 3	4,5	0,55	0,85	7,0	остальное
Пример 4	4,25	0,55	0,85	11,0	остальное
Пример 5	4,25	0,55	0,85	6,5	остальное
Пример 6 (прототип)	4,25	0,55	0,85	-	остальное

Полученным электродным материалом обрабатывали методом ЭИЛ образцы 10×10×5 мм стали марки 45 (в отожженном и закаленном состояниях) и чугуна СЧ15.

35 Процесс коррозии изучали в кислой среде, в качестве коррозионной среды использовали 12% раствор соляной кислоты. Результаты исследования полученной коррозионной стойкости представлены в табл. 2.

№ п.п.	Состав электродного материала, мас. %	Скорость коррозии в агрессивной среде, 10 <sup>-3</sup> г/час		
		Сталь марки 45		Чугун
		в отожженном состоянии	в закаленном состоянии	
1	Пример 1	3,6	2,6	3,2
2	Пример 2	3,2	2,5	3,1
3	Пример 3	3,4	2,6	3,2
4	Пример 4	3,8	2,7	3,2
5	Пример 5	4,3	3,3	4,6
6	Пример 6 (прототип)	5,2	3,14	6,8

Как видно из табл. 2, оптимальное содержание хрома в электродном материале находится в пределах 7-10,5 (мас. %), в которых наблюдается наименьшая скорость коррозии, а следовательно, увеличивается коррозионная стойкость покрытия.

50 При количестве хрома до 7 (мас. %) не обеспечивается достаточное качество покрытия, увеличивается скорость коррозии, что приводит к уменьшению коррозионной стойкости покрытия.

Увеличение хрома свыше 10,5 (мас. %) увеличивает эрозионную стойкость электрода и

уменьшает перенос материала на защищаемую поверхность детали хрома и, следовательно, уменьшает коррозионную стойкость покрытия.

Таким образом, результаты испытаний показывают, что скорость коррозии в агрессивной среде покрытия, в результате применения заявляемого электродного материала, уменьшается на 40% (в 1,6 раза) по сравнению с прототипом.

#### Литература

1. Иванов Г.П. Технология электроискрового упрочнения инструмента и деталей машин. - М.: 1961, с.299.

2. Патент №2181646 МПК 7 В23Н 9/00, С22С 37/10. Электродный материал для электроискрового легирования / Химухин С.Н., Муромцева Е.В. (РФ); Институт материаловедения ДВО РАН. Опубл. 27.04.02. Бюл. №12.

#### Формула изобретения

Электродный материал для электроискрового легирования на основе белого чугуна, содержащего углерод, марганец, кремний и железо, отличающийся тем, что он дополнительно содержит хром при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	4,0-4,5
марганец	0,5-0,6
кремний	0,8-0,9
хром	7,0-10,5
железо	остальное.

25

30

35

40

45

50