



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2007104143/02, 02.02.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
02.02.2007

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 02.02.2007

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2008 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 20.06.2011 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2162780 C2, 10.02.2001. RU 2186872
C2, 10.08.2002. RU 60418 U1, 27.01.2007. GB
2010722 A, 04.07.1979.

Адрес для переписки:
622031, Свердловская обл., г. Нижний Тагил,
ул. Красногвардейская, 59, НТИ(ф) УрФУ,
директору В.Ф. Пегашкину

(72) Автор(ы):
Астафьев Геннадий Иванович (RU),
Файншмидт Евгений Михайлович (RU),
Пегашкин Владимир Федорович (RU),
Пилипенко Владимир Васильевич (RU),
Андрянов Андрей Владимирович (RU),
Пилипенко Василий Францевич (RU),
Хоменко Артем Юрьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Уральский государственный
технический университет-УПИ" (RU)

(54) СПОСОБ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОГО БОРИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ ИЗ СТАЛИ И ЧУГУНА

(57) Реферат:
Изобретение относится к нанесению защитных покрытий и может быть использовано в машиностроении для поверхностного упрочнения деталей и инструмента, изготовленных из углеродистых сталей и чугуна. Способ включает нанесение на обрабатываемую поверхность упрочняющего борированного покрытия в виде одного или двух электроэрозионных слоев борсодержащим электродом, выполненным в виде стержня, который обдувают охладителем, причем

упрочняющее покрытие наносят толщиной 0,15-0,25 мм. В качестве борсодержащего электрода используют ферробор, а в качестве охладителя используют сжатый воздух или нейтральный газ. Способ обеспечивает высокую прочность сцепления слоя покрытия с поверхностью детали и позволяет повысить износостойкость и коррозионную стойкость обработанной детали, при этом не требует дополнительной обработки поверхности перед борированием детали. 2 з.п. ф-лы, 1 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
B23H 1/00 (2006.01)
B23H 9/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2007104143/02, 02.02.2007**

(24) Effective date for property rights:
02.02.2007

Priority:

(22) Date of filing: **02.02.2007**

(43) Application published: **10.08.2008** Bull. 22

(45) Date of publication: **20.06.2011** Bull. 17

Mail address:

**622031, Sverdlovskaja obl., g. Nizhnij Tagil, ul.
Krasnogvardejskaja, 59, NTI(f) UrFU, direktoru
V.F. Pegashkinu**

(72) Inventor(s):

**Astaf'ev Gennadij Ivanovich (RU),
Fajnshmidt Evgenij Mikhajlovich (RU),
Pegashkin Vladimir Fedorovich (RU),
Pilipenko Vladimir Vasil'evich (RU),
Andrijanov Andrej Vladimirovich (RU),
Pilipenko Vasilij Frantsevich (RU),
Khomenko Artem Jur'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie
vysshego professional'nogo obrazovanija
"Ural'skij gosudarstvennyj tekhnicheskij
universitet-UPI" (RU)**

(54) METHOD OF ELECTRIC EROSION SURFACE BORATING OF PARTS MADE FROM STEEL AND CAST IRON

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to machine building, namely to surface hardening of parts and tools made from carbon steels and cast iron. Proposed method comprises applying hardening borated coat in the form of one or two electric erosion layers by rod-like boron-containing electrodes blows by coolant. Note here that hardening surface thickness makes

0.15-0.25 mm. Note also that ferroboration is used as boron-containing electrode while compressed air or neutral gas is used as coolant.

EFFECT: higher adhesion between coat and part surface, hence, higher wear resistance and rust protection without additional machining before borating.

3 cl, 1 tbl, 1 ex

Изобретение относится к способам нанесения защитных покрытий и может быть использовано в машиностроении для поверхностного упрочнения деталей и инструмента, изготовленных из углеродистых сталей и чугуна.

5 Для деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания и коррозионного воздействия, важными эксплуатационными свойствами являются высокая твердость и прочность поверхности в сочетании с коррозионной стойкостью. Обычно подобные детали изготавливаются из дешевых нелегированных конструкционных сталей и имеют небольшой срок службы. Замена материала деталей на легированную сталь
10 приводит к значительному их удорожанию, но не всегда решает проблему износо- и коррозионной стойкости.

Одним из путей решения данной проблемы одновременного повышения прочности и коррозионной стойкости деталей, изготовленных из конструкционных сталей и чугуна, является модификация их поверхности борированием. Это позволяет
15 сохранять неизменную вязкую сердцевину и получать на поверхности новые фазы, отличающиеся высокой твердостью и стойкостью к различным агрессивным средам.

Известны различные способы борирования стальных поверхностей [1-3], позволяющие создать сплошной диффузионный слой боридов, придающих
20 поверхности металла повышенные эксплуатационные свойства.

Недостатками данного способа являются: длительное (до 10 час) применение высоких температур (до 950°C), использование большого количества реактивных материалов для получения расплава, а также необходимость нормализации для
25 измельчения выросшего зерна микроструктуры и дальнейшей очистки борированных изделий от остатков расплава.

Известен способ борирования из обмазок с применением лазерного нагрева. На поверхность наносят обмазку, состоящую из порошка аморфного бора и клея БФ-2 с добавкой ацетона. Затем проводят обработку лазером. В результате обработки на
30 поверхности образуются слои толщиной 100-300 мкм состава FeB+Fe₂B+Fe₃B [4].

Недостатком данного способа является то, что поверхность при этом имеет крайне неровный рельеф, а борированные зоны напоминают кратеры.

Известен способ борирования в электролитах борсодержащих соединений [5], при котором борирование осуществляют в электролите, состоящем из водного раствора
35 углекислого калия и глицерина с добавкой порошка карбида бора при следующем соотношении компонентов, масс. %:

углекислый калий 5-15, глицерин 40-60, карбид бора 5-35, вода - остальное, при плотности тока 0,3-0,9 А/см², напряжении 180-220 В и температуре электролита 50-
40 80°C, температуре образца 650-950°C.

К недостаткам данного способа можно отнести использование энергоемкого высокотемпературного нагрева поверхности металлических изделий до 950°C, а также использование реактивных материалов для получения расплава.

Ближайшим аналогом изобретения является способ электронно-лучевого борирования железа и чугуна, включающий нанесение на обрабатываемую
45 поверхность обмазки из борсодержащего вещества (B₄C) и связующего с последующей обработкой электронным пучком в вакууме в течение 4-5 мин при плотности мощности 2,0-2,5 кВт/см² [6].

50 Недостатками данного способа является недостаточная глубина и равномерность борированного слоя.

Наибольший интерес представляют методы, с помощью которых достигается значительное упрочнение поверхностных слоев деталей, каким является способ

электроэрозионного легирования. Электроискровое легирование особенно эффективно для повышения износостойкости и абразивной стойкости деталей из конструкционных марок стали и чугуна.

Основным достоинством такой поверхностной обработки является сочетание высокой твердости и прочности поверхностного слоя с вязкостью и высокой пластичностью основы упрочняемых деталей. Значительный эффект поверхностного упрочнения достигается за счет повышения не только твердости, но и износо- и коррозионной стойкости рабочей упрочняемой поверхности.

Для реализации указанных достоинств в промышленных условиях представляют интересы методы упрочнения концентрированными потоками энергии, в том числе с использованием электрических разрядов.

Технической задачей предлагаемого изобретения является создание такого способа борирования поверхности деталей из стали и чугуна, который не требует дополнительной обработки металла перед борированием, исключает использование высоких температур, а также редких и дорогостоящих реактивных материалов и может быть использован в качестве простого и неэнергоемкого способа предварительной обработки поверхности обрабатываемой детали.

Технический результат достигается за счет того, что поверхность детали подвергают непрерывной электроэрозионной обработке борсодержащим электродом, выполненным в виде стержня, с получением упрочняющего покрытия, которое выполнено в виде одного или двух электроэрозионных слоев, в качестве материала электрода используют ферробор, при этом толщина наносимого покрытия составляет 0,15-0,25 мм, кроме того электрод обдувается сжатым воздухом или нейтральным газом.

Технология электроэрозионного борирования обладает рядом существенных достоинств:

- не требует специальной подготовки поверхностей, необходимо лишь полностью очистить их от грязи и полностью удалить следы жира и масла;
- обеспечивает высокую прочность сцепления слоя покрытия с основным материалом;
- не оказывает влияния на основную структуру металла;
- придает поверхностным слоям покрытия требуемые эксплуатационные качества;
- повышает стойкость упрочненных изделий в 1,5-3 раз в сравнении с неупрочненными;
- позволяет экономить дорогостоящие легированные стали;
- исключает нагрев или допускает незначительный нагрев обрабатываемой поверхности в процессе электроискрового легирования, который не может изменить ее геометрию и физико-механические свойства;
- отличается простотой технологического процесса, малогабаритностью и транспортабельностью оборудования.

Механизм процесса следующий.

При сближении электродов (анода наносимого материала и катода обрабатываемой поверхности) происходит увеличение напряженности электрического тока. На некотором расстоянии напряженность становится достаточной для возникновения искрового разряда.

При этом пучок электронов фокусируемо ударяется о поверхность анода. Энергия остановленных электронов выделяется в поверхностных слоях анода. Поскольку в этот момент система броском освобождает накопленную энергию,

плотности тока значительно превосходят критические значения. В результате от анода отделяется капля расплавленного металла и движется к катоду, опережая движущийся вслед с большой скоростью анод. Капля расплавленного металла в процессе

5 отделения от катода нагревается до высокой температуры, закипает и взрывается. Так как к этому моменту цепь тока прерывается, исчезают сжимающие усилия электромагнитного поля, частицы расплавленного металла летят широким факелом. Факел частиц, достигнув катода, прилипает и частично внедряется в его поверхность.

10 Вслед за частицами движется электрод, включенный в систему, успевшую вновь накопить энергию, так как источник ее питания продолжал действовать. Поэтому через раскаленные частицы, лежащие на катоде, происходит второй импульс тока, сопровождающийся механическим ударом массы электрода-анода. Второй импульс сваривает частицы между собой и прогревает поверхность катода, на котором они лежат. Происходит диффузия частиц в поверхность катода и химическая реакция

15 между частицами и материалом катода. Механический удар проковывает покрытие, увеличивая его однородность и плотность. Затем анод движется вверх, а на катоде остается слой металла, прочно соединенный с его поверхностью. В качестве борсодержащего материала электрода используют ферробор

20 Электрод выполнен в виде стержня, совершающего поступательное, вращательное и колебательное движения, при это из-за высоких токов короткого замыкания сильно греется электрод, что приводит к налипанию капелек материала и повышенному износу окисляемого кислородом воздуха электрода.

25 Для устранения этого существенного недостатка предложено производить охлаждение электрода охладителем. В качестве охладителя используют сжатый воздух или нейтральный газ. Сущность предлагаемого технического решения заключается в следующем.

30 Способ осуществляется путем ионного борирования в импульсном разряде раскаленных частиц электрода. При происходящем разряде между поверхностью детали и разрядным электродом-анодом образующиеся ионы бора, ускоряясь в катодном падении, попадают на поверхность детали. Полученные ионы бора обладают хорошей проникающей способностью в

35 кристаллическую решетку стали или чугуна, что является предпосылкой для создания достаточного по толщине диффузионного слоя боридов на поверхности стальных изделий. Толщина слоя может регулироваться в зависимости от мощности разрядного импульса генератора электроэрозионной установки. Сплошность получаемых слоев боридов контролируется методом цветного

40 травления в растворе пикриновой кислоты и последующей проверкой исследуемых поверхностей с применением оптического микроскопа "EPIQANT" ($\times 50$). Этот метод позволяет четко идентифицировать бориды железа. Причем, фазе Fe₂B соответствуют желтый и светло-коричневые цвета, а фазе FeB - сиреневый и бирюзовый цвета. Было установлено, что по предлагаемой технологии

45 электроэрозионного борирования стальных образцов сплошность боридного слоя составила около 100%. Для выявления прочностных характеристик борированной поверхности деталей были проведены ее испытания на микротвердость.

50 Для сравнения определили микротвердость необработанной поверхности стали 30, величина которой составила 37 HRC.

Микротвердость образцов, обработанных электроэрозионным покрытием в виде одного слоя ферробора составила 58-65 HRC, а для образцов с двухслойным

покрытием из ферробора составила 65-74 HRC.

Пример использования предлагаемого способа.

Опытное опробование предлагаемого решения проводили на бурильных трубах, произведенных из стальных сплавов. Трубы диаметром 100 мм имели длину 1200 мм.

Общая площадь упрочнения составила 3200 см².

Процесс упрочнения проводили на 1, 2, 3 режимах при емкостях разрядных конденсаторов 800, 950, 1100 мкФ и частоте 100 Гц.

На внутреннюю поверхность трубы наносили упрочняющее покрытие в виде двух слоев, в качестве материала электрода использовали ферробор.

Электроэрозионное борирование стальных бурильных труб проводили на токарном станке при следующих параметрах:

	- скорость вращения трубы, об/мин	- 10
15	- скорость перемещения суппорта с устройством легирования и электрод-инструментом, мм/об	- 1
	- технологический ток, А	- 80
	- напряжение холостого хода, В	- 120
	- емкость конденсаторов, мкФ	- 950
	- частота искровых разрядов, Гц	- 100
20	- охлаждение электрода	сжатый воздух
	- скорость обработки, см ² /мин	- 28
	- сплошность покрытия за один проход, %	- до 95
	- твердость материала трубы, HRC	- 37
	- твердость 1-го упрочненного слоя, HRC	- 62
25	- твердость 2-го упрочненного слоя, HRC	- 72
	- толщина 1-го упрочненного слоя, мм	- 0,10
	- толщина 2-го упрочненного слоя, мм	- 0,15
	- шероховатость покрытия, Ra, мкм	- 10,0

При этом было установлено, что уровень износостойкости внутренней поверхности труб, легированных твердосплавными электродами, оказался значительно выше, чем у неупрочненных контрольных образцов.

Таблица №1				
Материал трубы	Кол-во слоев	Упрочняющий материал	Коэффициент повышения износостойкости	
35	сталь 30	2	FeB	2,05
		1	FeB	1,60
		1	по прототипу	1,45
		-	Контрольный образец (без упрочнения)	1,0

Как видно из таблицы №1, коррозионная стойкость стальных буровых труб с упрочненной внутренней поверхностью выше в 1,60-2,05 раза в сравнении с обычными неупрочненными трубами и в 1,1-1,4 в сравнении с упрочненными по способу-прототипу.

Данные по твердости и толщине упрочняющих слоев были получены опытно-экспериментальным путем. Именно при соотношениях, которые отмечены выше, были получены наилучшие показатели по прочностным характеристикам у упрочняемых деталей.

Достоинством данного технического решения является высокая прочность сцепления нанесенного материала электрода с основой материала детали за счет оптимальных режимов процесса.

Предлагаемое решение позволяет существенно повысить износостойкость упрочняемых деталей.

Наилучшие показатели по износо- и коррозионной стойкости деталей были достигнуты при 2-х слойном электроэрозионном покрытии с общей толщиной покрытия, равной 0,15-0,25 мм, и обдуве электрода охладителем.

Высокая мощность установки электроэрозионного борирования и обдув электрода способствуют образованию равномерного микрорельефа упрочненного борированного слоя в каждый период обработки. Это обеспечивает увеличение стойкости детали и повышение производительности обработки.

Таким образом, заявляемое техническое решение полностью выполняет поставленную задачу.

Проведенный анализ уровня техники, включающий поиск по патентам и научно-технической информации и выявление источников, содержащих сведения об аналогах заявляемого технического решения, позволил установить, что заявитель не обнаружил источников, характеризующихся признаками, тождественными всем существенным признакам заявляемого изобретения.

Следовательно заявляемое техническое решение соответствует критерию "новизна".

Заявляемое техническое решение является оригинальным, с помощью наносимого борированного покрытия достигается значительное увеличение износо- и коррозионной стойкости упрочняемых деталей, что не вытекает очевидным образом из существующего уровня техники и отвечает требованиям критерия "изобретательский уровень".

Техническое решение может быть реализовано промышленным способом в условиях серийного производства с использованием известных технических средств, технологий и материалов и отвечает требованиям критерия "промышленная применимость".

Использованная литература

1. Ворошнин Л.Г., Ляхович Л.С. Борирование стали. М.: Металлургия, 1978, с.240.
2. Веропаха Н.В., Веропаха Д.Н. и др. Влияние жидкостного борирования на износо- и коррозионную стойкость длинномерных изделий. // Изв. Вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. Спец. вып. Актуальные проблемы машиностроения. 2005, 20-21.
3. А.с 779438, С23С 9/10, опубл. 15.11.1980.
4. Сафонов А.Н. Особенности борирования железа и сталей с помощью непрерывного СО₂-лазера. // МиТОМ, 1998, 1, с.5-9.
5. А.с. №678085, С23С 9/10, опубл. 05.08.79., БИ №23.
6. Патент РФ №2186872, С23С 8/68, 8/70, опубл. 10.08.2002.

Формула изобретения

1. Способ электроэрозионного борирования поверхности детали из стали и чугуна, включающий нанесение на обрабатываемую поверхность упрочняющего борированного покрытия, отличающийся тем, что упрочняющее покрытие наносят в виде одного или двух электроэрозионных слоев борсодержащим электродом, выполненным в виде стержня, который обдувают охладителем, причем упрочняющее покрытие наносят толщиной 0,15-0,25 мм.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве борсодержащего электрода используют ферробор.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве охладителя используют сжатый воздух или нейтральный газ.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **03.02.2012**

Дата публикации: **27.11.2012**

RU 2 4 2 1 3 0 7 C 2

RU 2 4 2 1 3 0 7 C 2