

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9960

(13) С1

(46) 2007.12.30

(51) МПК (2006)

С 23С 4/04

(54)

САМОФЛЮСУЮЩИЙСЯ МАТЕРИАЛ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

(21) Номер заявки: а 20050278

(22) 2005.03.23

(43) 2006.12.30

(71) Заявитель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(72) Авторы: Пантелеенко Федор Иванович; Люцко Василий Александрович; Кульгейко Михаил Петрович; Петришин Григорий Валентинович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого" (ВУ)

(56) Пантелеенко Ф.И. и др. Самофлюсующиеся порошки и износостойкие покрытия из них. Обзорная информация. - Мн., 1991. - С. 21-23.

ВУ 1411 С1, 1996.

SU 1734578 А3, 1992.

SU 1577706 А3, 1990.

SU 1737017 А1, 1992.

RU 2171309 С2, 2001.

RU 2088688 С1, 1997.

FR 1280979, 1962.

(57)

Самофлюсующийся материал для износостойких покрытий, содержащий углерод, бор, кремний, хром, никель, марганец и железо, **отличающийся** тем, что он дополнительно содержит молибден, фосфор и серу при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	2,8-3,2
бор	10,0-11,0
кремний	0,8-1,2
хром	13,0-15,0
никель	2,0-4,0
марганец	0,2-0,6
молибден	0,3-0,7
фосфор	0,05
сера	0,05
железо	остальное.

Изобретение относится к металлургии, в частности к разработке материалов для нанесения износостойких покрытий, отличающихся повышенной коррозионной стойкостью, и может найти применение в области электрофизических методов обработки.

Известен материал, применяемый для нанесения износостойких покрытий [1], содержащий, мас. %:

углерод - 0,05-0,12; кремний - 0,4-0,8; марганец - 0,4-0,8; хром - 20-22; никель - 5-6,5; молибден - 1,3-2,6; титан - 0,05-0,3; алюминий - 0,005-0,05; ванадий - 0,01-0,15; кальций - 0,005-0,08; магний - 0,005-0,05; редкоземельные металлы - 0,01-0,1; железо - остальное.

ВУ 9960 С1 2007.12.30

Из-за высокого содержания хрома (20,0-22,0 %) покрытия, нанесенные данным материалом, обладают высокими антикоррозионными свойствами. Кроме того, хром, являясь карбидообразующим элементом, формирует в нанесенных покрытиях твердые карбиды, повышающие их износостойкость.

К недостаткам данного материала следует отнести неспособность его к самофлюсованию, что значительно снижает качество наносимых покрытий. Присутствие в материале кремния в количестве 0,4-0,8 % недостаточно для раскисления металла и предохранения его от окисления атмосферным кислородом. Кроме того, в материале отсутствует бор, необходимый для обеспечения свойства самофлюсования.

Известен материал ферроборхром ФБХ-6-2 [2], содержащий, мас. %: углерод - 0,05, бор - 16-18, кремний - 1,0-1,5, хром - 60-65 %, алюминий - 1,0-1,5, сера - 0,02, фосфор - 0,02, железо - остальное.

Данный материал обладает хорошими самофлюсующимися свойствами - основной легирующий элемент данного материала, бор, при нанесении покрытий ведет себя как активный восстановитель, раскисляет металл и предохраняет его от окисления. Кроме того, при взаимодействии с хромом и железом образует твердые бориды, придающие покрытиям высокую твердость и износостойкость. Высокое содержание в материале хрома придает покрытиям высокую коррозионную стойкость.

Однако из-за низкого содержания в материале углерода в нанесенных покрытиях в недостаточном количестве образуются карбиды железа и хрома, обладающие высокой твердостью. Присутствующие в покрытиях твердые бориды хрома и железа имеют высокую микрохрупкость, из-за чего покрытия имеют низкую ударную и ударно-абразивную износостойкость. Из-за высокого содержания в материале хрома снижается трещиностойкость покрытий.

Наиболее близким к предложенному является самофлюсующийся сплав ПР-Х4Г2Р4С2Ф [3], содержащий мас. %: углерод 1,2, кремний 2,2, никель до 0,5, хром 3,7, марганец 2,2, медь до 0,5, бор 3,8, ванадий 0,8, железо - остальное.

Технологические свойства данного материала недостаточно полно учитывают особенности нанесения покрытий. Присутствие в нем бора и кремния в количестве 3,8 и 2,2 % соответственно позволяет говорить о свойстве данного материала к самофлюсованию, что, безусловно, положительно сказывается на качестве наносимых покрытий. При нанесении покрытий бор и кремний ведут себя как активные восстановители, раскисляют металл и предохраняют его от окисления. В то же время бора в данном материале недостаточно для образования в покрытии избыточных боридов железа, обеспечивающих высокую износостойкость поверхности.

Однако высокое содержание марганца и меди значительно снижает магнитные свойства сплава, что затрудняет его использование при нанесении покрытий. Высокое содержание меди несколько улучшает коррозионную стойкость покрытий, однако при этом снижает магнитные свойства материала, что снижает его технологические свойства.

Кроме того, сплав, легированный марганцем, показывает высокую износостойкость только при нагрузках, вызывающих пластическое деформирование (при ударных нагрузках), и обладает низкой износостойкостью при абразивном изнашивании. Вследствие этого детали с покрытиями, нанесенными данным материалом, неприменимы для работы в условиях абразивного изнашивания [4].

Низкое содержание углерода (1,2 %) не обеспечивает образования нужного количества обладающих высокой твердостью карбидов хрома, присутствующего в данном материале в количестве 3,7 %.

Задачей настоящего изобретения является создание самофлюсующегося материала на железной основе, характеризующегося повышенными технологическими свойствами и обеспечивающего получение качественных покрытий, обладающих высокой коррозионной стойкостью, повышенной износостойкостью.

ВУ 9960 С1 2007.12.30

Поставленная задача решается тем, что в известный материал, содержащий углерод, бор, кремний, хром, никель, марганец и железо, в качестве дополнительных легирующих элементов вводится молибден, фосфор и сера при следующем соотношении компонентов, мас. %:

углерод	2,8-3,2
бор	10,0-11,0
кремний	0,8-1,2
хром	13,0-15,0
никель	2,0-4,0
марганец	0,2-0,6
молибден	0,3-0,7
фосфор	0,05
сера	0,05
железо	остальное.

Благодаря введению в состав материала бора обеспечивается хорошая самофлюсуемость сплава, что значительно повышает качество наносимых покрытий.

При нанесении покрытий на поверхности частиц наплавляемого порошка и металла, на который наносят покрытие, при воздействии кислорода образуются пленки оксидов. Основные раскисляющие элементы, бор и кремний, ведут себя при нагреве как энергичные восстановители, забирая кислород, раскисляют металл и всплывают в виде боросиликатного шлака на поверхность. Они улучшают текучесть и снижают поверхностное натяжение расплава, значительно понижают температуру плавления сплавов, увеличивают смачиваемость поверхности. Тонкая пленка оксидов в виде расплава боросиликатного стекла ($T_{пл} = 910 \text{ }^\circ\text{C}$) является эффективной защитой от дальнейшего проникновения кислорода в покрытие. Благодаря раскислению оксидных пленок, пониженной температуре плавления, хорошему смачиванию подложки и частичному ее растворению расплавом самофлюсующегося материала обеспечивается хорошая прочность сцепления со сталями [5].

Кроме раскисляющего действия, бор, образуя в покрытиях бориды и карбобориды, оказывает значительное влияние на микротвердость и триботехнические свойства покрытий.

Повышенное содержание углерода в материале (2,8-3,2 %) приводит к образованию в покрытиях достаточного количества карбидов железа и хрома, придающих покрытиям высокую твердость и износостойкость.

Хром в количестве свыше 15 % ухудшает трещиностойкость и технологические свойства модифицированных сталей, поэтому его содержание повышено только до 13-15 %. Верхний предел его содержания ограничен концентрацией 15,75 %, выше которой снижаются технологические свойства материала и покрытий. При концентрации его менее 12 % ухудшается коррозионная стойкость покрытий.

Молибден, наравне с хромом, является основным легирующим компонентом, обеспечивающим карбидообразование и упрочнение матрицы, повышение износостойкости и эксплуатационной стойкости. При увеличении его содержания в материале свыше 0,7 % снижаются технологические свойства и стабильность эксплуатационной стойкости. Молибден в количестве до 0,02 % не обеспечивает карбидообразование и повышение эксплуатационных свойств.

Важно отметить значительное влияние хрома и молибдена на твердость и износостойкость покрытий. Эти карбидообразующие элементы при взаимодействии с присутствующим в материале бором образуют избыточные бориды, которые резко повышают твердость и износостойкость покрытий. Однако эти легирующие компоненты, повышая твердость и износостойкость покрытий, негативно влияют на ударную вязкость покрытий. Их присутствие в материале приводит к охрупчиванию боридов, которые при воздействии на покрытие ударных нагрузок выкрашиваются и шаржируют поверхность трения, являясь дополнительным абразивом. Чтобы устранить это негативное явление, в материале повы-

ВУ 9960 С1 2007.12.30

шено содержание никеля, который снижает микрохрупкость избыточных боридов и тем самым повышает ударную вязкость покрытий [6].

Содержание никеля (2-4 %) выбрано из необходимости повышения дисперсности структуры материала и стойкости к многократным ударам при сохранении технологических свойств материала покрытия. При концентрации свыше 9 % снижаются характеристики стабильности структуры и износостойкости. Кроме этого, никель в комплексе с бором и кремнием способствуют образованию легкоплавкой эвтектики с температурой плавления около 1010 °С, что значительно снижает температуру плавления материала и тем самым создает более благоприятные условия нанесения покрытий.

Приведенные концентрации технологических примесей (фосфор и сера) обусловлены необходимостью упрощения выбора шихтовых материалов и технологии изготовления материала.

Для получения самофлюсующегося материала для износостойких покрытий использовали шихту следующего состава: чугун литейный Л6 ГОСТ 4832-80 - 10,0 мас. %, лом стальной А1 ГОСТ 2787-75 - 24 мас. %, технический карбид бора 16 ГОСТ 5744-85 - 10,5 мас. %, ферробор ФБ17 ГОСТ 14848-69 - 30,0 мас. %, феррохром ФХ050Б ГОСТ 4757-79 - 22,0 мас. %, ферромарганец ФМн70 ГОСТ 4753-80 - 0,5 мас. %, ферромolibден ФМо60 ГОСТ 4759-79 - 0,5 мас. % и никель Н-4 - 2,5 мас. %. Температура перегрева материала в индукционной печи 1470...1480 °С. Температура разлива материала в жидкостекольные литейные формы 1380...1410 °С. В результате получился материал следующего химического состава, мас. %: углерод 2,9, бор 10,5, кремний 1,2, хром 14,3, никель 2,4, марганец 0,5, молибден 0,3, фосфор 0,03, сера 0,03, железо - остальное. Присутствующие в материале в виде технологических примесей медь и алюминий не оказывают влияния на свойства наносимых покрытий. Расплав разливают в формы, полученные слитки затем дробят в металлический порошок.

Покрытия получали на лабораторной установке с использованием известных материалов [1-3] и заявляемого материала.

Для определения влияния материала на коррозионную стойкость покрытий применялись испытания образцов в водных растворах с разным значением рН в течение 24 часов. Испытания проводили для образцов, изготовленных из Стали 45 с покрытиями, полученными с применением известных [1-3] заявляемого материала. Коррозионную стойкость оценивали гравиметрическим методом по потере массы Δm . Взвешивание производили на аналитических весах марки АД-200М с точностью до $1 \cdot 10^{-7}$ кг. Перед взвешиванием образцы промывались в ацетоне (ГОСТ 2603-71). Результаты испытаний покрытий представлены в таблице.

Результаты испытаний на коррозионную стойкость покрытий, полученных известными [1-3] и заявляемым материалами при рН = 2,5.

Материал порошка	Скорость коррозии, г/м ² в сутки
1 (сталь)	18
2 (ФБХ-6-2)	15
3 (ПР-Х4Г2Р4С2Ф)	16
4 (заявляемый материал)	14

Как видно из таблицы, коррозионная стойкость покрытий, получаемых с применением предложенного материала, выше, чем у известных.

Таким образом, предложенный самофлюсующийся материал для износостойких покрытий по сравнению с известными материалами обладает лучшими технологическими свойствами и обеспечивает получение покрытий с более высокими эксплуатационными характеристиками.

ВУ 9960 С1 2007.12.30

Источники информации:

1. А.с. СССР 740858, МПК С 22С 38/50, 1980.
2. ТУ 48-42-12-70. Ферросплавы. Ферроборхром.
3. Пантелеенко Ф.И. и др. Самофлюсующиеся порошки и износостойкие покрытия из них. Обзорная информация. - Мн., 1991. - С. 21-23 (прототип).
4. Хрущов М.М., Бабичев М.А., Беркович Е.С. и др. Износостойкость и структура твердых наплавов / Под ред. М.М. Хрущова. - М.: Машиностроение, 1971. - С.45.
5. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионно-легированные порошки на железной основе и защитные покрытия из них. - Мн.: УП "Технопринт", 2001. - С. 157.
6. Лоскутов В.Ф. Разработка процессов получения диффузионных легированных боридных и карбидных покрытий для повышения стойкости деталей машин и инструмента: Автореф. дис. ...д-ра техн. наук. Киев, 1987. - 36 с..