

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **2954**  
(13) **C1**  
(51)<sup>6</sup> **В 23К 35/36**

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ  
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54) **ПОРОШОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ПРИВАРКИ**

(21) Номер заявки: 92  
(22) 1993.01.15  
(46) 1999.09.30

(71) Заявитель: Полоцкий государственный университет (ВУ)  
(72) Авторы: Константинов В.М., Пантелеенко Ф.И., Скороходов Е.И., Сыроежко Г.С. (ВУ)  
(73) Патентообладатель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(57)

Порошок для электроконтактной приварки, каждая частица которого содержит ядро и борсодержащую диффузионную оболочку, **отличающийся** тем, что в качестве ядра взяты частицы железного порошка не-сферической формы, а борсодержащая диффузионная оболочка состоит из боридов Fe<sub>2</sub>B при следующем соотношении компонентов состава порошка, мас. %:

В	1 - 6
железный порошок	остальное.

(56)

1. Основные виды продукции Торезского завода наплавочных твердых сплавов. - Донецк.: Облполиграфиздат, 1987.
2. А.с. СССР 1638657, МПК В 23К 35/36, 1993 (прототип).
3. Voroshnin L.G., Panteleenko F.I., Lyubetsky S.N. Bolide coatings on materials for sur-fasing // Proceedings of the 7-th International Congress on Heat Treatment of Materials. - Moscow, Disember, 11-14, 1990. - Moscow, 1990 V1. - P. 201-209.
4. Чернявский К.С. Стереология в металловедении. - М.: Металлургия, 1977. - С 280.
5. Ткачев В.Н. и др. Методы повышения долговечности деталей машин. - М.: Машиностроение, 1971. - С-272.

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к наплавочным материалам в виде порошков, и может найти применение при производстве и использовании материалов для защитных покрытий с высокой износостойкостью и малой пористостью.

Известны порошковые смеси для защитных покрытий на основе железа ФБХ-2-6 (тип 400Х30Г4Р1С, ГОСТ 11547-75), выпускаемые Торезским заводом наплавочных твердых сплавов, имеющие следующий химический состав (мас. %) [1]:

С-3,5...5,5  
Cr-28...37  
Si-1...2,5  
В-1,3...2,2  
Mn-2,5...5,6  
S - не более 0,4  
P - не более 0,3  
Fe - остальное.

Указанная порошковая смесь предназначена для получения износостойких слоев на деталях машин и механизмов, работающих в условиях абразивного изнашивания с умеренными ударными нагрузками. Низкая пластичность полученного покрытия, высокая твердость в сочетании с большим содержанием хрома и недостаточным сцеплением с

# ВУ 2954 С1

основным металлом являются причиной пониженного сопротивления ударам и склонности к трещинообразованию наплавленного покрытия. Наличие в смеси компонентов, имеющих различные магнитные свойства, приводит к сегрегации последних при электроконтактной приварке, что снижает защитные свойства формируемого покрытия.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является состав порошка для наплавки [2]. Он состоит из сплава ПР-10Р6М5 и характеризуется тем, что каждая частица порошка имеет борсодержащую диффузионную оболочку при следующем соотношении компонентов состава порошка, мас. %:

В-2...12

ПР-10Р6М5 - остальное.

Борсодержащая диффузионная оболочка состоит из двух слоев. Наружный слой образован легированным боридом железа FeB. Во внутреннем слое находятся боридные, борокарбидные, бороцементитные фазы состава Fe<sub>2</sub>B и Fe<sub>3</sub>(C,B). Оттесненный при ХТО боридным слоем углерод выделяется в ядре в виде карбидных включений на фоне мартенситной матрицы.

Процесс электроконтактной приварки, основанный на динамическом уплотнении наносимого порошка, с пропуском тока, позволяет сформировать покрытие из порошка. Однако покрытие получается пористым, с отслаивающимися участками. Это связано с тем, что наружный высокобористый слой в участках локального контакта частиц, имея высокую температуру плавления, плохо оплаывается ( $T_{пл FeB+Fe} = 1407 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Высокая твердость ядра обуславливает низкую прессуемость порошка. Сферическая форма наносимого порошка способствует образованию арочного эффекта и плохо поддается прессованию. Все вышеизложенное приводит к высокой пористости полученного покрытия.

Известно, что для обеспечения высоких триботехнических характеристик композиционного материала необходимо наличие высокопластичной матрицы в сочетании с достаточной твердостью упрочняющих фаз. Необходимо отметить, что релаксирующая способность матрицы, при прочих равных условиях, с уменьшением твердости увеличивается, а следовательно, повышается износостойкость материала. Для рассматриваемого материала относительно высокая твердость мартенситной матрицы  $H_m = 3,5-8 \text{ МПа}$  является фактором, снижающим износостойкость. Поэтому потенциальные возможности композиционного материала в данном случае являются до конца не использованными. Повышенная пористость покрытия также снижает износостойкость последнего.

Таким образом, наличие высокобористой тугоплавкой оболочки, высокая твердость, низкая пластичность ядра и сферическая форма частиц обуславливают пористость и низкую износостойкость покрытий.

Задачей настоящего изобретения является повышение износостойкости и уменьшение пористости покрытий.

Решение задачи состоит в том, что порошок для электроконтактной приварки содержит ядро и борсодержащую оболочку, причем в качестве ядра взят железный порошок с минимальным количеством легирующих элементов и несферической формы (например, ПЖР 3.200.28 ГОСТ 9849-86), а борсодержащая диффузионная оболочка состоит из боридов FeB<sub>2</sub> при следующем соотношении компонентов порошка, мас. %:

В-1...6

железный порошок - остальное.

Наличие у частиц ядра из железного порошка позволяет улучшить прессуемость за счет снижения твердости. Несферическая форма частиц также способствует повышению плотности покрытия и снижению его пористости, так как создает малые сопротивления прессованию. Мягкая, пластичная матрица из железного порошка ( $H_m = 1,3...1,6 \text{ Гпа}$ ) повышает релаксирующую способность покрытия. В сочетании с твердыми упрочняющими фазами она обеспечивает повышение износостойкости. Гетерогенность покрытия возрастает, триботехнические характеристики увеличиваются.

Диффузионная оболочка, состоящая только из боридов Fe<sub>2</sub>B, обладает низкой температурой плавления ( $T_{пл Fe_2-FeB} = 1177 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Поэтому процессы локального сплавления микрообъемов частиц при электроконтактной приварке протекают более интенсивно. Образующаяся в результате легкоплавкая эвтектика системы Fe-Fe<sub>2</sub>B способствует образованию беспористого покрытия и улучшению сцепления покрытия с подложкой.

Введение в состав порошка бора менее 1 % не обеспечивает повышения износостойкости, так как образуется незначительное количество избыточных фаз. В случае, когда содержание бора в порошке превышает 6 %, происходит интенсивное растрескивание покрытия как в процессе приварки, так и дальнейшей эксплуатации. Известно, что для композиционных борсодержащих материалов оптимальное с точки зрения износостойкости количество избыточных фаз должно составлять 40...70 %. В данном случае превышение количества боридных фаз сверх оптимального приводит к снижению износостойкости.

Сопоставительный анализ с прототипом позволяет сделать вывод, что заявляемый порошок отличается от известного тем, что в качестве ядра взят железный порошок, борсодержащая оболочка состоит только из боридов Fe<sub>2</sub>B, а порошок имеет несферическую форму.

Анализ известных материалов, используемых для получения износостойких покрытий, показывает, что наличие борсодержащей диффузионной оболочки является известным решением. Однако наличие в оболочке только боридов Fe<sub>2</sub>B является неизвестным решением. Авторами не обнаружено использования в качестве ядра железного порошка и применения порошка несферической формы.

Необходимо отметить, что для существующих порошков одной из важных технологических характеристик является текучесть, лимитируемая сферичностью порошка. Поэтому несферичность рассматривается как недостаток, ухудшающий свойства порошка и покрытия. Для заявляемого порошка несферическая фор-

# ВУ 2954 С1

ма является преимуществом, позволяющим повысить как качество покрытия, так и его триботехнические характеристики. Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о наличии причинно-следственной связи между признаками и достигаемыми результатами в заявляемом решении.

Сущность заявляемого изобретения поясняется примерами 1-7, результаты которых приведены в таблице.

Порошок заявляемого химического, фазового состава и структуры получали методами диффузионного легирования бором [3].

Нанесение покрытий осуществляли методом электроконтактной приварки на установке 011-1-10 ВНПО «Ремдеталь». Количество исследованных образцов в каждом примере - 3. Приварка производилась на детали типа вал с последующим врезанием плоских образцов.

Структуру нанесенных покрытий исследовали на металлографическом микроскопе «Unimet Union 7321». Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3. Пористость покрытий определяли на шлифах при помощи структурного анализатора «Omnimet» [4]. Испытания на износостойкость проводили на модернизированной машине трения СМЦ-2 по методу Шкоды-Савина [5]. Фазовый состав порошков определяли рентгеновским фазовым анализом на установке ДРОН-1.

Из данных, приведенных в примерах 3-6 таблицы 1, следует, что использование для ядра частиц железного порошка несферической формы и наличие в диффузионном слое только боридов  $Fe_2B$  позволяет снизить пористость покрытия в 2,7...8,6 раза и повысить износостойкость в 1,4...1,7 раза. Введение бора в состав порошка является наиболее эффективным в диапазоне 1...6 % массы. При введении бора менее 1 % не наблюдается существенного повышения износостойкости, а при введении более 6 % к указанному недостатку добавляется растрескивание покрытия вследствие недостаточной пластичности последнего.

Использование заявляемого изобретения позволит повысить износостойкость покрытий, исключив растрескивание и уменьшив пористость. Необходимо отметить, что указанный результат обеспечивается при снижении затрат на материал, так как железный порошок значительно дешевле порошка высоколегированной стали ПР-10Р6М5.

Пример	Материал ядра, форма частиц	Содержание бора в порошке, мас. %	Содержание железного порошка, мас. %	Фазовый состав диффузионного слоя	Относительная износостойкость, ед.	Пористость, %	Примечание
1	ПР-10Р6М5 сферический	5,6	94,4	$FeB, Fe_2B$	8,2 0,4	18 5	Растрескивание покрытий
2	ГДЖ несферический	0,5	99,5	$Fe_2B$	2,4 1,4	4 2	Микротрещины Интенсивное растрескивание, отслаивание покрытия
3	"-	1,0	99,0	"-	6,4 2,5	2,1 1,4	
4	"-	2,7	97,3	"-	9,8 3,8	2,4 0,9	
5	"-	4,6	95,4	"-	14,1 1,8	3,2 1,2	
6	"-	6,0	94,0	"-	11,5 1,9	6,7 3,2	
7	"-	8,1	91,9	"-	9,8 2,1	19,4 4,6	