



РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 030 472** (13) **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **C 22 C 9/00, 9/10**

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **4853680/02, 23.07.1990**

(46) Опубликовано: **10.03.1995**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **Справочник п/р Борисова Ю.С. Газотермические покрытия из порошковых материалов. Киев: Наукова думка, 1987, с.281 и 282.**

(71) Заявитель(и):

**Белорусский политехнический институт (ВУ)**

(72) Автор(ы):

**Федорцев Валерий Александрович[ВУ],  
Бу Хабиб Нажиб Фадлалла[LB],  
Вершина Евгений Александрович[ВУ],  
Иващенко Сергей Анатольевич[ВУ],  
Кухарчик Иван Иванович[ВУ],  
Клебанов Семен Миронович[ВУ],  
Квятковский Вячеслав Иванович[ВУ]**

(73) Патентообладатель(ли):

**Белорусская государственная политехническая академия (ВУ)**

### (54) ПОРОШКОВЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

(57) Реферат:

Сущность изобретения: предложенный порошковый материал для газотермического напыления покрытий содержит компоненты в следующем соотношении, мас%: порошок

оловянистой бронзы 15-25; порошок самофлюсующегося сплава на основе никеля системы хром-никель-боркремний 5-15; порошок никелевой бронзы - остальное. 1 табл.

RU 2 030 472 C1

RU 2 030 472 C1



RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 030 472** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>6</sup> **C 22 C 9/00, 9/10**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **4853680/02, 23.07.1990**

(46) Date of publication: **10.03.1995**

(71) Applicant(s):  
**Belorusskij politekhnicheskij institut (BY)**

(72) Inventor(s):  
**Fedortsev Valerij Aleksandrovich[BY],  
Bu Khabib Nazhib Fadllala[LB],  
Vershina Evgenij Aleksandrovich[BY],  
Ivashchenko Sergej Anatol'evich[BY],  
Kukharchik Ivan Ivanovich[BY],  
Klebanov Semen Mironovich[BY],  
Kvjatkovskij Vjacheslav Ivanovich[BY]**

(73) Proprietor(s):  
**Belorusskaja gosudarstvennaja  
politekhnicheskaja akademija (BY)**

(54) **POWDER MATERIAL FOR GAS-THERMAL RAISING DUST OF COATING**

(57) Abstract:

FIELD: raising dust of coating. SUBSTANCE:  
proposed powder material has components at the  
following ratio, wt.-%: stannous bronze powder 15-

25; powder of self-fluxing alloy on nickel base  
of system chrome-nickel-boron-silicon 5-15, and  
nickel bronze powder - the rest. EFFECT: enhanced  
quality of material. 1 tbl

RU 2 0 3 0 4 7 2 C 1

RU 2 0 3 0 4 7 2 C 1

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к составу порошкового материала для газотермического напыления покрытий на поверхности трущихся деталей для их упрочнения и восстановления.

Известен порошковый материал для газотермического напыления покрытий, содержащих порошок оловянистой бронзы, например бронзы Бр.ОФ10-1.

Недостатком такого порошкового материала является относительно низкая несущая способность полученных из него покрытий, проявляющаяся в отслоении напыленного слоя из-за недостаточной твердости и прочности сцепления покрытия с основой, особенно при его использовании в тяжело нагруженных узлах скольжения металлорежущих станков при значительных толщинах покрытия на направляющих скольжения (порядка 3-4 мм), которые требуются по условиям эксплуатации.

Целью изобретения является повышение несущей способности покрытия за счет повышения его твердости и прочности сцепления с основой детали при упрочнении-восстановлении тяжело нагруженных узлов трения скольжения, например чугунных направляющих скольжения металлорежущих станков при значительной толщине покрытий на них - порядка 3-4 мм.

Поставленная цель достигается тем, что порошковый материал для газотермического напыления покрытий, содержащий порошок оловянистой бронзы, дополнительно содержит порошок никелевой бронзы и порошок самофлюсующегося сплава на основе никеля системы хром-никель-бор-кремний при следующем соотношении компонентов в материале, мас. %:

Порошок оловянистой бронзы 15-25  
 Порошок самофлюсующегося  
 сплава на основе  
 никеля системы хром-никель- бор-кремний 5-15  
 Порошок никелевой бронзы Остальное

Введение в заявляемый состав порошкового материала, содержащего порошок оловянистой бронзы, например марки Бр.ОФ10-1 (ТУ26-130-76), дополнительно порошка самофлюсующегося сплава на основе никеля системы хром-никель-бор-кремний, например марки ПГ-СР2 (ГОСТ 21448-75) и порошка никелевой бронзы, например марки ПР-НД42СР по ТУ 14-1-3997-85 (медь - 40-45%; углерод - 0,1-0,3%; кремний 0,6-1,2%; бор - 0,7-1,3%; железо - не более 3%; кислорода - не более 0,1%; никель - остальное) позволяет существенно повысить несущую способность покрытия за счет повышения его твердости и прочности сцепления с основой изделия. Это достигается благодаря улучшению адгезионных процессов на границе раздела покрытия с основой из-за средства оловянистой бронзы (сплава меди с оловом) с медноникелевым сплавом (никелевой бронзы) и самофлюсующимся сплавом на основе никеля.

Сочетание компонентов в виде порошка оловянистой бронзы и порошка самофлюсующегося сплава на основе никеля позволяет улучшить и антифрикционные свойства никелевой бронзы, составляющей основу заявляемого порошкового материала, которая обычно по прямому назначению в узлах трения скольжения металлорежущих станков не применяется. Все это в целом обеспечивает повышение несущей способности покрытия из заявляемого порошкового материала не только за счет повышения его твердости и прочности сцепления с основой детали, но также и за счет возможности повысить эти физико-механические свойства путем оплавления напыленного покрытия при 850-900°C.

Заявляемое соотношение компонентов в предлагаемом составе порошкового материала, в частности соотношение оловянистой бронзы и самофлюсующегося сплава, способствует не только сохранению высоких антифрикционных свойств покрытия, но обеспечивает при дальнейшем оплавлении покрытия уменьшение пористости упрочняемого слоя и повышение прочности сцепления покрытия с основой, что особенно важно при последующей механической обработке изделия с напыленным слоем.

Заявляемый порошковый материал может быть изготовлен путем механического

смешивания компонентов в виде порошков, входящих в состав шихты.

С целью улучшения условий смешивания и однородности покрытий, целесообразно использовать порошки бронз и самофлюсующегося сплава с грануляцией частиц 50-120 мкм.

5 П р и м е р. Смешиванием получили порошковые материалы, состоящие, мас. % : порошок оловянистой бронзы марки Бр.ОФ10-1 15-25; порошок самофлюсующегося сплава марки ПГ-СР2 5-15; порошок никелевой бронзы марки ПР-НД42СР - остальные.

10 Полученный композиционный порошковый материал напыляли с использованием плазменной установки УПУ-ЗД на специальные образцы из серого чугуна марки СЧ18, подвергнутые дробеструйной обработке. Режимы напыления были следующие: напряжение дуги 90 В; ток 180-200 А; расход плазмообразующего газа (азот) 3,8 м<sup>3</sup>/ч; расход транспортирующего газа (азот) 0,15 м<sup>3</sup>/ч; грануляция порошкового материала 50-120 мкм.

Затем покрытия на образцах оплавлялись при 850-900°С.

15 При аналогичных режимах напыления были получены также образцы для определения физико-механических свойств с известным порошковым материалом, состоящим из порошка оловянистой бронзы марки БР.ОФ10-1, взятого в качестве прототипа.

20 Полученные образцы с покрытием подвергали испытаниям на прочность сцепления напыленного слоя с основой по методу отрыва штифта от покрытия на разрывной машине, кроме того определялась поверхностная твердость покрытия с использованием прибора Бринеля и несущая способность покрытия, а также измерялся коэффициент линейного термического расширения материала покрытия по методике, изложенной в ГОСТе 10978-83.

25 Оценка несущей способности поверхности покрытий проводилась путем измерения величины внедрения трех сферических инденторов (радиус - 17 мм, твердость 64-66 HRC<sub>30</sub>) в исследуемую поверхность (покрытие). Причем для уменьшения влияния контактных перемещений инденторов за счет смятия микронеровностей исследуемой поверхности последние были обработаны до шероховатости R<sub>a</sub> 0,045-0,073 мкм.

30 Обобщенные данные о физико-механических и антифрикционных свойствах известного порошкового материала (прототипа) и заявляемого материала для газотермических покрытий представлены в таблице.

35 Сравнение предложенного порошкового материала с прототипом (порошком оловянистой бронзы), которое можно выполнить на основе анализа данной таблицы, показывает, что покрытия из заявляемого материала имеют более высокую прочность сцепления покрытия с основой; более высокую поверхностную твердость; более высокую несущую способность покрытий; более низкий коэффициент линейного термического расширения (порядка  $\alpha = 15,2-15,5 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ) по сравнению с покрытием из порошка бронзы Бр. ОФ10-1, имеющей коэффициент  $\alpha = (17,3-17,6) \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , что уменьшает внутренние напряжения в покрытии и соответственно коробление чугунных изделий с таким покрытием

40 (чугун имеет  $\alpha = (10-13) \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ ).

45 К дополнительным преимуществам заявляемого порошкового материала можно отнести: возможность оплавления покрытия и уменьшения при этом его пористости, а также повышение твердости и прочности сцепления покрытия с основой за счет образования диффузионной (металлургической) связи оплавленных слоев с изделием, и как результат, повышение в еще большей несущей способности покрытия для тяжелонагруженных деталей узлов трения скольжения; экономию дорогостоящего порошкового материала типа оловянистой бронзы Бр.ОФ10-1 на 75-85% за счет частичной замены ее на более дешевые порошки никелевой бронзы и самофлюсующегося сплава; уменьшение коэффициента трения скольжения (со смазкой) до величины 0,05-0,07 по сравнению с компактной

50 никелево-железо-алюминиевой бронзой марки БрАЖН10-4-4 (коэффициент трения скольжения порядка 0,11), что вполне сопоставимо с коэффициентом трения скольжения широко применяемой компактной оловянистой бронзой Бр.ОФ10-1, который находится в пределах 0,03-0,052.

Формула изобретения

Порошковый материал для газотермического напыления покрытий, содержащий порошок оловянистой бронзы, отличающийся тем, что он дополнительно содержит порошок никелевой бронзы и порошок самофлюсующегося сплава на основе никеля системы хром - никель - бор - кремний при следующем соотношении компонентов в материале, мас. %:

Порошок оловянистой бронзы - 15 - 25

Порошок самофлюсующегося сплава на основе никеля системы хром - никель - бор - кремний - 5 - 15

Порошок никелевой бронзы - Остальное

15

20

25

30

35

40

45

50

Материал покрытия	Прочность сцепления, кгс/мм <sup>2</sup>	Твердость НВ10/1000/20	Несущая способность (средняя величина внедрения инденторов, мкм)			Коэффициент трения скольжения (со смазкой)	Коэффициент линейного термического расширения, $\alpha \times 10^{-6}, 1/^\circ\text{C}$
			Удельное давление, МПа				
			200	300	400		
Прототип – порошковый материал бронза Бр.ОФ10-1	4,5-4,9	56-60	7,5	15	30	0,03-0,052	17,2-17,6
Заявляемый порошковый материал при содержании мас. % ПГ-СР2 3 Бр. ОФ10-1,30 ПР-НД42СР-Остальное	4,8-5,3	150-230	2,5	4	9	0,05-0,07	15,2-15,5
ПГ-СР2 5 Бр. ОФ10-1,25 ПР-НД42СР-Остальное	5,1-6,2	175-256	2	3,5	7		
ПГ-СР2 10 Бр. ОФ10-1,20 ПР-НД42СР-Остальное	6,1-7,0	185-265	1,5	2	4		
ПГ-СР2 15 Бр. ОФ10-1,15 ПР-НД42СР-Остальное	5,8-6,4	195-275	менее 1	1,5	3		
ПГ-СР2 20 Бр. ОФ10-1,10 ПР-НД42СР-Остальное	4,7-5,6	205-285	менее 1	1	2	0,06-0,08	

Примечание. Определение величины внедрения индентора производилось с помощью индикатора с ценой деления 1 мкм.