

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 19111

(13) С1

(46) 2015.04.30

(51) МПК

B 22F 1/00 (2006.01)

C 23C 4/04 (2006.01)

(54)

СОСТАВ ДЛЯ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

(21) Номер заявки: а 20120954

(22) 2012.06.22

(43) 2014.02.28

(71) Заявители: Белорусский национальный технический университет; Оковитый Вячеслав Александрович; Девойно Олег Георгиевич; Пантелеенко Алексей Федорович; Оковитый Василий Вячеславович (ВУ)

(72) Авторы: Оковитый Вячеслав Александрович; Девойно Олег Георгиевич; Пантелеенко Алексей Федорович; Оковитый Василий Вячеславович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Белорусский национальный технический университет; Оковитый Вячеслав Александрович; Девойно Олег Георгиевич; Пантелеенко Алексей Федорович; Оковитый Василий Вячеславович (ВУ)

(56) ГОСТ 28377-89. Порошки для газотермического напыления и наплавки.

Волосенков В.Е. и др. Порошки для газотермических покрытий. - Минск: Высшая школа, 1987. - С. 20.

ВУ 15833 С1, 2012.

SU 1376354 А3, 1993.

RU 2171309 С2, 2001.

(57)

Состав для газотермического напыления износостойкого покрытия, включающий порошок карбида вольфрама гранулометрического состава 10-50 мкм и порошок стали ПР-Х18Н9, ПР-Х18Н10 или ПР-Х18Н15 гранулометрического состава 45-100 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. %:

порошок карбида вольфрама	30-40
порошок стали	60-70.

Изобретение относится к области порошковой металлургии, в частности к получению порошковых составов, которые могут быть использованы для газотермического напыления износостойких покрытий.

Известен порошковый состав для газотермического напыления износостойких покрытий [1], состоящий из самофлюсующихся никелевых порошков (ПС-85Н70Х17С4Р4; ПС-70Н70Х17С4Р4) и 15-50 % самофлюсующихся порошков на железной основе (ПР-Х4Г2Р4С2Ф). Введение самофлюсующихся порошков на железной основе удешевляет смеси, позволяет получить наплавкой и припеканием покрытие с достаточной ударной вязкостью и прочностью, эффективно работающее в условиях абразивного и коррозионно-механического изнашивания.

Недостатком является сепарация компонентов механической смеси в плазменной струе из-за разной плотности и аэродинамического сопротивления частиц компонентов, что приводит к ухудшению технологических характеристик. Рациональнее автономная подача таких порошков в зону наплавки, однако это требует значительного усложнения систем подачи порошка.

ВУ 19111 С1 2015.04.30

Известен порошковый состав для газотермического напыления износостойких покрытий на основе самофлюсующихся порошков [2], содержащий порошок никелевого сплава ПГ-10Н-04 гранулометрического состава 80-160 мкм и диффузионно-легированный порошок стали ПР-Х18Н9, ПР-Х18Н10 или ПР-Х18Н15 гранулометрического состава 45-100 мкм при следующем соотношении компонентов, мас. %: порошок никелевого сплава 40-60; порошок стали 40-60.

Недостатком покрытий, полученных из таких композиционных материалов, является невысокая твердость и выгорание легирующих элементов при напылении.

В качестве прототипа выбран состав для газотермического напыления износостойких покрытий ПС-12НВК-01 [3], представляющий механическую смесь из самофлюсующегося порошка никелевого сплава ПГ-10Н-01 гранулометрического состава 80-160 мкм и порошка карбида вольфрама гранулометрического состава 10-50 мкм при следующих соотношениях компонентов, мас. %: порошок никелевого сплава 65; порошок карбида вольфрама 35.

Недостатком покрытий, получаемых из данного порошкового состава, является высокая склонность к трещинообразованию при наплавке, плохая механическая обрабатываемость и очень высокая стоимость.

Техническая задача, которую решает предлагаемое изобретение, заключается в создании нового состава для газотермического напыления, значительно улучшающего свойства получаемого износостойкого покрытия и удешевляющего его стоимость.

Поставленная задача достигается тем, что состав для газотермического напыления износостойкого покрытия, включает порошок карбида вольфрама гранулометрического состава 10-50 мкм и порошок стали ПР-Х18Н9, ПР-Х18Н10 или ПР-Х18Н15 гранулометрического состава 45-100 мкм при следующих соотношениях компонентов мас. %:

порошок карбида вольфрама	30-40
порошок стали	60-70.

Сущность изобретения заключается в следующем. Для формирования износостойких газотермических покрытий широкое применение получили самофлюсующиеся порошки на никелевой основе системы Ni-Cr-V-Si-C и их смеси. Самофлюсующиеся сплавы на никелевой основе обладают высоким комплексом свойств. Они имеют невысокую температуру плавления, технологичны, хорошо флюсуются и наплавляются на воздухе, обладают высокой износостойкостью. Покрытия из самофлюсующихся сплавов в зависимости от марки сплава могут иметь твердость от 180 НВ до 65 HRC. Наряду с неоспоримыми преимуществами самофлюсующимся сплавам на никелевой основе присущ ряд серьезных недостатков, значительно снижающих эффективность данной технологии:

1. Высокая чувствительность к технологическим режимам напыления покрытия. Требуемый комплекс свойств покрытия сохраняется только при сохранении однородной мелкодисперсной структуры исходного порошка. Даже незначительный перегрев резко снижает качества покрытия.

2. Низкая трещиностойкость при нанесении самофлюсующихся сплавов на никелевой основе на стальные детали обусловлена высоким коэффициентом линейного расширения при нагреве $(14,4-16,2) \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

3. Высокая стоимость, обусловленная применением дорогостоящего металла основы никеля. Высокий комплекс защитных свойств покрытий зачастую является избыточным. Их использование оправданно только для условий одно временного воздействия изнашивания, агрессивных сред и высоких температур. Когда определяющим ресурс детали является только изнашивание, никелевые порошки надо заменять на более дешевые, в том числе порошки на базе железа.

4. Трудоемкость последующей механической обработки.

5. Высокий коэффициент трения в условиях сухого трения скольжения, покрытия склонны к схватыванию и задирам.

ВУ 19111 С1 2015.04.30

Таким образом, структура, хрупкость, трещиностойкость, износостойкость, обрабатываемость, экономические факторы часто ограничивают применение материалов на никелевой основе. Когда определяющим ресурс детали является только изнашивание, никелевые порошки надо заменять на более дешевые порошки на железной основе, в том числе порошки на базе аустенитных сталей, являющиеся наиболее массовым полупродуктом порошковой металлургии.

Анализ состояния вопроса получения и применения самофлюсующихся порошковых материалов позволили предложить принципиально новую концепцию создания самофлюсующихся порошков на основе сталей аустенитного класса.

1. Элементы бор и кремний или только бор вводятся в поверхностный слой каждой частицы диффузионным путем на определенную глубину, в определенных количествах и с условием обеспечения требуемого фазового состава, благодаря чему должны быть обеспечены:

а) реализация эффекта контактного эвтектического плавления между борсодержащей поверхностью частицы и наплавляемым изделием, между поверхностью частицы и ядром;

б) высокая технологичность порошка и повышенная прочность сцепления с наплавляемым изделием;

в) исключение угара легирующих элементов при получении порошка;

г) образующиеся боридные и карбоборидные фазы должны повышать триботехнические характеристики наплавленных покрытий.

В качестве исходных используются дешевые порошки на основе сталей аустенитного класса или отходы механической обработки, что позволяет получить в 3-5 раз более дешевые самофлюсующиеся порошки по сравнению с никелевыми.

Обеспечивается в 1,5-2 раза лучшая механическая обрабатываемость наплавленных покрытий, чем у покрытий из никелевых сплавов.

Итак, на основе всего вышесказанного можно сделать вывод: замена в порошковой смеси карбидной керамики и самофлюсующегося порошка на никелевой основе самофлюсующимся порошком на основе сталей аустенитного класса (близкого по свойствам) значительно улучшит свойства получаемого износостойкого покрытия, позволит увеличить абразивную износостойкость, уменьшить пористость при сохранении твердости и значительно удешевит стоимость покрытия.

Из порошков на базе аустенитных сталей ПР-Х18Н9; ПР-Х18Н10; ПР-Х18Н15 методом диффузионного легирования получали самофлюсующиеся материалы. Для диффузионного легирования порошков на базе аустенитных сталей ПР-Х18Н9; ПР-Х18Н10; ПР-Х18Н15, бором и кремнием использовали смеси карбида бора (ГОСТ 5744-74), карбида кремния зеленого (ТУ 2 036-902-79) и активаторы фтористый натрий, фтористый алюминий марки ЧДА. Диффузионное легирование порошков в лабораторных условиях проводили в термической электропечи СНО-3,0 6,5 2,0/10 с автоматическим контролем и регулированием температуры прибором КСП 3-П. Обработку проводили при температурах 850-900 °С и выдержках в течение 0,5-1 ч в контейнерах из жаростойкой стали 12Х18Н10Т размерами 200 × 250 × 150 мм. Герметизацию рабочей смеси в контейнере осуществляли слоем карбида кремния толщиной не менее 20,0 мм. Разделение насыщенного металлического порошка и насыщающей среды проводили путем магнитной сепарации и просева через набор сит (ГОСТ 18318-73). Смешивание порошков карбида вольфрама и самофлюсующегося материала из порошков на основе сталей аустенитного класса ПР-Х18Н9; ПР-Х18Н10; ПР-Х18Н15 в разных процентных соотношениях производили на модифицированном приборе для смешивания порошков модели 022. Свойства самофлюсующихся порошков исследовали по стандартным методикам. Гранулометрический состав и размер частиц - по ГОСТ 18318-73 методом просеивания пробы через набор сит и микроскопическим анализом с помощью оптической системы прибора ПМТ-3 оптической и электронной систем прибора ИТ 5010-01 в соответствии с ГОСТ 23402-78; толщину

ВУ 19111 С1 2015.04.30

ну диффузионного слоя на частицах порошка оценивали с помощью оптической системы ПМТ-3 на микрошлифах, приготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 9.302-79, насыпную плотность - по ГОСТ 19440-74. Свойства порошков приведены в табл. 1.

Таблица 1

Твердость, плотность и гранулометрический состав порошков

Марка порошка	Твердость, HRC	Насыпная плотность, г/см ³	Гранулометрический состав, мкм
Карбид вольфрама	60-65	8,12	10-50
ПР-Х18Н15	32-38	3,48	45-100

На основании данных табл. 1 для порошков на основе сталей аустенитного класса выбираем порошок гранулометрическим составом 45-100 мкм, это минимальный размер для получения на частицах порошка диффузионного слоя толщиной 10-15 мкм, необходимого для самофлюсуемости. Порошки на основе сталей аустенитного класса с гранулометрическим составом более 100 мкм плохо проплавляются в газопламенной струе. Гранулометрический состав карбида вольфрама выбираем 10-50 мкм. Порошки меньшего гранулометрического состава в смеси с порошками на основе сталей аустенитного класса, гранулометрическим составом 45-100 мкм, перегреваются во время напыления, будет происходить разложение карбида вольфрама и образовываться покрытие с невысокой износостойкостью, порошки большего гранулометрического состава не предназначены для газопламенного напыления, поскольку они не будут оплаиваться газопламенной струей.

Покрытия из смеси карбида вольфрама и самофлюсующегося порошков получали газопламенным напылением на установке УПТР-86 на подложку из углеродистой стали 45. Расход порошка - 4,5 кг/ч, давление ацетилена, кислорода и сжатого воздуха составляет соответственно 0,1; 0,9 и 0,16 МПа; их расход-1,8; 0,1 и 0,5 м³/ч, дистанция напыления-0,15 м. Процентное соотношение в смеси самофлюсующихся порошков подбиралось на основании экспериментов (табл. 2). Исследования пористости выполняли на автоматическом структурном анализаторе "Epiquant". Пористость покрытий определяли на нетравленных шлифах при увеличении 200 раз. Твердость покрытий измеряли по методу Роквелла на приборе ТК2М по шкале "С" в соответствии с требованиями ГОСТ 20017-74. Покрытия испытывали на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы по стандартной методике ГОСТ 17367-71. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний порошковых составов для газотермического напыления

Состав смеси, масс. %	Твердость, HRC	Пористость, %	Прочность сцепления, МПа	Интенсивность изнашивания, мкм/км,
65ПГ-12Н-01-35WC (прот.)	57-64	3,0	54-63	0,012
40ПР-Х18Н15-60WC	40-56	5,0	29-32	0,034
50ПР-Х18Н15-50WC	45-51	2,5	31-38	0,023
60ПР-Х18Н15-40WC	55-65	2,0	59-65	0,012
70ПР-Х18Н15-30WC	57-64	2,0	65-70	0,013
80ПР-Х18Н15-20WC	48-50	3,5	50-55	0,029

Анализируя результаты испытаний, приведенные в табл. 2, выбираем следующее процентное соотношение в смеси порошков - порошок карбида вольфрама (30-40 мас. %) и самофлюсующийся порошков на основе сталей аустенитного класса ПР-Х18Н9; ПР-Х18Н10; ПР-Х18Н15 (60-70 мас. %). При данном процентном соотношении характеристи-

ВУ 19111 С1 2015.04.30

ки полученных износостойких покрытий соответствуют или превышают аналог при значительном удешевлении процесса напыления. При содержании карбида вольфрама более 40 мас. % покрытие плохо формируется и имеет недостаточную прочность сцепления и высокую пористость за счет большого содержания в смеси тугоплавкой составляющей. При содержании карбида вольфрама менее 30 мас. % покрытие обладает меньшей износостойкостью по сравнению с прототипом.

Источники информации:

- 1 А.с. СССР 1431203.
2. Патент РБ 15833, МПК С 232С 4/06.
3. Волосенков В.Е., Куприянов И.Л. Порошки для газотермического напыления покрытий. - Минск: Вышэйшая школа, 1987. - С. 20.