

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **032724**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2019.07.31

(21) Номер заявки
201800046

(22) Дата подачи заявки
2017.12.13

(51) Int. Cl. **C23C 4/10** (2016.01)
C23C 4/12 (2016.01)
C23C 4/134 (2016.01)
C01F 17/00 (2006.01)

**(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛАЗМЕННОГО ИЗНОСОСТОЙКОГО И
КОРРОЗИОННОСТОЙКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ**

(43) **2019.06.28**

(96) **2017/EA/0105 (BY) 2017.12.13**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
(BY)**

(56) JP-A-2013237935
BY-C1-7776
RU-C2-2191217
RU-C2-2436752
US-A1-20170183257

(72) Изобретатель:
**Руденская Наталия Александровна,
Руденская Мария Владимировна (BY)**

(57) Изобретение относится к области газотермических покрытий, более конкретно к способам нанесения защитных покрытий на поверхность деталей, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Задачей предлагаемого технического решения является разработка покрытия с более высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счет упрочнения аморфных фаз. Кроме того, способ должен обеспечивать высокую производительность процесса напыления. Поставленная задача достигается тем, что в способе, включающем получение дисперсной порошковой смеси из оксидной керамики $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3$ и упрочняющего компонента, ввод в плазменный поток дисперсной порошковой смеси и последующее ее напыление на основной материал, согласно изобретению в качестве упрочняющего компонента используют оксид церия дисперсностью 20-50 мкм, а соотношение оксидной керамики и оксида церия составляет соответственно 50-70 и 30-50 мас.%, при этом в плазменном потоке происходит образование ультрадисперсных сфероидов в результате импульсного деления частиц упрочняющего компонента, а напыление покрытия можно вести как на металлическую, так и на керамическую основу.

B1

032724

032724

B1

Изобретение относится к области газотермических покрытий, более конкретно к способам нанесения защитных покрытий на поверхность деталей, эксплуатируемых в экстремальных условиях.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ получения износостойкого покрытия [1], включающий введение в плазменный поток смеси порошков, содержащей оксиды металлов и диоксид кремния, дисперсностью менее 100 мкм и последующее напыление на стальную основу с формированием аморфно-кристаллической структуры покрытия; используют порошок, содержащий 40-70 мас.% частиц дисперсностью менее 50 мкм и 30-60 мас.% частиц дисперсностью более 50 мкм, и поддерживают ток дуги плазматрона 250-300 А. Относительная износостойкость такого покрытия - 2,5, пористость - 1,2%, коэффициент использования порошка - 62%. Способ позволяет формировать структуру покрытий от кристаллической до частично и полностью аморфной.

Однако такие характеристики не обеспечивают повышенную эксплуатационную стойкость покрытий и их качество за счет снижения пористости.

Задачей предлагаемого технического решения является разработка покрытия с более высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами за счет упрочнения аморфных фаз. Кроме того, способ должен обеспечивать высокую производительность процесса напыления.

Поставленная задача достигается тем, что в способе, включающем получение дисперсной порошковой смеси из оксидной керамики $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3$ и упрочняющего компонента, ввод в плазменный поток дисперсной порошковой смеси и последующее ее напыление на основной материал, согласно изобретению в качестве упрочняющего компонента используют оксид церия дисперсностью 20-50 мкм, а соотношение оксидной керамики и оксида церия составляет соответственно 50-70 и 30-50 мас.%; при этом в плазменном потоке происходит образование ультрадисперсных сфероидов в результате импульсного деления частиц упрочняющего компонента, а напыление покрытия можно вести как на металлическую, так и на керамическую основу.

Таким образом, отличительными признаками заявляемого способа являются иной состав используемой композиции, а именно упрочнение аморфных фаз оксидной керамики оксидом церия в определенном соотношении и определенной дисперсности; процесс образования ультрадисперсных сфероидов в результате импульсного деления частиц упрочняющего компонента; материал основы, на который осуществляется напыление покрытия.

В основе предлагаемого технического решения лежит процесс упрочнения аморфизирующихся при напыления фаз оксидной керамики ультрадисперсными сфероидизированными включениями оксида церия, которые формируются в результате импульсного деления сфероидов в плазменном потоке. Это приводит не только к повышению износостойкости покрытий в условиях абразивного трения и стойкости в агрессивных средах, но и к увеличению плотности материала напыляемых частиц, а, следовательно, и к повышению производительности процесса напыления. Известными способами именно такие покрытия получить невозможно.

Осуществление этого процесса возможно при сочетании следующих факторов. Использование оксида церия дисперсностью 20-50 мкм позволяет наиболее эффективно провести процесс импульсного деления сфероидов с образованием ультрадисперсных сфероидов, которые и упрочняют аморфные фазы оксидной керамики, что обуславливает высокие эксплуатационные свойства покрытия, в том числе и за счет большого количества межзеренных границ. Одновременно с этим достигается существенное увеличение коэффициента использования порошка (КИП) - 71% в сравнении с прототипом (62%). В предлагаемом способе КИП повышен на 9%. Отклонение от заявляемого интервала дисперсности и использование порошка оксида церия дисперсностью 40-50 мкм приводит к снижению износостойкости и возрастанию пористости напыленного слоя, что обусловлено уменьшением количества ультрадисперсных сфероидов оксида церия от 48 до 23%. Существенное повышение КИП предлагаемой композиции обеспечивается в основном двумя характеристиками оксида церия: возможностью материала измельчаться в плазменном потоке за счет импульсного деления сфероидов и высокой плотностью - $7,65 \text{ г/см}^3$, в то время как плотность материала прототипа составляет $3,3 \text{ г/см}^3$.

Следующим условием осуществления способа является соотношение оксидной керамики и оксида церия в исходной порошковой композиции. Снижение количества церия в исходной порошковой композиции до 5 мас.% приводит к снижению износостойкости покрытия до уровня износостойкости прототипа. Повышение содержания оксида церия в композиции выше 50% нецелесообразно в виду того, что в покрытии формируется недостаточно аморфной фазы, которая является матричным материалом данного слоевого композита. Это является причиной повышения пористости и снижения износостойкости (частицы упрочняющей фазы выкрашиваются под воздействием абразива).

Оптимальными являются равное соотношение порошков оксидной керамики и оксида церия при дисперсности порошка 20-40 мкм и соотношение оксидной керамики и оксида церия 60 и 40 мас.% при дисперсности порошка 40-50 мкм.

Другим условием осуществления способа является реализация процесса импульсного деления исходных частиц оксида церия, прошедших стадию сфероидизации в плазменном потоке, сущность которого заключается в периодическом выталкивании из объема базовой частицы, прошедшей стадию сфероидизации, за счет конвективного движения расплавленной массы более мелких сфероидов. При этом

на одном полюсе базовой частицы образуется углубление, имеющее форму воронки, а на противоположном полюсе появляется микро- или ультрадисперсный дочерний сфероид. В покрытии, полученном при оптимальных условиях, содержится 48 мас.% ультрадисперсных сфероидов упрочняющей фазы. Отклонение от оптимальных условий приводит к резкому снижению количества упрочняющей фазы в виде ультрадисперсных сфероидов оксида церия (23%).

Еще одним условием осуществления способа является вид материала, на который наносится керамическое покрытие. В качестве такого материала можно использовать и сталь, и керамику. Основным материалом в виде керамики экономически более целесообразен, т.к. не требует нанесения подслоя для обеспечения равномерного изменения коэффициента термического линейного расширения материалов.

Коэффициент использования порошка как основную характеристику производительности процесса напыления определяют из соотношения массы напыляемого покрытия к массе исходного порошка, используемого для нанесения данного покрытия, и выражают в процентах.

Пористость покрытий оценивают микроскопическим методом по отношению длины линии, занятой порами, к общей ее длине.

Испытания износостойкости проводят в коррозионной среде на специальном стенде ПВ-12, разработанном в НИИХИММАШ (г. Москва), на котором условия эксплуатации максимально соответствуют таковым для промышленных деталей бурового оборудования.

Образцы покрытий исследовали металлографическим, микрорентгеноспектральным и рентгенофазовым методами. Исследования микроструктуры проводили на микроскопе "Neophot-21". Анализ вида и состава фаз выполняли на микроанализаторе "Cameca" с использованием программного пакета SKAN для количественного анализа. Общее содержание компонентов оценивали с помощью рентгеновского трансмиссионного дифрактометра "Stadi P".

Пример 1.

Необходимо сформировать плазменное покрытие, характеризующееся относительной износостойкостью в коррозионной среде, равной 3,8, пористостью менее 1%, с КИП, равным 71%. Для получения плазменного покрытия с такими характеристиками берут порошок оксидной керамики $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3$ в количестве 50 мас.% и порошок оксида церия в количестве 50 мас.% дисперсностью 20-40 мкм, эти компоненты тщательно перемешивают в смесителе. Далее смесь подают под срез сопла плазматрона, и проводят напыление на основной материал - керамическую пластину из корунда. Параметры процесса напыления: ток - 230-300 А, напряжение - 180 В, состав плазмообразующего газа (%): воздух - 70, природный газ - 30. Толщина покрытия составляет 1,5-4 мм.

Примеры осуществления способа приведены в таблице.

Результаты исследований и испытаний покрытий						
Состав покрытия, масс. %		Относительная износостойкость	Пористость, %	КИП, %	Плотность, г/см ³ (*)	Содержание ультрадисперсных сфероидов оксида церия в покрытии, масс. %
Оксидная керамика	Оксид церия					
95	5	2,5	-	-	3,52	48
70	30	3,1	0,47	65	4,61	
60	40	3,5	---	68	5,04	
50	50	3,8	0,86	71	5,48	
40	60	3,2	1,8	-	5,91	
	Дисперсность (20-40) мкм					
60	40	3,0	1,0	64	5,04	23
	Дисперсность (40-50) мкм					
Прототип		2,5	1,2	62	3,3	

(*) - плотность оксида церия - 7,65 г/см³.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получать покрытия, характеризующиеся высокими эксплуатационными свойствами (стойкость покрытий в условиях одновременного воздействия абразивного изнашивания и коррозионной среды повышена в 1,24-1,52 раза), повысить качество покрытий за счет снижения пористости в 1,395-2,55 раза, повысить производительность процесса напыления на 9%, формировать покрытия на подложках как металлических, так и керамических материалов.

Источник информации.

1. Патент ВУ № 7776. ПГУ. Способ получения износостойкого покрытия. Руденская Н.А., Швейкин Г.П., Копысов В.А., 28.02.2006.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ получения плазменного износостойкого и коррозионностойкого керамического покрытия в виде слоевого композита, включающий получение дисперсной порошковой смеси из оксидной керамики $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3$ и упрочняющего компонента, ввод в плазменный поток дисперсной порошковой смеси и последующее ее напыление на основной материал, отличающийся тем, что в качестве упрочняющего компонента используют оксид церия дисперсностью 20-50 мкм, а соотношение оксидной керамики и оксида церия составляет соответственно 50-70 и 30-50 мас.%, а напыление покрытия ведут как на металлическую, так и на керамическую основу.

