

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **17995**

(13) **С1**

(46) **2014.02.28**

(51) МПК

C 04B 41/87 (2006.01)

C 23C 4/10 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ**

(21) Номер заявки: а 20120371

(22) 2012.03.15

(43) 2013.10.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Руденская Наталия Александровна; Соболев Сергей Адамович; Соколова Наталья Владимировна; Руденская Мария Владимировна; Кравченко Николай Леонидович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ВУ 7776 С1, 2006.

ВУ 13686 С1, 2010.

ВУ 1987 С2, 1997.

RU 2263157 С1, 2005.

(57)

Способ получения износостойкого покрытия, при котором порошок оксидной керамики дисперсностью менее 40 мкм вводят в плазменный поток и напыляют на керамическую основу, при этом в качестве плазмообразующего газа используют азот и поддерживают ток дуги плазмотрона 450-550 А.

Изобретение относится к области газотермических покрытий, более конкретно к способам нанесения плазменных покрытий на детали, работающие при одновременном воздействии износа и коррозионных сред.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ получения износостойкого покрытия [1], включающий введение в плазменный поток смеси порошков, содержащей 40-70 % частиц дисперсностью менее 50 мкм и 30-60 % частиц дисперсностью более 50 мкм, при этом ток дуги плазмотрона составляет 250-300 А, плазмообразующим газом является смесь воздуха с природным газом. Относительная износостойкость такого покрытия - 2,5; пористость - 1,2 %; коэффициент использования порошка (КИП) - 62 %.

Однако КИП, износостойкость и микротвердость таких покрытий недостаточно высокие.

Задача предлагаемого технического решения состоит в создании покрытия с повышенными износостойкостью и микротвердостью составляющих покрытие фаз.

Поставленная задача достигается способом получения износостойкого покрытия, при котором порошок оксидной керамики дисперсностью менее 40 мкм вводят в плазменный поток, напыляют на керамическую основу, при этом в качестве плазмообразующего газа используют азот и поддерживают ток дуги плазмотрона 450-550 А.

Таким образом, отличительными признаками заявляемого способа являются следующие: материал основы, на который осуществляется нанесение покрытия; режим процесса по току и состав плазмообразующего газа.

ВУ 17995 С1 2014.02.28

Авторами предлагаемого технического решения обнаружен необычный эффект, сущность которого заключается в значительном повышении микротвердости составляющих покрытие фаз при напылении порошков оксидной керамики на керамические подложки. Вместе с этим покрытия отличаются высокой износостойкостью при работе в коррозионных средах, высоким качеством как по высоте слоя, так и по границе раздела, а процесс напыления характеризуется повышенной производительностью, измеряемой коэффициентом использования порошка. Такой процесс формирования высококачественных оксидно-керамических покрытий именно на керамическом материале основы описывается впервые.

Реализация предлагаемого процесса возможна при сочетании следующих факторов. Дисперсность порошка менее 40 мкм и ток дуги 450-550 А позволяют равномерно нагреть частицы в потоке плазмы и обеспечить коэффициент использования порошка 75 %, что на 13 % выше прототипа. Изменение тока дуги в сторону уменьшения или увеличения приводит к снижению микротвердости и, соответственно, к снижению износостойкости, что обусловлено сложными фазовыми превращениями.

Следующим условием осуществления способа является вид материала, на который наносится керамическое покрытие. Именно на керамических подложках стало возможным повышение микротвердости составляющих покрытие фаз до 3565 кг/мм² и, соответственно, износостойкость до 4,7 ед.

Причину полученного результата можно объяснить низкой температуропроводностью материала подложки. При этом покрытие охлаждается значительно медленнее, создаются условия для формирования шпинелей и алюмосиликатов типа $n\text{Al}_2\text{O}_3 \times m\text{TiO}_2$, $n\text{Al}_2\text{O}_3 \times m\text{SiO}_2$ и оксинитридов $\text{Ti}_x\text{O}_y\text{N}_z$.

Еще одним условием осуществления способа является использование азота в качестве плазмообразующего газа. В плазменном потоке частицы порошка сфероидизируются, расплавляясь при этом полностью или частично. Азот в плазме присутствует в ионизированном состоянии и легко взаимодействует с активной поверхностью частиц. При этом формируются оксинитриды типа $\text{Ti}_x\text{O}_y\text{N}_z$. Попадая на подложку, эти частицы охлаждаются медленно, в особенности те, которые расположены в средних слоях покрытия. Таким образом, создаются условия для протекания диффузионных процессов, которые интенсифицируются и динамикой плазменной струи. В покрытии формируется непрерывный ряд твердых растворов Ti-O-N. Различный состав оксинитридных фаз и большое их количество обуславливают повышение микротвердости, с одной стороны, за счет состава напыляемых частиц, с другой стороны, за счет многочисленных межзеренных границ.

Оптимальным является режим по току 500 А, при котором формируется структура слоя с максимальной микротвердостью составляющих покрытие фаз и, соответственно, с наивысшей износостойкостью (в 1,4-1,88 раза в сравнении с прототипом), при этом коэффициент использования порошка на 13 % выше, чем по прототипу.

Предлагаемый способ осуществляют следующим образом. Композиционный порошок подают под срез сопла плазмотрона для напыления на керамические (состоящие из Al_2O_3) образцы, предварительно подвергнутые дробеструйной обработке и обезжириванию. Напыление осуществляют плазменным методом на установке УМП-8. Параметры процесса напыления: ток - 450-550 А, напряжение - 90 В, плазмообразующий газ - азот. Толщина покрытия составляет 1,5-3 мм.

В качестве исходного порошка для нанесения покрытия используют оксидную керамику, содержащую оксиды титана, кремния, алюминия, циркония (SiO_2 - 19, Al_2O_3 - 2,2, ZrO_2 - 1,8, TiO_2 - 77 мас. %) с дисперсностью частиц менее 40 мкм.

Коэффициент использования порошка - показатель производительности процесса напыления определяют из соотношения массы напыленного покрытия к массе исходного порошка, используемого для нанесения данного покрытия, и выражают в процентах.

ВУ 17995 С1 2014.02.28

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, например деталей бурового оборудования.

Пример 1.

Необходимо сформировать плазменное покрытие с максимальной микротвердостью составляющих его фаз 3179-3565 кг/мм², относительной износостойкостью 4,7; с КИП, равным 75 %. Для получения покрытия с указанными рабочими характеристиками берут порошок керамики (SiO₂ - 19, Al₂O₃ - 2,2, ZrO₂ - 1,8, TiO₂ - 77 мас. %) дисперсностью менее 40 мкм и подают его под срез сопла плазмотрона. В качестве плазмообразующего газа используют азот, ток поддерживают 500 А. Получают покрытие с требуемыми рабочими характеристиками.

Примеры осуществления способа приведены в таблице.

Материал	Основы	Дисперсность частиц, мкм	КИП, %	Ток, А	Максимальные значения микротвердости (H ₅₀), кг/мм ²	Износостойкость
Предлагаемое техническое решение	Керамика - Al ₂ O ₃	(менее 40)	-	400	2200	2,5
			-	450	2492-2956	3,9
			75	500	3179-3565	4,7
			-	550	2492-2664	3,5
			-	580	2300	2,8
Прототип	Сталь с подслоем	(менее 100)	62	250-300	2200	2,5

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получать покрытия, характеризующиеся высокими физико-механическими (микротвердость повышена в 1,13-1,6 раза в сравнении с прототипом) и эксплуатационными свойствами (стойкость покрытий в условиях одновременного воздействия абразивного изнашивания и коррозионной среды повышена в 1,4-1,88 раза) за счет формирования многофазной структуры с большим количеством межзеренных границ, и повысить производительность процесса напыления на 13 % за счет увеличения коэффициента использования порошка.

Источник информации:

1. Патент ВУ 7776, МПК С 23С 4/10, 4/12, 2006.