

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 9665

(13) U

(46) 2013.10.30

(51) МПК

*B 05B 7/00* (2006.01)

*C 23C 4/00* (2006.01)

*B 22C 9/08* (2006.01)

## (54) ПОРОШКОВЫЙ ПИТАТЕЛЬ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ

(21) Номер заявки: u 20130402

(22) 2013.05.08

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

(72) Автор: Оковитый Василий Вячеславович (ВУ)

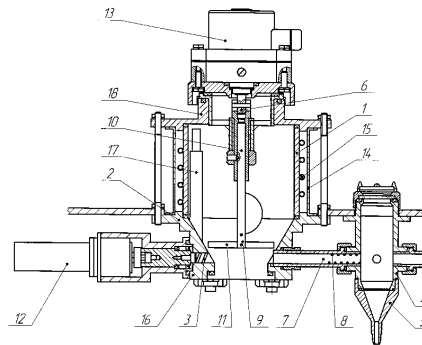
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(57)

Порошковый питатель, включающий загрузочную гильзу с воронкой, внизу которой находится шнек для подачи порошка в смеситель с приемным конусом, устройство для сепарации порошков, при этом шнек выполнен в виде подающего вала с установленной на нем пружиной, закрепленной с одного конца с возможностью сжатия в осевом направлении, а устройство для сепарации порошков выполнено в виде ворошителя, состоящего из вала и лопастей, причем электроприводы подающего вала и ворошителя выполнены с возможностью регулирования числа оборотов, отличающийся тем, что загрузочная гильза выполнена металлической и снабжена кожухом с нагревательным элементом.

(56)

1. Патент РБ 16809, МПК В 22С 9/08; В 23К 5/18, 2013.



Полезная модель относится к оборудованию для нанесения плазменных покрытий из порошковых материалов и может быть использована в машиностроении для получения деталей с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Известен порошковый питатель для нанесения покрытий [1] - прототип, включающий загрузочную гильзу с воронкой, внизу которой находится шнек для подачи порошка в смеситель с приемным конусом, и устройство для сепарации порошков, шнек выполнен в виде имеющего электропривод подающего вала с установленной на нем пружиной, закрепленной с одного конца с возможностью сжатия в осевом направлении, а устройство для сепарации порошков выполнено в виде ворошителя, состоящего из вала и лопастей и

ВУ 9665 U 2013.10.30

## BY 9665 U 2013.10.30

имеющего электропривод, причем электроприводы подающего вала и ворошителя выполнены с возможностью регулирования числа оборотов.

К недостаткам прототипа можно отнести:

использование порошков с высокой сыпучестью, узкого фракционного состава с размером частиц более 40 мкм, в противном случае неравномерность подачи порошка очень высока, а для порошков с фракцией менее 40 мкм они вообще неприменимы;

после длительной остановки и повторного включения (особенно в промышленном помещении при температуре ниже 16 °С) не воспроизводится заданный расход порошка несферической формы с повышенной влажностью, что в первую очередь связано с компактированием порошка в ячейках между витками пружины;

невозможность полной дегазации порошка перед напылением.

Задача полезной модели - увеличение равномерности подачи мелкодисперсного порошка (менее 40 мкм), его полная дегазация и стабильное воспроизведение заданного расхода при включении порошкового питателя после длительной остановки.

Поставленная задача достигается тем, что в порошковом питателе, включающем загрузочную гильзу с воронкой, внизу которой находится шнек для подачи порошка в смеситель с приемным конусом, устройство для сепарации порошков, при этом шнек выполнен в виде подающего вала с установленной на нем пружиной, закрепленной с одного конца с возможностью сжатия в осевом направлении, а устройство для сепарации порошков выполнено в виде ворошителя, состоящего из вала и лопастей, причем электроприводы подающего вала и ворошителя выполнены с возможностью регулирования числа оборотов, загрузочная гильза выполнена металлической и снабжена кожухом с нагревательным элементом.

Непрерывная и равномерная подача в плазмотрон напыляемого материала во многом определяет качество покрытий и общую эффективность процесса. Высокий градиент температуры плазменного факела может приводить к неравномерному проплавлению частиц в центре и на периферии струи, что особенно заметно для порошков с различными транспортными свойствами. Последние определяются формой и размером зерен, насыпным весом и теплоемкостью материала, а также наличием адсорбированной влаги и т.д. Лучше всего транспортируются негигроскопичные порошки из сферических или комковатых частиц с гранулометрическим составом 80-100 мкм. Подача более мелких частиц (с фракционным составом менее 40 мкм) является одной из основных проблем при формировании плазменных покрытий, особенно теплозащитных (ТЗП).

Характеристики плазменных теплозащитных покрытий зависят как от вида и состояния исходного порошка, так и собственно технологических параметров напыления. В большинстве исследований влияния технологии плазменного напыления на долговечность покрытия отмечается, что вид и состояние исходного порошка для напыления оказывают решающее влияние на качество напыленных теплозащитных покрытий. Наличие стабильной тетрагональной фазы  $ZrO_2$  в теплозащитном покрытии оказывает основное влияние на его технологические свойства. Термическая стабильность тетрагональной фазы  $ZrO_2$  снижается с увеличением содержания межкристаллитной влаги в порошке. Кроме того, присутствие влаги ухудшает нагрев порошка в плазменной струе и делает его неоднородным. Статистический анализ технологии плазменного напыления теплозащитных покрытий из порошков диоксида циркония выявил фактор влажности подаваемого порошка как один из самых важных технологических параметров. Существенное влияние на долговечность покрытий оказывает размер частиц исходного порошка. С одной стороны, увеличение среднего размера частиц порошка приводит к росту пористости покрытия и, соответственно, к увеличению сопротивления термоудару. Формирующиеся крупные поры приводят к торможению движения трещин. С другой стороны, крупные частицы хуже проплавляются в плазменной струе, что приводит к неравномерности фазового состава и снижению прочности межчастичных контактов в покрытии. Наилучшее качество теплозащитных покрытий из порошков диоксида циркония достигается при использовании мелких фракций порошков (до 40 мкм). По результатам проведенных исследований термостойкость теплозащитных покрытий из порошков диоксида циркония уменьшается в

# BY 9665 U 2013.10.30

1,5 раза при использовании для напыления порошков фракции 50-63 мкм вместо порошков фракции до 40 мкм, а при использовании порошков фракции 63-80 мкм термостойкость уменьшается в 5 раз. Такой значительный эффект обусловлен ухудшением проплавления порошков в плазменной струе, следствием чего является крупнозернистость структуры и невысокое содержание тетрагональной фазы  $ZrO_2$  в теплозащитном покрытии. Важным параметром является также форма частиц порошка. В частности, применение сферических порошков более предпочтительно, так как в покрытии формируются главным образом округлые поры, а прогрев порошка осуществляется более равномерно, что особенно важно для материалов с низкой теплопроводностью. Кроме того, с развитой поверхности порошков хуже абсорбируется влага, что отрицательно влияет на качество ТЗП.

Итак, из всего вышесказанного следует, что качественные ТЗП необходимо формировать из материалов с максимальным количеством тетрагональной фазы, с минимальным содержанием межкристаллитной влаги, со строго определенным размером и морфологией частиц исходного порошка. Именно для подачи таких порошков предназначен разработанный питатель.

Сущность полезной модели поясняется фигурой, на которой представлен общий вид питателя для нанесения покрытий. Питатель предназначен для размещения, дозирования и смешивания порошковых материалов. Он состоит из загрузочной гильзы 1 с воронкой 2, внизу которой находится шнек 3 для подачи порошка в смеситель 4 с приемным конусом 5, устройство для сепарации порошков 6, при этом шнек выполнен в виде подающего вала 7 с установленной на нем пружинной 8, закрепленной с одного конца с возможностью сжатия в осевом направлении, а устройство для сепарации порошков выполнено в виде ворошителя 9, состоящего из вала 10 и лопастей 11, причем электроприводы подающего вала 12 и ворошителя 13 выполнены с возможностью регулирования числа оборотов, загрузочная гильза выполнена металлической и снабжена кожухом 14 с нагревательным элементом 15. Для выравнивания давления в двух герметично закрытых бачках 16 служит трубка 17.

Работа порошкового питателя происходит следующим образом. Сняв крышку 18, порошок для напыления засыпают в объем, образованный воронкой 2 и загрузочной гильзой 1. Гильза 1 изготовлена из нержавеющей стали, вокруг нее расположен нагревательный элемент 15 в виде электроспирали, вся конструкция защищена кожухом 14. За 2 ч до начала работы включают нагревательный элемент 15 и устанавливают на датчике температуру 373 К. После срабатывания датчика (световой сигнал), показывающего нагрев порошка в загрузочной гильзе 8 до 373 К, в бачке 16 регулятором давления по показаниям манометра устанавливается необходимое давление транспортирующего газа. Затем включаются двигатели 12 подающего вала 7 и 13 ворошителя 9 и устанавливаются необходимые скорости вращения. Порошок попадает в смеситель 4 и через приемный конус 5, к которому присоединен трубопровод, подается к плазмотрону. Технические характеристики питателя приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Технические характеристики питателя**

1	Объем одного бачка, л	2
2	Количество бачков, шт	2
3	Расход порошка, кг/час	до 10
4	Расстояние подачи порошка, м	до 8
5	Размер частиц подаваемого порошка, мкм	
	максимальный	120
	минимальный	10
6	Габаритные размеры, мм	
	длина	540
	ширина	470
	высота	1400
7	Мощность нагревательного элемента, кВт	1,5

# BY 9665 U 2013.10.30

На установке УПУ-3 в стандартной комплектации производили испытания порошковых питателей ППБГ-04 (прототип) и разработанный автором. В качестве рабочего газа при напылении использовали азот, при подаче порошка - воздух. Для получения обобщенной количественной информации о пористости плазменных покрытий использовали полуавтоматический анализатор изображения (МОР - АМОЗ, AutoScan.). Для замеров микротвердости применялся микротвердомер "Micromet - II" фирмы Buehler (Швейцария) с нагрузкой 100 г на индентор. Прочность сцепления определяли на отрывной машине "Instron". Коэффициент использования порошков определяли на стальных образцах размером 30×30×2 мм, прошедшего струйно-абразивную подготовку, очищенного от абразива и имеющего в центре четко обозначенную зону для напыления размером 15×15 мм.

На первом этапе производили испытания питателей в а стабильное воспроизведение заданного расхода при повторном включении порошкового питателя после 24 ч остановки. Питатели работали по схеме: работа в течении 45 мин, отключение, включение и т.д., для проверки стабильного воспроизведения заданного расхода при повторном включении порошкового питателя (45 мин - технологическое время для напыления диоксида циркония на рабочую лопатку турбины). Питатель ППБГ-04 не мог выйти на установленный режим подачи порошка уже после первого отключения, после 4-х отключений возобновить подачу порошка без разборки питателя не удалось. Разработанный питатель выдержал 10 отключений до прекращения эксперимента. На втором этапе произвели напыления диоксида циркония с использованием разных питателей на одном и том же режиме работы плазматрона: ток - 600 А; напряжение - 65 V; расход азота - 45 лит./мин; дистанция напыления - 110 мм; фракция порошка - менее 40 мкм; расход порошка - 3,5 кг/ч. Характеристики покрытий из диоксида циркония, напыленных с использованием питателей ППБГ-04 (прототип) и разработанного, приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Характеристики покрытий из диоксида циркония

Питатель	Прочность сцепления, МПа	Пористость, %	Коэффициент использования материала, %	Микротвердость, МПа
ППБГ-04 (прототип)	18,9	13-16	48	6360
разработанный	24,6	6-9	62	7950

Как видно из проведенных экспериментов, разработанный автором питатель имеет минимум в 2,5 раза выше ресурс работы при напылении керамических материалов фракции менее 40 мкм по сравнению с прототипом за счет использования порошкового бункера с нагревательным элементом, позволяющим нагревать напыляемый порошок до температуры 373 К. При использовании разработанного питателя из-за равномерной подачи порошка в плазменную струю и лучшего его проплавления получают более качественные характеристики оксидных покрытий: увеличиваются прочность сцепления в 1,3 раза, коэффициент использования материала в 1,3 раза, микротвердость в 1,25 раза, пористость уменьшается в 1,8 раза.