

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



(19) **ВУ** (11) **3207**

(13) **С1**

(51)⁶ **В 22F 1/02,**
В 22F 9/16

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПАТЕНТНЫЙ
КОМИТЕТ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ
НА МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОРОШКИ, ПРЕИМУЩЕСТВЕННО
ДЛЯ НАПЛАВКИ**

(21) Номер заявки: 970119
(22) 1997.03.11
(46) 1999.12.30

(71) Заявитель: Полоцкий государственный университет (ВУ)
(72) Авторы: Пантелеенко Ф.И., Константинов В.М., Штемпель О.П. (ВУ)
(73) Патентообладатель: Полоцкий государственный университет (ВУ)

(57)

Способ нанесения диффузионных покрытий на металлические порошки, преимущественно для наплавки, включающий перемешивание обрабатываемого порошка с насыщающей порошковой средой, нагрев полученной смеси до температуры диффузионного взаимодействия с последующей изотермической выдержкой и охлаждением в контейнере, **отличающийся** тем, что обрабатываемый металлический порошок и насыщающую среду перемешивают при массовом соотношении компонентов 1:(0,15-0,5), контейнер заполняют на 65-80 %, а нагрев, изотермическую выдержку и охлаждение осуществляют при вращении контейнера с частотой:

$$n = (3-9,5) \cdot R^{1/2},$$

где n - частота вращения контейнера, мин^{-1} ,

R - внутренний радиус контейнера, м,

при этом изотермическую выдержку проводят в течение 0,3-2 ч.

(56)

1. SU 1614898 A1, МПК⁵ В22F 1/02, 1990.

2. Пантелеенко Ф.И., Любецкий С.Н. Самофлюсующиеся порошки и износостойкие покрытия из них. - Мн.: БелНИИНТИ, 1991. - С. 27 (прототип).

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к способам химико-термической обработки порошка, преимущественно применяемого для наплавки и напыления.

Известен способ нанесения диффузионных покрытий на металлические порошки, включающий вакуумирование смеси порошка металла, легирующей добавки и активатора, нагрев, изотермическую выдержку и охлаждение, при этом нагрев, изотермическую выдержку и охлаждение осуществляют при наложении вибрации [1]. Борирование металлического порошка известным способом не позволяет получать диффузионные слои с устойчивым количеством боридных фаз во всем диапазоне заявляемых режимов обработки (табл. 2) [1].

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и положительному эффекту является способ обработки порошка, преимущественно для напыления и наплавки, включающий перемешивание обрабатываемого порошка с насыщающей средой при соотношении 1:(2,8÷4), нагрев до температуры диффузионного взаимодействия, выдержку в течение 1-10 ч и охлаждение при снижении температуры в интервале от точки Кюри до 0 °С в контейнере, герметизируемом плавким затвором [2].

Металлические порошки, обработанные этим способом, обладают необходимым содержанием бора, о чем свидетельствует их хорошая флюсуемость и высокая твердость наплавленных слоев, но характеризуются

ВУ 3207 С1

при этом неравномерным диффузионным покрытием и низкими технологическими свойствами. Серьезным недостатком анализируемого способа является низкая производительность обработки порошка, обусловленная следующими причинами. Во-первых, низкой скоростью роста боридного слоя в статической насыщающей среде (4-10 мкм/ч). Во-вторых, малой объемной долей обрабатываемого порошка в рабочем объеме контейнера, обусловленной необходимостью предотвращения спекания смеси (не более 12,5 %). Отметим также, что большое количество насыщающей смеси, имеющей низкую теплопроводность по сравнению с металлическим порошком увеличивает время прогрева контейнера, снижая тем самым эффективность способа.

Задачей данного изобретения является разработка способа нанесения диффузионных покрытий на металлические порошки, преимущественно для наплавки, позволяющего получать порошки с более качественными, т. е. более равномерными покрытиями с преобладанием низкобористой легкоплавкой фазы Fe_2B и лучшей технологичностью, а также повысить производительность процесса химико-термической обработки.

Сущность предлагаемого способа заключается в следующем. Исходный металлический порошок перемешивают с насыщающей средой при массовом соотношении компонентов 1:(0,15±0,5) по массе, контейнер заполняют на 65-80 %. Контейнер помещают в печь. Нагрев, изотермическую выдержку в течение 0,3-2 ч при температуре диффузионного взаимодействия и охлаждение до 0 °С осуществляют при вращении контейнера с частотой:

$$n = (3 \div 9,5) \cdot R^{1/2},$$

где n - частота вращения контейнера, $мин^{-1}$;

R - внутренний радиус контейнера, м.

Отличительными признаками заявляемого способа от прототипа являются условия выполнения способа, а именно обрабатываемый металлический порошок и насыщающую среду перемешивают при соотношении компонентов соответственно 1:(0,15±0,5) по массе, с заполнением контейнера этой смесью на 65-80 %, нагрев, изотермическую выдержку, охлаждение осуществляют при вращении контейнера с частотой

$$n = (3 - 9,5) \cdot R^{1/2}.$$

Изотермическую выдержку проводят в течение 0,3-2 ч.

Выбор времени изотермической выдержки обусловлен тем, что при выдержке в печи более 2 ч происходит преимущественно сквозное борирование порошка, что негативно влияет на его технологические свойства (насыпную плотность, текучесть и наплавляемость), а выдержка менее 20-ти минут приводит к неравномерному насыщению исходного порошка легирующими элементами (неравномерный прогрев контейнера из-за короткой выдержки) и ухудшению наплавляемости.

Оптимальный интервал частот вращения контейнера в печи выбирался согласно разработанной математической модели поведения частиц во вращающемся контейнере.

Выбор соотношения компонентов смеси и степени заполнения контейнера обусловлен тем, что при большей доле насыщающей среды и меньшей степени заполнения контейнера снижается производительность процесса обработки (снижение доли обрабатываемого порошка в рабочем объеме контейнера менее 25 %). При меньшей доле насыщающей среды и большей степени заполнения контейнера снижается качество получаемых диффузионных покрытий и технологических свойств порошка.

Практически способ осуществляется следующим образом. В качестве насыщаемого порошка использовали порошок ПР-сталь45 (ТУ 14-13551-84) фракцией 40-160 мкм. Насыщающая среда состояла из 99 % технического карбида бора B_4C (ТУ 2036-705-77) и 1 % активатора (фтористого натрия) для борирования, из карбида кремния SiC (ТУ 036-902-79) и активатора для силицирования, из карбюризатора и активатора для цементации. Ингредиенты смеси перемешивали в течение 20 мин в смесителе конического типа в соотношении 1:(0,15-0,5). Полученной смесью заполняли контейнер на 65-80 %. Нагрев и изотермическую выдержку осуществляли в лабораторной печи СНОЛ-1.6.2.0.0.8/9-М1 при температуре 920 °С в течение 1 ч, охлаждали контейнер на воздухе. При этом контейнер вращали с частотой 60 $мин^{-1}$. Затем контейнер вскрывали на воздухе и производили магнитную сепарацию.

BY 3207 C1

Таблица 1

Способ	Соотношение компонентов по массе	Степень заполнения контейнера, %	Объемная доля обрабатываемого порошка в контейнере, %	Время изотермической выдержки, ч	Содержание бора в обрабатываемом порошке, %	Толщина диффузионного покрытия, мкм	Фазовый состав диффузионного покрытия, %			Среднеквадратичное отклонение толщины покрытия, %	Наплаваемость ботанного порошка
							FeB	Fe ₂ B	Fe ₂ (C ₂ B)		
Предлагаемый	1:0,143	80	80	1	2,92	20,84	7,50	60,68	31,82	33,50	0,9
	1:0,2	65	40	1	3,90	28,52	11,94	54,76	33,30	25,64	0,9
	1:0,333	80	40	1	4,36	31,27	15,70	50,54	33,76	21,20	0,9
	1:0,5	65	25	1	5,79	39,02	24,19	40,40	35,41	19,80	0,8
Протогип	1:3	100	12,5	1	2,00	8,9	20,56	50,33	29,11	58,9	0,8
	1:3	100	12,5	2,3	2,76	12,10	32,65	33,61	33,74	53,4	0,8
	1:3	100	12,5	4	4,56	20,00	41,11	23,13	35,76	48,7	0,7

Таблица 2

Способ	Объемная доля обрабатываемого порошка в контейнере, %	Степень заполнения контейнера, %	Время изотермической выдержки, ч	Радиус контейнера, R, мм	Частота вращения контейнера, мин ⁻¹	Толщина диффузионного покрытия, мкм	Результаты эксперимента	
							Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	Смесь не спеклась, равномерные диффузионные покрытия
Заявляемый	40	80	1	50	15 (2,12R ^{1/2})	19,13	Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	
	40	80	1	50	60 (8,5R ^{1/2})	31,27	Смесь не спеклась, равномерные диффузионные покрытия	
	40	80	1	50	100 (14,1R ^{1/2})	17,28	Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	

Таблица 3

Способ	Вид ХТО	Объемная доля обрабатываемого порошка в контейнере, %	Степень заполнения объема контейнера, %	Время изотермической выдержки, ч	Частота вращения контейнера, мин ⁻¹	Результаты эксперимента	
						Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	Смесь не спеклась, равномерные диффузионные покрытия
Заявляемый	Борирование Цементация Сплицирование	40	80	1	15	Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	
	Борирование Цементация Сплицирование	40	80	1	60	Смесь не спеклась, равномерные диффузионные покрытия	
	Борирование Цементация Сплицирование	40	80	1	200	Частичное спекание смеси, неравномерные покрытия на порошке	

ВУ 3207 С1

Кроме того, осуществляли борирование металлических порошков способом, взятым за прототип.

Свойства диффузионно-легированных порошков исследовали по известным методикам. Результаты экспериментов и исследований приведены в табл. 1-3.

В табл. 1 приведены результаты сравнительных испытаний заявляемого способа и прототипа. В табл. 2 представлены результаты экспериментов, обосновывающих выбор диапазона частот вращения контейнера. В табл. 3 приведены результаты экспериментов, подтверждающих возможность применения заявляемого способа для различных видов ХТО на примерах борирования, силицирования и цементации.

Из данных, приведенных в табл. 1 следует, что заявляемый способ нанесения диффузионных покрытий на металлические порошки, преимущественно для наплавки, позволяет значительно улучшить качество диффузионного покрытия и технологические свойства обрабатываемого порошка, среднее квадратичное отклонение толщины слоя уменьшается на 15÷39 %. Содержание низкобористой фазы для эквивалентных содержаний бора увеличивается на 10-37 %, повышение технологичности подтверждается улучшением наплавляемости обработанного порошка. Кроме того, повышается производительность процесса обработки за счет увеличения скорости роста диффузионных слоев в 4...7 раз и повышения объемной доли обрабатываемого порошка в рабочем объеме контейнера в 2÷6,5 раз.

Таким образом, использование заявляемого способа в промышленности позволит повысить производительность обработки, улучшить качество и технологичность получаемого порошка.