

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **8233**

(13) **С1**

(46) **2006.06.30**

(51)<sup>7</sup> **В 23К 9/04,  
В 23Р 6/00,  
С 23С 26/00**

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ  
ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОРОШКОВ  
И УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ**

(21) Номер заявки: а 20030783

(22) 2003.08.01

(43) 2005.03.30

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Институт порошковой металлургии" (ВУ)

(72) Авторы: Витязь Петр Александрович; Ильющенко Александр Федорович; Кожуро Лев Михайлович; Миранович Алексей Валерьевич; Тризна Владимир Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Институт порошковой металлургии" (ВУ)

(56) Ящерицын П.И., Кожуро Л.М., Ракомсин А.П. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. - М.: ФТИ НАНБ. 1997. - С. 27-30.

ВУ а20010372, 2002.

RU 2034096 С1, 1995.

SU 514671, 1976.

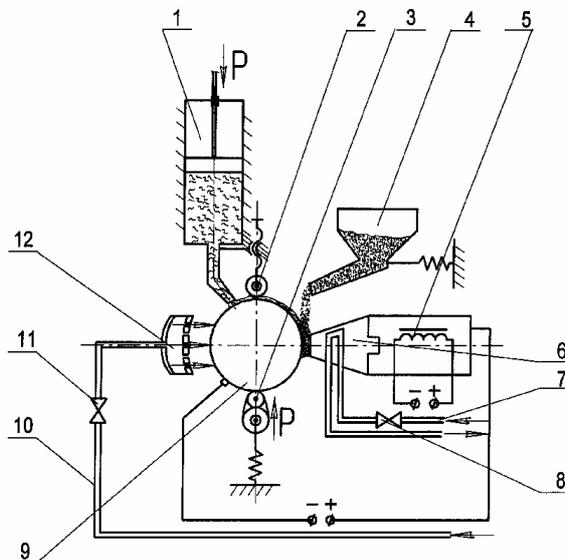
SU 1425007 А1, 1988.

SU 1637979 А1, 1991.

JP 62067182 А, 1987.

(57)

1. Способ нанесения металлических покрытий из ферромагнитных порошков в магнитном поле, включающий расплавление порошков импульсами электрического тока в рабочей зоне, полярный перенос, распределение по поверхности детали, обработку наплавленного слоя потоком охлаждающей жидкости и упрочнение посредством поверхностного пластического деформирования покрытия накатным устройством, **отличающийся**



**ВУ 8233 С1 2006.06.30**

тем, что порошок наносят на деталь в виде наплавочной пасты, содержащей ферромагнитный порошок на основе железа и связующее в виде смеси эпоксидной смолы и жидкого стекла, осуществляют подачу легирующих компонентов в наплавочную пасту в рабочей зоне устройства, при этом поток охлаждающей жидкости разделяют на две части - для внутреннего охлаждения полюсного наконечника устройства для нанесения покрытий и для охлаждения детали, причем охлаждение детали осуществляют после поверхностного пластического деформирования, а наконечника - в процессе электромагнитной наплавки.

2. Устройство для нанесения металлических покрытий из ферромагнитных порошков, включающее электрический магнит с сердечником и сменным полюсным наконечником, бункер-дозатор, накатное устройство, **отличающееся** тем, что содержит дозирующее устройство для нанесения наплавочной пасты, ролик для распределения пасты на детали, устройство для охлаждения детали, а полюсный наконечник выполнен с полостями для циркуляции охлаждающей жидкости.

---

Изобретение относится к нанесению металлических покрытий из ферромагнитных материалов в магнитном поле и может быть использовано в машиностроении для упрочнения и восстановления рабочих поверхностей деталей машин.

Известен способ нанесения покрытия ферромагнитными порошками в переменном магнитном поле. При этом ферромагнитные порошки расплавляют импульсами электрического тока и осуществляют механическое воздействие полюсного наконечника электромагнитной системы на формируемый участок покрытия. Упрочнение наплавленного слоя происходит в момент завершения электрических разрядов при возрастании значения магнитной индукции в рабочем зазоре [1].

Известна установка для нанесения покрытий ферромагнитными порошками, состоящая из бункера-дозатора; электромагнитной катушки; сердечника, установленного на плоских пружинах; полюсного наконечника, неподвижно закрепленного в сердечнике; магнитопровода, выполненного из двух П-образных частей, смонтированных на немагнитных стойках, обеспечивающих установочное перемещение последних вдоль сердечника. Сердечник и деталь включены в электрическую цепь внешнего импульсного источника тока [2]. Зерна ферромагнитного порошка, поступающие из бункера-дозатора в рабочий зазор с охлаждающей жидкостью, удерживаются магнитным потоком и замыкают электрическую цепь "полюсный наконечник - деталь", в результате чего расплавляются на поверхности детали. Полученный расплав распределяется по обрабатываемой поверхности и упрочняется после кристаллизации при ударе сердечника с полюсным наконечником по наплавленному слою.

Недостатком известного способа является повышенная пористость и шероховатость покрытия, которые возникают в результате усадки при переходе жидкой фазы в твердую, а также вследствие захлопывания газа каплями расплава ферромагнитного порошка и уменьшения растворимости газов с понижением температуры. Коэффициент использования ферромагнитного порошка достаточно низок (0,40-0,55), так как зерна последнего выбрасываются из рабочей зоны в результате электрических разрядов.

В качестве прототипа выбран способ упрочнения и восстановления деталей электромагнитной наплавкой с поверхностным пластическим деформированием (ЭМН с ППД). Способ включает нанесение ферромагнитного порошка на поверхность обрабатываемого изделия в электромагнитном поле, термообработку наплавленного слоя потоком охлаждающей жидкости и упрочнение формируемого покрытия деформирующим приспособлением [3].

Для данного способа известно устройство, включающее электромагнитную систему, состоящую из электрического магнита постоянного тока, сердечника магнита со сменным

## ВУ 8233 С1 2006.06.30

полюсным наконечником, бункера-дозатора с ферромагнитным порошком и накатного устройства [3]. Охлаждение полюсного наконечника и обрабатываемой детали осуществляется потоком охлаждающей жидкости, поступающей с ферромагнитным порошком из смесителя. Бесступенчатое регулирование магнитного поля осуществляют за счет изменения величины постоянного тока в катушке электромагнита.

В процессе нанесения покрытия происходит расплавление зерен ферромагнитного порошка импульсами электрических разрядов в рабочей зоне, полярный перенос, распределение по подплавленной поверхности детали в магнитном поле и пластическое деформирование покрытия накатным устройством.

Недостатком указанного способа является то, что он не в полной мере обеспечивает стабильность и устойчивость процесса нанесения покрытий вследствие неравномерной подачи ферромагнитного порошка в рабочую зону и высоких скоростей охлаждения потоком рабочей жидкости. Это обстоятельство не позволяет получать достаточно качественное покрытие в результате возможного образования трещин, повышенной пористости и шероховатости наплавленного и упрочненного слоя.

Задача, решаемая изобретением - повышение качества наносимого покрытия, в частности, за счет снижения его пористости и шероховатости.

Поставленная задача достигается тем, что в способе нанесения металлических покрытий из ферромагнитных порошков в магнитном поле, включающем расплавление порошков импульсами электрического тока в рабочей зоне, полярный перенос, распределение по поверхности детали, обработку наплавленного слоя потоком охлаждающей жидкости и упрочнение формируемого покрытия накатным устройством, сначала порошок наносят на деталь в виде наплавочной пасты, содержащей ферромагнитный порошок на основе железа и связующее в виде смеси эпоксидной смолы и жидкого стекла, затем осуществляют подачу легирующих компонентов в наплавочную пасту в рабочей зоне устройства, при этом поток охлаждающей жидкости разделяют на две части - для внутреннего охлаждения полюсного наконечника устройства для нанесения покрытий и для охлаждения детали, причем охлаждение детали осуществляют после поверхностного пластического деформирования, а наконечника - в процессе электромагнитной наплавки.

Для реализации предлагаемого способа используется устройство, включающее электрический магнит с сердечником и сменным полюсным наконечником, бункер-дозатор, накатное устройство, которое дополнительно содержит дозирующее устройство для нанесения наплавочной пасты, ролик для распределения пасты на детали, устройство для охлаждения детали, а полюсный наконечник выполнен с полостями для циркуляции охлаждающей жидкости.

Использование наплавочной пасты позволяет отказаться от применения в качестве рабочей среды охлаждающей жидкости и обеспечить равномерную подачу ферромагнитного порошка в рабочую зону. Это обстоятельство стабилизирует процесс наплавки и увеличивает толщину нанесенного слоя.

Подача легирующих компонентов в наплавочную пасту позволяет дополнительно легировать нанесенный слой.

Наличие двух потоков охлаждения позволяет отводить тепловую энергию в процессе ЭМН от полюсного наконечника, а от детали - только после ППД, что дает возможность использования технологического тепла для процесса деформирования наплавленного слоя в нагретом состоянии, и, тем самым, повысить качество наплавленного покрытия. Кроме этого, регулирование температуры охлаждения нанесенного и упрочненного слоя изменением подачи охлаждающей жидкости позволяет получать требуемые физико-механические и эксплуатационные свойства покрытий.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором изображена схема заявляемого устройства.

# ВУ 8233 С1 2006.06.30

Устройство для нанесения металлических покрытий из ферромагнитных порошков включает дозирующее устройство 1 для нанесения пасты, ролик 2, шариковый накатник 3, бункер-дозатор 4 для подачи легирующих компонентов, электромагнитную катушку 5 с сердечником, в пазу которого закреплен сменный полюсный наконечник 6. Охлаждение полюсного наконечника осуществляется циркуляцией охлаждающей жидкости по каналу 7 с краном 8. Отвод тепла от детали 9 производится принудительной подачей охлаждающей жидкости от насоса (на чертеже не показан) по каналу 10 с краном 11 к устройству охлаждения (спрейеру) 12. Сердечник электромагнитной катушки 5 и деталь 9 подключены разными полюсами к источнику постоянного тока наплавки.

Заявляемый способ нанесения металлических покрытий осуществляется следующим образом. Наплавочная паста дозирующим устройством 1 наносится на деталь 9 и равномерно распределяется с помощью ролика 2. Деталь 9 посредством вращения подает пасту в рабочую зону устройства, где она смешивается с легирующими компонентами, поступающими из бункера-дозатора 4. Далее происходит образование цепочек микроэлектродов, ориентирование их вдоль магнитных силовых линий, полученных электромагнитной катушкой 5, и плавление импульсами электрического тока. Образовавшиеся микрокапли расплава ферромагнитного порошка под действием электромагнитного поля переносятся на обрабатываемую поверхность, диффундируют в нее и создают покрытие. Далее покрытие подвергается поверхностному пластическому деформированию, осуществляемому с помощью шарикового накатника 3, и охлаждается с помощью спрейера 12. Количество подводимой охлаждающей жидкости к полюсному наконечнику регулируется краном 8, а к устройству охлаждения 12 - краном 11.

В процессе ЭМН с ППД использовались следующие материалы:

наплавочная паста для ЭМН, содержащая в качестве материала - ферромагнитный порошок на основе железа (Fe) с гранулометрическим составом 0,2-0,3 мкм, а в качестве связующего - смесь эпоксидной смолы ЭДП (ТУ 2395-001-49582674-99) и жидкого стекла (ТО РБ 02974150-015-99) в следующем соотношении компонентов, мас. %:

порошок Fe	50
эпоксидная смола	35
жидкое стекло	15;

ферромагнитный порошок на основе железа и ванадия (Fe-2 % V ГОСТ 9849-86) в качестве легирующего элемента с гранулометрическим составом 0,2-0,3 мкм;

5 %-й водный раствор эмульсола Э-2Б в качестве охлаждающей жидкости.

## Пример.

На предварительно подвергнутые нормализации и обработанные до шероховатости поверхности Ra = 12,5 мкм образцы из стали 45 ГОСТ 1050-88, представляющие собой кольца с наружным диаметром 40 мм, внутренним - 16 мм и высотой 12 мм, производили нанесение заявляемым способом покрытий.

ЭМН с ППД осуществляли при силе тока 120 А, величине магнитной индукции 0,8 Тл, рабочем зазоре 2,0 мм, окружной скорости вращения заготовки 0,06 м/с, скорости подачи 0,25 мм/об и усилии деформирования P = 1000 Н.

Нанесенные и упрочненные покрытия образцов оценивали по параметру шероховатости Ra на профилографе-профилометре 252, а затем шлифовали и полировали, чтобы определить пористость наплавленного слоя с помощью микроскопа МИМ-8М в поляризованном свете.

Сравнительные характеристики покрытий, полученных электромагнитной наплавкой с поверхностным пластическим деформированием известными и предлагаемым способами приведены в таблице.

# ВУ 8233 С1 2006.06.30

Способ нанесения покрытий	Шероховатость покрытия Ra, мкм	Пористость, %
А.с. СССР 721305	35-40	25
Прототип	12	10
Предлагаемый	6	4

Как видно из таблицы, предложенный способ и устройство для нанесения покрытий позволяет значительно повысить качество формируемого покрытия за счет снижения шероховатости и пористости наплавленного слоя изделий.

## Источники информации:

1. А.с. СССР 721305, МПК<sup>7</sup> В 23Р 1/18, 1980.
2. А.с. СССР 742119, МПК<sup>7</sup> В 24В 31/10, В 23Р 1/18, 1980.
3. Ящерицын П.И., Кожуро Л.М., Ракомсин А.П. и др. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле. - Мн.: ФТИ НАНБ, 1997. - С. 27-30.