

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 865 616** (13) **C2**

(51) МПК

[B22F 9/04 \(2006.01\)](#)[B22F 1/14 \(2022.01\)](#)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.07.2026)
 Пошлина: учтена за 5 год с 26.12.2028 по 25.12.2029. Установленный срок для уплаты пошлины за 6 год: с 26.12.2028 по 25.12.2029. При уплате пошлины за 6 год в дополнительный 6-месячный срок с 26.12.2029 по 25.06.2030 размер пошлины увеличивается на 50%.

Начисление для уплаты
пошлины за поддержание
патента в силе

(52) СПК

B22F 9/04 (2026.05); B22F 1/14 (2026.05)(21)(22) Заявка: [2024139431](#), 25.12.2024(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.12.2024Дата регистрации:
07.07.2026

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **25.12.2024**(43) Дата публикации заявки: **25.06.2026** Бюл. № **18**(45) Опубликовано: [07.07.2026](#) Бюл. № **19**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2081202 C1, 10.06.1997. RU 2427451 C2, 27.08.2011. RU 2236929 C1, 27.09.2004. RU 2502766 C1, 27.12.2013. RU 2530076 C2, 10.10.2014. KR 1020170072980 A, 28.06.2017. CN 110014145 A, 16.07.2019. US 6398125 B1, 04.06.2002.**

Адрес для переписки:

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, 67, лит. А, ФГАОУ ВО ГУАП, ЦКНИ

(72) Автор(ы):

Добровольский Сергей Владимирович (RU),**Подпорин Игорь Валентинович (RU), Глуховская Юлия Исааковна (RU), Глухов Вадим Анатольевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения" (RU)

(54) Способ получения деформированных частиц радиопоглощающего порошка

(57) Реферат:

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к получению деформированных частиц радиопоглощающих порошков. Может использоваться в машиностроении, авиакосмической технике, автомобильной промышленности, энергетике, строительстве, нефтегазовой промышленности и других областях хозяйства. Частицы исходного радиопоглощающего порошка вводят в поток газаносителя, температура которого на 40-50 % меньше температуры плавления материала исходного радиопоглощающего порошка. Гетерогенный поток ускоряют до сверхзвуковой скорости и направляют в сторону подложки. Торможение частиц о поверхность подложки происходит при температуре и скорости, меньшей, чем необходимо для формирования покрытия, с обеспечением сплющивания и получения деформированных частиц. Обеспечивается увеличение магнитной проницаемости и уменьшение диэлектрической проницаемости частиц радиопоглощающих порошков. 1 ил.

Изобретение относится к технологии газодинамического нанесения покрытий из порошковых материалов и может быть использовано в машиностроении, авиакосмической технике, автомобильной промышленности, энергетике, строительстве, нефтегазовой промышленности и других областях хозяйства.

Известен «Способ нанесения покрытий» (Патент РФ № 2306368, МПК C23C 23/03, опубл.: 20.09.2007, Бюл. № 26).

Способ нанесения покрытия на чугунные детали, включающий обработку детали абразивным порошковым материалом с размером частиц 30-300 мкм, нагрев сжатого воздуха, подачу его в сверхзвуковое сопло, формирование в сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в поток порошкового материала, предназначенного для формирования покрытия и направление его на поверхность обрабатываемого изделия, при этом перед обработкой детали абразивным порошковым материалом на поверхность детали наносят флюс со временем активности 0,2-0,25 ч, содержащий до 30% хлористого аммония NH_4Cl , до 70% хлористого цинка ZnCl_2 и до 2% перманганата калия KMnO_4 , и осуществляют нагрев поверхности по флюсу горелкой с окислительным пламенем до температуры $(0,14-0,2) T_{\text{пл}}$, где $T_{\text{пл}}$ - температура плавления чугуна.

Недостатком способа является невозможность получить частицы радиопоглощающих порошков с высокой магнитной проницаемостью.

Прототипом заявляемого способа является «Способ нанесения покрытий» (Заявка на изобретение № 95110652 от 28.06.1995, МПК C23C 4/00).

Способ нанесения покрытий, включающий введение порошка напыляемого материала в сформированный газовый поток, ускорение образованного двухфазного потока в газодинамическом сопле и осаждение частиц из ускоренного потока на обрабатываемую поверхность при температуре частиц в потоке меньшей, чем температура плавления напыляемого материала, при осаждении частиц предотвращают возможность возникновения ударной волны в ускоренном двухфазном потоке.

При этом возникновение ударной волны в двухфазном потоке предотвращают путем выбора размера частиц, их концентрации в газовом потоке, используемого газа или смеси газов таким образом, чтобы скорость газового потока между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью была меньше скорости звука в двухфазном потоке.

При этом при ускорении двухфазного потока до сверхзвуковой скорости возникновения ударной волны в потоке предотвращают путем его предварительного безударного торможения между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью до скорости меньшей, либо равной скорости звука в двухфазном потоке.

При этом безударное торможение двухфазного потока производят путем выбора расстояния между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью.

При этом используют порошок, состоящий из частиц размером от 1 до 200 мкм.

При этом в качестве напыляемого материалы используют медь.

При этом относительное массовое содержание частиц меди в газовом потоке поддерживают не более 0,2.

При этом в качестве газа используют гелий с температурой 300 К, при этом скорость газового потока на выходе из сопла поддерживают равной не более 800 м/с.

При этом в качестве газа используют воздух с температурой 700 К, при этом скорость газового потока на выходе из сопла поддерживают равной не более 440 м/с.

При этом осуществляют перемещение обрабатываемого изделия относительно ускоренного потока.

Способ нанесения покрытий, включающий введение порошка напыляемого материала в сформированный газовый поток, ускорение образованного двухфазного потока в газодинамическом сопле и осаждение частиц из ускоренного потока на обрабатываемую поверхность при температуре частиц в потоке меньшей, чем температура плавления напыляемого материала, отличающийся тем, что двухфазный поток ускоряют до достижения сверхзвуковой скорости, при которой величина скорости частиц напыляемого материала за фронтом ударной волны, возникающей между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью, не превышает величину скорости газового потока в соответствующей области двухфазного потока.

При этом дополнительно осуществляют безударное торможение двухфазного потока между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью.

При этом безударное торможение двухфазного потока производят путем выбора расстояния между срезом сопла и обрабатываемой поверхностью.

При этом используют порошок, состоящий из частиц размером от 1 до 200 мкм.

При этом в качестве напыляемого материала используют медь.

При этом относительное массовое содержание частиц меди в газовом потоке поддерживают не более 0,2.

При этом в качестве газа используют воздух с температурой 700 К, при этом скорость газового потока на выходе из сопла поддерживают равной не более 600 м/с.

При этом в качестве газа используют гелий с температурой 300 К, при этом скорость газового потока на выходе из сопла поддерживают равной не более 1050 м/с.

При этом осуществляют перемещение обрабатываемого изделия относительно ускоренного потока.

Недостатком способа является невозможность получить частицы радиопоглощающих порошков с высокой магнитной проницаемостью.

Задачей изобретения является создание способа получения частиц радиопоглощающих порошков.

Техническим результатом является увеличение магнитной проницаемости и уменьшение диэлектрической проницаемости частиц радиопоглощающих порошков.

Технический результат достигается тем, что в способе получения частиц радиопоглощающих порошков заключающимся в том, что частицы радиопоглощающего порошка вводят в газовый поток в результате чего, гетерогенный поток, ускоренный и выходящий из соплового аппарата, тормозится о подложку, при этом температура газа-носителя и скорость определены так, что происходит деформация частиц радиопоглощающих порошков, при этом частицы ударяются о специальную поверхность при их температуре и скорости меньшей, чем необходимо для формирования покрытия, в результате чего, происходит необходимая деформация частиц радиопоглощающих порошков.

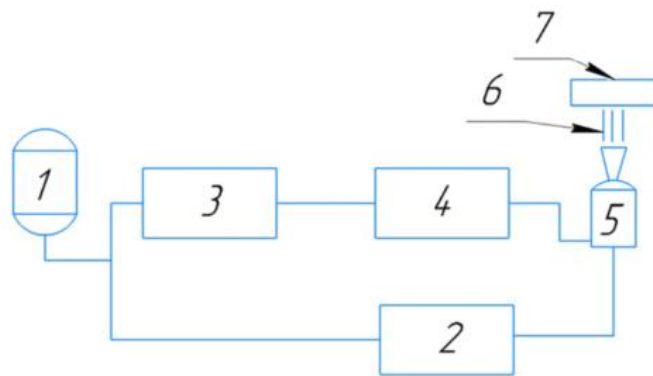
На фиг.1 изображена блок-схема установки для получения частиц радиопоглощающих порошков. На блок-схеме используются следующие обозначения: 1 - баллон сжатого воздуха; 2 - нагреватель газа-носителя; 3 - система управления параметрами и массовым расходом газа-носителя; 4 - дозатор порошка; 5 - камера смешения с ускорителем; 6 - гетерогенный сверхзвуковой поток; 7 - поверхность для удара.

Газ-носитель из баллона сжатого воздуха (1) через нагреватель (4) подается в камеру смешения и ускоритель (5), где разгоняется до необходимых скоростей. Другая часть газа-носителя, регулируемая системой управления (3), через дозатор (4) подает порошок в камеру смешения с ускорителем (5), из которого выходит гетерогенный поток (6), который ударяется о поверхность (7).

Исходная температура газа-носителя на (40-50) % меньше температуры плавления материала исходного порошка. Дополнительная энергия частице придается в специальном ускорителе (5) для разгона гетерогенной смеси (газ + порошок) до необходимой сверхзвуковой скорости. При соударении высокоскоростных частиц с твердой поверхностью в результате диссипации кинетической энергии частиц происходит сплющивание и не происходит соединение частиц между собой ввиду недостаточности температуры газа-носителя.

Формула изобретения

Способ получения деформированных частиц радиопоглощающего порошка, включающий введение исходного радиопоглощающего порошка в поток газа-носителя с получением гетерогенного потока, ускорение гетерогенного потока и торможение его о подложку, отличающийся тем, что частицы исходного радиопоглощающего порошка вводят в поток газа-носителя, температура которого на 40-50 % меньше температуры плавления материала исходного радиопоглощающего порошка, ускорение гетерогенного потока осуществляют до сверхзвуковой скорости, а торможение частиц о поверхность подложки происходит при температуре и скорости, меньшей, чем необходимо для формирования покрытия, с обеспечением сплющивания и получения деформированных частиц.



Фиг. 1