

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **24868**

(13) **С1**

(45) **2026.04.05**

(51) МПК

В 22F 7/02

(2006.01)

(54) **СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОРОШКОВ НА ВНУТРЕННЮЮ ПОВЕРХНОСТЬ
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ**

(21) Номер заявки: а 20250059

(22) 2025.03.25

(71) Заявитель: Государственное научное учреждение "Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Белоцерковский Марат Артемович; Сосновский Алексей Валерьевич; Сосновский Игорь Александрович; Курилёнок Артем Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научное учреждение "Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) ВУ 12195 С1, 2009.

RU 2471591 С2, 2013.

RU 2310016 С1, 2007.

RU 2338007 С2, 2008.

ВУ 22128 С1, 2018.

(57)

Способ нанесения покрытия из металлических порошков на внутреннюю поверхность цилиндрической детали, при котором на наружную поверхность детали наносят слой суспензии, состоящей из 10-30 об. % термостойкого керамического порошка грануляцией 1-50 мкм и жидкой термостойкой клеящей связки, после его высыхания во внутреннюю полость детали помещают шихту из металлического порошка и флюса и производят осевое вращение детали с одновременным нагревом порошка токами высокой частоты до его расплавления, причем слой суспензии наносят толщиной, равной величине зазора между наружной поверхностью детали и индуктора токов высокой частоты.

Изобретение относится к порошковой металлургии, в частности к способу нанесения покрытий из металлических порошков на внутреннюю поверхность цилиндрических деталей, и может быть использовано для восстановления, изготовления и упрочнения деталей (втулок, колец подшипников скольжения, гаек и т. д.).

Известен способ нанесения покрытия из металлических порошков на внутреннюю поверхность детали методом центробежной индукционной наплавки [1]. Деталь нагревают до заданной температуры, загружают во внутреннюю полость детали порошок, вращают ее вокруг собственной оси и по достижении порошковым слоем температуры Кюри проводят нагрев до температуры спекания, а затем охлаждают сжатым воздухом. При этом нагрев осуществляют с помощью индуктора токов высокой частоты, размещенного внутри детали.

Недостатками известного способа является необходимость использования сложной технологической оснастки, невозможность наносить покрытия на малогабаритные детали,

а также интенсивный перегрев индуктора токов высокой частоты в процессе нагрева детали.

Наиболее близким к предлагаемому способу по технической сущности является способ нанесения покрытия из металлических порошков на внутреннюю поверхность цилиндрической детали методом индукционной центробежной наплавки металлических порошков [2]. В полость детали помещают металлический порошок, осуществляют ее осевое вращение с одновременным нагревом токами высокой частоты порошка до температуры его плавления. После формирования порошкового слоя на внутренней поверхности детали нагрев и вращение прекращают и производят последующую механическую обработку.

Преимущество указанного способа заключается в простоте его реализации, высокой производительности и получении качественных покрытий одновременно на всей поверхности детали. Однако существенным недостатком известного способа являются высокие энергетические потери в результате интенсивного охлаждения наплавляемой детали по наружной поверхности, что приводит к увеличению времени наплавки за счет необходимости дополнительных энергозатрат.

Задачей предлагаемого изобретения является снижение скорости охлаждения наплавляемой детали по наружной поверхности. Это позволит снизить энергозатраты и время наплавки покрытия.

Задача решается в способе нанесения покрытия из металлических порошков на внутреннюю поверхность цилиндрической детали, при котором на наружную поверхность детали наносят слой суспензии, состоящей из 10-30 об. % термостойкого керамического порошка грануляцией 1-50 мкм и жидкой термостойкой клеящей связки, после его высыхания во внутреннюю полость детали помещают шихту из металлического порошка и флюса и производят осевое вращение детали с одновременным нагревом порошка токами высокой частоты до его расплавления, причем слой суспензии наносят толщиной, равной величине зазора между наружной поверхностью детали и индуктора токов высокой частоты.

Нанесение на наружную поверхность детали слоя суспензии, состоящей из 10-30 об. % термостойкого керамического порошка грануляцией 1-50 мкм и жидкой термостойкой клеящей связки, способствует образованию теплозащитного керамического слоя с низкой теплопроводностью, препятствующего интенсивному охлаждению детали в процессе ее разогрева токами высокой частоты. При этом увеличивается скорость нагрева детали до температуры плавления металлического порошка, в результате чего уменьшаются время наплавки покрытия и энергозатраты. Кроме того, снижается скорость охлаждения детали. При этом покрытие не должно быть жестким, чтобы не произошло его разрушения в результате термического расширения наплавляемой детали в процессе нагрева. Соответственно было предложено на наружную поверхность наплавляемой детали наносить слой суспензии, состоящей на 10-30 об. % из термостойкого керамического порошка и жидкой термостойкой клеящей связки. Испытания показали, что после высыхания предложенной суспензии на поверхности детали образуется плотное и нежесткое покрытие, обеспечивающее необходимую термоизоляцию в сочетании с достаточной адгезией при нагреве детали до 1300 °С. При увеличении процента содержания термостойкого керамического порошка более 30 об. % происходит отслоение покрытия с наружной поверхности детали в процессе нагрева из-за недостаточной адгезии, а при уменьшении менее 10 % снижаются термоизоляционные свойства.

В качестве термостойкого керамического порошка можно использовать термостойкую оксидную керамику типа окиси алюминия, окиси кремния и др. грануляцией 1-50 мкм. Более мелкие частицы (менее 1 мкм) могут слипаться, что затрудняет их равномерное нанесение. В то же время частицы крупнее 50 мкм не обеспечивают формирование плотного покрытия, что может привести к снижению его теплоизоляционных свойств, а также к расслоению в процессе нагрева.

Пример.

Реализацию способа осуществляли при изготовлении подшипника скольжения масляного насоса термопласт-автомата K.YASI (Япония). Наплавляли две детали одинакового размера. Первую - по известной технологии [2], а вторую - в соответствии с предлагаемым способом.

В качестве материала покрытия использовали бронзовый порошок БрОФ 10-1 (температура плавления 934 °С). Наружный диаметр детали составлял 70 мм, внутренний – 45 мм, длина - 145 мм. Во внутреннюю полость детали помещали шихту из порошка бронзы и буры в качестве флюса. С торцов деталь закрывали крышками с антипригарными прокладками. После этого сборку закрепляли на центробежной установке [3]. Затем деталь приводили во вращение со скоростью 1500 об/мин и одновременно нагревали до температуры 940 °С индуктором токов высокой частоты установки ЛПЗ-2-67М [4]. Полное расплавление порошковой шихты происходило через 10 мин после начала нагрева.

В соответствии с предлагаемым способом перед наплавкой второй детали по таким же режимам на ее наружную поверхность наносили слой суспензии толщиной 200 мкм, равной величине зазора между наружной поверхностью детали и индуктора токов высокой частоты. В качестве суспензии использовали термостойкий керамический защитный спрей Abicor Binzel [5], в состав которого в качестве термостойкого керамического наполнителя входил оксид алюминия грануляцией 5-20 мкм в количестве 20 % от общего объема, обеспечивающего термостойкость 1200 °С. После ее высыхания во внутреннюю полость детали помещали шихту из металлического порошка бронзы БрОФ 10-1 и флюса в виде буры. С торцов втулку закрывали крышками с антипригарными прокладками. После этого сборку закрепляли на центробежной установке [3]. Затем производили осевое вращение детали со скоростью 1500 об/мин с одновременным нагревом порошка токами высокой частоты до температуры 940 °С индуктором токов высокой частоты установки ЛПЗ-2-67М до его расплавления [4]. При этом время нагрева детали до полного расплавления порошковой шихты составило 7,5 мин, что на 25 % быстрее, чем при известной технологии.

Таким образом, предлагаемый способ нанесения покрытий на внутренние поверхности деталей позволяет снизить энергозатраты и время наплавки покрытия.

Источники информации:

1. BY 23870, 2022.
2. BY 22128, 2018
3. СОСНОВСКИЙ И.А. и др. Технология и оборудование для нанесения функциональных покрытий на детали машин центробежным индукционным методом. Научные технологии машиностроения, авиации и транспорта: сборник трудов XVI Международной научно-технической конференции (г. Ростов-на-Дону, 24-29 сентября 2024 г.). Под ред. В. А. Лебедева. Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2024, с. 649-654.
4. Эксплуатационная документация высокочастотной установки типа ЛПЗ-2-67М. Ленинград: Ленинградский завод высокочастотных установок, 1971, 47 с.
5. Найдено на [<https://www.binzel-abicor.com/DE/eng/products/accessories/welding-chemicals/ceramic-spray/>].