

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202000055** (13) **A1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки
2021.06.30

(51) Int. Cl. *C23C 4/04* (2006.01)
C23C 4/08 (2016.01)
C23C 4/131 (2016.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.12.23

(54) **СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛИ УЗЛА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ**

(96) **2019/EA/0107 (BY) 2019.12.23**

(72) Изобретатель:

(71) Заявитель:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ" (BY)**

**Белоцерковский Марат Артёмович,
Кукареко Владимир Аркадьевич,
Григорчик Александр Николаевич,
Астрашав Евгений Викторович,
Сосновский Алексей Валерьевич (BY)**

(57) Задачей изобретения является повышение физико-механических свойств покрытий, используемых в узлах трения скольжения, а также расширение области применения газотермических покрытий. Изобретение относится к технологии восстановления и упрочнения поверхности деталей узлов трения скольжения методом газотермического напыления, а именно гиперзвуковой электрометаллизацией. Способ включает нанесение газотермического покрытия методом гиперзвуковой электрометаллизации двух проволочных сталей. В качестве материала одной проволоки используют хромсодержащую сталь с содержанием хрома до 25 мас.%, а в качестве другой проволоки используют алюминиевый сплав с содержанием алюминия не менее 80 мас.%, причем ее диаметр выбирают в зависимости от количества хрома в стальной проволоке. Способ позволяет повысить износостойкость детали на 15-25%.

A1

202000055

202000055

A1

СПОСОБ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛИ УЗЛА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Изобретение относится к технологии нанесения износостойких покрытий на детали триботехнического назначения, работающие при высоких удельных нагрузках и в слабоагрессивных средах. Может быть использовано при восстановлении опор скольжения, валов, цилиндрических сочленениях, применяемых в машиностроении, станкостроении, текстильной и металлургической промышленности.

Одним из наиболее традиционных и эффективных путей решения задачи восстановления узлов трения и обеспечения их требуемой износостойкости является формирование на рабочих поверхностях пар трения газотермических покрытий с необходимым комплексом физико-механических характеристик.

Известен способ получения газотермических покрытий из порошковых проволок, включающий электродуговую металлизацию порошковой проволоки определенного состава и последующую термическую обработку, в виде закалки и отпуска [1]. Недостатками данного способа являются использование дорогостоящей порошковой проволоки определенного состава и термическая обработка покрытий с достаточно высокой температурой нагрева (840 °С). Закалка газотермических покрытий с температуры 840 °С будет способствовать возникновению дополнительных напряжений между покрытием и подложкой за счет различных коэффициентов линейного расширения при нагреве, что будет приводить к снижению прочностных свойств покрытий.

Известен способ получения износостойких покрытий, согласно которому напыление проводится плазменным методом, при этом вводится дисперсный керамический порошок через кольцевую щель в воздушно-плазменную струю [2]. Недостатком данного способа является использование

дорогостоящего метода плазменного напыления, а также использование дисперсных частиц Al_2O_3 (20-40 мкм и менее).

Известен способ нанесения износостойкого покрытия на металлическую подложку, в котором напыляют композиционные проволоки, заполненные частицами износостойкого наполнителя, расплавляют и переносят частицы посредством газовой струи [3]. Недостатками известного способа является использование дорогостоящей композиционной проволоки.

Наиболее близким по технической сущности является способ получения покрытия гиперзвуковой металлизацией, принятый за прототип, согласно которому проводят гиперзвуковую металлизацию пропановоздушной смесью расплавленных электрической дугой двух проволок с различной температурой плавления [4]. При этом, более тугоплавкая проволока является анодом. Диаметр легкоплавкой проволоки выбирают по формуле. Недостатком известного способа является его трудоемкость и сложность подбора режимов напыления, а также пониженные триботехнические свойства покрытий.

Задачей изобретения является повышение физико-механических свойств покрытий деталей, используемых в узлах трения скольжения, а также расширение области их применения.

Для решения поставленной задачи, в способе изготовления детали узла трения скольжения, состоящем из распыления расплавленных электрической дугой проволочных материалов, на предварительно подготовленную поверхность детали, послойном осаждении частиц, механической обработки сформированного покрытия, согласно изобретению, в качестве материала одной проволоки выбирают хромистую сталь с содержанием хрома до 25 масс. %, а в качестве материала другой проволоки используют алюминиевый сплав с содержанием алюминия не менее 80 масс. %, причем диаметр проволоки алюминиевого сплава выбирают в зависимости от количества хрома в стальной проволоке. Максимальное содержание хрома и минимальное алюминия при этом в проволоках обусловлено

необходимостью образования определенной структуры покрытия, а также доступностью проволочных материалов.

В заявленном способе для обеспечения повышения износо- и коррозионной стойкости покрытия, предусматривается газотермическое распыление методом гиперзвуковой металлизации, пропано-воздушной смесью стальных и алюминиевых частиц. При напылении такого псевдосплава (распыление стальной и алюминиевой проволоки) формируется покрытие, содержащее пониженное количество оксидов, по сравнению со стальным покрытием. Низкое содержание оксидов железа в напыленном псевдосплаве связано с предотвращением окисления частиц железа за счет их обволакивания легкоплавким алюминием в процессе металлизации, а также с восстановлением оксидов железа алюминием. В результате этого, распыляемые частицы стали при охлаждении в полёте практически не контактируют с кислородом воздуха, и, как следствие, в покрытиях регистрируется пониженное количество оксидов железа. При этом образование тонкой пленки оксида Al_2O_3 защищает от интенсивного окисления алюминиевые частицы.

Напыление газотермических покрытий из высокохромистых сталей, методом гиперзвуковой металлизации сопровождается окислением легирующих элементов, и в частности, хрома, в напыляемых проволочных материалах. В результате этого, в сформированных стальных покрытиях из высокохромистых сталей регистрируется пониженная концентрация хрома, и как следствие, снижение их коррозионной стойкости. Вместе с тем, напыление газотермических покрытий методом гиперзвуковой металлизации двумя проволочными материалами (высокохромистая сталь и алюминиевый сплав) будет приводить к практически полному предотвращению окисления легирующих элементов стальной проволоки, за счет формирования тонких пленок оксида алюминия на поверхности напыленных частиц, что в свою очередь приведет к существенному возрастанию износо- и коррозионной стойкости газотермических покрытий.

Для формирования псевдосплавных покрытий гиперзвуковой металлизацией использовалась установка АДМ-10 и проволоки различных диаметров из хромсодержащих сталей 30ХГС, 40Х13, 95Х18 и алюминиевых сплавов АК12, АД-1. Исследовалась структура, фазовый состав, а также триботехнические свойства напыленных покрытий. Металлографические исследования проводились с помощью микроскопа АЛЬТАМИ МЕТ 1МТ с использованием программного обеспечения AltamiStudio 3.3, фазовый состав покрытий исследовался с использованием дифрактометра ДРОН-3.0. Триботехнические испытания проводились по схеме возвратно-поступательного движения призматического образца с газотермическим покрытием (8×6×5 мм) по пластинчатому контртелу из закаленной стали У8, при средней скорости взаимного перемещения $\approx 0,1$ м/с. Номинальная нагрузка составляла при граничном трении 10 МПа, путь трения ≈ 1200 м.

Проводилось напыление покрытий из указанных сталей, а также псевдосплавов 30ХГС+АК12, 40Х13+АК12, 95Х18+АД-1 с различными соотношениями диаметра стальной и алюминиевой проволоки (таблица 1). В результате исследований структурно-фазового состава и триботехнических свойств напыленных покрытий установлено, что покрытия напыленные из псевдосплавов (сталь-алюминиевый сплав) обладают пониженным содержанием оксидов и повышенной износостойкостью при трении в смазочном материале по сравнению с покрытиями из аналогичной стали, но без алюминиевого сплава. При этом, износостойкость псевдосплавов повышается при содержании в покрытиях определенного количества стали и алюминия.

Таблица 1 – Износостойкость и качественные характеристики напыленных газотермических покрытий из псевдосплавов

Материал покрытия		Соотношение диаметра стальной и алюминиевой проволоки, D_1/D_2	Интенсивность линейного изнашивания при трении в смазочном материале I_h , $\times 10^{-10}$	Пористость, не более %	Наличие трещин
Хромсодержащая стальная проволока, D_1	Алюминиевая проволока, D_2				
30ХГС	АК12	1,5	4,42	2-5	Да
		1,3	4,20	2-3	Да
		1,1	3,80	1-3	Нет
		1	3,86	2-4	Нет
		0,9	4,27	2-4	Нет
		0,8	4,46	2-4	Да
40Х13	АК12	1,5	2,94	2-5	Нет
		1,4	2,77	2-3	Нет
		1,3	2,91	2-4	Нет
		1,2	3,00	2-4	Нет
		1,1	3,11	2-5	Да
		1,0	3,20	3-6	Да
95Х18	АД-1	1,5	1,65	2-5	Да
		1,4	1,60	2-4	Нет
		1,3	1,69	3-5	Нет
		1,2	1,71	3-5	Нет
		1,1	1,80	3-5	Нет
		1,0	1,86	2-6	Да

Анализ и математическая обработка результатов показали, что диаметры стальной и алюминиевой проволок находятся в следующей зависимости:

$$D_2 = D_1/k, \quad (1)$$

где D_1 – диаметр стальной проволоки, мм; D_2 – диаметр проволоки алюминиевого сплава, мм; k – коэффициент, зависящий от содержания хрома в стальной проволоке.

$$k=1,51-0,53*0,87^x,$$

где, x – содержание хрома в стальной проволоке, %.

Пример реализации способа. Для обеспечения требуемой работоспособности шпиндель 5M150 зубодолбёжного станка должен обладать повышенной коррозионной стойкостью и износостойкостью при трении в жидких смазочных материалах. Ранее деталь восстанавливалась методом гиперзвуковой металлизации путем напыления покрытия из стали 40X13. При эксплуатации восстановленной детали было выявлено, что покрытие из стали обладает недостаточной коррозионной стойкостью и износостойкостью в среде жидкого смазочного материала.

Был выбран шпиндель 5M150 зубодолбёжного станка с изношенной рабочей поверхностью диаметром 132 мм, выполненный из стали У9. На рабочей поверхности выбранной детали формировали покрытие на основе хромсодержащей стали и алюминиевого сплава путем нагрева до плавления в электрической дуге двух проволок и их распыления продуктами сгорания пропано-воздушной смеси, движущимися со сверхзвуковой скоростью, осаждения в виде покрытия расплавленного материала на рабочей поверхности. Подготовка поверхности под нанесение покрытия осуществлялась в виде струйно-абразивной обработки дробленой чугуновой крошкой ДЧК 1,8 ГОСТ 11964-81 с размером частиц 1,0–1,8 мм. Толщина покрытия 1,1 – 1,2 мм. Обработку покрытия осуществляли шлифованием кругом КЗ зернистостью М40, твердостью СМ1-СТ1 и следующими режимами: скорость круга 28–30 м/с; поперечная подача 0,016–0,006 мм/дв.ход (0,016 – при предварительном шлифовании; 0,006 – при чистовом).

Покрытие наносили с использованием установки для электродуговой металлизации АДМ-10. При этом, в качестве хромсодержащей стальной проволоки использовали проволочную сталь 40X13 с содержанием хрома 13 масс.% диаметром 2 мм, а в качестве второй алюминиевый сплав АК12 с

содержанием алюминия более 84 масс.%, диаметром из расчета по выражению (1), т.е. равным 1,4 мм (при этом $k=1,42$). Режим напыления: давление пропан-бутановой смеси 0,37 МПа, давление сжатого воздуха 0,35 МПа, напряжении на дуге 30 В, ток дуги 170 А.

Испытания детали узла трения скольжения проводились в течение 100 часов наработки, с промежуточными визуальными осмотрами и измерением интенсивности линейного изнашивания напыленных покрытий. Установлено, что износостойкость покрытия напыленного по заявляемому способу на 15-25 % выше износостойкости покрытий, напыленных известными способами. Также отмечено, что твердость заявленного покрытия выше. Это связано с пониженным удельным объемом алюминиевых частиц в заявленном покрытии. Необходимо отметить, что покрытие из псевдосплава обладает повышенной коррозионной стойкостью по сравнению с покрытием из одной стали.

Источники информации

1. Способ получения газотермических покрытий из порошковых проволок: пат. №RU 2 394 936С2, МПК С23С 4/04, С23С 4/18 / А.К. Кычкин, Г.Г. Винокуров, Н.Ф. Стручков; заявитель ООО «Центр трансферта технологий» – №2008140238/02, заявл. 09.10.2008; опубл: 20.07.2010 Бюл № 20.

2. Способ плазменного напыления износостойких покрытий: пат. RU2 462 533С2, МПК С23С 4/10, С23С 4/12 / В. И. Кузмин, А.А. Михальченко, Е.В. Картаев, Н.А. Руденская, Н.В. Соколов; заявитель ИТПМ СО РАН – № 2011116526/02; заявл. 26.04.2011; опубл. 27.09.2012 Бюл. №27.

3. Способ нанесения износостойкого покрытия на металлическую подложку: пат. № 20975, С23С4/123, В05D7/00 / М. А. Белоцерковский, А. А. Дюжев, А. С. Прядко, А. Е. Черепко, А. В. Сосновский; заявитель ОИМ НАН Беларуси –№ а20140295; заявл. 23.05.2014опубл. 30.04.2017.

4. Способ получения покрытия гиперзвуковой металлизацией: пат. ВУ№22381, В05В 7/20, С23С 4/00 / М.А. Белоцерковский, А.В. Сосновский, Н.Ф. Соловей, А.И. Камко; заявитель ОИМ НАН Беларуси – № а20170327; заявл. 05.09.2017; опубл. 28.02.2019.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ упрочнения детали узла трения скольжения, включающий формирование на рабочей поверхности детали покрытия на основе хромсодержащих сталей и алюминиевых сплавов путем нагрева до плавления в электрической дуге двух проволок и их последующего распыления продуктами сгорания пропано-воздушной смеси, движущимися со сверхзвуковой скоростью, осаждение в виде покрытия расплавленного материала на рабочей поверхности детали, механическую обработку покрытия, *отличающийся тем, что* в качестве материала одной проволоки используют хромсодержащую сталь с содержанием хрома до 25 масс. %, а в качестве другой проволоки используют алюминиевый сплав с содержанием алюминия не менее 80 масс. %, причем ее диаметр выбирают в зависимости от количества хрома в хромсодержащей стальной проволоке, используя следующее выражение:

$$D_2 = D_1 / k, \text{ мм}$$

где D_1 – диаметр хромсодержащей стальной проволоки, мм; D_2 – диаметр проволоки алюминиевого сплава, мм; k – коэффициент, зависящий от содержания хрома в стальной проволоке.

$$k = 1,51 - 0,53 * 0,87^x,$$

где, x – содержание хрома в стальной проволоке, масс. %.

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

(статья 15(3) ЕАПК и правило 42 Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

202000055**А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ:**

C23C 4/04 (2006.01)
C23C 4/08 (2016.01)
C23C 4/131 (2016.01)

Согласно Международной патентной классификации (МПК)

Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:

Просмотренная документация (система классификации и индексы МПК)
 C23C 4/00 – 4/12, 4/129, 4/131, 4/18, B05B7/16 -7/20

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
 ESP@CENET, PAJ, RUPTO, USPTO, WIPO, GOOGLE, ЕАПАТИС

В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	EA 032173 B1(ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ") 2019-04-30, весь документ	1
A	CN 101250683 A (WUHAN RESEARCH INSTITUTE OF MATERIALS PROTECTION) 2008-08-27, весь документ	1
A	US 6001426 A (UTRON INC) 1999-12-14, весь документ	
A	US 2004124256 A1 (ITSUKAICHI TSUYOSHI и др.) 2004-07-01, весь документ	1
A	RU 2641427 C1 (ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ АГРОИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ВИМ") 2018-01-17, весь документ	1

 последующие документы указаны в продолжении

* Особые категории ссылочных документов:

«А» - документ, определяющий общий уровень техники
 «D» - документ, приведенный в евразийской заявке
 «E» - более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее
 «O» - документ, относящийся к устному раскрытию, экспонированию и т.д.
 "P" - документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета"

«Т» - более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения
 «X» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности
 «Y» - документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории
 «&» - документ, являющийся патентом-аналогом
 «L» - документ, приведенный в других целях

Дата проведения патентного поиска: **04/06/2020**

Уполномоченное лицо:
 Начальник Отдела механики, физики и электротехники


 Д.Ф.Крылов