

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 24468

(13) С1

(45) 2024.12.20

(51) МПК

C 23C 4/06

(2016.01)

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ
НА УПРОЧНЯЕМОЙ ИЛИ ВОССТАНАВЛИВАЕМОЙ
ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ**

(21) Номер заявки: а 20220159

(22) 2022.06.14

(43) 2024.02.28

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

(72) Авторы: Белоцерковский Марат Артемович; Кукареко Владимир Аркадьевич; Сосновский Алексей Валерьевич; Григорчик Александр Николаевич (ВУ)

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

(56) БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ М.А. и др. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации. Инновации в машиностроении, международная научно-техническая конференция. Минск, 2008, с. 479-484.

ВУ 23212 С1, 2020.

ВУ 20946 С1, 2017.

ВУ 9465 С1, 2007.

RU 2211257 С1, 2003.

SU 1123744 А, 1984.

US 6245390 В1, 2001.

(57)

Способ получения износостойкого покрытия на упрочняемой или восстанавливаемой поверхности детали, при котором в электрической дуге, напряжение которой составляет от 35 до 38 В, нагревают до плавления проволочный материал и распыляют его струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси или азота, истекающей с гиперзвуковой скоростью через сопло Лавала из камеры микрофакельного горения, в которую подают пропан и воздух или азот, и осаждают распыленные частицы на упрочняемую или восстанавливаемую поверхность детали, причем в качестве проволочного материала используют сплавы на основе титана, или магния, или циркония.

Изобретение относится к технологии получения износостойких покрытий на различные детали машин и механизмов и может быть использовано в авиационно-космической отрасли, медицине, машиностроении, инструментальной промышленности, судостроении, станкостроении и металлургической промышленности. Покрытия с нитридом титана обладают высокой прочностью, твердостью и износостойкостью в условиях жесткого адгезионного взаимодействия и в среде различных смазочных материалов.

Известен способ высокоскоростного газотермического напыления, реализованный в устройствах [1, 2], включающий подачу в образованную за счет сжигания в камере внут-

ВУ 24468 С1 2024.12.20

ренного сгорания при определенных условиях различных углеводородных топлив высокоэнергетическую струю присадочного порошкового или проволочного материала, разгон и нагрев частиц материала в струе, осаждение частиц на упрочняемую или восстанавливаемую поверхность, механическую обработку. При этом в качестве присадочного материала могут быть использованы любые литые или композиционные проволоки.

Недостатками известного способа являются необходимость использования дорогостоящих порошков, а также его низкая производительность, обусловленная использованием одной струи продуктов горения углеводородных топлив, как для нагрева напыляемого материала, так и для его разгона. Известно, что максимально достижимая температура струи обеспечивается при сгорании ацетилена в кислороде и составляет на начальном участке около 3100 °С. При скорости струи более 300-500 м/с можно обеспечить прогрев до плавления только небольшого количества порошка (не более 4 кг/ч) либо легкоплавких проволок, таких как цинк, алюминий, баббит и др.

Наиболее близким по совокупности существенных признаков к заявляемому является способ гиперзвуковой металлизации поверхности детали [3], включающий нагрев до плавления в электрической дуге проволочных материалов и их распыление струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси, истекающей с гиперзвуковой скоростью через сопло Лавала из камеры микрофакельного горения, в которую подают из независимых источников пропан и воздух на горение и на охлаждение камеры, осаждение частиц распыленных проволок на упрочняемой или восстанавливаемой поверхности, механическую обработку. В качестве присадочного материала могут использоваться стальные проволоки мартенситного класса, такие как 40X13, 95X18 и др. Напряжение в электрической дуге составляет 30-32 В.

Недостатком этого способа является то, что в качестве присадочных материалов используются металлические проволоки мартенситного класса, не позволяющие получить твердость покрытий выше 700-800 HV. При этом получаемые покрытия не позволяют обеспечить высокую износостойкость, эквивалентную керамическим покрытиям в условиях интенсивного изнашивания.

Для решения поставленной задачи в способе получения износостойкого покрытия на упрочняемой или восстанавливаемой поверхности детали, состоящем из нагрева до плавления в электрической дуге проволочных материалов и их распыления струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси или азота, истекающей с гиперзвуковой скоростью через сопло Лавала из камеры микрофакельного горения, в которую подают из независимых источников пропан и воздух на горение и на охлаждение камеры, осаждение частиц распыленных проволок на упрочняемой или восстанавливаемой поверхности, согласно изобретению, в качестве проволочного материала используют сплавы на основе титана, или магния, или циркония, при этом напряжение в электрической дуге выбирают в диапазоне от 35 до 38 В.

Как известно, большую часть продуктов сгорания пропано-воздушной смеси ($\approx 75\%$) составляет азот. Соответственно, при контакте продуктов сгорания пропано-воздушной смеси с расплавами металлов, активно взаимодействующих с азотом, происходит образование нитридов. Было установлено, что при определенном напряжении электрической дуги в зоне плавления проволочных материалов происходит интенсивная ионизация и диссоциация молекул азота, что активизирует процессы образования нитрида в поверхностных слоях расплавленных капель распыленного проволочного материала. Механизм интенсификации процессов диссоциации молекул азота при увеличении напряжения в электростатической дуге связан с особенностями природы электрической искры, в которой за короткий промежуток времени выделяется энергия, резко повышающая температуру искрового канала и, соответственно, интенсификацию ионизационных процессов. При этом образующиеся нитриды обладают высокой твердостью, и, соответственно, их содержание в напыленном покрытии приведет к значительному увеличению износостойкости.

Анализируя экспериментальные данные, полученные при распылении проволочного материала в электрической дуге с повышенной степенью ионизации, было установлено, что наибольшее количество нитридов образуется при напряжении дуги в диапазоне от 35 до 38 В. Чем более тугоплавкий проволочный материал, тем выше напряжение.

В качестве материалов для распыления используют сплавы на основе титана, магния и циркония, так как они активно взаимодействуют с азотом [4].

Пример реализации способа.

Реализацию способа осуществляли при упрочнении матрицы пресс-формы для изготовления кирпичей, изготовленной из термоупрочненной стали Ст 45. Матрица состоит из 4 пластин, на рабочую поверхность которых наносили износостойкое покрытие. Процесс напыления осуществляли с помощью оборудования гиперзвуковой металлизации АДМ-10 [3]. Подготовка поверхности пластин перед напылением осуществлялась в дробеструйной камере. Напыление покрытия осуществлялось путем нагрева до плавления в электрической дуге проволочных материалов титанового сплава марки ОТ-4 диаметром 1,5 мм. Затем расплавленный металл распылялся струей продуктов сгорания пропано-воздушной смеси, истекающей с гиперзвуковой скоростью через сопло Лавалья из камеры микрофакельного горения. При этом в камеру микрофакельного горения подавали из независимых источников пропан и воздух на горение и на охлаждение камеры. Распыляемые частицы расплавленного металла осаждались на упрочняемые поверхности матрицы пресс-формы. Толщина напыляемого покрытия составляла 1 мм, при этом напряжение электрической дуги выбирали 37 В.

Напыление покрытия осуществляли при давлении распыляющих газов 0,3 МПа. Микротвердость напыленного покрытия составила 1650-1720 НВ.

Эксплуатационные испытания упрочненной матрицы показали, что ее износостойкость выросла в 3,5 раза по сравнению со стандартной матрицей, изготовленной из термообработанной стали Ст 45, закаленной до твердости 450-500 НВ.

Источники информации:

1. US 4384434, 1983.
2. US 5120582, 1992.
3. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ М.А. и др. Технологические особенности и области использования гиперзвуковой металлизации. Инновации в машиностроении: Сборник научн. трудов. Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2008, с. 479-484.
4. ЛУЧИНСКИЙ Г.П. Химия титана. Москва: Химия, 1971, 472 с.