

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **23257**

(13) **С1**

(46) **2020.12.30**

(51) МПК

C 23C 4/08 (2016.01)

C 23C 28/00 (2006.01)

(54)

**СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО
КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ
ПОДЛОЖКУ ЗАГОТОВКИ**

(21) Номер заявки: а 20190142

(22) 2019.05.14

(43) 2020.12.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Калиниченко Мария Львовна; Калиниченко Владислав Александрович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) ШЕЛЕГ В.К. и др. Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. - Вып. 31. - Минск: БНТУ, 2018. - С. 105-115.

ВУ 2560 С1, 1998.

RU 2215821 С2, 2003.

RU 2191218 С2, 2002.

SU 1280912 А, 1997.

(57)

Способ нанесения износостойкого композиционного покрытия на металлическую подложку заготовки, при котором на металлической подложке осуществляют лазерную наплавку валиков из порошка износостойкого сплава, располагая их в продольных и поперечных направлениях с шагом 0,5-15,0 мм и толщиной 0,5-1,5 мм, образуя при этом на поверхности металлической подложки заготовки ячейки, которые заполняют порошком из бронзы, или латуни, или силумина фракции 500-1000 мкм на высоту, превышающую высоту валиков в 1,5 раза и более, затем проводят индукционный нагрев до температуры, достаточной для полного расплавления упомянутого порошка и не вызывающей оплавления металлической подложки, выдерживают заготовку до кристаллизации наплавленного покрытия, после чего ее охлаждают.

Изобретение относится к области машиностроения, металлургии и может быть использовано для получения изделий с упрочненной рабочей поверхностью, в частности для получения композиционных покрытий на железоуглеродистых, никелевых или сходных металлах и сплавах.

Известен способ получения износостойкого покрытия [1], включающий нанесение металлического покрытия на подготовленную поверхность, нагрев поверхностного слоя изделия и нанесенного покрытия концентрированным источником энергии.

Недостатками способа являются его длительность, повышенные энергетические затраты при незначительной толщине покрытия.

Известен способ получения композиционного покрытия [2], включающий подготовку рабочей поверхности изделия путем пластического деформирования, последующего ла-

зерного оплавления и дробеструйной очистки, плазменное послойное напыление покрытия из самофлюсующихся сплавов и его оплавление с выдержкой в расплавленном состоянии.

Недостаток способа заключается в его трудоемкости, наличии большого числа различных технологических операций, требующих регламентированного соблюдения параметров процесса.

Наибольшее распространение имеет способ получения композиционного защитного покрытия из разнородных материалов, включающий сочетание различных способов нанесения покрытий [3], который сочетает в себе как методы подготовки поверхности, связанные с ее пластической деформацией, так и высокоэнергетические способы создания упрочненных покрытий на подготовленной поверхности методами лазерной и термонаплавки.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности является способ создания двухслойного мультимодального покрытия из валиков на основе никеля ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01 [4]. Сущность состоит в наплавке параллельных валиков на основе никелевого покрытия и бронзы методами лазерной наплавки либо газотермическим напылением. При этом по сечению образца наплавленные дорожки располагаются в шахматном порядке.

Недостатком данного способа нанесения покрытий является наличие избыточных деформаций в материале подложки в результате резких высокоэнергетических воздействий на единицу площади в единицу времени (до 1 кВт на 1 мм²). К тому же в силу высокой скоротечности процесса наблюдаются слабая адгезия между наносимыми материалами, а также наличие высоких концентраторов напряжений (между дорожками из нанесенных материалов, обладающих различной плотностью), что негативно сказывается на эксплуатационных свойствах изделий, полученных данным способом, вплоть до полного разрушения крупногабаритных изделий, созданных вышеупомянутым методом.

Целью заявленного изобретения является улучшение структуры и повышение качества нанесенных композиционных слоев и покрытий методами высокоэнергетического воздействия для повышения механических свойств поверхности триботехнических пар, снижение энергоемкости и трудоемкости.

Сущность изобретения достигается в способе нанесения износостойкого композиционного покрытия на металлическую подложку заготовки, при котором на металлической подложке осуществляют лазерную наплавку валиков из порошка износостойкого сплава, располагая их в продольных и поперечных направлениях с шагом 0,5-15,0 мм и толщиной 0,5-1,5 мм, образуя при этом на поверхности металлической подложки заготовки ячейки, которые заполняют порошком из бронзы, или латуни, или силумина фракции 500-1000 мкм на высоту, превышающую высоту валиков в 1,5 раза и более, затем проводят индукционный нагрев до температуры, достаточной для полного расплавления упомянутого порошка и не вызывающей оплавления металлической подложки, выдерживают заготовку до кристаллизации наплавленного покрытия, после чего его охлаждают.

Реализация способа с указанной последовательностью операций обеспечивает достижение поставленной задачи за счет следующих эффектов:

на металлической подложке осуществляют лазерную наплавку валиков на основе износостойких сплавов в продольных и поперечных направлениях с шагом 0,5-15 мм и толщиной 0,5-1,5 мм, что приводит к образованию ячеек, которые заполняют металлическим порошком, где в качестве металлического порошка используется бронза, латунь, силумины, сходные цветные металлы и сплавы с фракцией 500-1000 мкм;

проводится подготовка поверхности, включающая в себя очистку от окислов, вызванных лазерным наплавлением, с помощью растворов кислот, сушку и нанесение на поверхность флюсующих составов, выбранных в зависимости от порошка заполнителя;

BY 23257 C1 2020.12.30

проводится заполнение ячеек выбранным металлическим порошковым составом на высоту, превышающую высоту валиков в 1,5 раза и более;

подготовленная вышеупомянутым способом металлическая подложка подвергается индукционному нагреву с заданной мощностью и температурой, достаточной для полного расплавления металлического порошка засыпки, до обеспечения образования однородного слоя покрытия, но без проплавления материала основы, для обеспечения монолитного сплавления композиционного покрытия с основой заготовки и валиками и снятия напряжений, полученных в результате высокоскоростной лазерной обработки;

по завершении процесса производится отключение индукционного нагрева и происходит выдержка заготовки до момента кристаллизации наплавленного покрытия. По окончании процесса кристаллизации и охлаждения до 300-400 °С заготовка изымается из индуктора для последующего охлаждения на воздухе.

Пределы толщины валиков 0,5-1,5 мм выбраны из условия обеспечения возможного износа изделия и припуска на механическую обработку.

Заявляемая выдержка покрытия при индукционном нагреве необходима для полного протекания процесса спекания порошка и диффузионного соединения с материалом валика и основы изделия, а также для снятия внутренних напряжений, полученных в результате лазерного нагрева.

Пример.

Способ получения композиционного износостойкого покрытия на стальной подложке на основе бронзы осуществляли следующим образом. На образцы стали 45 методом лазерной наплавки наносили валики из порошка железоникелевого сплава. Лазерную наплавку производили на технологическом комплексе на базе CO₂-лазера непрерывного действия типа "Комета" мощностью 1,0 кВт и координатного стола с системой ЧПУ "РУХ-5,0". Валики наносили с шагом от 3 мм.

На втором этапе в ячейки, образованные валиками, засыпали бронзовый порошок марки БрКМЦ 3-1 фракции 05-0,8 мм на всю толщину валика 1,0 мм. Затем проводили его оплавление с помощью индукционного нагрева. Нагрев осуществляли на инверторной установке ИМ 30-8-50 мощностью 30 кВт и частотой от 8 до 50 кГц. Выдержку при температуре нагрева в расплавленном состоянии осуществляли до 30 с с последующим охлаждением на воздухе.

Параметры получения композиционных покрытий по известному и предлагаемому способам приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры получения композиционных покрытий на сталь 45

№ п/п	Способ получения покрытия	Толщина валиков d, мм	Шаг валиков t, мм	Средний размер частиц порошка бронзы, мкм	Время выдержки, с	Температура индукционного нагрева T, °С	Наличие пористости
1	Известный	0,5	3,0	750	-	-	-
2	-//-	1,0	5,0	760	-	-	имеется
3	Предлагаемый	0,5	3,0	730	10	1000	
4	-//-	1,0	3,0	750	10	1000	-
5	-//-	0,5	5,0	760	10	1000	-
6	-//-	1,5	3,0	750	15	1050	-
7	-//-	1,0	10,0	740	15	1050	-
8	-//-	0,5	15,0	740	15	1050	-
9	-//-	1,0	2,0	730	25	1100	имеется
10	-//-	1,5	2,0	760	25	1100	имеется
11	-//-	1,5	20,0	760	25	1100	имеется

ВУ 23257 С1 2020.12.30

Получение композиционного покрытия с параллельными валиками без индукционного нагрева приводит к формированию неравномерной структуры с отдельными порами.

Нанесение валиков вдоль и поперек рабочей поверхности с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно засыпанного в образованные стенками валиков ячейки, позволяет повысить качество покрытия за счет повышения механических свойств, более равномерного распределения металлического порошка и лучшего сцепления с основой образца. Нанесение валиков с небольшим шагом менее 3,0 мм (шаг 2,0 мм № 9, 10 в табл. 1) не позволяет избежать пористости из-за некачественного заполнения углубления порошком бронзы. Использование шага валиков больше заявленных значений (шаг 20,0 мм, № 11) существенно не повышает механические свойства композиционного покрытия по сравнению со свойствами покрытия, полученного известным способом.

Изучение микроструктуры композиционных покрытий, полученных известным и предлагаемым способами, показало, что микроструктура и микротвердость изменяются незначительно. Однако структура в предлагаемом способе более равномерная.

Использование предлагаемого способа позволяет заметно повысить механические свойства покрытия при минимальном расходе порошка бронзы за счет более равномерного распределения порошка и улучшения сцепления с материалом валиков. Механические свойства композиционного покрытия, полученного известным и предлагаемым способами, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства композиционного покрытия на основе бронзы*

№ п/п	Способ получения композиционного покрытия	Механические свойства		Плотность, г/см ³
		Предел прочности на сжатие, МПа	Микротвердость, МПа	
Известный способ				
1	t = 0,5 мм	270	1740	2,676
2	t = 1,0 мм	260	1700	2,682
Предложенный способ				
3	t = 0,5 мм	310	1895	2,692
4	t = 0,5 мм	280	1888	2,690
5	t = 20,0 мм	260	1700	2,682

t - шаг валиков, мм (в № 3-5, при диаметре валиков 0,5 мм).

Как видно из табл. 2, механические свойства покрытия при изготовлении по предлагаемому способу возрастают: предел прочности до 25 % с одновременным повышением плотности, снятием внутренних напряжений после лазерной наплавки и увеличением адгезивной прочности сцепления и увеличения износостойкости покрытия. Эффект измельчения структурных составляющих устойчиво сохраняется при всех температурах эксплуатации композиционных покрытий ниже температуры рекристаллизации.

Предлагаемый способ применяется во всех типах трущихся пар, узлов и механизмов, работающих под нагрузкой с наличием или при отсутствии смазывающего материала, и позволяет повысить качество композиционного покрытия благодаря более высокой дисперсности и однородности его структуры.

Источники информации:

1. Патент РФ 2215821, МПК С 23С 26/00, В 23К 26/00, 2003.
2. Патент РБ 2560, МПК С 23С 4/08, 1998.
3. Радченко Т.Б., Хомутов О.И. Вопросы теории и практики комбинированных защитных покрытий с использованием электронных пучков в вакууме // Ползуновский альманах: Сб. науч. трудов: АлтГТУ. - № 3. - Барнаул: АГТУ. - 1999. - С.69-73.

ВУ 23257 С1 2020.12.30

4. Шелег В.К., Кардаполова М.А., Луцко Н.И., Лапковский А.С. Особенности изнашивания мультимодальных покрытий, получаемых лазерной наплавкой и комбинированными методами. (Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов: Сб. научных трудов. - Выпуск 31/Редколлегия: В.К. Шелег (гл. ред.) и др. -Минск: БИТУ, 2018. - С. 105-115.