

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **22833**

(13) **С1**

(46) **2020.02.28**

(51) МПК

**В 23К 26/00** (2014.01)

(54) **СПОСОБ ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ  
ИЗ АЛЮМИНИЯ**

(21) Номер заявки: а 20180354

(22) 2018.07.19

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

(72) Авторы: Девойно Олег Георгиевич; Кардаполова Маргарита Анатольевна; Дьяченко Ольга Владимировна; Серякова Ольга Вячеславовна; Погудо Екатерина Владимировна (ВУ)

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

(56) РОМАНЕНКО В.И. и др. Трение и износ. - 1995. - Т. 16. - № 3. - С. 555-562.

RU 2009809 С1, 1994.

SU 1400126 А1, 2013.

SU 1816621 А1, 1993.

US 4451302, 1984.

JP 2015-63715 А.

ВОЛЧОК И.П. и др. Литье и металлургия. - 2010. - Т. 57. - № 3. - С. 30-32.

(57)

Способ поверхностного упрочнения изделия из алюминия, при котором наносят на поверхность изделия легирующую обмазку и осуществляют оплавление упомянутой поверхности лазерным излучением, **отличающийся** тем, что используют легирующую обмазку, состоящую из порошка бориды железа FeB и нитроцеллюлозного клея.

Изобретение относится к технологии поверхностного упрочнения, в частности к технологии нанесения защитных износостойких покрытий лазерной наплавкой, и может быть использовано в машиностроении для упрочнения изделия из алюминия, работающего в условиях интенсивного изнашивания.

Известен способ для лазерного легирования алюминиевых сплавов, включающий нанесение на поверхность легирующей обмазки и последующее проплавление лучом лазера, где в качестве активных компонентов легирующей обмазки используется дисилицид кобальта  $CoSi_2$ , дисилицид никеля  $NiSi_2$  [1]. Указанный способ обеспечивает повышение физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий.

Однако данный способ применим только для упрочнения алюминиевых сплавов. При использовании данного способа для упрочнения изделия из алюминия наблюдается высокая пористость покрытия. Приведенный состав также не позволяет обеспечивать большую глубину упрочненного слоя.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является способ для лазерного легирования алюминия и алюминиевых сплавов, включающий нанесение на поверхность легирующей обмазки и последующее проплавление лучом лазера, где в качестве активных компонентов легирующей обмазки используется никель Ni, хром Cr, медь Cu в соотношении 2, 4, 94 мас. % соответственно [2]. Указанный способ обеспечивает повышение физико-механических и эксплуатационных свойств покрытий.

Недостатком способа является малая глубина легированного слоя, а также невысокая микротвердость покрытий, что отрицательно сказывается на износостойкости упрочненного слоя.

Задача, решаемая изобретением, - повышение износостойкости при сохранении требуемой пластичности изделия из алюминия.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе поверхностного упрочнения изделия, при котором наносят на поверхность изделия легирующую обмазку и осуществляют оплавление упомянутой поверхности лазерным излучением, где в качестве легирующей обмазки используется борид железа FeB, включающей в себя в качестве связующего нитроцеллюлозный клей.

Использование предлагаемого способа для лазерного легирования изделия из алюминия обеспечивает достижение поставленной задачи изобретения за счет следующих эффектов.

Для снятия высокопрочной пленки оксида алюминия  $Al_2O_3$  перед нанесением обмазки производят обработку поверхности плавиковой кислотой, что позволяет избежать расхода энергии лазерного луча на разрыв оксидной пленки и, как следствие, увеличить глубину проплава на 20 %.

Легирование боридом железа под действием лазерного луча приводит к значительному увеличению количества упрочняющей фазы.

Частично железо легирует твердый раствор на основе алюминия, повышая его твердость, частично остается в виде FeB или переходит при больших температурах лазерной обработки в  $Fe_2B$ . Часть бора освобождается и реагирует с алюминием, образуя  $AlB_2$ .

### **Пример.**

Поверхность образцов изделия из алюминия марки А 95 ГОСТ 11069-2001 диаметром 20 мм и толщиной 15 мм перед нанесением обмазки обработали плавиковой кислотой, затем с помощью кисточки нанесли состав для лазерного легирования. Обмазка состояла из порошка борида железа FeB ГОСТ 14848-69 Ферробор с небольшим количеством связующего в виде 3 %-ного клея "БФ-2" в ацетоне. Данную композицию нанесли на поверхность кистью и выдержали на воздухе при комнатной температуре 1 ч для полного удаления растворителя из клеевого слоя. Состав для лазерного легирования изделия из алюминия нанесли толщиной 100 мкм. Толщину замерили толщиномером МТ-40НЦ.

После высыхания поверхность образцов вместе с обмазкой оплавляли излучением  $CO_2$  - лазера на лазерной установке непрерывного действия "Комета-2" мощностью  $N = 1000$  Вт. Режимы обработки: диаметр луча от 1 до 2 мм, скорость перемещения луча от 500 до 1000 мм/мин, коэффициент перекрытия равен 1.

Оценку износостойкости провели на машине торцового трения при следующих режимах и условиях:  $p = 3$  МПа,  $V = 4$  м/с, время испытаний 3 ч, среда - масло индустриальное 20, контртело - трубка из твердого сплава ВСНГН - 85. Оценку величины износа провели на профилографе-профилометре модели 252 по глубине вытертой канавки.

Результаты испытаний способа для поверхностного упрочнения изделия из алюминия приведены в табл. 1

С увеличением скорости перемещения луча лазера микротвердость упрочненного слоя увеличивается, т.к. структура становится более метастабильной, но уменьшается глубина проплава. С увеличением диаметра лазерного луча от 1 до 2 мм микротвердость и глубина проплава также уменьшаются, но увеличивается износостойкость в 1,2-1,5 раза. Это объясняется тем, что скорость охлаждения увеличивается и структура в поверхностных слоях становится более метастабильной, но с пониженной глубиной проплава по сравнению с обработкой при диаметре 1 мм. Данная микротвердость определяется микротвердостью образовавшихся при воздействии лазерного луча фаз, что положительно сказывается на износостойкости полученного покрытия.

Таблица 1

## Результаты испытаний образцов после поверхностного упрочнения изделия из алюминия боридом железа FeB

Режимы обработки		Толщина обмазки, мм	Глубина проплавления, мкм	Микротвердость, $H_{\mu 100}$ , ГПа	Величина износ при сухом трении, мкм	Величина износа при трении со смазкой, мкм
Скорость перемещения луча V, мм/мин	Диаметр луча d, мм					
500	1	100	250	8,5	12	6
1000	1	- " -	210	10,3	10	5
500	2	- " -	190	7,9	9	4,5
1000	2	- " -	183	7,4	8	4
Прототип		- " -	150	6,2	16	7
Чистый алюминий		-	75	1,37	84	42

Рентгеновский анализ показал, что упрочненный слой состоит из твердого раствора алюминия, боридов алюминия и боридов железа (табл. 2). В результате метастабильной кристаллизации в процессе лазерного легирования произошло легирование твердого раствора алюминия железом, а также образование высокотвердых включений  $AlB_2$ , FeB,  $Fe_2B$ , что и позволило повысить износостойкость поверхностного слоя.

Таблица 2

## Результаты рентгеноструктурного анализа после легирования

Наименование фазы	Количество линий	Концентрация фазы, %
Al	10	69,8
$AlB_2$	3	17,2
FeB	10	6,7
$Fe_2B$	4	6,3

Источники информации:

1. Астапчик С.А., Голубев В.С., Маклаков А.Г., Чеботько И.С. Весці АН БССР. - 1998. - Т. 71. - № 1. - С. 112-115.
2. Романенко В.И., Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Панич Г.Г. Трение и износ. -1995. - Т. 16. - № 3. - С. 555-562.