



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B23K 26/342 (2019.05); C23C 24/08 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018144902, 17.12.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.12.2018

Дата регистрации:
04.07.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.12.2018

(45) Опубликовано: 04.07.2019 Бюл. № 19

Адрес для переписки:

170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, 22, ТвГТУ,
отдел защиты интеллектуальной
собственности, Стригина В.А.

(72) Автор(ы):

Афанасьева Людмила Евгеньевна (RU),
Раткевич Герман Вячеславович (RU),
Новоселова Марина Вячеславовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Тверской государственный
технический университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: ГРИГОРЬЯНЦ А.Г. и др.
"Технологические процессы лазерной
обработки", М., МГТУ им. Н.Э.Баумана,
2006, с.334-337. RU 2618013 C1, 02.05.2017. RU
2611738 C2, 28.02.2017. RU 2107600 C1,
27.03.1998. CN 104451672 A, 25.03.2015. JP
57063679 A, 17.04.1982. CN 1142794 A,
12.02.1997.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу получения износостойкого покрытия. Способ включает нанесение порошкового материала на обрабатываемую поверхность и последующую лазерную наплавку. Дополнительно осуществляют повторное плавление нанесенного покрытия непрерывным лазерным излучением на глубину 100...400 мкм при мощности лазерного излучения 2,0...2,3 кВт, при скорости перемещения лазерного луча по наплавляемой

поверхности 10...15 мм/с, при диаметре пятна 6...8 мм до формирования высокодисперсной дендритно-ячеистой структуры. Плавление нанесенного покрытия лазерным излучением осуществляют с помощью многоканального лазера с перекрытием дорожек 10...15%. Техническим результатом заявленного изобретения является повышение абразивной износостойкости наплавленного покрытия. 1 з.п. ф-лы, 1 ил., 3 табл., 3 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B23K 26/342 (2019.05); C23C 24/08 (2019.05)

(21)(22) Application: **2018144902**, 17.12.2018

(24) Effective date for property rights:
17.12.2018

Registration date:
04.07.2019

Priority:

(22) Date of filing: 17.12.2018

(45) Date of publication: 04.07.2019 Bull. № 19

Mail address:

170026, g. Tver, nab. A. Nikitina, 22, TvGTU, otdel
zashchity intellektualnoj sobstvennosti, Strigina
V.A.

(72) Inventor(s):

Afanaseva Lyudmila Evgenevna (RU),
Ratkevich German Vyacheslavovich (RU),
Novoselova Marina Vyacheslavovna (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Tverskoj gosudarstvennyj
tehnicheskij universitet" (RU)

(54) **METHOD OF PRODUCING A WEAR-RESISTANT COATING**

(57) Abstract:

FIELD: technological processes.

SUBSTANCE: invention relates to a method of producing a wear-resistant coating. Proposed method comprises application of powder material on machined surface and subsequent laser facing. Additionally, the applied coating is re-melted by continuous laser radiation at depth of 100...400 mcm at laser radiation power 2.0...2.3 kW, at speed of laser beam movement

along surfaced surface 10...15 mm/s, with spot diameter 6...8 mm to form a finely dispersed dendrite-cellular structure. Melted coating by laser radiation is carried out using a multichannel laser with overlapping tracks 10...15 %.

EFFECT: increased abrasive wear resistance of built-up coating.

1 cl, 1 dwg, 3 tbl, 3 ex

Изобретение относится к металлургии и машиностроению и может быть использовано для повышения абразивной износостойкости деталей и покрытий из никелевых сплавов.

Известен способ гибридной технологии нанесения покрытия, сочетающий в себе плазменное напыление порошка системы NiCrBSi и последующее лазерное плавление (Serres, N., Hlawka, F., Costil, S., Langlade, C., Machi, F. Microstructures of metallic NiCrBSi coatings manufactured via hybrid plasma spray and in situ laser remelting process // Journal of thermal spray technology. 2011. V. 20. №1-2. P. 336-343.). Последующее плавление лазерным лучом нанесенного покрытия состава NiCrBSi позволяет устранить ряд дефектов, возникающих при напылении.

К недостаткам данного способа следует отнести пористость, низкую прочность соединения покрытия с основой при плазменном напылении порошка, не определено влияние параметров микроструктуры покрытия системы NiCrBSi на абразивную износостойкость.

Наиболее близким по технической сущности является способ получения износостойкого покрытия (Григорьянц А.Г. Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. М: МГТУ, 2006. С. 334-337), включающий предварительное нанесение порошка системы NiCrBSi на обрабатываемую поверхность путем насыпания, выравнивание слоя порошка по толщине и последующее его плавление лазерным лучом с минимальным проплавлением подложки.

Недостатком данного способа является сложность одновременного получения бездефектного покрытия и высоких функциональных свойств наплавленного металла.

Технической проблемой, на решение которой направлено изобретение, является разработка способа получения износостойкого покрытия с формированием высокодисперсной дендритно-ячеистой структуры.

Техническим результатом заявленного изобретения является повышение абразивной износостойкости наплавленного покрытия.

Поставленная проблема и указанный технический результат достигаются тем, что способ получения износостойкого покрытия включает нанесение порошкового материала на обрабатываемую поверхность и последующую лазерную наплавку.

Согласно изобретению дополнительно осуществляют повторное плавление нанесенного покрытия непрерывным лазерным излучением на глубину 100...400 мкм при мощности лазерного излучения 2,0...2,3 кВт, при скорости перемещения лазерного луча по наплавленной поверхности 10...15 мм/с, при диаметре пятна 6...8 мм до формирования высокодисперсной дендритно-ячеистой структуры. Плавление нанесенного покрытия лазерным излучением осуществляют с помощью многоканального лазера с перекрытием дорожек 10...15%.

Проведение повторного лазерного плавления наплавленного покрытия лазерным излучением позволяет в результате перекристаллизации сплава на глубину 100...400 мкм сформировать дендритно-ячеистую микроструктуру литого металла с меньшим размером дендритного параметра d , что существенно повышает абразивную износостойкость снижая значения характеристик изнашивания поверхности. При глубине расплавления более 400 мкм снижается скорость кристаллизации расплава и формируется более грубая структура с большей величиной дендритного параметра d , износостойкость снижается. Расплавление поверхности покрытия на глубину менее 100 мкм для большинства деталей не эффективно.

Мощность непрерывного излучения лазера 2,0...2,3 кВт обеспечивает расплавление и последующую высокоскоростную кристаллизацию поверхностного слоя покрытия на глубину 100...400 мкм. При мощности излучения лазера менее 2,0 кВт наблюдают

малую глубину расплавленного слоя или процесс плавления поверхности покрытия не происходит, а при мощности более 2,3 кВт - наблюдается расплавление покрытия на большую глубину. При этом скорость кристаллизации расплава снижается, что приводит к формированию более грубой микроструктуры с большим значением дендритного параметра d , а, следовательно, снижается абразивная износостойкость наплавленного покрытия.

Скорость перемещения лазерного луча по поверхности покрытия 10...15 мм/с позволяет получить время экспозиции 0,4...0,6 с, что достаточно для прогрева и расплавления поверхности покрытия на глубину 100...400 мкм. При скорости перемещения лазерного луча по наплаваемой поверхности менее 10 мм/с происходит увеличение времени экспозиции, что снижает скорость кристаллизации расплава и приводит к формированию более грубой микроструктуры с большим значением дендритного параметра. Абразивная износостойкость наплавленного покрытия снижается. При скорости перемещения лазерного луча более 15 мм/с - время экспозиции уменьшается, поверхностный слой не успевает расплавиться или расплавляется на малую глубину.

Диаметр пятна лазерного луча 6...8 мм обеспечивает высокую степень однородности интегрального тепловложения при лазерной обработке и является оптимальным для используемых многоканальных лазеров.

Перекрытие дорожек 10...15% при плавлении поверхности покрытия осуществляли с помощью многоканального лазера, имеющего более однородное распределение плотности мощности в пятне по сравнению с однолучевыми. Плавление поверхности покрытия с перекрытием дорожек более чем 15% менее производительное, а с перекрытием дорожек менее 10% формируется неоднородный по глубине расплавленный слой.

Изобретение поясняется рисунком, где на фиг. представлена графическая зависимость характеристик изнашивания от размера дендритного параметра d .

Сущность изобретения иллюстрируется следующими примерами.

Пример 1

Порошковую наплавку и последующее лазерное плавление выполняли с помощью многоканального (40 лучей) CO_2 -лазера на комплексе модели АЛТКУ-3. Для наплавки использовали самофлюсующийся гранулированный порошок на никелевой основе марки ПГ-19Н-01 с химическим составом, % (масс): 0,3...0,6 С; 3,9...14 Cr; 1,7...2,5 В; 1,2...3,2 Si; 3,2...5,0 Fe; 0,8...1,3 Al, ост. - Ni (ТУ 48-19-383-91). Материалом подложки служила углеродистая конструкционная сталь 30 (ГОСТ 1050-88). Присадочный материал предварительно наносили на поверхность подложки с помощью специального трафарета, выравнивали по толщине и производили его плавление лазерным лучом с перекрытием валиков 30%. Наплавку проводили на следующих режимах: мощность непрерывного излучения лазера - 2,3 кВт, скорость перемещения лазерного луча по наплаваемой поверхности 5 мм/с, диаметр пятна 6 мм. Повторного лазерного плавления полученного покрытия не выполняли. При кристаллизации сплава сформировалась дендритно-ячеистая структура с размером дендритного параметра $d=6,75$ мкм.

Испытание на изнашивание образцов проводили с закрепленным абразив по схеме шар - плоскость. В качестве контробразца использовали стальной сферический наконечник с алмазным напылением. Диаметр наконечника равен 1,6 мм, размер алмазного зерна составлял 40...50 мкм.

К контакту прикладывали нагрузку в 50 г. Тангенциальные возвратно-

поступательные перемещения контробразца осуществлялись электромеханическим приводом с питанием от генератора импульсов с частотой 20 Гц. Каждый образец подвергался испытанию в течение 5,5 часов. Путь трения составлял 4750 м. Рассчитывали стандартные характеристики изнашивания (ГОСТ 27674-88): скорость изнашивания u , линейную I_h и объемную I_V интенсивности изнашивания. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики изнашивания образцов

№ образца	Дендритный параметр d , мкм	u , 10^{-3} мм ³ /ч	I_h , 10^{-9}	I_V , 10^{-15} м ²
1	6,75	8,91	10,10	8,84
2	4,25	3,03	4,69	3,01
3	8,04	11,54	13,00	11,78

Пример 2

Пример осуществлялся аналогично приведенному выше примеру, но после наплавки поверхность покрытия повторно плавил с помощью непрерывного лазерного излучения на следующих режимах: мощность излучения лазера - 2,0 кВт, скорость перемещения лазерного луча по поверхности 10 мм/с, диаметр пятна 6 мм.

В повторно расплавленном слое сформировалась более дисперсная структура сплава с размером дендритного параметра $d=4,25$ мкм. Результаты испытаний на изнашивание образца представлены в таблице 1.

Пример 3

Пример осуществлялся аналогично приведенному выше примеру, но после наплавки поверхность повторно плавил с помощью непрерывного лазерного излучения на следующих режимах: мощность излучения лазера - 2,7 кВт, скорость перемещения лазерного луча по поверхности 10 мм/с, диаметр пятна 6 мм.

Сформировалась структура сплава с размером дендритного параметра $d=8,04$ мкм. Результаты испытаний на изнашивание образца представлены в таблице 1.

Согласно данным таблицы 1, при повторном лазерном плавлении в зависимости от получаемого размера дендритного параметра возможно как повышение, так и снижение абразивной износостойкости покрытия по сравнению с наплавленным металлом.

Параметром микроструктуры, оказывающим определяющее влияние на абразивную износостойкость покрытия, является расстояние между дендритными ветвями второго порядка или дендритный параметр d . Наблюдается линейная зависимость между дендритным параметром d и характеристиками изнашивания (фиг.), уравнение связи можно записать в общем виде: $y=a_1d+a_0$, где y - характеристика изнашивания, a_1 и a_0 параметры уравнения. Значения параметров уравнения и a_0 с доверительными интервалами при доверительной вероятности 0,95 и их стандартные отклонения σ приведены в таблице 2.

Значения линейного коэффициента корреляции между характеристиками изнашивания и дендритным параметром и их стандартные отклонения σ даны в таблице 3.

Коэффициент корреляции, равный единице, означает функциональную зависимость между характеристиками изнашивания и дендритным параметром. Параметры уравнений регрессии и коэффициенты корреляции, приведенные в таблицах 2 и 3, значимы на уровне $p<0,05$.

Таблица 2. Значения параметров уравнения регрессии зависимой переменной (характеристики изнашивания) на независимую переменную (дендритный параметр)

Характеристика, y	a_1	σ_{a1}	a_0	σ_{a0}
$u, 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{ч}$	2,26	0,079	-6,52	0,514
$I_h, 10^{-9}$	2,19	0,021	-4,63	0,138
$I_v, 10^{-15} \text{ м}^2$	2,32	0,013	-6,82	0,087

Таблица 3. Значения линейного коэффициента корреляции между характеристиками изнашивания и дендритным параметром

Характеристика, y	r	σ_r
$u, 10^{-3} \text{ мм}^3/\text{ч}$	0,9994	0,035
$I_h, 10^{-9}$	1,0000	0,010
$I_v, 10^{-15} \text{ м}^2$	1,0000	0,006

Предлагаемое изобретение находится на стадии опытно-промышленных исследований и испытаний.

(57) Формула изобретения

1. Способ получения износостойкого покрытия, включающий нанесение порошкового материала на обрабатываемую поверхность и последующую лазерную наплавку, отличающийся тем, что дополнительно осуществляют повторное плавление нанесенного покрытия непрерывным лазерным излучением на глубину 100...400 мкм при мощности лазерного излучения 2,0...2,3 кВт, скорости перемещения лазерного луча по наплавляемой поверхности 10...15 мм/с и диаметре пятна 6...8 мм до формирования высокодисперсной дендритно-ячеистой структуры.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что плавление нанесенного покрытия непрерывным лазерным излучением осуществляют с помощью многоканального лазера с перекрытием дорожек 10...15%.

Способ получения износостойкого покрытия

Характеристики
изнашивания