

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 23656

(13) С1

(46) 2022.02.28

(51) МПК

В 23К 26/00 (2014.01)

(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ДЕТАЛИ

(21) Номер заявки: а 20200118

(22) 2020.04.16

(43) 2021.12.30

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

(72) Авторы: Девойно Олег Георгиевич; Луцко Николай Иванович; Лапковский Александр Сергеевич; Мешкова Вера Валерьевна (ВУ)

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

(56) RU 2562584 С1, 2015.

ВУ 6599 С1, 2004.

RU 2420610 С1, 2011.

RU 2017105437 А, 2018.

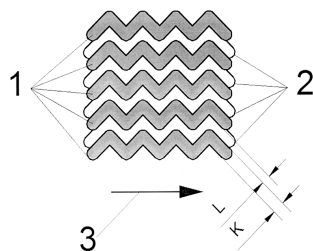
CN 102373467 А, 2012.

CN 108699693 А, 2018.

ДЕВОЙНО О.Г. и др. Периодические свойства двухслойных мультимодальных покрытий из сплава ПГ-12Н-01 и бронзы ПГ-19М-01, получаемых лазерной наплавкой. Инновационные технологии в машиностроении, VIII Международная научно-практическая конференция. Томск, 2017, с. 89-93.

(57)

Способ формирования мультимодального покрытия на поверхности металлической детали, при котором на поверхность детали, помещенной в среду защитного газа, методом коаксиальной лазерной наплавки наносят зигзагообразные валики из твердого износостойкого сплава, разделенные одинаковыми промежутками с шириной, составляющей от 0,5 до 0,7 ширины валиков, при угле между каждым участком валика и общим направлением наплавки, лежащем в пределах от 40 до 50°; затем наносят в указанных промежутках валики из пластичного сплава, ширина которых равна ширине валиков из твердого



Фиг. 1

сплава; при этом коэффициент термического расширения твердого сплава составляет не менее 80 % коэффициента термического расширения пластичного сплава.

Изобретение относится к способу получения мультимодального износостойкого покрытия и может найти применение при восстановлении или упрочнении деталей в различных областях машиностроения.

Известен способ электродуговой наплавки на поверхность металлических изделий [1], при котором перед осуществлением автоматической наплавки в среде защитных газов на наплавляемую поверхность наносят высокоуглеродистый материал в виде волокон, нитей, ткани или сетки. В дальнейшем при осуществлении электродуговой наплавки в покрытии образуются чередующиеся зоны высокоуглеродистого сплава и сплава обычного состава.

Способ достаточно трудоемок, т. к. нанесение сетки из высокоуглеродистого материала занимает много времени. Кроме того, т. к. ванна расплава при электродуговой наплавке имеет большие размеры, а процессы, происходящие в ней, приводят к сильному перемешиванию материалов покрытия и основы, получение регулярного чередования зон с повышенным содержанием углерода весьма проблематично.

Наиболее близким к заявляемому является способ формирования дискретного износостойкого покрытия на детали [2] (прототип), при котором дискретное покрытие наносится методом коаксиальной лазерной наплавки. При этом сначала выполняют наплавку в виде пересекающихся под углом 90° валиков, образующих сетку при их пересечении из пластичного сплава. Затем полученные ячейки заполняют твердым износостойким материалом. Полученное покрытие представляет собой пластичную матрицу, заполненную твердым износостойким материалом, обладающую высокой стойкостью к трещинообразованию.

Главным недостатком прототипа является крайне низкая производительность. Нанесение сетки из пластичного сплава под углом 90° - это две разные операции наплавки. Заполнение ячеек твердым сплавом также является отдельной операцией. Кроме того, все эти операции могут выполняться только последовательно. В узлах сетки из валиков пластичного материала неизбежно получение дефектов покрытия в виде неравномерности высоты и ширины валиков, что усложняет дальнейшую механическую обработку. Поскольку при наплавке сетки валиков используется пластичный сплав, имеющий более низкую температуру плавления, при заполнении ячеек более тугоплавким твердым сплавом неизбежно частичное расплавление образованной сетки. Износостойкость покрытия, нанесенного по способу прототипа, будет сильно зависеть от направления изнашивания, что требует выбора ориентации валиков из твердого сплава в каждом конкретном случае.

Задачей, решаемой изобретением, является повышение производительности наплавки и обеспечение стабильной износостойкости покрытия независимо от направления изнашивания.

Поставленная задача решается способом формирования мультимодального покрытия на поверхности металлической детали, при котором на поверхность детали, помещенной в среду защитного газа, методом коаксиальной лазерной наплавки наносят зигзагообразные валики из твердого износостойкого сплава, разделенные одинаковыми промежутками с шириной, составляющей от 0,5 до 0,7 ширины валиков, при угле между каждым участком валика и общим направлением наплавки, лежащем в пределах от 40 до 50° ; а затем наносят в указанных промежутках валики из пластичного сплава, ширина которых равна ширине валиков из твердого сплава; при этом коэффициент термического расширения твердого сплава составляет не менее 80 % коэффициента термического расширения пластичного сплава.

Сущность изобретения поясняется фигурами, где

ВУ 23656 С1 2022.02.28

на фиг. 1 изображены валики: 1 - валики из твердого сплава, шириной K , 2 - валики из пластичного сплава, стрелка 3 - указывает направление наплавки, L - ширина промежутков между валиками;

на фиг. 2 изображены графики высот профиля в поперечном сечении покрытий, перпендикулярном наплавленным валикам. Эти графики показывают профили поперечного сечения покрытий при различном соотношении ширины валиков K и ширины промежутков между валиками L ($L = 0,4K$; $L = 0,6K$ и $L = 0,8K$), которые служат критерием оценки равномерности поверхности покрытия.

Валики наносятся зигзагообразно к направлению наплавки в два этапа. На первом этапе на поверхность основы методом коаксиальной лазерной наплавки наносятся зигзагообразные к направлению наплавки и параллельные друг другу валики из твердого износостойкого сплава. Ширина валиков из твердого сплава равна K (фиг. 1), а ширина промежутков между параллельными валиками из твердого сплава 1 равна L (фиг. 1). Валики из твердого сплава наносят на всю поверхность таким образом, чтобы ширина промежутков между ними была равна $0,5-0,7$ ширины валиков из твердого сплава, т. е. $L = (0,5-0,7)K$. В этом случае валики из пластичного сплава частично накладываются на валики из твердого сплава с образованием переходных зон на границе между различными материалами с градиентом физико-механических свойств, что значительно повышает стойкость к трещинообразованию. На втором этапе в промежутках между валиками из твердого сплава наплавливают зигзагообразные валики из пластичного сплава. На фиг. 1 это валики 2. Ширина валиков из пластичного сплава равна ширине валиков из твердого сплава - K .

Угол зигзага валиков к направлению наплавки должен составлять $40-50^\circ$. При таких углах зигзага обеспечивается стабильность износостойкости покрытия независимо от направления изнашивания, что исключает необходимость точного позиционирования детали перед наплавкой.

Наилучшие результаты при реализации предлагаемого способа достигаются, если величина коэффициента термического расширения твердого сплава при температуре $20-200^\circ\text{C}$ составляет не менее 80% от величины коэффициента термического расширения пластичного сплава. Такие условия дополнительно повышают стойкость покрытия к трещинообразованию.

Пример 1. Производили наплавку образцов из стали 45, имеющих размеры $50 \times 50 \times 10$ мм, согласно заявляемому способу и по способу прототипа. Наплавка выполнялась на лазерном комплексе на базе непрерывного CO_2 - лазера мощностью 1000 Вт и координатного стола с системой числового программного управления, обеспечивавшей необходимую точность перемещения наплавочной головки. При наплавке использовалась коаксиальная наплавочная головка, защитным газом являлся аргон. В качестве твердого сплава использовался самофлюсующийся твердый сплав на основе никеля ПГ-12Н-01, а в качестве пластичного сплава - бронза ПГ-19М-01. Величина коэффициента термического расширения сплава ПГ-12Н-01 составляла 83% величины коэффициента термического расширения бронзы ПГ-19М-01.

При наплавке по предлагаемому способу скорость наплавки составляла 120 мм/мин, расход порошка - 12 г/мин, ширина валиков при этом была равна 1 мм, высота валиков - $0,6$ мм. Ширина промежутков между валиками твердого сплава составляла $0,6$ мм. Угол зигзагов по отношению к направлению наплавки был равен 45° . Время наплавки одного образца по всей поверхности составило 24 мин, включая время на замену порошка твердого сплава на порошок бронзы.

При наплавке по способу прототипа скорость наплавки также составляла 120 мм/мин, ширина валиков - 1 мм, высота валиков - $0,8$ мм. Шаг сетки был равен 1 мм. Время наплавки одного образца по всей поверхности составило 40 мин, включая время на замену порошка бронзы на порошок твердого сплава.

Таким образом, производительность процесса наплавки по предлагаемому способу в 1,7 раза выше, чем производительность процесса наплавки по способу прототипа при одинаковых условиях наплавки.

Пример 2. Производили испытания износостойкости покрытий, наплавленных по способу прототипа и по предлагаемому способу. Для этого из полученных образцов с покрытиями вырезали образцы для установки на машину трения размером 20×30×10 мм, поверхность покрытия шлифовали до Ra 1,6. Испытания проводили на машине трения МИПТ в условиях сухого трения по схеме возвратно-поступательного движения контртела, которым являлся алмазный наконечник типа Роквелл. Путь трения составлял 10 м, нагрузка на контртело - 200 г. После испытаний измерялись глубина и ширина канавки износа и определялась величина объемного износа в мм³. Полученные результаты показаны в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что износостойкость покрытия, полученного по предлагаемому методу, в 1,5-1,7 раза выше износостойкости покрытия, полученного по методу прототипа. Кроме того, ясно, что для покрытия, полученного по предлагаемому способу, направление изнашивания практически не влияет на величину износа. Для покрытия, полученного по способу прототипа, износостойкость покрытия для разных направлений изнашивания отличается в 1,2 раза.

Таблица 1

Величина износа покрытий, нанесенных по способу прототипа и по предлагаемому способу

Испытываемый образец	Величина объемного износа, мм ³	
	направление износа совпадает с направлением наплавки	направление износа - 45° к направлению наплавки
По предлагаемому способу	$4,104 \cdot 10^{-4}$	$4,129 \cdot 10^{-4}$
По способу прототипа	$5,937 \cdot 10^{-4}$	$6,802 \cdot 10^{-4}$

Пример 3. Производили лазерную наплавку покрытия по предлагаемому способу на три образца из стали 45 размером 30×30×10 мм. Скорость наплавки составляла 120 мм/мин, расход порошка - 12 г/мин, угол зигзага - 45°. Ширина промежутков между валиками твердого сплава на первом образце составляла 0,4К (К - ширина валика), на втором образце - 0,8К, на третьем образце - 0,6К. Твердым материалом являлся никелевый сплав ПГ-12Н-01, пластичным материалом являлась бронза ПГ-19М-01. После наплавки образцы разрезали перпендикулярно направлению валиков и изготавливали шлифы поперечного сечения покрытий, на которых при помощи оптического микроскопа "Микро Р200" измерялись высоты профиля валиков по ширине покрытия с шагом 0,1 мм. Полученные результаты показаны на фиг. 2.

Из фиг. 2 видно, что при ширине промежутков между валиками твердого сплава 0,4К покрытие имеет неравномерную толщину по ширине покрытия, при наплавке первых валиков толщина покрытия заметно больше толщины покрытия при наплавке последних валиков. При ширине промежутков между валиками твердого сплава 0,8К сильно нарушена равномерность поверхности покрытия, наблюдаются провалы в промежутках между соседними валиками. При ширине промежутков между валиками твердого сплава 0,6К толщина покрытия одинакова по всей ширине покрытия, а равномерность поверхности покрытия достаточно высока.

Пример 4. Производили наплавку покрытия по предлагаемому способу на три образца из стали 45 размером 20×30×10 мм. Скорость наплавки составляла 120 мм/мин, расход порошка - 12 г/мин, ширина промежутков между валиками твердого сплава - 0,6К. Твердым материалом являлся никелевый сплав ПГ-12Н-01, пластичным материалом являлась бронза ПГ-19М-01. Угол зигзага валиков на первом образце составлял 40°, на втором образце - 45°, на третьем образце - 50°. Полученные образцы испытывали на износостой-

BY 23656 C1 2022.02.28

кость на машине трения МИПТ в условиях сухого трения. Режимы испытаний были идентичными режимам, приведенным в примере 2. Результаты испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 2

Величина износа при различных углах зигзага

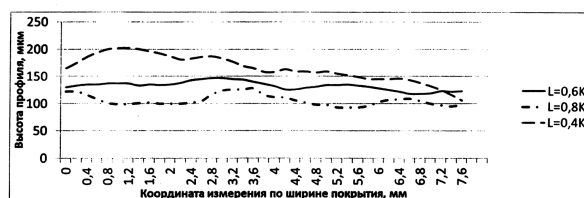
Угол зигзага валиков	Величина объемного износа, мм ³	
	Направление износа совпадает с направлением наплавки	Направление износа - 45° к направлению наплавки
40°	$4,227 \cdot 10^{-4}$	$4,335 \cdot 10^{-4}$
45°	$4,104 \cdot 10^{-4}$	$4,129 \cdot 10^{-4}$
50°	$4,259 \cdot 10^{-4}$	$4,418 \cdot 10^{-4}$

Из табл. 2 ясно, что при угле зигзага валиков 45° обеспечивается стабильность величины износа независимо от направления изнашивания. Кроме того, при угле зигзага 45° величина износа меньше, чем при углах зигзага 40 и 50°.

Пример 5. Производили наплавку двух образцов из стали 45 размером 20×30×10 мм по предлагаемому способу. Скорость наплавки составляла 120 мм/мин, расход порошка - 12 г/мин, ширина промежутков между валиками твердого сплава - 0,6К, угол зигзага - 45°. На первый образец наносили покрытие, где твердым материалом являлся сплав на основе никеля ПГ-12Н-01, а пластичным материалом - бронза ПГ-19М-01. Величина коэффициента термического расширения твердого материала составляла 83 % величины коэффициента термического расширения пластичного материала. На втором образце твердым материалом являлся тот же сплав ПГ-12Н-01, а пластичным материалом - бронза ПР-БрОл8НСР. В этом случае величина коэффициента термического расширения твердого материала составляла 76 % величины коэффициента термического расширения пластичного материала. По результатам измерения микротвердости (по длине радиальных трещин) были установлены значения критического коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} . Для первого покрытия величина K_{IC} составила $(2,54 \pm 0,3)$ МПа·м^{1/2}. Для второго покрытия - $(1,81 \pm 0,8)$ МПа·м^{1/2}. Поскольку величина K_{IC} для первого покрытия с соотношением коэффициентов термического расширения 83 % больше, следовательно, его склонность к трещинообразованию меньше, чем у второго покрытия с соотношением коэффициентов термического расширения 76 %.

Источники информации:

1. UA 52752, 2010.
2. RU 2562584, 2015.



Фиг. 2