

**ОПИСАНИЕ
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К ПАТЕНТУ**
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 6599

(13) С1

(51)⁷ С 23С 4/18

(54) **СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ ПОРОШКОВ
САМОФЛЮСУЮЩИХСЯ СПЛАВОВ НА СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЯХ**

(21) Номер заявки: а 20010081

(22) 2001.01.31

(46) 2004.12.30

(71) Заявитель: Белорусский националь-
ный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Девойно Олег Георгиевич; Пи-
липчук Андрей Петрович; Кардаполо-
ва Маргарита Анатольевна; Тюнякин
Анатолий Сергеевич; Волович Вяче-
слав Иванович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский на-
циональный технический университет
(ВУ)

(57)

Способ получения покрытий из порошков самофлюсующихся сплавов на стальных изделиях, включающий газотермическое напыление порошка на изделие и последующую лазерную обработку, **отличающийся** тем, что формирование покрытий выполняют в два этапа, при этом на первом этапе производят газотермическое напыление слоя покрытия, составляющего 0,1-0,5 от требуемой толщины покрытия, и его лазерную обработку, обеспечивающую проплавление материала основы на глубину 0,1-0,5 от требуемой толщины покрытия, на втором этапе производят газотермическое напыление покрытия до требуемой толщины и его лазерную обработку, обеспечивающую проплавление слоя, полученного в результате выполнения операций первого этапа на глубину не менее 0,1 от требуемой толщины покрытия.

(56)

Девойно О.Г. и др. Повышение физико-механических свойств поверхностей трения лазерной обработкой. Обзорная информация. - Мн.: БелНИИНТИ, 1990. - С. 32-34.

RU 2105826 С1, 1998.

RU 2055940 С1, 1996.

Изобретение относится к области металлургии, в частности к получению покрытий на деталях машин и технологической оснастки, изготовленных из сталей и железоуглеродистых сплавов.

Известен способ [1] получения покрытий из самофлюсующихся твердых сплавов системы Ni-Cr-B-Si на стальных изделиях газотермическим напылением. После напыления покрытие указанного состава подвергают оплавлению для улучшения структуры покрытия и повышения уровня его сцепления с основой. Способ позволяет получать на поверхности деталей покрытия с высоким уровнем физико-механических свойств.

Недостатками данного способа является то, что его реализация ограничена при использовании напыляемых материалов, значительно отличающихся по своим физико-механическим свойствам от свойств материала основы, и кроме того, применение на этапе

ВУ 6599 С1

оплавления покрытия объемных методов оплавления (печной, газопламенной горелкой, плазменный, ТВЧ) не гарантирует получение качественного слоя для номенклатуры деталей, к которой предъявляются высокие требования по деформациям и структуре основного металла. При этом, в случае применения в качестве напыляемого материала, разнородного по отношению к материалу основы, после операции напыления полученная система "покрытие-основа" характеризуется высоким градиентом свойств по направлению нормали от покрытия к центру детали, т.е. резким изменением физико-механических свойств при переходе от материала покрытия к материалу основы. Различие температурных коэффициентов линейного расширения материалов покрытия и основы является причиной возникновения после операции оплавления в поверхностном слое остаточных напряжений. Данные остаточные напряжения являются причиной отслоения покрытий на деталях, работающих при высоких удельных нагрузках или в условиях термического и термомеханического циклирования.

Известен способ [2] получения покрытий на деталях газотермическим напылением, позволяющий получать слой с плавным изменением состава покрытия при переходе от одного напыляемого материала к другому. Для этого сначала на основной металл напыляют подслой заданной толщины из сплава Co-Cr-Al-Y. В процессе напыления этого слоя к порошковому металлическому сплаву Co-Cr-Al-Y начинают добавлять керамический порошок $ZrO_2-Y_2O_5$, доля которого, постепенно возрастая, достигает 100 %, после чего напыляют только керамическое покрытие.

Недостатками данного способа являются высокие требования по точности регулирования подачи порошковых напыляемых материалов, подбора порошков по размеру частиц, выбора оптимального режима нанесения покрытия, а также невозможность последующего оплавления.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является способ [3] получения покрытий на деталях комбинированным методом газоплазменного напыления с последующим лазерным оплавлением покрытий. Использование лазерного луча в качестве источника нагрева на этапе оплавления покрытий позволяет значительно расширить номенклатуру восстанавливаемых деталей - длинномерных, крупногабаритных, сложнопрофильных.

Недостатком прототипа является то, что в результате получается биметаллическое соединение "покрытие-основа" с резким градиентом по химическому составу, которое характеризуется высоким уровнем остаточных напряжений, что является причиной недостаточной износостойкости и адгезионной прочности покрытия.

Задачей, решаемой изобретением, является повышение износостойкости формируемых поверхностных слоев тяжело нагруженных стальных деталей, работающих в условиях термического и термомеханического циклирования за счет более плавного изменения химического состава и физико-механических свойств по глубине покрытия.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе получения покрытий из порошков самофлюсующихся сплавов на стальных изделиях, включающем газотермическое напыление порошка на основу и последующую лазерную обработку, формирование покрытий выполняют в два этапа, при этом на первом этапе производят газотермическое напыление слоя покрытия, составляющего 0,1...0,5 от требуемой толщины покрытия, и его лазерную обработку, обеспечивающую проплавление материала основы на глубину 0,1...0,5 от требуемой толщины покрытия, на втором этапе производят газотермическое напыление покрытия до требуемой толщины и его лазерную обработку, обеспечивающую проплавление слоя, полученного в результате выполнения операций первого этапа на глубину не менее 0,1 от требуемой толщины покрытия.

Реализация предлагаемого способа при названной последовательности операций обеспечивает решение поставленной задачи изобретения за счет следующих эффектов.

При оплавлении газотермических покрытий движущимся лазерным лучом происходит интенсивное перемешивание зоны расплава, основной причиной которого является разность коэффициентов поверхностного натяжения по поверхности расплава, которая в

ВУ 6599 С1

свою очередь обуславливается разностью температур по поверхности. На интенсивность процесса перемешивания можно влиять, изменяя режимы лазерной обработки. В случае, когда в качестве покрытия используется разнородный по отношению к основе материал, в результате данного процесса происходит изменение химического состава покрытия. В том случае, когда материалы покрытия и основы (в данном случае Ni-Fe) характеризуются металлургической совместимостью, то возможно образование в результате кристаллизации расплава покрытия, которое не будет иметь резких перепадов по глубине по химическому составу, а следовательно, и по механическим свойствам. При этом можно влиять на степень сглаженности данного перепада, варьируя глубину проплавления материала основы в пределах 0,1...0,5 от толщины покрытия, которая выбирается из условия функционирования конкретной детали. При этом при проплавлении материала основы на глубину 0,1 от толщины покрытия формируется слой с минимальной переходной зоной, обеспечивающей гарантированную прочность сцепления покрытия с основой. Применение поэтапного способа получения покрытий дает возможность влиять на характер изменения химического состава, а следовательно, и физико-механических свойств по глубине покрытия, что позволяет влиять на износостойкость детали с покрытием в целом.

Напыление на первом этапе слоя менее 0,1 от требуемой толщины недопустимо, т.к. в этом случае при проплавлении материала основы на глубину 0,1...0,5 от требуемой толщины покрытия поверхностный слой практически не будет отличаться по своему химическому составу от химического состава материала основы, что объясняется интенсивным перемешиванием ванны расплава в процессе лазерной обработки. Поэтому выполнение последующих операций не позволит получить покрытие с плавным изменением химического состава и физико-механических свойств по глубине.

Применение на первом этапе слоя более 0,5 от требуемой толщины нецелесообразно, т.к. в результате последующего лазерного оплавления технологически трудно сформировать переходную зону с плавным градиентом свойств.

Изменение глубины оплавления покрытия на втором этапе в пределах от 0,6 до 1 требуемой толщины покрытия позволяет сформировать износостойкий поверхностный слой изделия с заданным характером изменения физико-механических свойств по глубине покрытия.

Применение глубины проплавления на втором этапе менее 0,1 требуемой глубины нежелательно, так как при этом вследствие технологических погрешностей могут иметь место зоны с непереплавленной поверхностью.

Пример.

Проводили получение износостойких покрытий заявляемым способом на плоских образцах из стали Ст 3сп диаметром 90 мм, толщиной 10 мм, предварительно очищенных дробеструйной обработкой от загрязнений и окисных пленок.

В качестве покрытия использовали самофлюсующийся сплав ПГ-СР4. Данное покрытие подвергалось лазерному перепаву с использованием лазерной установки непрерывного действия ЛГН-702 мощностью 800 Вт. Режимы лазерной обработки варьировали путем изменения скорости перемещения лазерного луча и диаметра луча.

Износостойкость покрытий оценивали методом экспресс-испытаний, по методике, описанной [4], при следующих режимах $P = 1,24$ МПа; $V = 2$ м/с в среде масла индустриального 20, контртело - трубка из твердого сплава ВК-6.

Величину износа определяли по глубине канавки с помощью профилографа-профилометра модели 252.

Свойства покрытий в условиях термоциклирования проверяли путем нагрева образцов до температуры $t = 250-300$ °С на установке для закалки ТВЧ и последующем охлаждении в масле. При этом за показатель принималось количество циклов "нагрев-охлаждение" выдерживаемое образцом до повреждения покрытия.

Результаты испытаний представлены в таблице.

BY 6599 C1

№ опыта	Толщина напыленного на первом этапе слоя, мм	Глубина проплавления основы на первом этапе, п	Глубина про- плавления по- крытия на вто- ром этапе, п	Величина износа, мкм	Количество циклов до отслаивания покрытия
1	0,05	0,6	Не менее 0,1 мм	28	Данные отсутствуют
2	0,1	0,5	Не менее 0,1 мм	21	Данные отсутствуют
3	0,25	0,25	Не менее 0,1 мм	17	Данные отсутствуют
4	0,5	0,1	Не менее 0,1 мм	14	Данные отсутствуют
5	0,65	0,05	Не менее 0,1 мм	12	50
Прототип	-	-	-	Скол покрытия	38

Как видно из примера, предложенный способ обеспечивает значительное повышение износостойкости формируемых поверхностных слоев по сравнению с известными аналогами.

Источники информации:

1. Ильющенко А.Ф., Кундас С.П. и др. Процессы плазменного нанесения покрытий: теория и практика / Под ред. А.П. Достанко, П.А. Витязя. - Мн.: Научный центр исследований политики и бизнеса "Армита", 1999. - С. 405...411.

2. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление / Пер. с яп. В.Н. Попова; Под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. - М.: Машиностроение, 1985. - С. 215.

3. Девойно О.Г., Головаченко А.Ф., Кардаполова М.А. Повышение физико-механических свойств поверхностей трения лазерной обработкой. Обзорная информация. - Мн.: БелНИИТИ, 1990. - С. 32.

4. Васильев Н.П. О методике ускоренной оценки износостойкости металла. Заводская лаборатория, 1976. Ч. 2. - № 3. - С. 337...339.