

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(51) МПК
[B23K 26/342 \(2014.01\)](#)
[B23P 6/00 \(2006.01\)](#)
[B23K 26/70 \(2014.01\)](#)
(52) СПК
[B23K 26/342 \(2020.08\)](#)
[B23K 26/70 \(2020.08\)](#)
[B23P 6/00 \(2020.08\)](#)**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 07.07.2023)
Пошлина: учтена за 6 год с 14.06.2023 по 13.06.2024. Установленный срок для уплаты пошлины за 7 год: с 14.06.2023 по 13.06.2024. При уплате пошлины за 7 год в дополнительный 6-месячный срок с 14.06.2024 по 13.12.2024 размер пошлины увеличивается на 50%.

(21)(22) Заявка: [2018121682](#), 13.06.2018(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
13.06.2018Дата регистрации:
16.07.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 13.06.2018

(43) Дата публикации заявки: 13.12.2019 Бюл. №
[35](#)(45) Опубликовано: [16.07.2021](#) Бюл. № [20](#)(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2545877 C2, 10.04.2015. RU
2574542 C1, 10.02.2016. RU 2499657 C1,
27.11.2013. RU 2153965 C1, 10.08.2000. RU
2545878 C2, 10.04.2015. GB 2114921 A,
01.09.1983. EP 389913 B1, 17.06.1998. EP
1371439 A1, 17.12.2003.

Адрес для переписки:

107150, Москва, ул. Бойцовая, 29, кв. 53,
Гаврикову М.Д.

(72) Автор(ы):

**Колов Павел Борисович (RU),
Умнов Владимир Павлович (RU),
Чухланцев Олег Александрович (RU),
Чухланцев Дмитрий Олегович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с ограниченной
ответственностью "ТермоЛазер" (RU)****(54) Способ лазерной обработки поверхности стальных лопаток турбин энергетических установок**

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу обработки поверхности стальных лопаток турбин энергетических установок. Покрытие выполняют многослойным. Сначала осуществляют десорбцию поверхности после механической обработки от органических и неорганических соединений и инородных частиц лазерным лучом в среде защитного газа. После этого выполняют управляемый лазерный переплав на глубину до 2 мм с одновременным структурированием материала лопатки путем изотермического отжига с последующей закалкой поверхностного слоя до HRC 40-45 на глубину 0,3-1 мм и высокотемпературного отпуска для получения прочной базовой основы процесса легирования. Легирование рабочей поверхности лопатки выполняют с использованием кобальтоникелевых порошков и с высокотемпературным отпуском. В процессе лазерного легирования осуществляют изменение мощности излучения P в пределах от 300 до 2500 Вт, и/или скорости перемещения источника излучения V в пределах от 0,1 до 0,01 м/с, и/или количества подаваемого порошкового материала G в пределах от 3 до 15 г/мин. Прямой лазерный синтез рабочей поверхности лопатки, включая кромки, выполняют путем управляемого твердожидкого фазного спекания с

использованием полимераллических композиционных порошковых материалов, армированных керамическими волокнами с усами на глубину до 30% от основного слоя. Технический результат заключается в получении качественного порошкового покрытия, обладающего высокой трещиностойкостью и прочностью в условиях циклических нагрузок, высокой износостойкостью и сцепляемостью наплавленного слоя с основным материалом. 2 з.п. ф-лы.

Изобретение относится к области обработки металла лазерным лучом, в частности к обработке поверхности стальных лопаток турбин энергетических установок при их изготовлении и ремонте.

Рабочие лопатки - наиболее напряженные и ответственные части проточной части турбины и самый дорогой ее элемент. Разрушение лопаточного аппарата турбины приводит к неблагоприятным последствиям для всего турбоагрегата в целом и вынужденному останова турбины.

По мере охлаждения пара в ходе работы турбины в нем конденсируются капли воды. Лопатки паровых турбин подвергаются атаке этих капель, что ведет к парокапельной эрозии. Общеизвестным способом защиты лопаток считалась высокотемпературная вакуумная напайка стеллитовых пластин (Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей. [Электронный ресурс: учебник] / Ф.И. Демин, Н.Д. Проничев, И.Л. Шитарев; под. общ. ред. проф. Ф.И. Демина. - 2-е изд. - Самара: Изд-во СГАУ, 2012. - 324 с.). Однако у этого решения есть серьезные недостатки. Во-первых, процесс пайки стеллитовых пластин, является чрезвычайно трудоемким и длительным. Во-вторых, использование напаянных пластин снижает КПД турбины за счет искажения геометрии лопаток и ненужного их утяжеления. В-третьих, напаянные лопатки имеют тенденцию к преждевременному отслоению, причем отлетевшие пластины могут повредить другие лопатки. И, наконец, потеря пластин нарушает балансировку турбины.

Исключить стеллитовые пластины позволяет порошковая наплавка на поверхностный слой и (или) кромки лопатки с использованием энергии лазерного излучения. При этом лазерная порошковая наплавка используется как при изготовлении, так и при ремонте лопаток.

Известна лопатка паровой турбины (патент РФ №140966, F01D 5/12, C23C 4/12, B23K 26/342, опубл. 20.05.2014), содержащая защитное покрытие, выполненное лазерной наплавкой толщиной не менее 1000 мкм из сплава на основе кобальта, которое повышает качество поверхности лопатки, защищает от парокапельной эрозии и упрочняет рабочие поверхности лопатки без ухудшения ее усталостной прочности. Однако качество поверхностного покрытия определяется не только его толщиной, но и сцепленностью и перемешиванием материала покрытия с металлом основы. Для обеспечения высокой сцепляемости при малом перемешивании материалов покрытия и основы необходимо обеспечить в процессе наплавки требуемый термический цикл нагрева и охлаждения лазерным лучом поверхности лопатки.

Поскольку толщина пера лопатки является переменной, то для обеспечения постоянства термического цикла, а также в случае переменности толщины наплавляемого слоя в процессе лазерной наплавки необходимо изменять величину мощности излучения и скорости перемещения луча, определяя их оптимальное соотношение, а также объем наплавочного материала.

Наиболее близким по существу предлагаемого технического решения является способ ремонта лопаток энергетических установок (патент РФ №2545877, B23P 6/00, B23K 26/342, C23C 26/00, опубл. 27.11.2014), который включает восстановление предварительно подготовленных поверхностей лопатки, нанесение покрытия с применением лазерного излучения и одновременной подачей порошкообразного присадочного материала в ванну расплава, причем управление процессом наплавки и величиной припуска осуществляют путем изменения мощности излучения P в пределах от 300 до 2500 Вт, и/или скорости перемещения источника излучения V в пределах от 0,1 до 0,01 м/с, и/или количеством подаваемого порошкового материала G в пределах от 3 до 15 г/мин. При этом покрытие наносится с минимальным припуском под последующую обработку либо процесса наплавки проводится в размер.

Несмотря на управляемость процесса, в предлагаемом способе, заключающемся в нанесении однородного поверхностного слоя покрытия при подаче порошкообразного присадочного материала в ванну расплава поверхности лопатки, полученную воздействием лазерного излучения, сложно обеспечить высокое качество покрытия, заключающееся в одновременном выполнении совокупности достаточно

противоречивых требований по трещиностойкости и прочности в условиях циклических нагрузок, высокую износостойкость и сцепляемость наплавленного слоя с основным материалом. Кроме этого в процессе выполнения операции наплавки сложно выдержать высокие требования к геометрической форме и чистоте поверхности, вследствие чего приходится выполнять операции механической обработки.

Задачей изобретения является повышение качества лазерного нанесения порошкового покрытия на рабочую поверхность стальных лопаток турбин энергетических установок при их изготовлении и ремонте.

Поставленная задача решается за счет того, что в отличие от известного технического решения процесс нанесения покрытия осуществляется в несколько стадий, а покрытие выполняется многослойным.

Стадиями технологического процесса лазерного нанесения порошкового покрытия, направленного на повышения его качества путем создания многослойной структуры поверхностного слоя, являются:

1. Десорбция (очистка) поверхности после механической обработки от органических и неорганических соединений и инородных частиц лазерным лучом в среде защитного газа для получения бездефектной структуры поверхностного слоя материала основы.

2. Управляемый лазерный переплав на глубину до 2 мм с одновременным структурированием материала лопатки путем изотермического отжига для получения однородной сорбитной структуры.

3. Лазерная закалка поверхностного слоя до HRC 40-45 на глубину 0,3-1 мм с высокотемпературным отпуском для получения прочной базовой основы процесса легирования.

4. Легирование рабочей поверхности лопатки с использованием, например, кобальтоникелевых порошков, с высокотемпературным отпуском с целью создания гетерогенного слоя, обладающего требуемой вязкостью и пластичностью.

5. Прямой лазерный синтез рабочей поверхности лопатки, включая кромки, путем управляемого твердожидкого фазного спекания с использованием полиметаллических композиционных порошковых материалов, армированных керамическими волокнами с усами на глубину до 30% от основного слоя.

6. Формирование макро геометрии поверхности лопатки путем грубого лазерного полирования.

7. Получение микрогеометрии финишным лазерным полированием.

Стадии 1-5 технологического процесса должны осуществляться в среде защитного газа, а по завершении переходов 1-4 поверхность лопатки должна покрываться временной защитной пленкой, например, оксидной микронной толщины.

Формула изобретения

1. Способ лазерной обработки поверхности стальных лопаток турбин энергетических установок, включающий восстановление предварительно подготовленных поверхностей лопатки, нанесение покрытия с применением лазерного излучения и одновременной подачей порошкообразного присадочного материала в ванну расплава, при этом управляют процессом наплавки и величиной припуска путем изменения мощности излучения P от 300 до 2500 Вт, и/или скорости перемещения источника лазерного излучения от 0,1 до 0,01 м/с, и/или количества подаваемого порошкового материала от 3 до 15 г/мин при нанесении покрытия с минимальным припуском под последующую обработку, или наплавкой в размер, отличающийся тем, что покрытие выполняют многослойным, при этом восстановление предварительно обработанных поверхностей лопатки осуществляют лазерной десорбцией, после которой выполняют управляемый лазерный переплав на глубину до 2 мм с одновременным структурированием материала лопатки путем изотермического отжига, затем осуществляют лазерную закалку поверхностного слоя до HRC 40-45 на глубину 0,3-1 мм с легированием рабочей поверхности лопатки и высокотемпературный отпуск, после чего осуществляют прямой лазерный синтез рабочей поверхности лопатки, включая кромки, путем управляемого твердожидкого фазного спекания с использованием полиметаллических композиционных порошковых материалов, армированных керамическими волокнами с усами на глубину до 30% от основного слоя.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что легирование осуществляют с использованием кобальтоникелевых порошков.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что после прямого лазерного синтеза выполняют грубое и финишное лазерное полирование рабочей поверхности лопатки, включая кромки.

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: **14.06.2021**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **20.06.2022**

Дата публикации и номер бюллетеня: [20.06.2022](#) Бюл. №17

НФ4А Восстановление действия патента

Дата, с которой действие патента восстановлено: **05.07.2023**

Дата внесения записи в Государственный реестр: **05.07.2023**

Дата публикации и номер бюллетеня: [05.07.2023](#) Бюл. №19