



(51) МПК  
*B22F 12/41* (2021.01)  
*B22F 12/90* (2021.01)  
*B22F 12/13* (2021.01)  
*B23K 26/70* (2014.01)  
*B29C 64/227* (2017.01)  
*B29C 64/25* (2017.01)  
*B29C 64/264* (2017.01)  
*B29C 64/295* (2017.01)

**(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК

*B22F 12/41* (2023.02); *B22F 12/13* (2023.02); *B22F 12/90* (2023.02); *B23K 26/70* (2023.02); *B29C 64/227* (2023.02); *B29C 64/25* (2023.02); *B29C 64/264* (2023.02); *B29C 64/295* (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022133515, 20.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.12.2022Дата регистрации:  
11.05.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.12.2022

(45) Опубликовано: 11.05.2023 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

630090, г. Новосибирск, ул. Пирогова, 2, НГУ,  
Отдел защиты и управления ИС, Лисичкиной  
Е.Н.

(72) Автор(ы):

Гольшев Александр Анатольевич (RU),  
Гулов Михаил Александрович (RU),  
Маликов Александр Геннадьевич (RU),  
Фомичев Виктор Сергеевич (RU),  
Фомин Василий Михайлович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Новосибирский национальный  
исследовательский государственный  
университет" (Новосибирский  
государственный университет, НГУ) (RU),  
Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт теоретической  
и прикладной механики им. С.А.  
Христиановича Сибирского отделения  
Российской академии наук (ИТПМ СО РАН)  
(RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2104135 C1, 10.02.1998. RU  
2141887 C1, 27.11.1999. RU 2371285 C2,  
27.10.2009. DE 3751819 T2, 26.09.1996. US  
20140140882 A1, 22.05.2014. CN 110328364 B,  
24.11.2020.

(54) Устройство для лазерного нанесения металлокерамического покрытия

(57) Реферат:

Полезная модель относится к технологии лазерной 3D-печати из металлокерамики. Устройство содержит размещённые в металлическом корпусе блок нагрева, нагревательный элемент которого выведен на наружную поверхность металлического корпуса, модуль перемещения, приводы которого соединены с блоком подачи лазерного излучения, снабжённого отверстием для подачи порошка и коаксиальным соплом, блок регулировки

параметров, блок контроля и управления, соединённый со всеми блоками устройства, блок охлаждения. Блок контроля и управления снабжён терморпарой, блок регулировки параметров снабжён электромагнитным контактором, трансформатором и дисплеем, блок нагрева снабжён пластиной, выполненной из сплава нихрома и расположенной в керамической трубке. Обеспечивается повышение прочности металлокерамического покрытия при его

направлении.

R U 2 1 8 1 1 0 U 1

R U 2 1 8 1 1 0 U 1

Полезная модель относится к технологии лазерной 3D-печати из металлокерамики. Эффективным способом повышения ресурса деталей машин и инструментов является нанесение покрытий с высокими эксплуатационными свойствами. Покрытия на никелевой основе NiCrBSi широко используются для повышения износостойкости и коррозионной стойкости, восстановления изношенных поверхностей деталей машин. Благодаря высоким технологическим свойствам и, прежде всего, способности к самофлюсованию, порошки системы NiCrBSi используют для наплавки и напыления различными способами. Резервом повышения износостойкости покрытий является создание на их основе композиций с карбидным или интерметаллидным упрочнением. В работе методом газопорошковой лазерной наплавки получено металлокерамическое покрытие TiC-NiCrBSi с повышенной твердостью и абразивной износостойкостью.

Анализируя результаты практического использования и многочисленных экспериментальных исследований, можно отметить, что качество износостойких покрытий не всегда удовлетворяет требованиям, предъявляемым для работы в тяжелых условиях эксплуатации. Нередко покрытия содержат поры, не имеют высокой прочности соединения с основой, а также между металлической матрицей и керамической фазой. В связи с этим разрабатываются гибридные технологии, позволяющие улучшить свойства износостойких покрытий. Например, после газотермического напыления полученные покрытия рекомендуется переплавлять с помощью лазера, оплавливать плазменной струей, дуговой сваркой, выполнять горячее изостатическое прессование, термическую обработку и плавление материала покрытия в печи. Гибридные технологии, как правило, формируют улучшенный комплекс свойств: снижается пористость, повышаются твердость, модуль упругости, адгезионная прочность соединения покрытия с основой. Вместе с тем, гибридные технологии усложняют технологический процесс, повышают его стоимость.

Применение технологии порошковой лазерной наплавки позволяет избежать части проблем, возникающих при нанесении износостойких покрытий другими способами. Известно, что лазерная наплавка имеет небольшую зону термического влияния, минимальное перемешивание основного и наплавляемого материала, получение прочной металлургической связи между наплавленным слоем и основой, возможность полной автоматизации. При лазерной наплавке линия сплавления имеет характерный профиль, повторяющий распределение плотности мощности лазерного излучения по сечению дорожки. По мере приближения к поверхности подложки наблюдается частичное перемешивание материала наплавки и подложки. Для формирования наплавленных слоев, равномерных по толщине, с малым коэффициентом перемешивания (0.05...0.15) в результате незначительного проплавления основы важную роль играет степень однородности интегрального тепловложения по ширине дорожки.

Из уровня техники известно устройство для лазерной наплавки (RU2104135), содержащее лазер непрерывного действия, отклоняющее зеркало, фокусирующую систему, манипулятор для закрепления и перемещения изделия, порошковый питатель, сопло с механизмом его наведения и рабочий стол. При этом устройство снабжено сборником порошка и сменным отсекателем порошковой струи и лазерного излучения, установленным на рабочем столе над манипулятором, причем отсекающая плоскость расположена вдоль направления перемещения наплавляемого изделия.

Недостатком прототипа является то, что его конструкция не позволяет настраивать оптимальные параметры воздействия лазерного луча при формировании металлокерамического покрытия.

Задача, решаемая полезной моделью, заключается в создании надёжного в

эксплуатации устройства для лазерной наплавки металлокерамических покрытий.

Технический результат заключается в повышении прочности металлокерамического покрытия при его наплавлении.

5 Технический результат достигается усовершенствованием конструктивного выполнения полезной модели.

Полезная модель содержит:

металлический корпус;

блок подачи лазерного излучения;

10 модуль для перемещения блока лазерного излучения;

блок регулировки параметров;

блок нагрева;

блок контроля и управления;

блок охлаждения.

15 Металлический корпус предназначен для размещения в нём рабочих блоков и элементов устройства. Металлический корпус защищает аппаратную часть полезной модели от внешнего механического воздействия.

Блок подачи лазерного излучения выполнен из металлического материала, содержит цилиндрический корпус, снабжённый продольным каналом и выходным отверстием. Блок подачи лазерного излучения предназначен для формирования лазерного потока  
20 на рабочий объект для нанесения металлокерамического покрытия. Корпус блока подачи лазерного излучения снабжён коаксиальным соплом для подачи и фокусировки порошкового материала и отверстием для лазерного излучения, обеспечивающими возможность наплавки покрытия под различным углом. Подача металлокерамического порошка, а также возможность наплавки покрытия под различным углом улучшает  
25 прочность формируемого покрытия.

Модуль перемещения блока лазерного излучения содержит электродвигатели и приводы, соединенные с блоком подачи лазерного излучения. Приводы перемещают по оси X или Y блок для подачи лазерного излучения, равномерно нанося  
30 металлокерамический слой, что улучшает прочность формируемого покрытия.

Блок регулировки параметров предназначен для изменения рабочих параметров блока лазерного излучения. Изменение рабочих параметров осуществляется за счёт того, что блок регулировки снабжён электромагнитным контактором, трансформатором для понижения электрической нагрузки и дисплеем для визуального контроля рабочих параметров. Изменение рабочих параметров позволяет нанести покрытие в соответствии  
35 с заданными характеристиками, что улучшает прочность формируемого покрытия.

Блок нагрева предназначен для повышения температуры заготовки (подложки) на которую наносится металлокерамическое покрытие. Блок нагрева снабжён пластиной, выполненной из сплава нихрома, и расположенной в керамической трубке. Нагревание заготовки перед нанесением на неё покрытия, позволяет уменьшить градиент  
40 температуры, возникающий при лазерном воздействии на покрытие, что улучшает прочность формируемого покрытия.

Блок контроля и управления предназначен для передачи управляющих сигналов. Блок контроля и управления снабжён термопарой. Возможность передачи управляющих сигналов позволяет контролировать работу устройства, обеспечивая качественное  
45 нанесение слоя металлокерамического покрытия, что улучшает его прочностные характеристики.

Блок охлаждения предназначен для снижения температуры рабочей части блока подачи лазерного излучения. Блок охлаждения подключён к внешней системе

водоснабжения, снабжён помпой и патрубком, по которому передаётся охлаждённая вода на рабочую часть блока подачи лазерного излучения. Охлаждение рабочей части блока подачи лазерного излучения позволяет предотвратить технические неисправности в работе блока подачи лазерного излучения, исключая недостаточное нанесение слоя формируемого металлокерамического покрытия.

В частном варианте выполнения полезной модели, крепление и конструктивная связь между блоками устройства может быть обеспечена любым известным в уровне техники способом, например: пайкой, свинчиванием или при помощи пазового соединения. Функциональное соединение между блоками устройства и их элементами может быть обеспечено при помощи проводного соединения или электрических контактных площадок.

В металлическом корпусе посредством свинчивания устанавливают блоки и элементы полезной модели. Блок подачи лазерного излучения устанавливают таким образом, чтобы его рабочая часть была ориентирована на наружную поверхность корпуса, в сторону сквозного рабочего отверстия, выполненного в металлическом корпусе полезной модели. Внутри корпуса также устанавливают модуль перемещения, приводы которого соединяют с цилиндрическим корпусом блока подачи лазерного излучения. Блок регулировки установлен внутри корпуса возле блока подачи лазерного излучения, электромагнитный контактор блока регулировки соединён при помощи пайки с электронным модулем управления блока подачи лазерного излучения. Внутри корпуса размещён блок нагрева, его нагревательный элемент выведен на наружную поверхность металлического корпуса полезной модели для взаимодействия с заготовкой (подложкой). Блок охлаждения установлен внутри металлического корпуса, и соединён с внешним источником водоснабжения. Патрубок блока охлаждения соединён с каналом для подачи воды, цилиндрического корпуса блока подачи лазерного излучения. Блок контроля и управления размещён внутри металлического корпуса и соединён посредством пайки с электронными модулями управления блока подачи лазерного излучения, модуля перемещения, блока регулировки, блока нагрева и блока охлаждения.

При включении электрического питания, электрический сигнал подаётся на устройство. Модуль перемещения получает управляющий сигнал с блока контроля и управления и перемещает блок подачи лазерного излучения в рабочую зону. Блок нагрева при помощи пластины и термопары нагревает заготовку до необходимой температуры. Лазерное излучение подается через отверстие в цилиндрическом корпусе блока подачи лазерного излучения. Порошковый материал подается и фокусируется с помощью коаксиального сопла. Блок охлаждения при взаимодействии с блоком контроля и управления подаёт через патрубок охлаждённую воду для снижения температуры блока подачи лазерного излучения. При этом модуль перемещения передвигает блок подачи лазерного излучения по оси X или Y наплавляя на заготовку слой металлокерамического покрытия. При необходимости изменения рабочих параметров, через блок контроля и управления подаётся управляющий сигнал на блок регулировки, трансформатор понижает электрическую нагрузку, далее через электромагнитный контактор сигнал поступает на блок подачи лазерного излучения, рабочие параметры устройства отображаются на дисплее блока регулировки. При завершении нанесения металлокерамического покрытия на заготовку, процесс подачи порошка и лазерного луча прекращается, модуль перемещения возвращает блок подачи лазерного излучения в исходное положение.

Для изучения микроструктуры и измерения микротвердости отдельных частиц порошковой смеси были изготовлены шлифы с помощью их заливки эпоксидной смолой

с отвердителем, шлифовки, полировки и химического травления путем протирания раствором следующего состава: 20 мл HCl, 20 мл H<sub>2</sub>O, 4 г CuSO<sub>4</sub> × 5H<sub>2</sub>O.

Наплавку проводили непрерывным лазерным излучением на режимах: мощность 2.4 кВт, скорость сканирования 5 мм/с, диаметр пятна на поверхности 6 мм.

5 Присадочный материал предварительно наносили на поверхность основы с помощью специального трафарета, выравнивали по толщине и производили его оплавление лазерным пучком с перекрытием валиков 50%.

Фазовый состав исследовали с помощью синхротронного излучения на установке класса «мегагенс».

10 Микроструктуру образцов исследовали с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) JEOL JSM-6610LV и металлографического микроскопа Carl Zeiss Axio Vert.A1MAT. Рентгеноспектральный микроанализ выполняли на энергодисперсионном спектрометре Oxford INCA Energy 350. Микротвердость измеряли на микротвердомере ПМТ-3 вдавливанием алмазного индентора в виде пирамиды  
15 согласно ГОСТ Р 8.748-2011 (ИСО 14577-1:2002).

#### (57) Формула полезной модели

Устройство для лазерного нанесения металлокерамического покрытия методом 3D-печати, содержащее размещённые в металлическом корпусе блок нагрева,  
20 нагревательный элемент которого выведен на наружную поверхность металлического корпуса, модуль перемещения, приводы которого соединены с блоком подачи лазерного излучения, снабжённого отверстием для подачи порошка и коаксиальным соплом, блок регулировки параметров, блок контроля и управления, соединённый со всеми блоками устройства, отличающееся тем, что оно содержит блок охлаждения внутри  
25 металлического корпуса, при этом блок контроля и управления снабжён термопарой, блок регулировки параметров снабжён электромагнитным контактором, трансформатором и дисплеем, а блок нагрева снабжён пластиной, выполненной из сплава нихрома и расположенной в керамической трубке.

30

35

40

45