

получения золь-гель коллоидных систем с использованием аэросилов активно применяются для создания керамических и оптических материалов, что приводит к значительному повышению температуры спекания до монолитного стеклообразного состояния.

Для определения фазового состава были проанализированы рентгенограммы исходных веществ и композиционных материалов, созданных на основе водной дисперсии аэросила А-380 и нитрата меди, отожжённого на воздухе и в среде водорода при 800 °С в течение 1 часа. Дифрактограммы микропорошков SiO₂-ксерогелей подтверждают, что SiO₂ сохраняет аморфное состояние, в то время как CuO и Cu⁰ обладают моноклинной кристаллической сингонией.

Литература

1. Structural properties of micropowders composition SiO₂ : CuO & SiO₂ : Cu⁰ prepared by sol-gel method / M. F. S. H. AL-Kamali [et al.] // Al-Andalus Journal of Applied Sciences. – 2021. – Vol. 8, № 13 (Jan.–Jun.). – P. 99–117.
2. Аль-Камали, М. Ф. С. Х. Структурообразование SiO₂-ксерогелей, содержащих соединения меди различного фазового состава / М. Ф. С. Х. Аль-Камали, А. А. Алексеенко, О. А. Титенков // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. – № 3(44). – С. 7–12.
3. Manual pages // Gwyddion – Free SPM (AFM, SNOM/NSOM, STM, MFM) data analysis software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gwyddion.net/documentation/user-guide-ru/presentations-masks.html>. – Дата доступа: 27.08.2021.
4. An, V. Optical and AFM studies on p-SnS thin films deposited by magnetron sputtering / V. An, M. Dronova, A. Zakharov // Chalcogenide Letters – 2015. – Vol. 12, № 9. – P. 483–487.

Г. А. Баевич, Е. А. Ковалев, Ю. В. Никитюк, А. В. Максименко, П. П. Усов
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

УСТРОЙСТВО ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКОЙ

В настоящее время особое внимание привлекает 3D-печать металлических изделий с использованием метода лазерной наплавки. Эта технология предоставляет уникальные возможности для создания сложных геометрических форм и деталей с высокими эксплуатационными характеристиками, которые трудно получить традиционными методами. Такие отрасли, как авиация, автомобилестроение и медицина, проявляют все больший интерес к применению 3D-печати для решения задач, связанных с разработкой новых компонентов, ремонтом и модификацией существующих изделий. Для широкого внедрения данной технологии в промышленность остается ряд актуальных вопросов, связанных с созданием и совершенствованием оборудования для лазерной наплавки, а также с обеспечением стабильности и качества печати. Разработка устройств для 3D-печати, способных обеспечить высокую точность и повторяемость результатов, становится ключевым направлением исследований в области аддитивных технологий [1–5].

В этой связи актуальность создания эффективных, надежных и доступных устройств для лазерной наплавки металлических изделий представляется крайне высокой. Разработанное авторами [6] устройство для 3D-печати металлических изделий лазерной наплавкой (рисунки 1, 2) содержит несущую часть 1, технологический стол 2,

трехосевую систему позиционирования 3, систему управления устройством с программными средствами, обеспечивающими процесс изготовления трехмерных изделий, лазер 4 и связанную с лазером 4 волоконно-оптическим кабелем 5 лазерную головку 6, систему подачи 7 присадочного материала.

Лазерная головка содержит корпус 8 и установленную в нем фокусирующую систему 9. Лазерная головка снабжена установленной в корпусе телескопической системой 10 между выходным торцом волоконно-оптического кабеля и фокусирующей системой.

Устройство содержит импульсный твердотельный лазер и снабжено оптико-механическим устройством 12 для ввода лазерного излучения в волоконно-оптический кабель, в котором размещена по ходу лазерного луча телескопическая система 11.

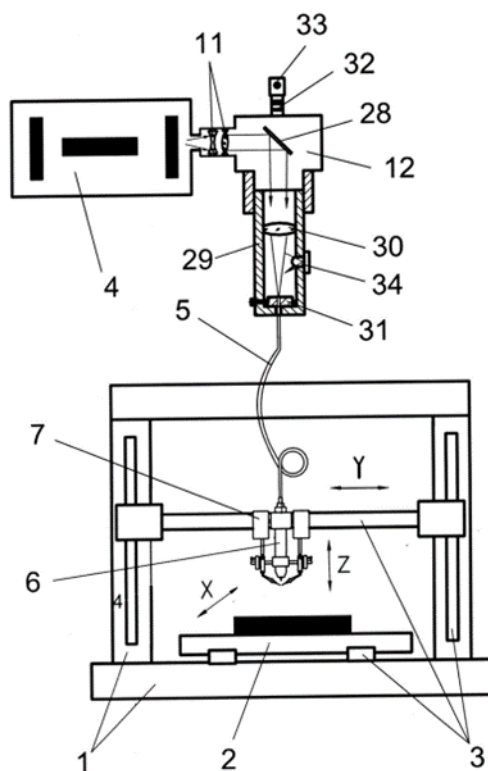


Рисунок 1 – Устройство для 3D-печати

Система подачи присадочного материала состоит из двух механизмов подачи 13 и 14, связанных с корпусом лазерной головки.

Система управления устройством с программными средствами снабжена дополнительным программным средством для управления подачей присадочного материала 15 и 16 и формирования из них металлического сплава требуемого состава для изготовления изделия.

Механизмы подачи выполнены с возможностью подачи присадочных материалов, выполненных в виде металлических проволок различного состава и диаметра. Для точного позиционирования присадочных материалов в зоне воздействия лазерного луча используется мунштук 22, который выполнен из трубки и сменного наконечника.

Оптико-механическое устройство для ввода лазерного излучения в волоконно-оптический кабель состоит из установленных по ходу лазерного луча поворотного зеркала 28, объектива 29, содержащего фокусирующую линзу 30, выполненную с возможностью перемещения, юстировочного средства 31, системы видеонаблюдения 32, выполненной в виде установленного над поворотным зеркалом 28 окуляра 33, имеющего перекрестье в предметной плоскости, источника подсветки 34, входной торцевой части волоконно-оптического кабеля.

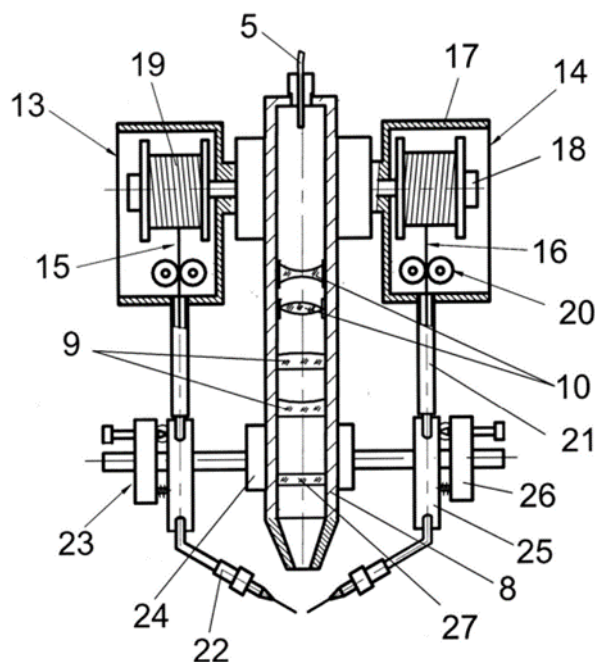


Рисунок 2 – Лазерная головка

Устройство для 3D-печати металлических изделий лазерной наплавкой может быть выполнено с системой, обеспечивающей более трех степеней позиционирования и состоящей из манипулятора, выполненного в виде роботизированной руки, несущей на конечном звене лазерную головку и механизмы подачи присадочного материала.

Изготовление трехмерных изделий выполняется на подложке, установленной на технологическом столе.

Предлагаемое устройство для 3D-печати металлических изделий лазерной соответствующего программного обеспечения создается 3D-модель изделия. Затем для изготовления изделия составляется рецептура сплава из проволок требуемого состава.

Созданная цифровая трехмерная модель изделия загружается в программируемый контроллер системы управления устройством. Подложка размещается на технологическом столе.

Для выполнения 3D-печати включается лазер, устанавливаются оптимальные пространственно-энергетические и временные параметры излучения.

В зависимости от технологических требований и особенностей применяемого присадочного материала для 3D-печати могут быть использованы защитные газовые среды.

Предлагаемое устройство позволяет качественно изготавливать из различных присадочных материалов как миниатюрные, так и крупные трехмерные металлические изделия с заданными физико-механическими свойствами.

Литература

1. Технология формирования износостойких покрытий на железной основе методами лазерной обработки / О. Г. Девойно [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – 280 с.
2. Gibson, I. Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing / I. Gibson, D. W. Rosen, B. Stucker. – Springer, 2015.
3. Laser additive manufacturing of metallic components: Materials, processes and mechanisms / D. D. Gu, W. Meiners, K. Wissenbach, R. Poprawe // International Materials Reviews. – 2012. – Vol. 57(3). – P. 133–164.
4. Frazier, W. E. Metal Additive Manufacturing: A Review / W. E. Frazier // Journal of Materials Engineering and Performance. – 2014. – Vol. 23(6). – P. 1917–1928.

5. Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties / T. DebRoy [et al.] // Progress in Materials Science. – 2018. – Vol. 92. – P. 112–224.

6. Патент РБ №13542. Устройство для 3d-печати металлических изделий лазерной наплавкой: заявл. 05.22.2024: опубл. 20.08.2024 / Никитюк Ю. В., Ковалев Е. А., Басевич Г. А., Максименко А. В. Усов П. П.; заявитель Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины.

В. В. Васькевич, Д. Л. Коваленко, В. Е. Гайшун, Я. А. Косенок, О. И. Тюленкова
Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины,
г. Гомель, Республика Беларусь

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ ПОКРЫТИЙ

Введение. К современным защитным покрытиям предъявляется ряд общих требований: они должны быть экологически чистыми, удобными в нанесении, легко поддаваться сухой или влажной уборке. Кроме того, ко многим видам покрытий предъявляются специальные требования, такие как повышенная износостойкость, термостойкость и влагостойкость при использовании в сложных климатических условиях.

Способы защиты различаются в зависимости от метода нанесения покрытий. Вакуумные методы нанесения защитных плёнок требуют дорогостоящего технологического оборудования, для работы на котором необходим высококвалифицированный персонал. В противоположность этому химические методы, к которым относится и золь-гель метод, более доступны и осуществляются на более простом и дешёвом оборудовании. С использованием золь-гель метода становится возможным создавать композиционные многокомпонентные покрытия, состоящие из различных материалов для улучшения не только адгезионных свойств, но и для придания получаемым материалам улучшенных физико-химических и структурно-прочностных характеристик по сравнению с существующими методами защиты поверхности [1–2].

1. Формирование композиционных золь-гель покрытий. Для получения композиционных покрытий с хорошей пластичностью и адгезией к металлам необходимо использовать гибридные составы, в которых совместно с традиционными тетраэтилортосиликатом (ТЭОС) будут использоваться органические соединения, такие как фенилтриэтоксисилан, винилтриэтоксисилан и метилтриэтоксисилан. Экспериментально установлено, что наиболее перспективным для целей работы является использование метилтриэтоксисилана (МТЭС).

Золь готовят следующим образом: смешивают необходимое количество метилтриэтоксисилана (МТЭС) и тетраэтилортосиликата (ТЭОС), полученную смесь заливают изопропиловым спиртом (C_3H_7OH) и перемешивают. После смешивания в эту смесь добавляют раствор азотной кислоты (HNO_3) в демонизированной воде (H_2O) и перемешивают.

После смешивания всех исходных веществ в ходе реакции гидролиза, протекающей в растворе, он нагревается. После завершения процесса гидролиза температура раствора снижается до комнатной. Для полного созревания раствора его необходимо выдержать при комнатной температуре в течение 2–3 дней.

Мелкодисперсные порошки оксида титана и углерода вводят в виде массовой навески при интенсивном перемешивании к свежеприготовленным растворам в концентрациях от 20–30 масс.%.

Приготовленный раствор наносят с помощью краскопульта, распыляя золь по всей поверхности равномерным слоем. Преимуществом такого нанесения является возможность покрытия поверхности формы. Аэрозольное распыление позволяет покрывать поверхность практически любой фактуры и произвольной формы.