

УДК 67.02

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ СИСТЕМЫ CU-Fe, ПОЛУЧАЕМЫХ
МЕТОДОМ КОАКСИАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ПЛАВЛЕНИЯ**

Иван Алексеевич Ломакин

Студент 4 курса,

Кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: А.А. Холопов,

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Лазерные технологии в
машиностроении»*

Повышение надежности, долговечности и эксплуатационных свойств машин и механизмов неразрывно связано с получением новых уникальных материалов специального назначения, которые обладают высокими антифрикционными, магнитными, демпфирующими и другими свойствами. Такие материалы можно получить на основе систем с равномерным расслоением несмешивающихся компонентов. В силу физико-химических особенностей таких систем традиционные технологии их спекания и сплавления не позволяют добиться равномерного распределения структурных составляющих по объему сплавов [1]. Большая разница плотностей и температурных интервалов плавления компонентов, и как следствие высокая склонность к расслоению в жидком состоянии, обуславливают необходимость применения высоконцентрированных источников энергии для их переплавления. Коаксиальное лазерное плавление представляет собой высокопроизводительную аддитивную технологию, позволяющую выращивать биметаллические детали [2] и получать градиентные композиционные материалы [3,4]. Базовый принцип, лежащий в основе данной технологии, заключается в прямом осаждении расплавленного лазером порошка на подложку, при его подаче в зону обработки соосно лучу. Благодаря такой схеме подачи порошка возможно осуществлять выращивание детали из нескольких материалов путем их одновременной доставки в зону сплавления и регулирования их процентного содержания. Помимо этого, защитная инертная среда избавляет порошковый материал от окисления, позволяя сохранить изначальные свойства сплавляемых материалов.

В современном мире подобные технологии нашли наибольшее распространение на предприятиях ВПК, авиакосмической и энергетической отраслей, где зачастую необходимо создать уникальные по физическим и механическим свойствам детали [5]. Все получаемые биметаллические структуры можно разделить по применению на следующие виды: электротехнические, износостойкие и инструментальные, коррозионностойкие, антифрикционные, биметаллы для глубокой вытяжки, термобиметаллы, биметаллы для теплообменной аппаратуры, строительных конструкций и бытовых изделий [6,7]. Одним из наиболее перспективных применений аддитивных технологий является создание износостойких антифрикционных биметаллических композиций. Подобные слоистые металлы получили широкое применение при производстве различных ответственных подшипников скольжения (упорных колец, втулок и др.) для использования их в ГТД, турбинах генераторов и прочих конструкциях, к которым предъявляются высокие требования по износостойкости и коэффициенту трения при высоких рабочих температурах.

В работе [2] исследовалось формирование структуры медно-стального биметалла при варьировании в широком диапазоне взаимной концентрации его компонентов и установлено, что равенстве концентраций меди и стали, последняя выделяется вытянутыми горизонтальными участками на границе сплавления слоев, формируя армирующую сетку в медной матрице. Такая структура может показать уникально высокую износостойкость, а определение взаимной концентрации несмешивающихся компонентов с лучшими свойствами, является приоритетной задачей в исследовании подобной системы. Расположение структурных фаз в данном сплаве соответствует принципу Шарпи, при котором наиболее твердые структурные составляющие должны залегать в виде изолированных друг от друга включений (сталь), а наиболее вязкие (медь) – образовывать сплошную матрицу. Легирование подобных систем путем добавления порошков других элементов также представляет большой интерес. При добавлении мягкого материала, можно повысить смазываемость пар трения и повышение износостойкости изделия. В работе [8] проведено исследование влияния добавления свинца в структуру, описанную ранее. Было выявлено пагубное влияние данного металла на пористость и определена повышенная склонность к трещинообразованию. Однако, матричную структуру удалось повторить.

В данной работе осуществлено лазерное изготовление многослойных трехмерных объектов из композиционного материала на основе стали 35 и безоловянной бронзы методом коаксиального лазерного плавления с использованием лазерного технологического комплекса КЛП-400 [9]. Проведен металлографический анализ структуры выращенных образцов и выявлен ряд особенностей ее формирования в зависимости от количественного соотношения разнородных металлов в порошковой композиции. Отмечены магнитные свойства, приобретаемые системой Cu-Fe при легировании. Показана возможность получения сплавов несмешивающихся компонентов с равномерным распределением структурных составляющих по объему методом. Установлены зависимости между основными параметрами процесса и геометрическими характеристиками валика и слоя. Определен комплекс экспериментов, требуемых для определения оптимальных режимов наплавки биметаллического соединения железо-медь.

Литература

1. Авраамов Ю.С., Кравченко А.Н., Кравченко И.А., Шлятин А.Д. Механические и антифрикционные свойства сплавов Fe –Cu–Pb –Sn –Zn, полученных методом контактного легирования// Машиностроение и инженерное образование. 2010. № 4. С. 47-51.
2. Холопов А.А., Мельникова М.А., Мисюров А.И., Трушников А.Н., Тимошенко В.А. Особенности формирования переходных слоев при выращивании биметаллических деталей из нержавеющей стали и сплавов меди методом коаксиального лазерного плавления // Технология машиностроения. 2020. №10. С. 5-11.
3. Панченко, В.Я., Васильцов, В.В., Грезев, А.Н., Галушкин, М.Г., Егоров, Э.Н., Ильичев, И.Н., Павлов, М.Н., Соловьев, А.В., Мисюров, А.И. Лазерное спекание металлических порошков для изготовления изделий машиностроения с градиентными свойствами // Технология машиностроения. 2011. №11. С. 10-14.
4. Новиченко, Д.Ю., Григорьянц, А.Г., Смуров, И.Ю. Лазерная аддитивная технология изготовления покрытий и деталей из композиционного материала // Известия ВУЗов. Машиностроение. 2011. № 7. С. 12-24.
5. Зленко М.А., Попович А.А., Мутылина И.Н. Аддитивные технологии в машиностроении. СПб.: Изд-во Политехнического университета. 2013. 223 с.

6. Сапрыкин А. А., Сапрыкина Н. А., Шигаев Д. А. Применение селективного лазерного спекания для изготовления медного электрода-инструмента // ГИАБ. 2011. №S2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-selektivnogo-lazernogo-spekaniya-dlya-izgotovleniya-mednogo-elektroda-instrumenta> (дата обращения: 30.06.2021).
7. Кузнецов П.А., Васильева О.В., Теленков А.И., Савин В.И., Бобырь В.В. Аддитивные технологии на базе металлических порошковых материалов для российской промышленности // Новости материаловедения. Наука и техника. 2015. №2. С. 4-10.
8. Ломакин И.А., Холопов А.А. Особенности структуры композиционных материалов системы Fe–Cu–Pb, полученных методом коаксиального лазерного плавления // Двенадцатая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России»: Сборник докладов. – М.: МГТУ, 2021. – URL: <https://bmr.bmstu.press/preprints/880/> (Дата обращения: 14.03.2022). – Текст электронный.
9. Григорьянц А.Г., Ставертий А.Я., Третьяков Р.С. Пятикоординатный комплекс для выращивания деталей методом коаксиального лазерного плавления порошковых материалов // Технология машиностроения. 2015. № 10. С. 22-29.