

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ СЛС ИЗ СПЛАВА ПГ-СРЗ

А. П.Пилипчук, к.т.н., доц., О. Г.Девойно, д.т.н., проф., Д. Г.Девойно, к.т.н., доц.

Военная академия Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет

220057, г. Минск, пр. Независимости, 220, тел. (+37517)-287-41-69

E-mail: vikmech@mail.ru

Введение

Последние два десятилетия активно развивается альтернативный способ создания трехмерных объектов, получивший название «Аддитивные технологии/AdditiveFabrication» (АТ/АФ) – обобщенное название технологий, предполагающих изготовление изделия по данным цифровой модели (или САД-модели) методом послойного добавления материала. Наиболее быстроразвивающимся методом аддитивного производства [1] является метод селективного лазерного спекания/плавления (СЛС), в котором процесс послойного нанесения порошка и локальное лазерное плавление разнесены во времени. Метод СЛС представляет собой процесс послойного спекания деталей из металлического порошкового материала, гранулы которого связываются между собой путем их проплавления при помощи лазерного луча, движущегося в каждом слое по определенной траектории в соответствии с выбранной стратегией обработки и согласно трехмерной модели изделия в компьютерной среде. Такой подход позволяет создавать уникальные изделия, которые практически невозможно получить традиционными методами (передел старой технологии оказывается чрезмерно трудоемким или вообще не возможен). Метод СЛС имеет большой потенциал для развития проектирования и производства единичных и мелкосерийных деталей сложной конфигурации, изготовление которых традиционными методами требует изготовления специальной оснастки. Например, теплообменники со сложной структурой каналов охлаждения, литейная оснастка для создания корпусов новых двигателей и насосов, фильтрующие элементы, индивидуальные медицинские протезы и др. При помощи данных технологий появилась возможность изготавливать детали с прямоугольной либо любой другой формой внутренних полостей (спиралевидного типа) и/или любой формы сетчатым наполнением [2].

Постановка задачи исследования

В настоящее время нет полной ясности, как следует воздействовать на конкретный материал, чтобы получить изделие с приемлемой микроструктурой (размером зерна, текстурой и т. д.) и механическими свойствами (прочностью, твердостью, остаточными напряжениями и т. д.). Задача технолога состоит в определении оптимальной взаимосвязи таких параметров, как мощность лазера, фракционный и химический состав порошка, шаг и скорость сканирования лазерным лучом, температура плавления материала. В процессе СЛС происходят сложные металлургические явления, которые сильно зависят от параметров обработки (типа лазера, размера пятна, лазерной мощности, скорости сканирования, шага сканирования, толщины слоя порошка), свойств материала и параметров порошков (химического состава, формы частиц, размера частиц и их распределения, сыпучести и плотности укладки порошка) [1-3].

Основные направления исследований в области АТ-технологий в мировой науке [3]:

- расширение номенклатуры применяемых металлических порошков, исследование их химических и физических свойств, способа изготовления порошков с определенными заданными механическими характеристиками, а также изготовление композиционных порошков на основе Fe, Ni, Ti, Al, Cu;
- разработка и проектирование новых материалов с применением различных методов для обеспечения нанофазности, аморфности, создания функционально-градиентной структуры;
- создание базы данных основных характеристик технологического процесса и изучение металлургических процессов для улучшения микроструктуры материала;
- определение основных физических и химических металлургических механизмов, ответственных за изменения микроструктуры и механических свойств;
- теоретическое моделирование процесса (термодинамика и кинетика поведения расплава в неравновесной расплавленной ванне также имеет особое значение) – массоперенос и течение жидкости, зарождение и рост кристаллов, плавление и перемешивание являются ключевыми механизмами данного процесса, позволяя тем самым создавать микроструктуру в соответствии с предъявляемыми требованиями к производимым изделиям.

Особое значение в настоящее время приобретает первое направление, т.к. многие организации, которые приобрели дорогостоящее оборудование для АТ, попадают в зависимость от зарубежного поставщика и вынуждены закупать импортные гранулы. Разные компании-производители АТ-машин предписывают работу с определенным перечнем материалов, обычно поставляемых самой

этой компанией. При этом в Россию поставляются гранулы ограниченных составов, исключающих высокотемпературное применение в интересах ракетно-космической техники. Поэтому выделены главные направления дальнейшего развития, без реализации которых, внедрение АТ в российскую промышленность практически не возможно[1]:

- разработка и производство аддитивных 3D-установок и программного обеспечения на базе РФ;
- адаптация отечественных порошков металлов и сплавов под установки селективного сплавления, увеличение объемов производства порошков перспективных сплавов заданной гранулометрии и морфологии;
- исследование и оптимизация технологических режимов аддитивного производства для гаммы материалов отечественного производства (в первую очередь жаропрочных сплавов на основе никеля и титана);
- серийное производство ответственных деталей заданной геометрии методами селективного сплавления из порошков российского производства.

Цель представленной работы – анализ процесса селективного лазерного спекания и разработка технологии создания деталей методом СЛС из материалов, производимых предприятиями СНГ.

Результаты исследования

Выполнен анализ материалов, используемых для создания деталей способом СЛС. Установлено, что с использованием дешевых порошков связывают большие надежды в развитии СЛС. В данном направлении возможно использование особой группы износостойких материалов, так называемых самофлюсующихся сплавов системы Ni – Cr – B – Si – C, которые имеют сложную многофазную структуру и представляют собой сплавы на основе никеля (не менее 75 %), содержащие добавки (не менее 1,5 %) бора и кремния (т. н. структура Шарпи) [3-6]. Данные материалы позволяют создавать поверхностные слои, характеризующиеся высокой твердостью (около 50 HRC) и мелкозернистой структурой, что в значительной степени определяет износостойкость. Высокие механические свойства покрытий из данных материалов определяются наличием боридов и карбидов хрома и никеля, которые обеспечивают высокую износ- и коррозионную стойкость. Для данных материалов характерна низкая температура плавления (1100 °С), значение которой ниже температуры плавления сталей. Наличие в составе бора и кремния, превосходящих никель и железо по химическому сродству к кислороду, способствует протеканию восстановительных реакций, что позволяет проводить операции без использования защитной среды. В процессе плавления и последующей кристаллизации данного материала образуются окислы V_2O_3 и SiO_3 , расплавляющиеся как стекловидные вещества и выходящие на поверхность в виде шлака, в результате чего после охлаждения получают плотное, не имеющее пор изделие.

Для отработки режимов создания деталей выполнен анализ существующих установок СЛС и на основе его результатов разработано и изготовлено приспособление (рисунок 1), состоящее из стойки, неподвижного внешнего цилиндра, подвижного внутреннего цилиндра (диаметр 50 мм), механизма перемещения внутреннего цилиндра (зубчатая рейка), индикатора часового типа (цена деления 0.01 мм) для контроля перемещения внутреннего цилиндра (до 50 мм). Данное приспособление вместе с лазерной установкой «Комета 2» (НИИЛ ПилТ БНТУ) образуют установку для СЛС (рисунок 2).



Рис. 1. Приспособление для подачи порошка



Рис. 2. Установка для селективного лазерного спекания

Литература.

1. Логачева, А. И. Аддитивные технологии производства ответственных изделий из металлов и сплавов (обзор) / А. И. Логачева, Ж. А. Сентюрина, И. А. Логачев // Перспективные материалы. – 2015. – № 5. – С. 5–15.
2. Зленко, М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. – С-Пб.: Изд-во политехн. ун - та, 2013. – 222 с.
3. Фомин, В.М. Микроструктура при лазерном сплавлении металлических порошков / В.М. Фомин, А.Г. Маликов, А.М. Оришич, А. О. Токарев// Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – №3 (15). С. 25 – 31.
4. Шишковский, И. В. Лазерный синтез функционально-градиентных мезоструктур и объемных изделий. – М.: ФИЗ-МАТЛИТ, 2009. – 424 с.
5. Хасуи А., Моригаки О. Напыление и наплавка – М.: Машиностроение, 1985. –240 с.
6. Anyakin, M., Optimal conditions for process of rapid prototyping / M. Anyakin, P. Kondrashov, A. Mukhoid, A. Stepura, V. Kovalenko // Laser Technologies in Welding and Materials Processing. Kiev/ E.O. Paton Electric Welding Institute, NASU. P.135-141
7. Пилипчук, А. П. Использование самофлюсующихся сплавов для создания деталей методом селективного лазерного спекания / А. П. Пилипчук, О. Г. Девойно, Ю.А. Грибков, Н.И. Луцко // Вестн. Воен. Акад. Респ. Беларусь. – 2016. – № 1(50). – С. 165–174.

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ РЕЗАНИЯ НА ЭНЕРГОЗАТРАТЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКЕ**

*С. И. Петрушин, д.т.н., проф., Р.Х. Губайдулина, к.т.н., доц., Ш.С. Нозирзода, студент
Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского
Томского политехнического университета
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (8384-51)7-77-61
E-mail: victory_28@mail.ru*

Введение

Любой технологический процесс, при котором изменяются свойства материала или форма изделия, требует определенных затрат электрической энергии. Из традиционных способов формообразования наиболее энергоэффективными являются методы лезвийной обработки резанием. Так, если принять за единицу количество электроэнергии, расходуемой на снятие с заготовки единицы объема при точении, то для шлифования эта величина возрастет в сто раз, а для электрохимических и электрофизических способов обработки – в тысячу раз и более [1]. Поэтому при разработке современных технологий необходимо соизмерять получаемый положительный эффект от их внедрения с возникающими затратами электроэнергии. С другой стороны, в традиционных способах механической технологии расходы на электроэнергию зависят от условий обработки и в первую очередь от режима резания. Рассмотрим этот вопрос применительно к точению черных металлов сборными резцами с механическим креплением сменных многогранных пластин [2].

Результаты и обсуждение

Под энергозатратами H на механическую обработку понимается расход количества электрической энергии на снятие одного килограмма стружки [1]:

$$H = \frac{N \cdot \tau}{W \cdot \lambda} \text{ кВт} \cdot \text{час/кг}, \quad (1)$$

где N – мощность, затрачиваемая на резание, кВт;

τ – время резания, час;

W – объем снятой стружки за время резания, М^3 ;

λ – плотность обрабатываемого материала, $\text{кг}/\text{М}^3$.

Величинам N и W соответствуют известные выражения [1]

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1020}; \quad (2)$$

$$W = 60 \cdot 10^{-6} \cdot V \cdot t \cdot S \cdot \tau, \quad (3)$$