

УДК 621.981.12

ВЛИЯНИЕ ИМП НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© Саргаева Т.С., Глущенко В.А., Ерисов Я.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, Самара, Российская Федерация*

e-mail: sargaeva1999@mail.ru

Введение

В последнее время широкое развитие в машиностроении получают аддитивные технологии. Но, несмотря на их преимущества, они также имеют ряд недостатков. Данная работа посвящена оценке влияния импульсного магнитного поля (ИМП) на изделия, полученные с помощью аддитивных технологий.

Постановка вопроса

Аддитивные технологии базируются на получении изделий с использованием лазерной порошковой металлургии. Энергия лазерного луча, сканирующего слой металлопорошковой композиции, формирует движущуюся ванну расплава в которую вовлекаются новые частицы порошка, образующие при затвердевании слой сплавленного материала [1; 2]. Анализ микроструктуры показал, что границы зерен представляют собой неупорядоченную структуру с большим количеством интерметаллидных включений и примесей. Более тугоплавкие границы зерен затвердевают в первую очередь. Процесс кристаллизации, при котором образуются столбчатые структуры дендритов, начинается от границ зерна и распространяется внутрь зерна. В процессе кристаллизации образуются так называемые остаточные напряжения затвердевания, которые формируются в области тонкой пленки застывающего твердого раствора между столбчатыми структурами. Сами границы зерен существенно охрупчивают материал, поскольку их структура является естественной преградой движения дислокаций при пластической деформации. Таким образом формируемые остаточные напряжения по границам зерен вследствие неоднородности химического состава и возникающие при лазерном сплавлении температурные градиенты порождают в деталях значительные остаточные напряжения, приводящие к дефектам геометрии изделия (короблению, трещинам и другим нежелательным явлениям [3]).

В этой связи задача повышения механических свойств материала, создаваемого с использованием аддитивных технологий, – снижение уровня остаточных напряжений или их перераспределения по объему является весьма актуальной.

Предлагаемое техническое решение

С применением внешнего энергетического воздействия на структуру синтезированного с помощью АТ материала возможно снизить негативный эффект от действия остаточных напряжений. Идея предложенного технического решения состоит в обработке полученных с помощью аддитивной технологии изделий импульсным магнитным полем. Под воздействием ИМП в порошковом материале наводятся вихревые токи в несколько десятков килоампер, обеспечивая электродинамическое бесконтактное силовое и термическое воздействия на структуру материала. Предполагается, что ИМП затронет в первую очередь границы зерен, которые

вследствие своей структуры и повышенного электромагнитного сопротивления должны быть особенно чувствительны к такому воздействию .

Методика поискового экспериментального исследования

Эксперимент проводился на плоских алюминиевых образцах, выращенных методом селективного лазерного сплавления. Для получения наилучших свойств подобран наиболее оптимальный по показателям качества режим. Для воздействия ИМП на пластины применялась магнитно-импульсная установка МИУ-1, представляющая собой основу созданного экспериментального стенда. В качестве рабочего инструмента использовался плоский многовитковый индуктор.

Измерение параметров воздействия ИМП: импульсного тока (I), напряженности магнитного поля (H) – осуществлялось с помощью датчика тока – пояса Роговского и датчика поля – датчика Холла. Для фиксации измеренных параметров использовался двухлучевой импульсный осциллограф LeCroy WaveSurfer 44Xs-A.

Структура материала образцов до и после обработки их импульсным магнитным полем исследовалось на инвертированном металлографическом микроскопе Carl Zeiss Axio Vert.A1 MAT с увеличением x100 и x500.

Из механических свойств замерялась твердость по Виккерсу HV с помощью автоматического микротвердомера MATSUZAWA MMT-X.

Программа поискового эксперимента предусматривала три режима воздействия ИМП на образце с энергиями 100, 500, 1000 Дж), то есть при трех значениях наведенных токов 9, 19, 26,18 кА.

Результаты

Изменение твердости HV показало, что с увеличением вихревых токов до 26,18 А твердость увеличилась на 30–40% по сравнению с образцами, которые не подвергали обработке импульсным магнитным полем.

Остаточные напряжения поверхностного слоя изменились с растягивающих на сжимающие: чем выше сила тока, тем больше значения сжимающих напряжений на поверхности, что положительно влияет на прочность.

Библиографический список

1. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015.
2. Аддитивные технологии – динамично развивающееся производство / О.Н. Гончарова, Ю.М. Бережной, Е.Н. Бессарабов, Е.А. Кадамов, Т.М. Гайнутдинов, Е.М. Нагопетьян, В.М. Ковина // Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». 2007–2016. № 4. С. 123.
3. Оценка свойств изделий аддитивного производства, полученных в рамках ФЦП по SLM-технологии / А.Н. Чуканов, А.Е. Гвоздев, А.Н. Сергеев, Д.В. Малий, С.Н. Кутепов, Д.С. Клементьев Д.С., Е.В. Цой // Университет XXI века: научное измерение: сб. науч. трудов / ТГПУ им. Л.Н. Толстого. Тула, 2019. С. 15–30.