

УДК 621.762.5:504.064

Л.П. Бабенцова, И.В. Анциферова

L.P. Babentsova, I.V. Antsiferova

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

КАЧЕСТВО И ЭКОЛОГИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО ЛАЗЕРНОГО СПЕКАНИЯ

QUALITY AND ECOLOGY OF THE SELECTIVE LASER TECHNOLOGY

Аддитивные технологии на сегодняшний день являются перспективным направлением развития промышленного производства. 3D-печать позволила создавать изделия, изменяя только параметры в цифровой модели. Качество лазерных спеченных деталей зависит от качества порошка. Изучение зависимости свойств порошков от механических, реологических и физических параметров и варьирование их по цепочке процесса лазерного спекания позволяют улучшить качество процесса.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, селективное лазерное спекание (SLS), качество, прототипирование, свойства порошка, «зеленые» технологии.

Additive technologies today are the perspective direction of industrial production development. The 3D printing technology made it possible to create products, changing only the parameters in the digital model. However, it must be noted that quality of the laser sintering details depends on the characteristic of quality of powder. Studying of dependence of powder's properties on mechanical, rheological and physical parameters, and a variation them on a chain of process of laser sintering made it possible to improve quality of process.

Keywords: additive technologies, 3D printing, selective laser sintering (SLS), quality, prototyping, properties of powder, "green" technology.

Технология 3D-печати появилась в 1986 г. Ее основателем стал американец Чарльз Халл. Он же основал компанию 3D Systems и разработал первый специальный принтер-машину для стереолитографии. Бурное развитие трехмерной печати началось с развитием технологий проектирования, расчетов, моделирования и механической обработки и нашло применение в оборонной промышленности [1]. Первые аппараты были крайне дорогими, а выбор материала для создания моделей был ограничен. Сегодня сложно найти область производства, где бы ни применялись 3D-принтеры: с их помощью изготавливаются детали самолетов, космических аппаратов, подлодок, инструменты, протезы и импланты, ювелирные изделия и др. Перспек-

тива очевидна: аддитивная технология в ближайшее время станет приоритетной технологией машиностроения, причем ведущие страны мира активно включаются в 3D-гонку.

При изготовлении сложных деталей большую роль играет скорость прототипирования. Прототип – это образец изделия, фиксирующий его типичные свойства и используемый для дальнейшего исследования. Появляется возможность сразу вносить изменения в цифровую модель, не затрачивая время и ресурсы на изготовление оснастки и литьевых форм [2].

С помощью аддитивных технологий (АТ) можно создавать детали из различных материалов, разных по химическому составу или структуре металлических порошков. Возможно применение АТ в разработке методик ремонта путем заполнения материалом поврежденных частей конструкций [3].

При использовании АТ часто появляется возможность сделать целиком одну деталь, а не собирать ее из частей. Конструкции получаются легкие, что играет большую роль в авиационной промышленности.

Суть изготовления деталей по аддитивным технологиям заключается в насыпании на платформу порошкового материала и распределении его роликом или ножом для создания ровного слоя материала заданной толщины. Далее происходит селективная обработка порошка лазером согласно текущему сечению CAD-модели. Наглядная схема процесса SLS представлена на рис. 1.

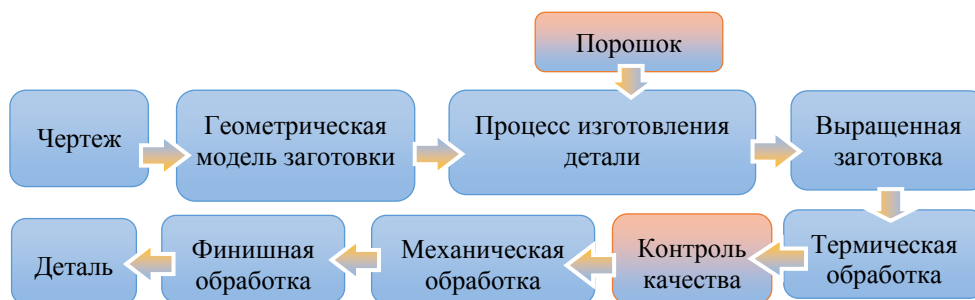


Рис. 1. Схема процесса SLS

Изделия, изготовленные по методу селективного лазерного спекания, прочнее литых на 2–12 %. Прочность таких деталей обусловлена малым размером зерен и микроструктурных составляющих. Исходя из этого, можно особенно широко изменять свойства изделия. Например, используя такие методы, как изменение температурных условий кристаллизации, легирование, введение в расплав модификаторов, термоциклирование, термомеханическая обработка и др., можно добиться значительного повышения прочностных свойств металлов и сплавов [4].

Таким образом, прежде чем «напечатать» деталь и тем более попробовать поставить ее на двигатель, нужно провести очень много дополнительных исследований. Одновременно с деталью разрабатывается, по сути, технология ее изготовления [5].

Сегодня сложно представить современное производство, которое бы не задавалось вопросом повышения качества. Контроль качества каждой партии материала начинается с доставки (химические свойства, гранулометрический состав) и заканчивается анализом работы. Изучение всех этих параметров направлено на улучшение механических свойств и расширение ассортимента производства.

Комплексный подход системы управления качеством является основой повышения экономической эффективности.

Независимо от типа отрасли и сферы деятельности каждое предприятие нуждается в оценке качества изготовления ее продукции для улучшения производства, чтобы оставаться конкурентоспособной и поддерживать свою репутацию на рынке. Использование методов контроля качества улучшает производственные процессы предприятия, а современное оборудование является эффективным инструментом для решения различных задач контроля в процессе производства [6].

Рассмотрим некоторые методы контроля, применяемые для процесса селективного лазерного спекания:

- рентгеновский контроль;
- компьютерная томография;
- лазерное 3D-сканирование;
- контроль геометрических параметров;
- твердометрия.

Хочется отметить, что качество изделий напрямую зависит от высокотехнологичного оборудования, научного прогресса и непрерывного улучшения.

Несомненно, самым первым этапом на пути к качеству изделий является характеристика качества порошка. Изменяя некоторые важные влияющие факторы, например, соотношение порошка, старение порошка и содержание влаги, изучают влияние на механические и физические свойства, плотность и пористость. Что касается завершения процесса, то также исследуется фаза охлаждения. На рис. 2 можно увидеть факторы, влияющие на качество порошка.

Стоит отметить, что в отношении качества необходимо также учитывать влияние таких факторов, как мощность лазера, величина пятна, толщина слоя, время воздействия луча лазера, направление треков движения, химические и механические свойства. Кроме того, важно знать всю цепочку качества лазерного спекания, потому что множество различных этапов по-разному влияют на конечное качество спеченных деталей.



Рис. 2. Факторы, влияющие на качество порошка

Не стоит исключать и качественную работу с образцом для испытаний различных характеристик, таких как тепловые, электрические и физические, а также линейные и упругие механические свойства.

Процесс выращивания не имеет вредных выбросов в атмосферу, поэтому он относится к «зеленым» технологиям.

В данном случае под ресурсосберегающей технологией понимается такой технологический процесс, который предполагает минимизацию используемых природных ресурсов и минимальное нарушение природных (естественных) условий, т.е. отличается от традиционных технологий значительно меньшим удельным расходом сырья и энергии. Эта технология повышает коэффициент использования металла до 95 % [7].

В идеале в чистом производстве должны отсутствовать очистные сооружения и места складирования отходов.

Для аддитивного производства характерен выпуск экологически чистой продукции с низким уровнем энергопотребления при ее производстве и эксплуатации, без загрязнения окружающей среды.

Преимущества данной технологии:

- сокращение выбросов, сбросов загрязняющих веществ, уменьшение количества отходов;
- сокращение ресурсоемкости производства;
- сокращение мест складирования отходов;
- уменьшение риска для здоровья персонала;
- улучшение условий труда на рабочем месте, повышение безопасности рабочего места;
- сокращение затрат на сырье, энергию, топливо, воду;

- сокращение затрат на очистку сточных вод, пыли- и газообразных выбросов, утилизации отходов;
- сокращение транспортных расходов;
- повышение цен на продукцию в связи с улучшением ее качественных характеристик;
- рост прибыли;
- повышение уровня репутации предприятия, создание благоприятного общественного мнения;
- сокращение жалоб населения в государственные контролирующие органы.

Организация по достижению экологически чистого производства предусматривает обязательное привлечение к участию в ней администрации, создание комиссии по выработке регламента, а также рабочей группы для проведения анализа, выявления проблем, разработки и решения конкретных задач по внедрению проектов по производству на предприятии.

На сегодняшний день в области аддитивных технологий идет многофронтная работа по оптимизации процессов производства. Ученые и инженеры занимаются более детальным изучением влияния параметров процесса на формирование структуры, механизм и особенности уплотнения различных материалов и других факторов, влияющих на улучшение механических свойств и качество изделия. Процесс выращивания не имеет вредных выбросов в атмосферу, поэтому его относят к «зеленым» технологиям. Уже сегодня можно с уверенностью сказать, что современное проектирование и производство изделий немислимы без аддитивных технологий.

Список литературы

1. Михайлова А.Е., Дошина А.Д. 3D-принтер – технология будущего // Молодой ученый. – 2015. – № 20. – С. 40–44.
2. Серебrenицкий П.П. Технологии быстрого прототипирования. Часть 1 // РИТМ. – 2008. – № 6 (36). – С. 27–30.
3. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учеб. пособие. – СПб., 2015. – 63 с.
4. Литунов С.Н., Сысуев И.А., Вдовин В.М. Полиграфия: технология, оборудование, материалы: материалы VI заоч. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Омск: Изд-во Омск. гос. техн. ун-та, 2015. – 96 с.
5. Gibson I., Rosen D.W., Stucker B. Additive manufacturing technologies. rapid prototyping to direct digital manufacturing. – Springer, 2010. – 473 p.

6. Babentsova L.P. Complex approach to improvement of quality of process of selective laser sintering // Scieuro. – 2016. – № 3–2. – С. 7–11.

7. Игнатьева М.Н., Мочалова Л.А. Экологизация промышленного производства: направления, инструментарий // Экономика региона. – 2008. – № 1. – С. 154–166.

Получено 10.04.2017

Бабенцова Людмила Павловна – аспирант кафедры «Материалы, технологии и конструирование машин», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: lydmila.babencova@yandex.ru.

Анциферова Ирина Владимировна – доктор технических наук, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг», гуманитарный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: iranciferova@yandex.ru.