

# Неразрушающий КОНТРОЛЬ Качества В аддитивном производстве



Текст: Павел Косушкин

Для крупных предприятий России, производящих высокоточную ответственную продукцию, аддитивные технологии становятся все более востребованными. Одна из них – SLM (Selective Laser Melting) – технология спекания металлического порошка лазером – является наиболее перспективной и имеет ряд особенностей.

## Особенности контроля качества в аддитивном производстве

Давайте посмотрим, с какими моментами, которые действительно влияют на качество выходной продукции в производстве, можно столкнуться при производстве изделий с помощью аддитивных технологий.

Во-первых, мы не можем увидеть качество 3D-печати внутри изделия. Мы можем контролировать наружную поверхность, но не качество спекания металлического порошка внутри.

Во-вторых, всегда необходимо контролировать саму геометрию изделия, потому что после процесса выращивания изделия, а также после различных процессов постобработки (термических, механических и др.), геометрия изделия может меняться, что необходимо учитывать и компенсировать при моделировании CAD-модели.

В-третьих, иногда возникает потребность во входном контроле расходных материалов, а именно металлопорошковых композиций. Не всегда легко понять, насколько заявленные требования к сырью соответствуют реальным значениям.

Сегодня для решения таких задач применяется технология промышленной компьютерной томографии – метод восстановления внутренней структуры объекта посредством многократного просвечивания в различных пересекающихся направлениях.

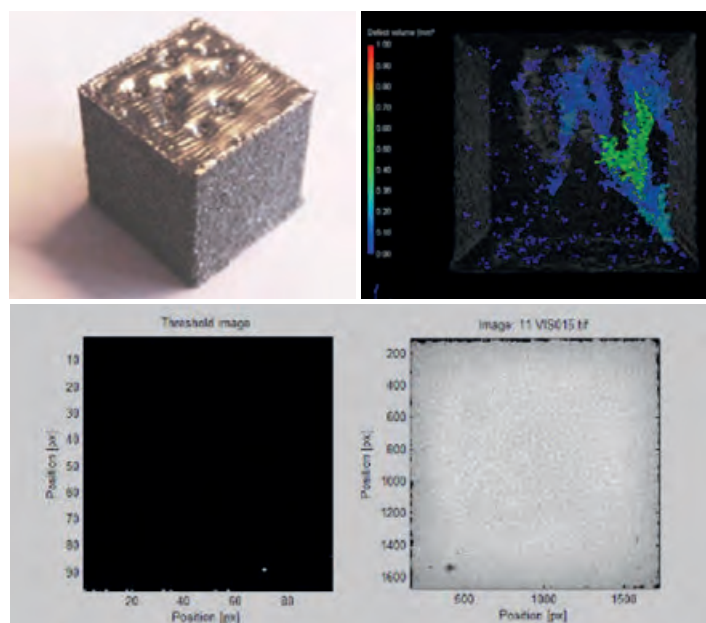
Далее рассмотрим подробно каждый из этапов.

## Качество 3D-печати. Что внутри?

Многие задаются вопросами: какое же качество будет у изделий, полученных с помощью аддитивных технологий? Насколько эти изделия сопоставимы по прочности с изготовленными по традиционным методам? Это правильные вопросы, требующие особого внимания. Откуда они возникают? Непосредственно из самой технологии лазерного спекания металлического порошка. На производстве проконтролировать качество спекания частиц после получения детали обычными способами не представляется возможным. А для ответственных деталей критически важно, не произошел ли сбой в одном из слоев при выращивании, нет ли внутренних дефектов в виде пустот, рыхлот, трещин и т. п. Тут и приходит на помощь промышленная компьютерная томография – единственный из методов контроля, позволяющий максимально эффективно проверить качество 3D-печати.

В начале технологического процесса изготовления изделий в аддитивном производстве можно и нужно применять компьютерную томографию для отработки режимов синтеза. Каждое изделие уникально, как и все параметры для его изготовления. Конечно, их лучше подобрать еще до выращивания изделия, чтобы сократить процент негодной продукции и сэкономить расходный материал, который стоит немало. На рис. 1 показан пример создания опытного образца с последующим томографическим исследованием. Таким образом мы можем обнаружить дефекты или пустоты в образце при текущих режимах синтеза и при необходимости их скорректировать.

После изготовления детали, несмотря на заранее подобранные режимы для синтеза, необходимо выполнить ее полный контроль, чтобы выявить возможные дефекты. В примере, приведенном на рис. 2, после проведения компьютерной томографии были обнаружены и локали-



1

Образец со специально созданными дефектами



2

Автоматический анализ пустот в объеме

зованы пустоты. Сейчас речь не идет об их критичности при эксплуатации изделия, это задача конструктора. Однако промышленная компьютерная томография позволит обнаружить и провести исследования по воздействию механической нагрузки на изделие.

## Контроль внешней и внутренней геометрии

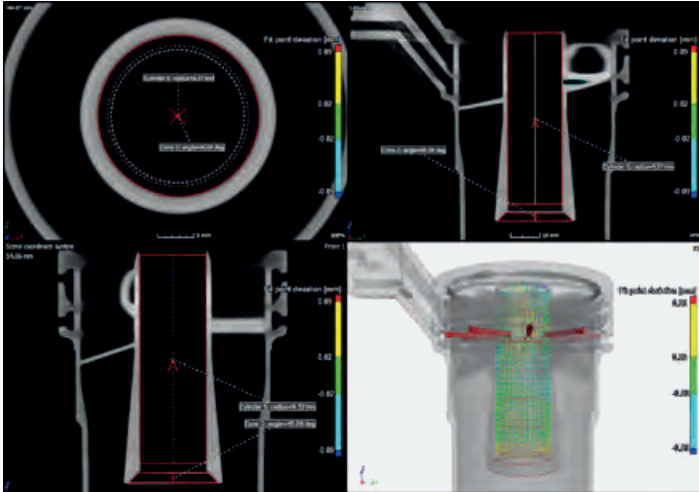
Помимо контроля внутренностей изделия, также необходимо контролировать внешнюю геометрию. Речь идет о линейно-угловых размерах, а также отклонениях формы (цилиндричность, соосность и т. п.).

В первую очередь, на геометрию влияют режимы построения детали, а также само расположение изделия внутри камеры построения 3D-принтера. Если посмотреть дальше, то после выращивания 3D-модели обязательным этапом в аддитивном производстве идет термическая обработка, где можно столкнуться с деформацией геометрии. Поэтому важно не только правильно подобрать температуру и время выдержки на этом этапе, но и заранее внести коррективы в геометрию с учетом ее изменения при последующих операциях. А при моделировании изделия с бионической структурой (рис. 3) важно анализировать толщину стенок этой структуры.

Компьютерная томография позволяет обработать все необходимые режимы на этих этапах, чтобы в итоге получилась модель, отвечающая всем геометрическим параметрам (рис. 4).

## Контроль качества металлопорошковых композиций

Еще одно применение промышленной томографии в аддитивном производстве – контроль сырья, т. е. металлопорошковых композиций. Это, собственно, то самое сырье, микроскопические металлические частицы, из которых и получают готовые изделия. Производство



3

Отображение геометрических примитивов на изделии в 4-х проекциях с картой отклонений

этого порошка – очень непростая задача. Сложность заключается как в получении частиц порошка из цельного металлического слитка, так и в предъявляемых к ним требованиях – морфологии, гранулометрическому составу, химическому составу и т. д.

На рис. 5 показано исследование металлического порошка с определением дефектов внутри гранул. Данные пустоты можно задетектировать, рассчитать их объем и линейные размеры. Помимо этого, можно измерить сам размер частиц и понять, попадают ли гранулы под необходимые требования.

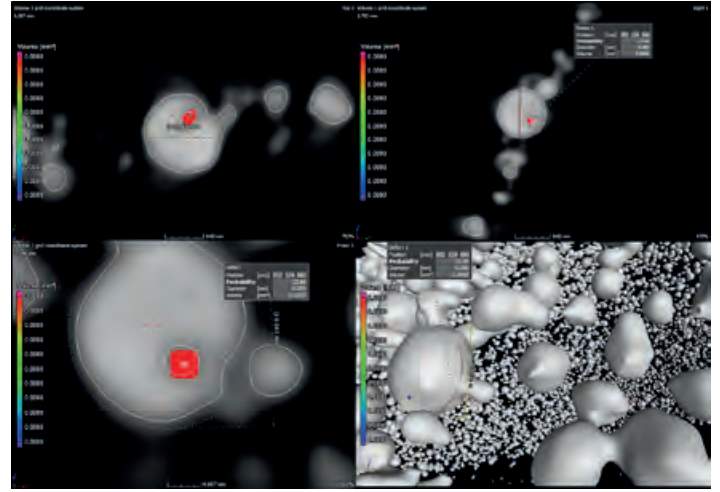
Еще одна возможность исследования – определение сферичности всех частиц внутри выбранного диапазона (рис. 6) с графиком распределения, который показывает количество гранул с определенной сферичностью. Это один из тех параметров, который напрямую влияет на качество изготовления конечного изделия и в целом на возможность использования данного сырья в оборудовании.

Промышленная компьютерная томография дает возможность решать широкий спектр задач, связанный с контролем качества в аддитивном производстве. Правильно подобранные режимы синтеза, верно спроектированные 3D-модели с учетом всех последующих операций, а также входной контроль сырья позволяют повысить процент годной продукции и, как следствие, снизить издержки на производстве. ▢



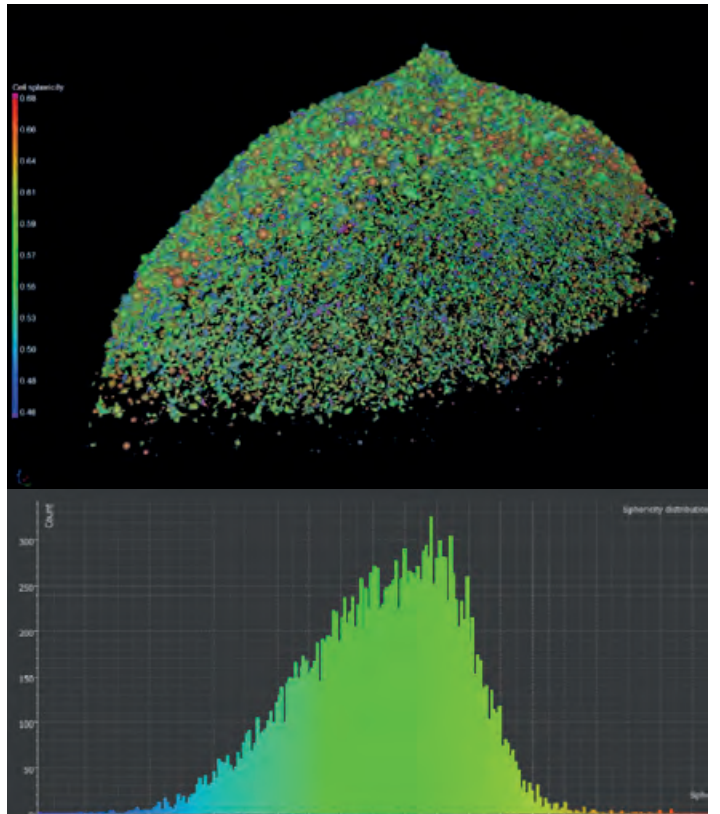
4

Компьютерная томография изделия для анализа пор, пустот, а также расчета толщины стенок



5

Анализ обнаружения пустот внутри отдельной частицы



6

Анализ сферичности и размера частиц с графиком распределения