

# Преимущества трехмерной компьютерной томографии для контроля размерного соответствия изделий

Текст: **Артем Василенко, Степан Румянцев**

”

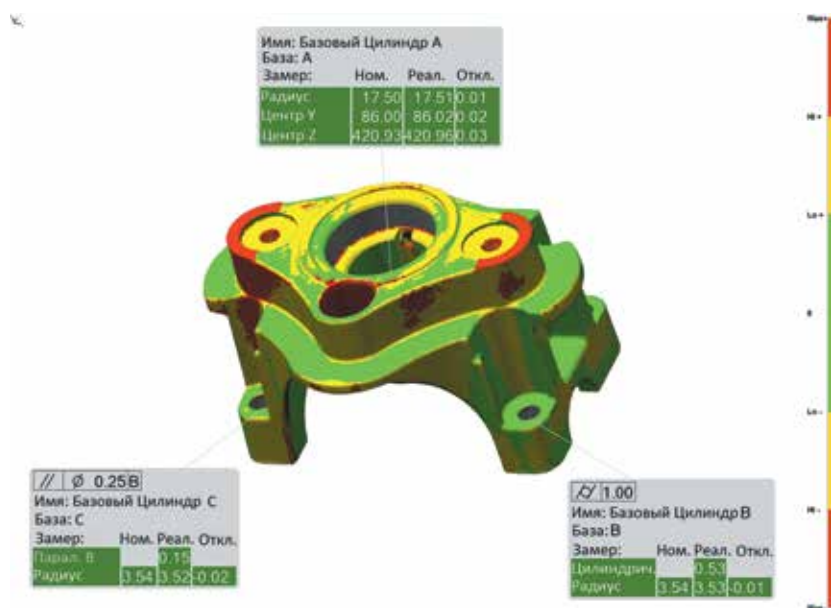
Непрерывное развитие компьютерной томографии (КТ) привело к гигантскому скачку, и теперь, в дополнение к широко распространенному сегодня применению КТ высокого разрешения для контроля качества, эта технология может быть использована в качестве метода измерений геометрических параметров. 3D метрология, использующая КТ, позволяет проводить неразрушающие измерения деталей из пластмасс и легких сплавов, которые из-за их сложной внутренней структуры было невозможно инспектировать и измерять классическими методами.

В статье приведены реальные примеры с производства автокомпонентов. Эти примеры хорошо иллюстрируют выгоду в экономии времени и денежных средств, которая является результатом использования автоматизированных процедур КТ-измерений, ставших частью непрерывного процесса контроля качества деталей и отладки технологии.

КТ позволяет получить полную трехмерную карту образца для неразрушающих 3D измерений и дефектоскопии изделий и сборок, которые не могут быть проинспектированы при помощи других методов из-за сложной внутренней геометрии. Данная технология имеет мно-

жество дополнительных применений помимо неразрушающего контроля, например: оптимизация и снижение затрат времени на разработку и запуск процесса выборочного контроля, сравнение изделий с конструкторской документацией, а также обратное проектирование, при котором полученные объемные КТ-данные могут быть переведены в конструкторскую документацию.

Сканирование – это съемка серии 2D рентгеновских проекций: образец помещается на прецизионный манипулятор и во время сканирования поворачивается на 360°. Качество исходных данных и, соответственно, точность всех последующих оценок КТ моделей после цифровой



1 Сравнение номинального и действительного объема и измерение трех цилиндрических отверстий в PolyWorks для алюминиевой детали, отлитой под давлением, сканированной с помощью компьютерного томографа GE phoenix v|tome|x m300

компьютерной реконструкции очень сильно зависят от четкости рентгеновских изображений. Четкость изображений, в свою очередь, в значительной мере зависит от размера фокального пятна источника рентгеновского излучения и разрешения детектора, а также от точности и стабильности системы манипуляции. Поэтому можно сказать: чем качественней КТ система выполняет съемку проекций, тем точнее будет выполнена задача по определению геометрических размеров. Именно поэтому не каждая томографическая система может являться метрологической.

Помимо стабильной конструкции системы, адаптированной для метрологической инспекции изделий, ключом к успешным измерениям являются правильная интерпретация и обработка данных, за которые отвечает программный комплекс, включающий все необходимые программные модули повышения качества сканирования и реконструкции.

Последовательность процесса инспекции может быть полностью автоматизирована с помощью соответствующих модулей. Это уменьшает не только время обработки, но и влияние пользователя на результаты КТ, что в итоге дает лучшую повторяемость. Процесс нужно

запрограммировать всего один раз для каждой серии одинаковых деталей, и тогда процедура сканирования и реконструкции будет полностью автоматизирована, включая оптимизацию объема и извлечение поверхности. Благодаря автоматическому запуску программного обеспечения для 3D метрологии, например, VG StudioMax от Volume Graphics или PolyWorks Inspector™ от InnovMetric Software Inc., отчет об инспекции будет доступен менее чем через час от начала сканирования.

### Эффективное 3D измерение виртуальной детали

Существенное преимущество томографии – способность проводить быстрые визуальные проверки, используя сравнения номинального и действительного значения рис 1. Например, как часть инспекционной программы, готовая деталь может быть быстро и легко проанализирована на соответствие критическим функциональным размерам и требованиям формы. Эта функция экономит время и денежные средства во многих областях примене-



2

Поверхности базирования на пластиковом фиксирующем рельсе (2а). Симулированная коррекция базирования (2в) показывает, что размерное соответствие детали лучше, чем предложенное изначально сравнение номинального/действительного объемов (2б - базирование в соответствии с RPS (относительной системой позиционирования))

ния, где требуется точность, характерная для массовой координатно-измерительной технологии.

Программные комплексы для работы с КТ моделями предлагают функции анализа поверхности из многоугольников, генерируемой из облака точек, полученного в результате сканирования и реконструкции КТ.

Сравнение поверхностей, например, можно показать непосредственно на модели из многоугольников и/или САПР-модели в виде псевдо-цветного изображения, на котором отклонения видны невооруженным глазом. Для более детального анализа в определенных выбранных точках на САПР-модели пользователю дается точное значение отклонения от номинального размера.

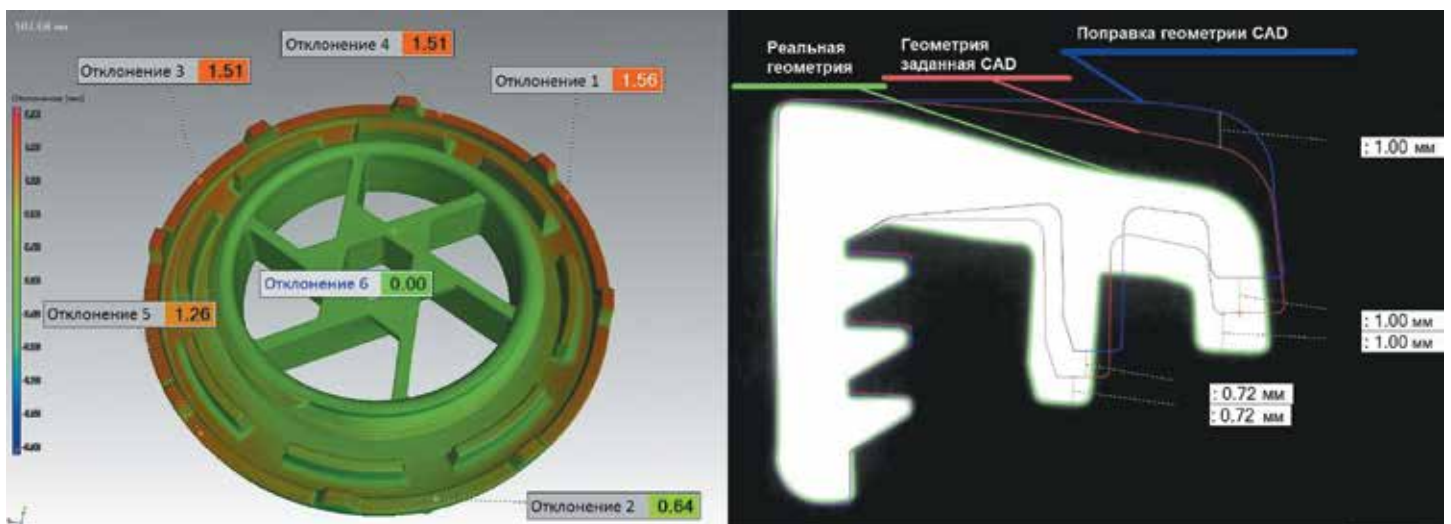
Помимо сравнений номинальных и действительных геометрических параметров можно провести проставление геометрических размеров и расчет допусков. Пользователь также может выбирать различные методы сравнения и цветовые гаммы, чтобы показать двухмер-

ное отклонение полигональной модели от исходной САПР-модели на цветовой карте.

Автоматизированные процессы, доступные в разных программных комплексах, значительно упрощают и ускоряют проведение метрологических работ благодаря функции серии измерений со статистическим анализом и макросами.

Функция автоматического обновления проекта означает, что каждое изменение параметра сразу же используется для базирования, измерения, сравнения, формирования отчета. А каждое измерение можно настроить с необходимыми параметрами и затем повторить нужное количество раз, что обеспечивает значительную экономию времени и средств.

Рассмотрим применение рентгеновской компьютерной томографии для контроля и отладки технологических процессов в литейном производстве на примере работ немецкой компании F. & G. Nachtel GmbH & Co. KG.



3

Сравнение номинального/действительного объема четко показывает деформацию в наружной части кольца с резьбой

## Эффективное использование КТ для контроля и корректировки технологии литья под давлением

Корректировка технологии в литейном производстве заключается в отладке режимов и параметров технологического процесса и доводке инструмента для повышения качества и геометрического соответствия. Выводы о необходимости вмешательства в технологию должны приниматься на основании объективных данных координатных измерений и дефектоскопии того или иного изделия.

Nachtel работает в направлении обработки пластмасс. В головном офисе заняты 40 сотрудников, которые работают со всеми технологиями в области литья под давлением и конструирования инструмента и форм. Как пионер промышленного применения КТ, Nachtel также предлагает услуги, относящиеся к контролю качества деталей и сборных узлов на основе КТ.

Компания выгодно использует преимущества применения промышленного томографа phoenix|x-ray от GE Measurement & Control, обладает большим профессиональным опытом в проектировании инструмента, изготовлении форм и литье под давлением. Nachtel применяет компьютерную томографию для контроля качества пластиковых деталей и доводки инструмента; для контроля качества деталей и сборных узлов на установке phoenix|x-ray v|tome|x L от GE.

Рассмотрим два примера, которые показывают, как использование КТ позволяет значительно увеличить производительность на Nachtel GmbH.

### БЫСТРЫЙ КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗНЫХ МЕТОДИК БАЗИРОВАНИЯ

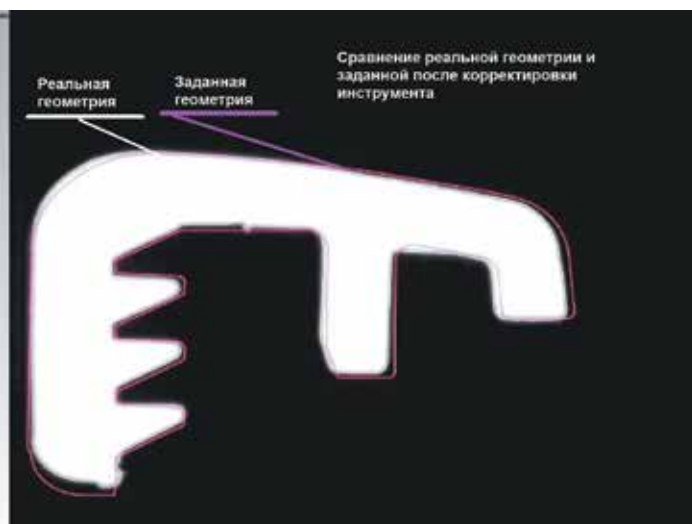
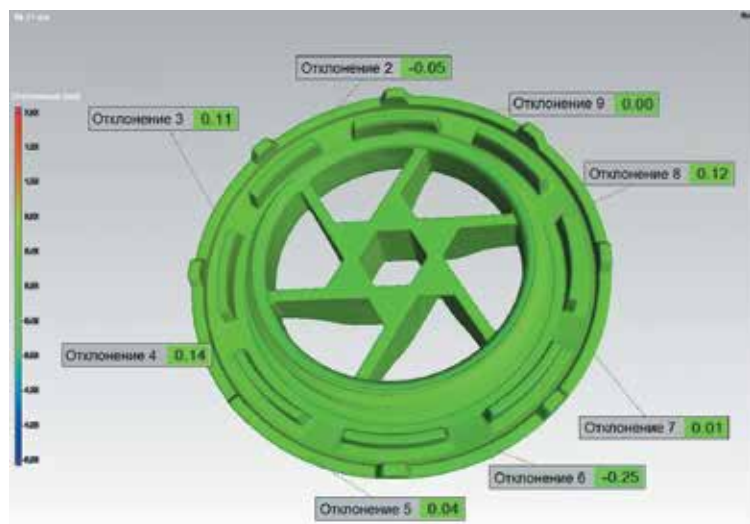
Сложные пластиковые детали часто контролируются на отклонение геометрических размеров и допусков в сочетании с базированием RPS (относительная си-

стема позиционирования). С пластмассовыми компонентами, форма которых часто отличается от идеальных спецификаций КД из-за эффектов коробления, эта процедура нередко приводит к неправильному толкованию и неправильным выводам перед проведением корректировки инструмента. Это наглядно демонстрируют пластиковые компоненты, показанные на рис 2. Минимальные отклонения в базовых поверхностях, которые определены в чертеже рис 2а, говорят о том, что геометрические размеры явно превышают допуски рис 2б, что может поставить под угрозу работоспособность детали. Тем не менее, хорошие рабочие характеристики образца в реальности, и положительный результат функциональных тестов противоречат этому. Симулированное изменение базирования рис 2в подтвердило, что размерное соответствие детали находится на очень хорошем уровне.

В данном случае необходимо отметить, что в отличие от КТ координатно-измерительные машины показывают результат измерений только в виде таблицы. Это означает, что можно неправильно интерпретировать размерные соответствия детали, а значит неверно судить о ее годности.

По сравнению с технологией лазерного сканирования, использование КТ обеспечивает полное восстановление описания геометрии, а следовательно, могут быть проверены различные методы базирования.

В приведенном выше примере удалось предотвратить трудоемкий, дорогостоящий и ненужный процесс корректировки литейного инструмента стоимостью около € 6000. Вместо этого потребовалось всего 4 часа и € 750 на услуги по проведению компьютерной томографии, чтобы проверить и оценить изделие.



4

КТ сканирование подтверждает успешность корректировки инструмента уже после одного цикла доводки

### КОРРЕКТИРОВКА ИНСТРУМЕНТА

Сравнение номинального/действительного объема детали кольцо с резьбой рис 3 показывает хорошее соответствие изделия в области резьбы. Однако на внешнем краю детали заметны значительные отклонения от геометрии в конструкторской документации. Эти деформации вызывают проблемы во время сборки, поэтому в данном случае необходима доводка инструмента. КТ инспекция, вместо трудно интерпретируемых индивидуальных измерений, производимых классической координатно-измерительной технологией, дает производителю немедленный доступ к информации и припускам, требуемым для корректировки литейной формы. Скорректированный инструмент был готов через 4 часа. Повторное КТ сканирование после одного цикла доводки литейной формы подтвердило успешность действий по корректировке рис 4.

Приведенные результаты демонстрируют огромный потенциал компьютерной томографии для контроля качества пластиковых деталей. Система компьютерной томографии phoenix v|tome|x L от GE рис 5, позволяет анализировать размеры деталей до Ø400x1200 мм и проводить неразрушающий контроль деталей из легких сплавов, отлитых под давлением. Компания предлагает инспекцию и аттестацию деталей и сборок в комбинации с 3D метрологией и неразрушающим контролем изделий.



Учитывая приведенные примеры, можно сделать вывод, что промышленная компьютерная томография является важным инструментом для повышения качества изделий, ускорения отладки технологии и расширения базы для научно-исследовательских работ.

Во многих случаях КТ является самым информативным способом неразрушающего контроля, так как предоставляет достоверную информацию о внутреннем объеме изделия и снижает до минимума субъективность в толковании результатов.

Выявление брака на любой стадии производства позволяет отсеивать негодные заготовки, детали или узлы до механической обработки или сборки и не терять впустую драгоценные человеко- и машино-часы. Отладка технологии, основанная на объективных результатах неразрушающего контроля, в свою очередь, увеличивает выход годных изделий, а значит – производительность и прибыльность.

Компьютерная томография – это отличный инструмент для работы с поставщиками и заказчиками благодаря формируемому отчетам с результатами неразрушающего контроля и метрологии, которые могут служить официальными документами при решении спорных вопросов.

Подводя итог вышеизложенному, можно с уверенностью утверждать, что системы КТ от GE Measurement & Control являются мощным инструментом для проведения координатных измерений, позволяющих пользователям быстрее, эффективнее и с большой точностью решать привычные прикладные задачи из области обработки материалов. ▢

ПО МАТЕРИАЛАМ СТАТЬИ S. HACHTEL, H.-P. DUWE, O. BRUNKE 'COMPONENT QUALIFICATION AND TOOL ERROR CORRECTION IN LIGHT METAL AND PLASTIC INJECTION MOULDING: THE BENEFITS OF HIGHLY AUTOMATED 3D COMPUTED TOMOGRAPHY'

5

С системой КТ phoenix v|tome|x L от GE, Hachtel GmbH предлагает клиентам широкий спектр услуг, основанных на КТ