

УДК 53.087.6

А.М. Потеряйко, А.С. Скиба

УА ООО Фирма «КОДА», Харьков, Украина

КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ, СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СКАНИРОВАНИЯ И ОБРАТНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

The article concerns the possibility of usage of coordinate measuring machines and 3D scanners in modern production. The different kits of coordinate measuring machines and the possibilities of their application and operating features are mentioned. Also are considered typical 3D scanners, operating features, and scan capabilities. The article deals with the essence of «reverse engineering», its capabilities and areas of application. Based on scanned item “Bich Rotor” the cycle of «reverse engineering» was described. The necessity of technology 3D-scanning and reverse engineering for saving human cultural heritage and the development of technical progress was shown.

Ключевые слова: координатная измерительная машина, 3D-сканер, оптическая триангуляция, триангуляционный лазерный датчик, реверс инжиниринг, CAD модель, 3D-принтер.

В современном мире технологии развиваются с невероятной скоростью, изменяются стандарты, повышаются требования к качеству и точности выпускаемых машин и механизмов, их надежности. Как следствие появляется необходимость усовершенствования технологий производства, повышение точности обработки поверхностей, ужесточение допусков сопрягающихся деталей. Это влечет за собой увеличение доли операций контроля в производственном цикле, усложняет проведение замеров. А как быть, если спроектированную поверхность вообще невозможно проконтролировать стандартным измерительным инструментом или у вас есть деталь, которую вы хотите изготовить, но потерялась технологическая документация или она вообще отсутствовала?

В наше время есть решение для этих задач. Для полного контроля и возможности повторения деталей промышленность получила широкоуниверсальное оборудование — координатные измерительные машины (КИМ) и трехмерные сканеры. Эти системы способны контролировать детали с формообразующими поверхностями практически любой сложности. В области оборудования для контроля линейно-угловых величин и 3D сканирования УА ООО Фирма «КОДА» является авторизованным дилером концерна Hexagon MI (Швеция) с поставляемыми брендами КИМ — DEA, LEITZ, ROMER, TESA, OPTIV и компании Artec Group (США) — производителя оптических сканеров для обратного инжиниринга EVA.

В данном докладе речь пойдет о возможностях применения координатно-измерительных машин и 3D сканеров в условиях современного производства, а также о сути «обратного инжиниринга» и его использовании.

КИМ

Координатно-измерительная машина (КИМ) — программно-технический комплекс, используемый во многих отраслях производства для контроля геометрических параметров готовых изделий, заготовок, инструмента, оснастки и т. д. Работа КИМ основана на поочередном измерении координат определенного числа точек поверхности детали и последующих расчетах линейных и угловых размеров, отклонений размера, формы и расположения в соответствующих системах координат.



Рис. 1. КИМ

Используются три основные системы координат: — абсолютная система координат машины (СКМ); — относительная система координат машины (СКО); — система координат детали (СКД).

Управление координатно-измерительной машиной осуществляется в ручном режиме или по управляющей программе с персонального компьютера. Рабочим элементом координатно-измерительной машины является измерительная головка с датчиком, которая установлена в пиноли КИМ. Датчики могут быть контактные, лазерные и оптические.

С помощью координатно-измерительной машины проводится контроль параметров геометрических элементов (точки, прямой, плоскости, окружности, сферы, цилиндра, конуса), их взаимного расположения и отклонения от формы. Координатно-измерительная машина позволяет проводить анализ сложных криволинейных поверхностей, а специализированное программное обеспечение дает возможность проводить сравнение результатов измерения с математической моделью детали.

Существует несколько типов компоновок КИМ:

Портальная компоновка — наиболее распространена и представлена рядом различных вариантов. Характерной особенностью этой компоновки является П-образный портал, перемещающийся вдоль гранитного стола (ось Y). По горизонтальной оси (X) перемещается каретка, несущая подвижную пиноль вертикальной оси (Z), на которой установлена измерительная головка.

Портальные компоновки КИМ обладают высокой жесткостью основных узлов, точностью, хорошими динамическими свойствами, открытым пространством для установки детали и ее хорошим обзором в процессе измерения. Номенклатура КИМ портального типа по габаритам довольно большая: начиная от малогабаритных ручных и заканчивая крупногабаритными машинами, диапазон перемещения по осям которых превышает несколько метров.

Мостовая компоновка — данный тип компоновки используется в крупногабаритных КИМ разных классов точности и является для них основным. У КИМ с мостовой компоновкой каретка с пинолью перемещается по подвижной траверсе, обеими своими концами базирующейся на горизонтальных неподвижных балках, которые на колоннах подняты над столом для установки детали. Привод и датчики перемещения траверсы крепятся к одной из балок. КИМ такой компоновки имеет ограниченный доступ для загрузки деталей и контроля измерений. Мостовая компоновка позволяет получить меньшую по сравнению с другими компоновками массу подвижных узлов при высокой жесткости и устойчивости. Данная компоновка является идеальным решением для измерения крупногабаритных деталей в тяжелом и транспортном машиностроении, кораблестроении, аэрокосмической промышленности и др.

Консольная компоновка — такие машины отличаются наличием горизонтальной, подвижной по одной или двум горизонтальным осям консоли и лучшим по сравнению с портальной компоновкой доступом для установки детали. Однако такие КИМ очень

чувствительны к изменению массы узлов, подвижных относительно консоли. Высокая точность и динамичность таких машин достигается за счет использования инновационных материалов с высокой прочностью и малой массой. Данная компоновка используется для КИМ средних и малых габаритов.

Стойчатая компоновка — характеризуются наличием подвижной относительно основания стойки, по которой в горизонтальном и вертикальном направлении перемещается пиноль с установленной измерительной головкой. КИМ данной компоновки имеют хороший доступ для установки детали. КИМ с такой компоновкой используются для высокоскоростных измерений в автомобильной промышленности, кораблестроении, аэрокосмической промышленности и др.

3D сканеры

Технология трехмерного сканирования позволяет значительно облегчить моделирование объектов и механизмов в различных отраслях производства.



Рис. 2. 3D сканер

Область применения 3D сканеров очень широка:

- архитектура и скульптура — сканирование барельефов, рельефных участков колонн, стен, оригинальных вензелей, лепок и т.д.;
- моделирование обуви и одежды — сканирование обувных колодок, манекенов;
- деревообрабатывающая промышленность — сканирование тел вращения, резьбы по дереву, рельефных элементов мебели и т.д.;
- прототипирование — моделирование различных устройств, предметов, частей механизмов и т.д.;
- анимация — сканирование движущихся объектов, мимики человеческого лица;
- протезирование и решение ортопедических задач;
- автотюнинг — сканирование сложных поверхностей корпуса автомобиля, внутренней обшивки, элементов салона и т. д.

Трехмерные 3D-сканеры по принципу своей работы делятся на оптические (проекционные), лазерные и контактные. Лазерные, в свою очередь, могут использовать одиночный луч или строку со множеством точек.

УА ООО Фирма «КОДА» является официальным поставщиком оптических сканеров компании Artec Group (США), лазерных сканеров на базе координатно-измерительной руки фирмы Hexagon MI ROMER (Франция) и систем 3D лазерного сканирования фирмы RIFTEK (Республика Беларусь). Представленная выше линейка КИМ позволяет осуществлять тактильное поточечное и сплайновое сканирование контактным способом.

Трехмерный сканер компании Artec Group является оптическим (проекционным) и позволяет с высокой точностью и в реальном времени получать информацию о поверхности объектов (глубине), используя принцип структурированной подсветки, а встроенная в сканер фотокамера фиксирует текстуру объекта. Благодаря такому техническому решению, 3D-сканеры позволяют получать высокоточные математические модели сложных объектов, а также накладывать на них фотографическую текстуру.

Все данные получаются путем проецирования на объекты сцены специальной световой решетки (структурированной подсветки). Искажения проекции решетки, созданные геометрией объектов, позволяют рассчитать точное положение каждой ее точки в трехмерном пространстве. Полученные точки триангулируются, образуя полигональную поверхность, которая может быть представлена в одном из общепринятых форматов.

Сканеры Artec позволяют осуществлять съемку человеческого тела, мебели, архитектурных и производственных объектов, предметов быта, различных технических устройств и т. д. с высоким уровнем детализации и точностью.

Принцип работы лазерного сканера основан на оптической триангуляции. Сканер излучает луч лазера на поверхность объекта. Отраженное объектом излучение фиксируется через оптическую систему чувствительным элементом. При этом положение полученного сигнала на поверхности чувствительного элемента напрямую зависит от расстояния до объекта. Анализируя полученные данные, процессор сканера вычисляет расстояние до объекта в стандартных единицах (мм, дюймы) и координаты каждой точки в режиме реального времени. Полученная информация передается на ПК, где программное обеспечение формирует массив точек, создавая поверхность объекта в электронном виде.

Лазерный сканер на базе координатно-измерительной руки ROMER Absolute Arm поставляется как в составе системы в виде интегрированного устройства (RS3), так и в виде периферийного съемного устройства (HP-L-8.9 или HP-L-20.8).

Особенность лазерных сканеров компании Hexagon MI — проецирование на объект линии, состоящей из нескольких тысяч точек. Такое решение многократно увеличивает скорость и точность сканирования. Высокая плотность точек позволяет эффективно сканировать объекты сложной формы с высокой детализацией.



Рис. 3. Лазерный сканер на базе координатно-измерительной руки

Положение сканера в пространстве система отслеживает в реальном времени с помощью датчиков угла поворота, встроенных в сочленения координатно-измерительной руки. Благодаря этому сканировать можно объекты гораздо больше поля зрения самого сканера. Например, с помощью навесного сканера с рабочим диапазоном сканирования 180 ± 40 мм, установленного на измерительную руку с измерительным диапазоном 2000 мм, можно отсканировать объект объемом примерно 1 м^3 с точностью не хуже нескольких десятых миллиметра.

Контроль геометрии изделия, инспекция и сравнение с CAD-моделью, обратный инжиниринг, 3D моделирование — основные задачи для измерительной руки в комплекте с лазерным сканером. Легкие, стабильные, портативные и высокопроизводительные лазерные сканеры превращают ROMER Absolute Arm в многофункциональное средство трехмерного контроля, анализа и оцифровки данных, которое может использоваться повсеместно на производстве. Лазерные сканеры компании Hexagon MI разработаны для работы с практически любыми типами поверхностей. Они не требуют времени для прогрева и инициализации после включения.

Особой гордостью компании Hexagon MI является уникальный сканер HP-L-20.8. Сканер имеет максимальную на данный момент точность для систем такого типа — 36 мкм. Система автоматического управления интенсивностью лазера позволяет сканировать в один проход поверхности, имеющие различные отражающие свойства. Благодаря уникальной технологии «летающей точки» HP-L-20.8, ширина линии сканирования и плотность точек могут регулироваться, что позволяет гарантировать максимальную детализацию сканирования там, где это больше всего необходимо.

УА ООО Фирма “КОДА” является эксклюзивным представителем компании Ritek (Республика Беларусь) на территории Украины. Система “ШТРИХ-2” на базе лазерного триангуляционного датчика позволяет превратить станок с ЧПУ в трехмерный лазерный сканер.

Триангуляционный лазерный датчик измеряет расстояние до поверхности объекта в направлении координаты Z и устанавливается на пинולי станка вместо режущего инструмента. На столе станка размещается объект сканирования. Пиноль станка выставляется в исходную позицию. После старта программы начинается перемещение пинולי с датчиком вдоль оси X. В конечной позиции по оси X станок смещает пиноль на величину заданного шага по оси Y и продолжает движение по оси X в обратную сторону. В результате станок полностью перекрывает область сканирования, перемещая над ней «змейкой» лазерный датчик с определенным шагом.

В процессе сканирования, координата точки по оси X и Y считывается с ЧПУ станка, а координата по Z считывается с датчика. В результате сканирования, на ПК передаются координаты массива точек, а специализированное ПО формирует поверхность объекта. В дальнейшем, полученный массив точек возможно экспортировать в один из общепринятых форматов STL, DXF, TXT.

Реверс-инжиниринг

УА ООО Фирма “КОДА” оказывает услуги по 3D-сканированию и обратному моделированию (реверс-инжиниринг) объектов. Сканирование производится при помощи выше приведенного оборудования и может происходить как у заказчика (в случае невозможности транспортировки объекта сканирования), так и в офисе компании “КОДА”. Оказание данной услуги подразумевает выполнение процесса сканирования и, по желанию заказчика, построение параметрической (CAD) модели изделия. Немного подробнее о самом понятии обратного инжиниринга:

Реверс-инжиниринг (англ. reverse engineering) или обратный инжиниринг — это комплекс технологий, аппаратных и программных средств, предназначенных для воспроизведения объекта с целью его копирования или внесения изменений. Чаще к такой процедуре прибегают в том случае, если создатель оригинального объекта не предоставил конструкторскую документацию или CAD-модель.

Реверс инжиниринг включает в себя основные этапы:

1. Трехмерное сканирование — получение координат массива точек, совпадающих (с точностью сканера) с той частью поверхности оригинального объекта, что попала в поле зрения сканера. В дальнейшем полученный массив сохраняется в файле определенного формата и может быть обработан в специализированном ПО.

2. Построение параметрической модели объекта. Фактически — это вписывание в результат сканирования элементарных геометрических примитивов (прямая, плоскость, цилиндр и т. д.) либо поверхностей сложной конфигурации. В результате получается модель, описывающая поверхности объекта элементами, имеющими свои параметры (толщину, радиус, длину и т. д.) — так называемая CAD-модель. Данная модель служит исходным материалом для создания самой детали, оснастки, инструмента и т. д. По сути — CAD модель является электронным прототипом изделия.

3. Прототипирование — создание первой/пробной детали по упрощенной технологии. Полученный прототип дает понимание о правильности изготовления детали с точки зрения ее формы, размеров, совместимость с другими деталями устройства и т. д. Прототип может выполняться из материалов более простых в обработке (пластик, гипс, пенопласт и т. д.). На основании контроля прототипа принимается решение о начале производства изделия либо доработке его CAD-модели.

4. Планирование технологии производства. Разработка оснастки, подбор инструментов, методики изготовления и обработки материалов. Разработка методики промежуточного контроля заготовки и финального контроля готового изделия и т. д.

Продемонстрируем полный цикл обратного инжиниринга на примере детали “Бич ротора молотилки комбайна”. Деталь была отсканирована при помощи измерительной руки ROMER Absolute Arm со встроенным сканером. Результатом сканирования является массив точек, экспортированный в формат *.STL. Полученный массив является полной копией поверхности детали высокой точности. По данной поверхности, нашим конструктором, была построена параметрическая трехмерная модель изделия, достроены недостающие части детали.

В нашем случае деталь изначально была напечатана на 3D-принтере, для проверки ее соответствия необходимым требованиям формы и размерам. Отпечатанная модель была опробована на барабане комбайна, после чего заказчик принял решение о серийном выпуске трех тысяч экземпляров данной детали.

Что же до оцифровки художественных произведений, тут сканер востребован для восстановления или копирования скульптур, колонн, барельефов, сложных элементов лепнины, облицовочных плит и кирпичей специальной формы, сложных изделий из дерева и т. д. В этом случае результат сканирования сразу (как правило, без создания CAD-модели) передается на станок и изготавливается в материале. А после небольшой ручной доводки получается его точная копия.

Данные примеры иллюстрируют необходимость технологии 3D-сканирования и реверс-инжиниринга для сохранения культурного достояния человека и развития технического прогресса.