

УДК 658.562

А.В. Селезнева, О.В. Решетникова

A.V. Selezneva, O.V. Reshetnikova

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

MODERN AND PERSPECTIVE CONTROLS

Сравниваются современные средства автоматизированного контроля: координатно-измерительная машина, в основе работы которой лежит контактный метод измерения, и система оптического сканирования ATOS, работающая по бесконтактному методу. Данные измерительные системы особенно востребованы на машиностроительных предприятиях. В результате сравнения достоинств и недостатков каждой измерительной машины было выявлено, что система оптического сканирования ATOS является на современном этапе развития науки и техники наиболее перспективной.

Ключевые слова: координатно-измерительная машина, система оптического сканирования, контактный метод, бесконтактный метод, контроль, точность измерения, модель, оцифровка, трехмерные координаты, цветовая карта отклонений.

The modern means of automated control are compared: a coordinate measuring machine, which is based on the contact measurement method, and the ATOS optical scanning system, which works by the non-contact method. These measuring systems are especially in demand at machine-building enterprises. As a result of comparing the advantages and disadvantages of each measuring machine, it was revealed that the ATOS optical scanning system is the most promising at the present stage of the development of science and technology.

Keywords: coordinate measuring machine, optical scanning system, contact method, non-contact method, control, measurement accuracy, model, digitization, three-dimensional coordinates, color deviation map.

В современном мире, где интенсивно развивается наука и техника, успешным будет предприятие, которое готово предоставить заказчику качественную продукцию в нужном количестве точно в срок (just-in-time) [1]. Именно по этой причине контролю качества продукции на предприятии уделяется особое внимание. Появление цифровых технологий позволило осуществлять автоматизированный контроль с сохранением данных в доступном виде [2]. С помощью различных общеинженерных программных пакетов реализуется обработка виртуальных моделей с целью получения информации об отклонениях [3]. Такой комплекс средств может гарантировать достаточно высокое на сегодняшний день качество выполняемых измерений. Для быст-

роты и точности процесса измерения на многих машиностроительных предприятиях используются автоматизированные измерительные установки, которые позволяют исключить ошибки при контроле, связанные с человеческим фактором [4]. Особую популярность на предприятиях Перми и Пермского края имеют современные машины типа ATOS и КИМ (контрольно-измерительная машина). В связи с этим актуальным является вопрос выбора современного автоматизированного средства контроля, наиболее удовлетворяющего современным требованиям высокотехнологичного производства. В данной статье представлен сравнительный анализ средств контроля ATOS и КИМ.

Для измерения размеров объектов машиностроения применяются различные методы. Под методом измерений понимают прием или совокупность приемов сравнения измеряемой физической величины с ее единицей в соответствии с реализованным принципом измерений [5]. По характеру взаимодействия контролируемого изделия и измерительного прибора различают контактный и бесконтактный методы измерений [6].

Контактный метод измерения осуществляется с помощью соприкосновения измерительных поверхностей (наконечников) прибора или инструмента с поверхностью контролируемого объекта. К контактным методам можно отнести такие средства контроля, как координатно-измерительные машины, щуповые приборы, измерительные проекторы и т.д. [5]. Наиболее технологичными и сложно устроенными современными средствами контроля изделий в отрасли машиностроения являются координатно-измерительные машины. Устройство КИМ представлено на рис. 1.

Координатно-измерительная машина дает возможность измерять геометрию сложной формы, так как измерения не выполняются напрямую. Для определения геометрических размеров вычисляются координаты точек, принадлежавшие поверхности измеряемого объекта, причем для однозначности необходимо их оптимальное количество [7].

Общий принцип действия координатно-измерительных машин состоит в том, что объект измерения сканируется по точкам щупом со сферическим на-

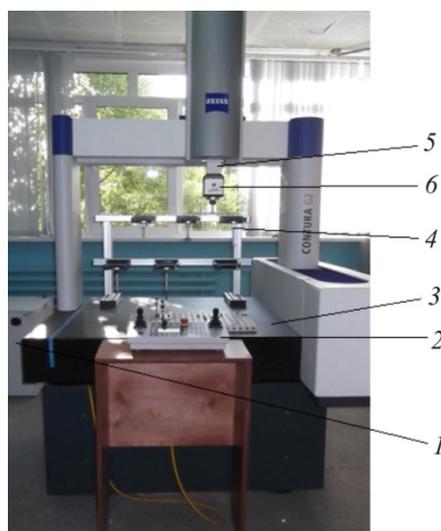


Рис. 1. Общий вид КИМ: 1 – шкаф управления КИМ; 2 – пульт управления КИМ; 3 – рабочий стол; 4 – магазин щуповых систем; 5 – пиноль; 6 – измерительная головка Vast XT

конечником. При каждом касании щупа измерительным элементом считывается смещение на координатных осях. Все зафиксированные измерительным накопителем координаты точек далее обрабатывает и анализирует компьютер [8].

Большинство координатно-измерительных машин имеют функции измерения стандартных геометрических объектов: точек, плоскостей, окружностей, эллипсов, полигонных профилей, кривых, сферических поверхностей, конусов. Для измерения таких объектов необходимы координаты точек, принадлежащих этим объектам. Определено минимальное количество координат для каждого элемента, которое необходимо измерить [9].

На измерения большое влияние оказывают условия окружающей среды. Современные координатно-измерительные машины компактнее своих предшественников, а также рассчитаны на расположение в цехе предприятия. Однако процесс измерения на таком устройстве существенно затрудняется внешними негативными факторами, в первую очередь температурой окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость помещать координатно-измерительные машины в отдельное теплорегулируемое помещение, где с помощью различных устройств поддерживаются нормальные (требуемые стандартом) благоприятные условия [8].

Координатно-измерительные машины применяются для контроля деталей сложной пространственной конфигурации, размеры и параметры которых затруднительно контролировать с использованием традиционных средств измерения [10]. Координатно-измерительная машина исключает возможность контроля фасок, параметров шероховатости и резьбы [11].

Рассмотрим преимущества и недостатки КИМ.

К преимуществам КИМ относятся следующие:

- автоматизация процесса;
- высокая точность;
- простота конструкций, относительная легкость изготовления, следовательно, невысокая стоимость;
- не требуется предварительная подготовка контролируемого объекта.

Недостатки КИМ:

- отсутствие числовых данных о размере объекта;
- неизвестна погрешность контроля, так как она обуславливается не только размерами калибра, но и размерами детали, неопределенным измерительным усилием, температурными деформациями и т.д.;
- требуются специалисты узкого профиля для написания программ, необходимых для проведения процесса измерения;
- требуется квалифицированный исполнитель;
- требуется дорогостоящая оснастка.

Бесконтактный метод измерения характеризуется отсутствием измерительного контакта прибора с проверяемым объектом. В последнее время по-

лучил большое распространение такой бесконтактный метод, как оптическое сканирование. При использовании технологии оптического сканирования модель необходимой поверхности формируется путем совмещения отдельных фрагментов поверхности в единой координатной системе. Изображение, получаемое камерой, конвертируется в цифровой формат. На основании плоских изображений, полученных цифровыми камерами, рассчитываются трехмерные координаты точек поверхности оцифровываемого объекта.

Оцифрованная модель содержит полную информацию об участках наружной поверхности объекта [12]. Полученную оцифрованную модель используют для оценки всех возможных отклонений реальной поверхности от спроектированной конструктором путем создания сечений и цветowych карт отклонений.

По методу бесконтактного контроля работает система оптического сканирования ATOS. Устройство представлено на рис. 2.

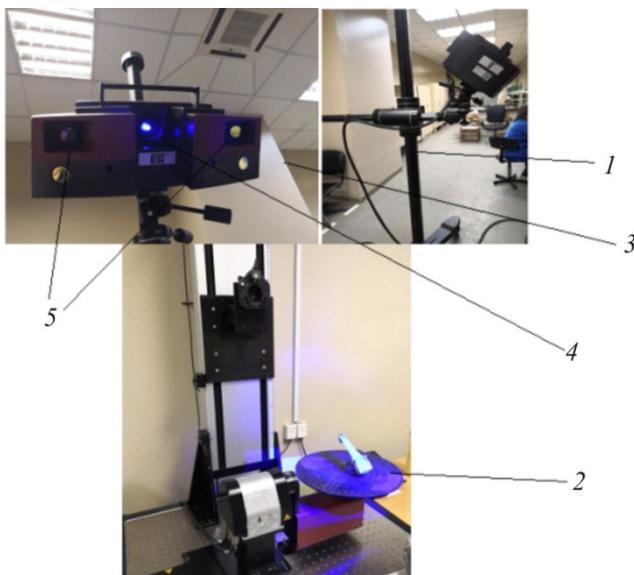


Рис. 2. Устройство ATOS: 1 – штатив-стойка; 2 – автоматизированный поворотный стол; 3 – сенсорная головка; 4 – сенсор; 5 – цифровые камеры

В системе ATOS используются две камеры, что позволяет системе одновременно наблюдать как за измерением, так и за окружающими условиями в процессе проведения измерения. Это обеспечивает точность и надежность полученных данных. Система автономна и не нуждается в дополнительном технологическом оборудовании. Данные измерений содержат информацию о поверхности произвольной формы, состоящей из сотен тысяч точек.

В основе действия оптической системы ATOS лежит принцип Triple Scan. В процессе получения цифрового изображения на поверхность измеряемого объекта проецируются интерференционные полосы. Цифровые камеры улавливают полученные изображения. В процессе калибровки и наладки определяется положение и угол этих камер. Из огромного числа полученных точек по принципу триангуляции вычисляются трехмерные координаты, а затем строится изображение в двухмерной системе координат [12].

Законченное измерение состоит из нескольких отдельных видов. С помощью самоклеящихся точечных маркеров система ATOS преобразует каждый отдельный вид в систему координат объекта, распознавая расположение точечных маркеров.

Система постоянно следит как за своей калибровкой, так и за влиянием условий окружающей среды, что обеспечивает надежность, точность и быстроту измерений даже в сложных условиях производства.

Технология проецирования работает в узкополосном голубом свете, что позволяет отфильтровать мешающий окружающий свет во время получения изображения. Источник света настолько мощный, что даже на бликующих поверхностях возможно произвести сканирование за относительно короткий промежуток времени [13].

Системы оптической оцифровки находят следующее применение:

1. Оцифровка и измерение объектов: получение оцифрованного изображения объектов сложной геометрической формы, контрольных сечений и цветовых карт отклонений; анализ собираемости [14].

2. Контроль качества в процессе изготовления деталей: сравнение результатов оцифрованной модели с конструкторской; проверка точности сборочных узлов; анализ усадки литых деталей [15].

3. Контроль оснастки: дублирование оснастки; контроль приспособлений и калибров; анализ износа оснастки; анализ точности позиционирования базовых точек оснастки; входной контроль оснастки [14].

4. Реверсивный инжиниринг (обратное проектирование): получение данных в трехмерной системе на применяемую в производстве оснастку; формирование данных о поверхности исследуемого объекта для последующего анализа в различных программах; экспорт данных для станков с числовым программным управлением [16].

Преимущества ATOS:

- высокая точность;
- высокая скорость сбора данных;
- получение 3D-данных о модели;
- мобильность установки (масса 7 кг);
- полнота результатов измерений (цветовые карты отклонений);

- оснащена системой самодиагностики (минимальное воздействие факторов окружающей среды);
 - возможен экспорт данных (реверсивный инжиниринг);
 - простота использования (возможность проведения измерений исполнителем без квалификации);
 - возможна виртуальная сборка;
 - не требуется дорогостоящая оснастка.
- В то же время ATOS имеет недостатки:
- требуется подготовка детали (антибликовая покраска, наклейка маркеров);
 - при проведении измерения объекта требуется его поворот;
 - высокая стоимость по сравнению с координатно-измерительной машиной.

Выводы. Рассматриваемые автоматизированные средства контроля позволяют получить с высокой точностью информацию о проверяемых параметрах объекта, тем не менее система оптического сканирования ATOS дает наиболее полные и к тому же легко воспринимаемые результаты измерения благодаря цветовым картам отклонений.

Процесс проведения измерения на координатно-измерительной машине затрудняется воздействием внешних факторов, в то время как система оптического сканирования автономна и имеет систему самодиагностики, что позволяет свести негативные влияния к минимуму.

Система оптического сканирования расширяет возможности своего использования благодаря 3D-анализу, виртуальной сборке и реверсивному инжинирингу.

Таким образом, для современного машиностроения использование координатно-измерительных машин является неотъемлемой стадией производственного процесса, но система оптического сканирования ATOS имеет больше возможностей для получения необходимой информации об измеряемом объекте. Бесконтактные сканирующие системы являются наиболее удобными и эффективными при проведении процесса измерения и создании электронных моделей. Оптические системы находят широкое применение при сборке, контроле эталонов и калибров, обеспечивая высокую точность. Знания об основных достоинствах и недостатках современных средств автоматизированного контроля поможет избежать ошибок в выборе передового оборудования для процесса контроля. В связи с этим, если на производстве возникает вопрос, что приобрести, КИМ или ATOS, выбор следует сделать в пользу оптической системы ATOS.

Список литературы

1. Методы бережливого производства: анализируем, оцениваем и выбираем / А.А. Овчинников, К.П. Фаллер, С.А. Овчинников, И.В. Еманаков // Методы менеджмента качества. – 2016. – № 12.3. – С. 53–58.

2. Мурачев Д.А., Черепанов М.А. Методика измерения параметров на координатно-измерительной машине GLOBAL CLASSIC 05.05.05 [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2016. – № 12.3. – С. 53–58. – URL: <https://moluch.ru/archive/116/31850/> (дата обращения: 30.10.2018).

3. Осипович Д.А., Ярушин С.Г. Выбор метода оцифровки для контроля геометрии крупногабаритных сложнопрофильных деталей и узлов авиационных двигателей [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 103–110. – URL: <https://moluch.ru/archive/60/8774/> (дата обращения: 30.10.2018).

4. Крымов В.В., Елисеев Ю.С., Зудин К.И. Производство газотурбинных двигателей / под ред. В.В. Крымова. – М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2002. – 376 с.

5. Технический контроль в машиностроении: справочник проектировщика / под ред. В.Н. Чупырина, А.Д. Никифорова. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.

6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

7. Чапала О.В. Координатно-измерительные машины и их применение [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – URL: <http://novainfo.ru/article/10054> (дата обращения: 30.10.2018).

8. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация контрольно-измерительных инструментов и приборов: учебник для машиностроительных техникумов / под ред. Н.Н. Маркова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1993. – 416 с.

9. Гапшис В.А., Каспарайтис А.Ю., Модестов М.Б. Координатно-измерительные машины и их применение. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.

10. Лучко С.С., Лоскутов А.А. Первая в мире мультисенсорная координатно-измерительная машина, объединенная с системой компьютерной томографии CNC // Мир измерений. – 2014. – № 11. – С. 73–77.

11. Координатно-измерительная техника фирмы Carl Zeiss Industrielle Messtechnik GmbH: каталог [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.all-pribors.ru/opisanie/51180-12-accuga-54346> (дата обращения: 30.10.2018).

12. Гришанов В.Н., Ойнонен А.А. Современные лазерные измерительные системы в производственном цикле космической техники // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2012. – № 1 (32) – С. 24–35.

13. Осипович Д.А., Ярушин С.Г. Выбор метода оцифровки для контроля геометрии крупногабаритных сложнопрофильных деталей и узлов авиационных двигателей [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2014. – № 1. – С. 103–110. – URL <https://moluch.ru/archive/60/8774/> (дата обращения: 30.10.2018).

14. Лысыч М.Н., Шабанов М.Л., Жадобкина В.В. Современные системы 3D-сканирования [Электронный ресурс] // Молодой ученый. – 2014. – № 20. – С. 167–171. – URL: <https://moluch.ru/archive/79/12581/> (дата обращения: 5.10.2018).

15. Вагнер Е.Т., Митрофанов А.А., Барков В.Н. Лазерные и оптические методы контроля в самолетостроении. – М.: Машиностроение, 1977. – 176 с.

16. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа: учеб. пособие. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. – 81 с.

Получено 9.09.2019

Селезнева Алевтина Владимировна – старший преподаватель кафедры сварочного производства, метрологии и технологии материалов, механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: msi@pstu.ru.

Решетникова Ольга Валерьевна – бакалавр 4-го курса по направлению подготовки «Управление качеством», механико-технологический факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: reshetnickova2316@yandex.ru.