

Обеспечение точности координатных измерений линейно-угловых параметров прецизионных деталей и инструментов

И.В.Сурков, к.т.н., доцент, директор ЗАО «ЧелябНИИконтроль»

Анализ современных тенденций развития машиностроительного комплекса показал, что обеспечение качества выпускаемой продукции в современном многономенклатурном производстве невозможно без гибких систем автоматизированного контроля. На машиностроительных предприятиях необходимо внедрять новые методы и средства контроля, в том числе наиболее эффективные на сегодняшний день координатные измерительные машины (КИМ), приборы и системы различных компоновок и типоразмеров. Положенный в основу работы КИМ координатный метод измерения является наиболее универсальным и может эффективно применяться для автоматизированного контроля широкой номенклатуры прецизионных деталей и инструментов (в том числе со сложнопрофильными поверхностями: зубчатые колеса, червячные фрезы, резьбовые калибры, железнодорожные шаблоны и др.).

Принципиальная основа координатного метода измерения заключается в том, что любую поверхность или профиль можно представить состоящей из бесконечного числа отдельных точек и если известно положение в пространстве какого-то ограниченного числа этих точек (массив точек), т. е. определены их координаты, то по соответствующим формулам (алгоритмам) можно рассчитать размеры этих поверхностей (профилей) и отклонения формы, а также определить расположение поверхностей (профилей) в пространстве и между собой (координатные размеры и отклонения расположения).

Можно выделить два взаимосвязанных технических комплекса, необходимых для выполнения координатных измерений:

1. Аппаратная часть – это комплекс из оборудования, на основе интегрированных мехатронных модулей (механические узлы, электронные компоненты, программное обеспечение низшего уровня), измерительных устройств, калибровочной и вспомогательной оснастки, которые обеспечивают получение массивов значений координат отдельных точек, принадлежащих контролируемым поверхностям детали. В машиностроении широко используют координатные измерительные машины, приборы и системы различных типов с контактными и/или оптическими головками, а также контактные и лазерные измерительные головки для решения технологических задач при обработке на станках с ЧПУ. Качество проектных решений, точность изготовления и сборки измерительного оборудования напрямую влияет на величину погрешности определения координат измеряемых точек.

2. Программно-методическая часть – это, прежде всего, базовый комплекс информационно-методических материалов (стандарты, технические условия, эксплуатационная документация, методики выполнения измерений), интеллектуальных ресурсов (уровень подготовки,

практический опыт и навыки инженеров-метрологов и операторов КИМ), математических моделей и алгоритмов для управления измерительным оборудованием, анализа измеренных данных и расчета заданных линейно-угловых параметров. Для эффективной реализации каждой составляющей базовой части комплекса применяют специализированное метрологическое программное обеспечение для координатных измерений.

Суммарная погрешность координатных измерений заданных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей зависит не только от погрешностей определения координат измеряемых точек, но и от правильного выбора стратегии измерений (количество точек и их расположение на измеряемой поверхности), адекватности применяемых математических моделей и точности расчетных алгоритмов.

В соответствии с планом НИОКР ЗАО «ЧелябНИИконтроль» выполняется разработка новой серии многофункциональных измерительных приборов и систем модульной конструкции, предназначенных для высокоточных измерений деталей и инструментов со сложнопрофильными поверхностями, по сути специализированных КИМ. На стадиях проектирования, изготовления и испытаний новых приборов проводятся исследовательские работы и выполняются мероприятия для снижения нормируемой погрешности координатных измерений.

Для проведения предварительного анализа кинематики приборов, особенностей закрепления различных конструкций и типоразмеров измеряемых деталей специалисты ЗАО «ЧелябНИИконтроль» проводят компьютерное моделирование новых вариантов структур и компоновок измерительных систем. Широко используются принципы сквозного компьютерного проектирования (CALS технологии). Сокращение времени разработки и снижение себестоимости изготовления новых измерительных приборов достигается за счет обеспечения модульности конструкций механических узлов, электронных блоков и программного обеспечения. Унификация модулей позволяет получить широкую гамму измерительных приборов и систем различного назначения и компоновки из ограниченного числа функциональных модулей и узлов. Используются модули и узлы собственной разработки, комплектующие ведущих мировых производителей (Renishaw, Siemens, INA и др.), а также модернизированные узлы существующих конструкций приборов. Замена механических модулей мехатронными позволяет значительно сократить длину кинематических, функциональных и размерных цепей, повысить точность и степень автоматизации процессов контроля.

В 2006-2008 гг. изготовлены и внесены в Госреестр средств измерения двухкоординатный измерительный прибор НИИК-481КМ2 (для контроля резьбовых калибров нефтегазового сортамента) и трехкоординатная многофункциональная измерительная система НИИК-484 (для контроля параметров зубчатых колес, червячных фрез, долбяков). Управление приборами, перемещение узлов осуществляет оператор, съем измерительной

информации, расчеты, оформление протоколов автоматизированы за счет использования ПО «ТЕХНОкоорд».

Закончены проектные работы, идет изготовление узлов и деталей новой координатной измерительной системы с компьютерным управлением НИИК-483. В приборе, за счет использования приводов Siemens, энкодеров и измерительной головки Renishaw, электронных компонентов и ПО «ТЕХНОкоорд» с дополнительными модулями, полностью автоматизирован цикл измерения насадных и валковых зубчатых колес, резьбовых калибров и других высокоточных деталей со сложнопрофильными поверхностями.

Обеспечение необходимой точности аппаратной части этих приборов достигается как за счет качества изготовления и сборки, так и с помощью разработанных процедур объемной калибровки рабочего пространства. С помощью лазерного интерферометра Renishaw ML10 для каждого узла линейных координатных перемещений определяются систематические погрешности позиционирования и остаточная криволинейность направляющих. Отклонения от перпендикулярности осей рассчитываются при выполнении «диагонального» теста. Разработаны, изготовлены и аттестованы различные варианты эталонов для калибровки узлов угловых координатных перемещений (поворотные столы, делительные головки). Полученные значения систематической погрешности в исследованных точках рабочего пространства при линейных и угловых движениях узлов прибора интерполируются на весь диапазон перемещений и используются для внесения поправок в величину измеренных координат точек.

Возможность бесконтактных измерений сложнопрофильных поверхностей (железнодорожные шаблоны, формообразующие кромки режущих инструментов) обеспечивает разработанная оптико-электронная измерительная система НИИК-890 «ОпТИС». Система может быть использована как самостоятельное средство измерения, так и в качестве дополнительного модуля при модернизации различного измерительного оборудования (микроскопы, координатные измерительные машины, приборы для размерной настройки режущего инструмента вне станка, навесная система для настройки и диагностики состояния режущего инструмента на станке с числовым программным управлением). Разработана методика 2D калибровки ПЗС-матрицы видеокамеры, которая позволяет применять высокопроизводительные многоточечные стратегии координатных оптических измерений.

Новые и модернизированные приборы оснащаются специализированным метрологическим ПО собственной разработки, которое включает в себя не только модули для получения, обработки и анализа измерительной информации, но и удобные графические интерфейсы пользователя, настраиваемые на конкретную операцию измерения, а также средства для формирования подробных отчетов, для статистической обработки результатов измерения. Разработанное программистами института ПО для КИМ «ТЕХНОкоорд» (**Технология Координатных Измерений**) обеспечивает работу с трехмерными моделями измеряемых деталей в

соответствии со стандартами CALS-технологий. В ПО интегрированы модули для выполнения процессов калибровки аппаратной части, учета результатов калибровки при определении и коррекции координат измеренных точек.

ПО «ТЕХНОкоорд» может быть использовано не только для непосредственного управления работой КИМ в on-line режиме. При дополнительной установке лицензионного ПО на автономные компьютеры появляется возможность работать в off-line режиме (без подключения к КИМ). Виртуальная 3D-среда обеспечивает полную симуляцию процесса измерения, позволяет разработать, проверить и откорректировать управляющую программу, которая в дальнейшем может быть запущена на реальной КИМ.

Для уменьшения влияния методических и расчетных погрешностей на точность координатных измерений проводятся исследования, разрабатываются новые алгоритмы и программные модули для проектирования оптимальных стратегий измерения и расчета линейно-угловых параметров типовых поверхностей (в т.ч. сложнопрофильных).

Более подробную информацию можно получить на сайте www.toolmaker.ru или послав запрос по e-mail: suiv@toolmaker.ru.