



Рис. 1. КИМ портальной компоновки фирмы DEA

Во многих изделиях машиностроения и приборостроения используются зубчатые передачи, которые в конструктивном, технологическом и метрологическом отношении являются одними из наиболее сложных элементов машин и механизмов. Все это диктует необходимость точного контроля качества изготовления этих узлов и их деталей. Статья, опубликованная в предыдущем номере, была посвящена описанию наиболее распространенных средств контроля зубчатых колес. Теперь стоит изучить особенности конструкции универсальных координатных измерительных машин, а также функциональные возможности прилагаемого к ним программного обеспечения, необходимого для координатных измерений деталей сложной формы.

И.В. Сурков, к.т.н., доцент, член-корреспондент
Метрологической Академии России, директор,

М.В. Мягкова, магистр техники и технологии,
ведущий специалист по зубоизмерительным приборам и системам,
ЗАО «ЧелябНИИКонтроль», г. Челябинск (Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ КИМ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНО- УГЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Англ. заголовок

Даже краткое перечисление факторов, сдерживающих внедрение методики координатных измерений в производство, наглядно демонстрирует, что обеспечение промышленных предприятий современными приборами и системами технического контроля — задача сложная, дорогостоящая и длительная.

В СССР программы по разработке и внедрению в производство современного метрологического оборудования координировались и финансировались централизованно за счет государства. Сегодня каждое промышленное предприятие наряду с технологическим перевооружением должно самостоятельно решать проблему метрологического обеспечения производства. Высокий уровень финансовых и временных затрат на приобретение современных измерительных приборов и систем (в т.ч. для контроля зубчатых колес), обучение персонала, адаптацию

технологий контроля к условиям конкретного производства приводит к необходимости тщательного предварительного анализа возможностей средств контроля, выпускаемых различными производителями.

В последние 15 лет в России почти не издавалась научно-практическая, учебная и справочная литература, посвященная проблемам координатной метрологии, средствам и методам координатных измерений геометрических параметров деталей. В рекламных каталогах приводились, в основном, общие рассуждения о «великолепных», «превосходных», «уникальных» качествах предлагаемых средств измерения, но давалось слишком мало данных для прямого сравнения технических характеристик координатно-измерительных машин (КИМ) различных производителей и анализа метрологических возможностей их программного обеспечения (ПО), было очень много ошибок в

терминологии. Поэтому перед описанием особенностей координатных измерений зубчатых колес необходимо рассмотреть базовые понятия координатной метрологии, привести основные термины по РД2 БВ00-9-90 «Координатные измерения размерных и геометрических параметров. Основные положения. Терминология».

ОСНОВЫ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Координатные измерения в машиностроении осуществляют с помощью КИМ различных компоновок: с контактными и/или оптическими измерительными головками (ИГ), оптическими измерительными системами, контактными и лазерными ИГ, встроенными в технологическую систему современных станков с ЧПУ. Их используют для определения геометрических параметров объекта (детали): линейных и угловых размеров, отклонений формы и расположения поверхностей.



Рис. 2. КИМ с полупорталом фирмы Brown&Sharpe



Рис. 3. КИМ UPMC CARAT фирмы Carl Zeiss



Рис. 4. КИМ мостовой компоновки фирмы Brown&Sharpe

КИМ — это средство измерения, предназначенное для проведения координатных измерений, в общем случае — не менее чем по трем линейным или угловым координатам, причем, по меньшей мере, одна из координат должна быть линейной. В зависимости от компоновки узлов координатных перемещений измерения проводят в прямоугольной (декартовой), цилиндрической или сферической системе координат машины. Для решения ограниченного круга задач измерения в плоскости могут применяться двухкоординатные измерительные машины с декартовой или полярной системой координат.

Наиболее распространенными вариантами компоновки КИМ являются:

- ♦ портальная (рис. 1). Она широко применяется в среднем машиностроении для контроля деталей различных типов. Характерная особенность - подвижный или неподвижный П-образный портал. Рекомендуется для особо точных измерений среднеразмерных изделий. В цеховых условиях можно использовать ручные КИМ с автоматической обработкой результатов измерения. Машины с автоматическим циклом измерения применяют как в метрологических лабораториях, так и в цеховых условиях, в том числе в гибких производственных системах. Для повышения эффективности контроля КИМ оснащают дополнительными устройствами: поворотным столом, механизмом смены паллет, поворотной измерительной головкой, магазином для смены измерительных головок, измерительных накопчиков и т.д. Для повышения жесткости конструкции крупных КИМ используют компоновки с полупорталом (рис. 2) или выносят привод перемещения портала в

специальную стойку, расположенную у заднего края основания машины (рис. 3);

- ♦ мостовая (рис. 4). Такая компоновка используется для контроля крупногабаритных деталей и изделий разного класса точности. Каретка с пинолью перемещается по подвижной траверсе, которая базируется на горизонтальных неподвижных балках, установленных на колоннах.

Фирма Carl Zeiss выпускает мостовую КИМ "CenterMax" для контроля среднеразмерных деталей в цеховых условиях;

- ♦ стоечная с горизонтальной осью (рис. 5), применяется в основном для контроля сварных, штампованных, литых и других деталей и узлов невысокой точности. КИМ с такой компоновкой могут встраиваться в конвейер и работать как измерительные роботы, обеспечивая промежуточный контроль между операциями механической обработки или сборки.

- ♦ консольная компоновка аналогична компоновке вертикально-фрезерного станка (рис. 6). Используется в основном для производственного контроля в цеховых условиях.

- ♦ измерительная рука — это портативные ручные КИМ, имеющие шарнирную конструкцию, они используются для контроля неточных изделий (отливок, штамповок), а также для реверсивного инжиниринга (рис. 7).

- ♦ многостержневая (гексаподная) компоновка представляет собой наиболее интересное решение, в котором шесть силовых узлов перемещения платформы с ИГ конструктивно разделены и оснащены высокоточными лазерными устройствами, измеряющими фактически координаты положения референтных точек платформы в системе координат КИМ. Приоритет в разработке и внедрении гексаподных коорди-



Рис. 5. Двухстоечная КИМ фирмы Brown&Sharpe

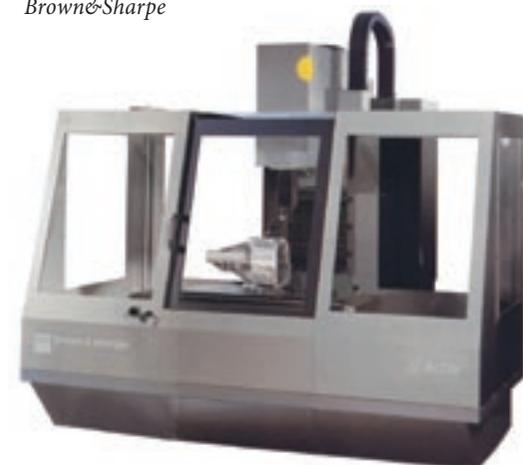


Рис. 6. Консольная КИМ с защитным ограждением кабинетного типа фирмы Brown&Sharpe



Рис. 7. Координатная измерительная рука фирмы Brown&Sharpe



Рис. 8. Многостержневая (гексаподная) КИМ фирмы ЛАПИК

нотно-измерительных машин принадлежит российской фирме «ЛАПИК» из г. Саратов (рис. 8). Ее специалистам удалось обеспечить высокую точность измерения ($MPEE = \pm(0,6+L/200)$) при «относительно» невысокой цене (примерно 220 тыс. евро для модели КИМ1000).

В базовую аппаратную часть машины портальной компоновки обычно входит гранитное основание, на котором взаимно перпендикулярно монтируются узлы координатных перемещений (УКП), каждый из них обеспечивает движение вдоль одной из 3 осей прямоугольной системы координат машины (СКМ). Определение текущих координат референтных точек узлов в рабочем пространстве КИМ производят с помощью линейных энкодеров (измерительных преобразователей), расположенных параллельно осям СКМ (рис. 9).

В зависимости от степени автоматизации машины цикл измерения осуществляются в ручном или автоматическом режиме.

Для фиксации координат точек, принадлежащих реальным поверхностям контролируемого объекта (детали) на пиноль КИМ устанавливается контактная (рис. 10 а) или бесконтактная (рис. 10 б) измерительная головка.

ИГ для контактных измерений оснащается измерительным наконечником (ИН), который в зависимости от условий и целей измерения может быть цельным или сборным, иметь различный типоразмер и разнообразные варианты конструкции контактного элемента: сфера, цилиндр, конус, игла (рис. 11). ИН (в рекламных каталогах также используют термин «щуп») представляет собой ту часть измерительной системы, которая соприкасается с измеряемой поверхностью детали, что приводит к смещению элементов механизма ИГ.

В триггерной ИГ при отклонении ИН происходит формирование сигнала о касании, который передается в управляюще-вычислительный комплекс КИМ. При этом происходит фиксация и сохранение координат точки касания, затем ИН отводится от измеряемой поверхности. Это — режим поточечных (дискретных) измерений.

В сканирующей ИГ измеряется величина отклонения наконечника в собственной системе координат (СКГ). Для определения фактических координат измеренных точек необходимо алгебраически суммировать показания СКМ и СКГ. Сканиру-

ющая ИГ позволяет реализовать как поточечный режим измерения, так и более производительный сканирующий режим. ИН вводится в контакт с измеряемой поверхностью с небольшим натягом, и в процессе движения по заданной траектории (петля, спираль, зигзаг) с постоянным или переменным шагом фиксируются координаты точек вдоль траектории.

Перед измерением, для привязки ИГ и ИН различной конструкции и типоразмеров в СКМ, производится калибровка по эталонной сфере, установленной на столе КИМ.

При измерении деталей со сложной пространственной геометрией используют «звездодообразные» конфигурации ИН и шарнирно-угловые модули для поворота ИГ (рис. 12).

МЕТОДИКА КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Методика координатных измерений (МКИ) включает в себя стратегию измерения (рекомендуемое число точек, их расположение на контролируемых поверхностях и последовательность обхода (траектория движения) при измерении) и набор расчетных моделей, математически описывающих взаимосвязь координат измеренных точек с определяемыми линейно-угловыми параметрами.

МКИ обеспечивается с помощью специализированного метрологического ПО. Большинство программных пакетов являются «штатными» для соответствующих моделей КИМ (например, PC-DMIS для КИМ DEA, Calypso - для КИМ Zeiss). Некоторые производители КИМ по требованию заказчика устанавливают в качестве основного или дополнительного пакета ПО от сторонних производителей, например, PowerInspect от фирмы Delcam.

На первом этапе в соответствии с заданной стратегией измерения в ручном или автоматическом цикле (по управляющей программе) измеряют координаты отдельных точек, принадлежащих реальным поверхностям контролируемого объекта. Перемещения программируются в системе координат детали (СКД), образуемой ее базами. В тех случаях, когда размеры и расположение отдельных элементов детали заданы относительно разных баз, у одной детали может оказаться несколько систем координат. Главная СКД привязывается к СКМ с помощью математического базирования. Эта процедура заключается

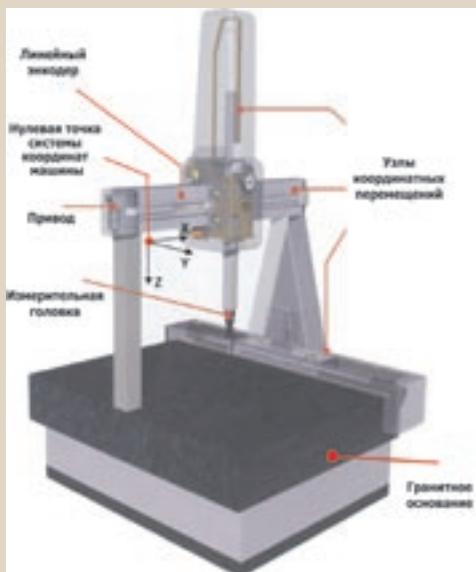


Рис. 9. Особенности конструкции КИМ портальной компоновки



Рис. 10. Измерительные головки фирмы Renishaw: а – для контактных измерений; б – лазерная для бесконтактных измерений

