

Автоматизированная проверка геометрии колесных пар оптическим 3D-методом

Фраунгоферовский институт технологии и автоматизации производства (IFF, Магдебург) занимается исследованиями и разработками в области автоматизации, логистики и виртуального конструирования. Он также является владельцем ноу-хау и разработчиком технологий в области оптической трехмерной метрологии, интегрированной в процесс производства. Опираясь на это, Фраунгоферовский институт IFF предлагает комплексную разработку оптических трехмерных измерительных машин. Процесс разработки включает все этапы, начиная от представления идеи, составления концепции и кончая программированием и вводом в эксплуатацию.

Трехмерное измерение геометрии железнодорожных колесных пар как при изготовлении, так и в процессе технического обслуживания является наиважнейшим фактором гарантии и контроля качества. Фраунгоферовский институт автоматизации и технологии производства IFF разработал с этой целью методику оптического трехмерного измерения. По сравнению с традиционными механическими измерительными устройствами, сканирующими деталь контактным прибором (точка за точкой), оптические системы измерения функционируют бесконтактно. Они работают быстрее и точнее, чем их механические предшественники, и позволяют выполнять проверку геометрии деталей и узлов, в том числе колесных пар, в трехмерном измерении в режиме реального времени и непосредственно в процессе производства.

Геометрия колеса, а также его отклонения от круглости и торцовое биение, внутреннее расстояние между колесами в колесной паре и состояние поверхностей ката-

ния являются показателями качества, имеющего решающее значение для обеспечения безопасности движения и плавности хода подвижного состава. Для высокоскоростного подвижного состава большое значение имеет обеспечение определенных качественных показателей путем регистрации объективных результатов измерений как в процессе изготовления колесных пар, так и в эксплуатации.

Колесные пары имеют ограниченный срок службы из-за износа поверхностей катания. После пробега в несколько десятков тысяч километров изношенный профиль колеса необходимо измерять и на основе полученного результата выполнять обточку колес. Износ колеса и колесной пары до сих пор зачастую контролируется вручную, что не может гарантировать достоверности и точности измерения всех качественных показателей и их документирования. Напротив, автоматизированный сбор и обработка всех геометрических показателей качества колесной пары позволяют всего за несколько минут

объективно и полно собрать и зарегистрировать результаты измерений. После обработки этих данных можно установить заданную величину для обточки колесных пар. В ходе завершающего второго этапа измерений проводится сравнение нового обработанного профиля колесной пары с установленным ранее заданным параметром. Колесные пары, обработанные таким способом, показывают более высокую надежность в эксплуатации и характеризуются более продолжительным сроком службы (рисунок).

Установка для автоматизированного измерения геометрии колесных пар

Измерительная установка Opto-Inspect 3D для автоматизированных измерений геометрии регистрирует все важные геометрические показатели качества железнодорожных колесных пар. Установка приводит во вращение колесную пару, после чего выполняется регистрация всех геометрических характеристик. В качестве датчиков сбора и регистрации данных используются бесконтактные линейные и точечные оптические измерительные устройства, которые работают по принципу триангуляции.

Измерительная машина построена по модульному принципу. Она состоит из модулей измерения и управления колесной парой. Модуль управления служит для автоматической подачи колесной пары в зону измерения и закрепления колесной пары между двумя пинолями. Пиноли расположены на установленных симметрично относительно оси задних бабках, что позволяет регулировать положение колесной пары относительно центра машины (так называемая плавающая установка).

Фрикционный привод обеспечивает непрерывное вращение колесной пары, что дает возможность зарегистрировать все важные гео-

метрические параметры. Для определения любого текущего угла поворота колесной пары пиноли оснащены соответствующими измерительными системами. Необходимо для работы модуля программное управление, контроль функций безопасности и связь с периферийными устройствами осуществляются с помощью программируемого контроллера SPS.

Измерительный модуль

Компоненты модуля для измерения геометрии колесных пар смонтированы на плите, которая установлена сбоку, точно на одной оси с осью вращения колесной пары и соответственно с осью пиноли. Все пять сенсорных устройств модуля смонтированы радиально относительно оси колесной пары с возможностью подачи по линейным направляющим. Данная конструкция позволяет точно позиционировать сенсорные устройства независимо от измеряемого диаметра колеса. Установленное по центру сенсорное устройство можно дополнительно сдвигать вдоль оси вращения, что дает возможность регистрировать геометрические параметры тормозных дисков. Сбор данных осуществляется оптическими датчиками. Управление механизмами подачи, сбор и регистрация данных, поступающих от сенсорных устройств, обработка данных и их протоколирование реализуются с помощью базирующейся на персональных компьютерах вычислительной системы. Эта система и SPS соединяются между собой через цифровые входы/выходы и последовательные интерфейсы.

Измерительный модуль установки выполняет две задачи. Он прежде всего задает системы координат для колесной пары и колесного профиля и, кроме того, определяет все важные геометрические параметры колесной пары. Координатная система колесной пары — это система цилиндрических коор-



Автоматизированная установка для обмера колесных пар на заводе компании SRS

динат и основа для всех касающихся колесной пары величин. Ось z координатной системы совпадает с осью вращения колесной пары, а угол вращения определяется датчиком угла поворота на пиноли.

Точка пересечения с осью колесной пары вертикальной плоскости, проходящей через середину этой оси параллельно плоскости колес, является координатой $z = 0$. Все остальные базовые плоскости измерения определены по образцу, задаваемому служебной инструкцией DS 984 04. Так, соответствующие наружные кромки внутреннего кольца буксовых роликоподшипников слева и справа определяют базовые плоскости измерений на втором этапе технического обслуживания. Центром между двумя базовыми плоскостями измерений является координата $z = 0$.

Регистрируемые параметры

На установке регистрируются следующие параметры (по образцу стандарта DIN 5573):

- расстояние между внутренними торцовыми поверхностями колес (AR);

- расстояния от середины оси до левой и правой внутренних торцовых поверхностей колес (AR1 и AR2);
- диаметр зоны измерений (D, слева и справа);
- радиальное биение колеса (левого и правого);
- торцовое биение внутренней стороны колеса (левого и правого);
- радиальное биение оси колесной пары;
- расстояние между гребнями бандажей (ширина колеи SR);
- разность диаметров измерительных зон D (слева и справа).

Для выполнения этой задачи в режиме реального времени и в функции угла поворота регистрируется свыше 1800 параметров в виде результатов радиальных измерений. На основании каждого измерения определяются указанные параметры. По окончании на основании этих результатов определяют среднее, а также максимальное и минимальное значения.

Далее определяют следующие размеры поперечного профиля колес:

- толщину гребня бандажа S_d (слева и справа);

- высоту гребня бандажа Sh (слева и справа);
- расстояние от вершины гребня, на котором измеряется его толщина (qR , слева и справа),
- ширину обода колеса или бандажа (слева и справа).

Для получения этих размеров также в режиме реального времени и в функции угла поворота выполняются обмеры более 360 профильных сечений с помощью линейных датчиков. На основании каждого из записанных результатов определяют указанные параметры. По окончании, так же как и в предыдущем случае, выводят среднее, а также максимальное и минимальное значения.

Установка для автоматизированного измерения геометрии колесных пар имеет габаритные размеры $5600 \times 2660 \times 3100$ мм и общую массу около 14 т. На ней могут проверяться колесные пары с шириной колеи 1435 мм, диаметром зоны измерений от 630 до 1005 мм, максимальной массой 2 т. Длина оси колесной пары может быть 2000–2300 мм. Типичное время выполнения одной операции составляет около 5,5 мин. При этом на подготовительные манипуляции затрачивается приблизительно 2 мин, а на само измерение — 3,5 мин.

Технологическая разработка и изготовление

Измерительная установка разработана Фраунгоферовским институтом IFF в Магдебурге совместно с машиностроительной компанией H & B Omega (Остерведдингген). Эта компания занимается проектированием, изготовлением и сбытом специальных машин и установок для автомобилестроения, измерительного и испытательного оборудования, а также подъемно-транспортных машин. Компания выполняет своими силами разработку, конструирование и подготовку к производству своей продукции. Она располагает большим станочным парком, выполняет все операции по сборке и монтажу

оборудования на базе программирования SPS. Все это обеспечивает компании возможность комплексного подхода к производству.

Другие возможности использования измерительной установки

Представленную технологию оптического трехмерного измерения можно использовать во многих областях в качестве бесконтактного, надежно работающего средства измерения. При изготовлении железнодорожного подвижного состава данное устройство уже используется для проверки геометрии колесных дисков, бандажей, компонентов оси. Основным критерием качества изготовления деталей является соблюдение заданных геометрических параметров. Отсюда следует, что при изготовлении деталей необходима высокая точность измерений. Для того чтобы измерить длину, ширину деталей, а также и глубину отверстий, в настоящее время используются в основном контактные координатно-измерительные машины, которые последовательно сканируют обрабатываемую деталь.

Этот способ измерения требует продолжительного времени и может быть использован только на изделиях, обладающих высокой жесткостью и неизменяющейся формой. Совсем иная ситуация с бесконтактным трехмерным способом измерения, который позволяет быстро и точно выполнять проверку трехмерной геометрии в процессе изготовления детали.

В зависимости от формы и структуры образца, а также от требований, предъявляемых к измерениям (например таких, как время измерения, допуск на размер и т. д.), используются различные технологии оптического измерения. Применяемые во Фраунгоферовском институте IFF способы трехмерного измерения геометрических параметров базируются на принципе триангуля-

ции — профилометрия, двухмерное (поверхностное) структурное освещение, фотограмметрия. Независимо от используемого способа трехмерного измерения конечная запись результатов измерения дается в цифровой форме в виде трехмерного точечного образа, пригодного для дальнейшей обработки.

Программные модули являются основой для самых разных методов анализа, оценки и визуализации данных. Для ориентирования в пространстве трехмерного точечного образа можно использовать трансформацию координатных систем.

По результатам измерения можно определить функциональные габариты (например, длину, диаметр, угол и т. д.) и регулируемые геометрические параметры (например, прямые, окружности, цилиндры и т. д.). Благодаря возможности сравнения заданных и фактических значений можно внести корректировку в модель CAD или в базовую модель. Результаты фиксируются в протоколе измерений.

Дальнейшая обработка результатов измерений позволяет целенаправленно воздействовать на весь процесс производства путем внесения корректирующих параметров. При наличии интерфейсов с другими информационными системами (например, с системой автоматизированного контроля качества CAQ) можно выполнять дальнейшую обработку данных в информационном потоке предприятия.

Методы трехмерного измерения уже внедрены на предприятии железнодорожной техники Bahntechnik Kaiserslautern (измерительное устройство для трехмерного измерения профиля колес) и в депо железной дороги Spoognet в ЮАР (машина для трехмерного автоматизированного измерения геометрии колесных пар).

По материалам Фраунгоферовского института IFF и компании H & B Omega Europa.