

А. Г. Кольцов, А. В. Торопов, А. А. Петухов

ПРОВЕРКА ПЯТИКООРДИНАТНОГО ФРЕЗЕРНОГО ОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ЦЕНТРА НА ТОЧНОСТЬ

В статье описаны методы проверки станков с ЧПУ на точность. Показаны обязательные этапы при проведении диагностики. Представлен пример оценки точности станка Mazak Variaxis 500 с помощью системы Ballbar QC-20. Даны практические рекомендации по применению системы Ballbar QC-20 фирмы RENISHAW. Точность станков; диагностика; геометрическая точность; прогнозирование технического состояния; RENISHAW

Современное производство предъявляет все более жесткие требования к точности изготовления деталей. В связи с этим точностным характеристикам оборудования уделяется особое внимание, так как точность изготовления деталей в первую очередь зависит от точности станка. Вопрос оценки точности возникает тогда, когда изготовленная деталь имеет отклонения, причины которых неизвестны. Используемые методы проверки точности станков с ЧПУ по ГОСТ 22267-76 [1] являются трудоемкими, осуществляются в статическом состоянии и требуют большое количество измерительных средств и затрат времени.

На предприятиях часто необходимо изготавливать контрольные детали, оценивать их точность в измерительной лаборатории и получать представления о точностных характеристиках станка. Это приводит к высоким затратам и потере времени на производстве. Периодические профилактические проверки часто срываются из экономических соображений, так как станки в течение большого времени не используются в производстве. Проверка точности проводится только тогда, когда дальнейшая работа на оборудовании становится невозможной из-за большого количества брака, производимого на этих станках.

Решением этой проблемы является контроль динамической точности по стандарту ISO 230-4 «Испытания на отклонения круговых траекторий для станков с числовым программным управлением» или ГОСТ 30544-97 [2] «Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории».

Для этой цели фирмой RENISHAW разработана система Ballbar QC-20 [3] и соответствующее

программное обеспечение для диагностики технического состояния узлов станка.

При диагностировании станка производится контроль точности перемещения исполнительного органа станка по окружности. Это позволяет получить информацию о динамической точности станка. Время на проведение диагностики составляет 10–15 мин, в зависимости от заданной скорости перемещения.

На рис. 1 представлена система QC20-W, установленная на станок. Основной частью QC20-W является линейный датчик с длиной контролируемого перемещения ± 1 мм и разрешением 0,1 мкм. Датчик устанавливается на магнитных держателях и кинематически связан с перемещаемыми узлами станка (шпинделем и столом – на обрабатывающих центрах, и зажимным патроном, револьверной головкой – в токарных станках).



Рис. 1. Система QC20-W

Проводилось исследование пятикоординатного фрезерного обрабатывающего центра MAZAK VARIAXIS 500 с целью определения его технического состояния и возможности обработки деталей с требуемой степенью точности. Оценка точности и постоянства отработки

круговой траектории станка проводилась при наиболее сложном кинематическом режиме работы станка с интерполяцией окружности без нагрузки, это позволило определить наиболее важные параметры станка [3].

Диагностика проводилась в двух плоскостях XU на угол 360° и ZX на угол 220° по методике RENISHAW. Результаты диагностики представляются в виде графиков отклонений от круглости в плоскости XU , в плоскости ZX , а также в виде диагностических таблиц для соответствующих плоскостей. В этих таблицах представлены показатели с указанием вклада в полученную некруглость конкретных ошибок станка и указанием рейтинга значимости. Получение графика некруглости и диагностической таблицы производилось с помощью обработки результатов измерения на персональном компьютере с использованием специализированного программного обеспечения Ballbar 20. Анализ результатов диагностики может производиться с помощью таблиц быстрого поиска, которые включают подробное описание причин отклонения от круглости, информацию о том, как эти причины связаны с работой станка, а также рекомендации по устранению дефектов.

Согласно проведенной диагностике в плоскости XU максимальный вклад в отклонение от круглости вносят:

- отклонение от перпендикулярности 13,6 мкм – (10 %);
- выбросы обратного хода Y – 1,3 мкм (9 %);
- люфт X – 2,7 мкм (21 %);
- люфт Y – 2,4 мкм (18 %).

В плоскости ZX максимальный вклад в отклонение от круглости вносят:

- выбросы обратного хода X – 2,8 мкм (23 %);
- отклонение от перпендикулярности 21,4 мкм (18 %);
- люфт X – 1,5 мкм (12 %);
- люфт Z – 1,7 мкм (14 %).

Отклонение от круглости в плоскости XU составляет 7,6 мкм, в плоскости ZX – 7,9 мкм, а по нормам точности MAZAK STD допустимое отклонение составляет 6 мкм. Это говорит о том, что необходимо проводить профилактические работы, направленные на повышение точности обработки на станке.

Указанные отклонения возникли после 5 лет эксплуатации диагностируемого станка. На ис-

следуемом станке в основном проводилась обработка алюминиевых сплавов.

Сравнение норм точности ISO и MAZAK STD показывает, что нормы точности японских стандартов в 2–4 раза превышают требования стандартов ISO [4]. Выполнение этих норм требует высокого уровня организации производства, повышенного качества изготовления, контроля и сборки оборудования, а так же правильной эксплуатации и ремонта. Результаты диагностирования говорят о том, что станок не соответствует нормам точности MAZAK STD, но соответствует нормам точности стандарта ISO.

Ниже приведен анализ возникновения погрешностей и методы их исправления.

Отклонение от перпендикулярности возможно из-за завала осей станка, вследствие чего происходит их смещение в некоторых точках. Кроме того, направляющие станка могут иметь локальный износ, что приводит к возникновению некоторого люфта при движении исполнительных органов вдоль осей. В результате торцевые поверхности, обработанные на станке, могут иметь отклонение от прямоугольной формы. Необходимо выяснить, является ли отклонение от перпендикулярности характерным для определенного участка или проявляется во всей рабочей зоне станка. Если ошибка локальная, то, повторяя тест в различных точках рабочей зоны, можно найти область, где отклонение от перпендикулярности отсутствует и проводить обработку торцевых поверхностей в этой области. Если отклонение от перпендикулярности проявляется во всей рабочей зоне станка, то по возможности нужно произвести регулировку расположения осей станка. Если направляющие сильно изношены, их следует заменить. Требуется проверить установку станка по уровню и при необходимости выполнить повторную регулировку.

Отклонения в виде выбросов обратного хода по осям X , Y и Z приводят к тому, что при фрезеровании окружности будет небольшой плоский участок (рис. 2) с последующим шагом восстановления траектории движения инструмента. Например, при выбросе обратного хода по оси X высотой 2,8 мкм происходит возникновение плоского участка длиной 0,74 мм на диаметре 200 мм. Если система ЧПУ тестируемого станка предусматривает возможность устранения пиковых отклонений, необходимо ее использовать для уменьшения выбросов обратного хода при работе станка.

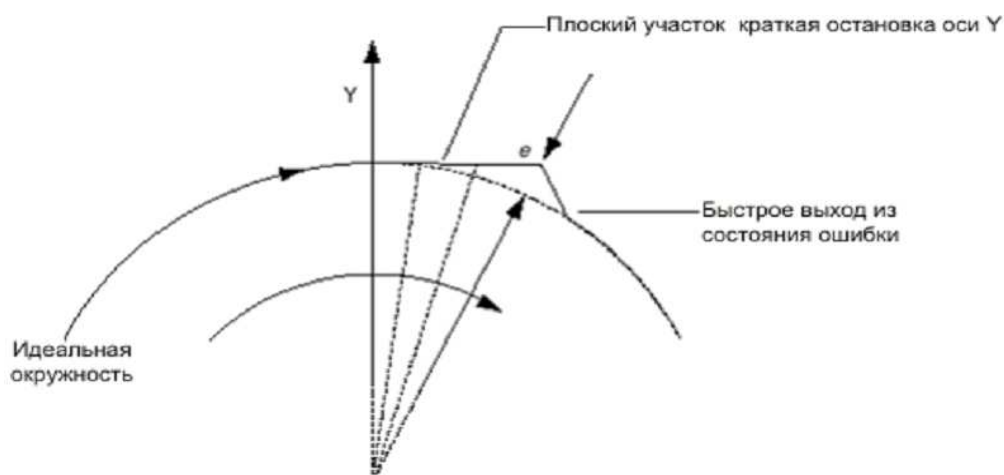


Рис. 2. Схема расчета длины плоского участка

Для окончательного фрезерования при круговой интерполяции возможно также использовать оптимальную скорость подачи, при которой погрешности будут минимальными. В этом случае с помощью системы ЧПУ, если она предусматривает такие возможности, следует уменьшить выбросы при обратном ходе на станке.

Люфты по осям, как правило, обусловлены изношенными шарико-винтовыми парами, а также изношенными направляющими. В приводе станка люфт появляется из-за осевого смещения шарикового винта или изношенной гайки привода. В направляющих станка люфт приводит к задержке движения при изменении направления перемещения станка. Износ или повреждение в шариковой винтовой паре вызваны возникновением в ней чрезмерного напряжения.

Наличие на станке положительного люфта приводит к тому, что на интерполяционной траектории резца в форме окружности будет возникать короткий плоский участок (рис. 3). На диагностическом графике плоский участок, имеющий место в действительности, отображается в виде ступеньки люфта, поскольку движение станка отклоняется от правильной окружности. Если e – высота ступеньки люфта на графике, то длина плоского участка на обработанной детали рассчитывается как корень квадратный из e , умноженный на диаметр окружности. Например, наличие ступеньки люфта по оси X высотой 2,7 мкм приводит к возникновению плоского участка длиной 0,73 мм при проходе диаметром 200 мм. И чем больше диаметр, тем больше размер плоского участка. В данном случае необходимо проверить или заменить необ-

ходимый элемент привода или ввести в систему ЧПУ компенсацию люфта.

В программном обеспечении имеется подпрограмма моделирования графиков возможных отклонений, которая дает возможность просматривать результаты тестов на экране, а затем изменять различные геометрические характеристики, люфт и динамические параметры станка для моделирования различных сценариев на графиках и оценки их влияния на отклонение от круглости и точности позиционирования. Исходные результаты теста хранятся отдельно и остаются неизменными, независимо от того, какие сценарии проверяются в программе моделирования.

При выполнении диагностики необходимо учитывать следующие моменты:

- нагрузка на элементы станка отсутствует, полученные отклонения не учитывают ошибки, возникающие в результате смещения узлов от действия сил резания и динамических факторов. Это значит, что полученные данные будут справедливы только при выполнении чистовых операций с низкой нагрузкой от сил резания на элементы станка;
- полученные результаты не учитывают ошибки, обусловленные зажимными приспособлениями и инструментами;
- рекомендуется выбирать радиус окружности для проведения диагностики соответствующей размеру типовой заготовки; при этом целесообразно проводить диагностику в двух взаимно перпендикулярных плоскостях для учета всей зоны обработки, особенно при обработке точных деталей;

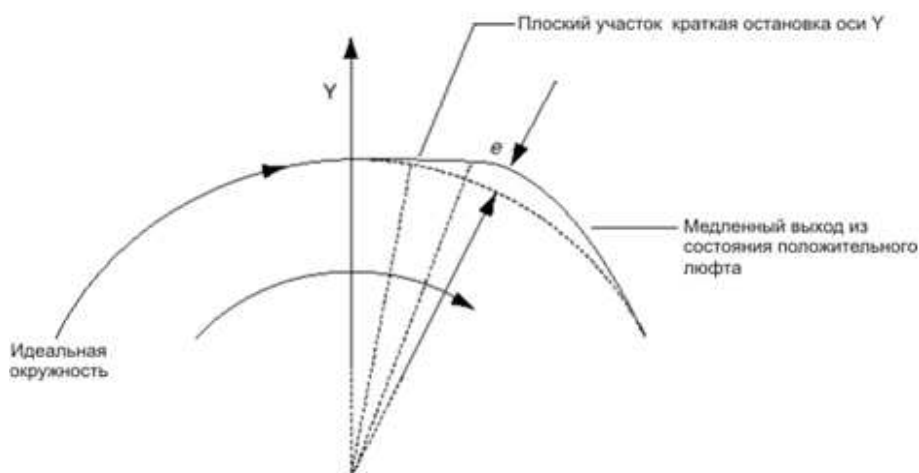


Рис. 3. Схема расчета длины плоского участка

- полученные результаты учитывают погрешности, связанные с люфтом по осям станка, при обработке с односторонним подводом данные погрешности будут отсутствовать;
- необходимо, чтобы перед проведением диагностики датчик был откалиброван, а станок имел рабочую температуру.

ВЫВОДЫ

Система Valbar QC-20 позволяет проводить работы по периодическому обслуживанию современных станков, используемых в основном производстве, и оценивать технологические возможности оборудования за достаточно короткое время с минимальными затратами.

С использованием системы Ballbar QC20-W можно формировать историю состояния станка, а также контролировать и прогнозировать развитие дефектов станка. Изменения рабочих характеристик станка с течением времени могут отображаться в виде графиков зависимости от времени любого из стандартных параметров, например, отклонения от окружности, отклонения от перпендикулярности и т. д.

Имея в распоряжении комплекс необходимого диагностического оборудования, можно осуществить переход от системы планового обслуживания к системе обслуживания по техническому состоянию, что позволит сократить затраты на ремонт и обслуживание, а также затраты, косвенно связанные с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 22267-76. Станки металлорежущие. Схемы и способы измерений геометрических параметров. Введ. 1988-01-01. М. Изд-во стандартов, 1988. 146 с.
2. ГОСТ 30544-97. Станки металлорежущие. Методы проверки точности и постоянства отработки круговой траектории. Введ. 2002-01-01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 9 с.
3. Сайт компании Renishaw. [Электронный ресурс] (<http://www.renishaw.ru/ru/telescoping-ballbar-systems-6813>).
4. Machining center. Certification of the Machine accuracy. Yamazaki Mazak. 2006. 11 с.

ОБ АВТОРАХ

Кольцов Александр Германович, доц. каф. металлорежущих станков и инструментов Омск. гос. техн. ун-та. Дипл. инженер по металлорежущим станкам и инструментам (ОмГТУ 1997). Канд. техн. наук по динамике и прочности (ОмГТУ, 2002). Иссл. в обл. динамики и точности технологического оборудования.

Торопов Алексей Валерьевич, дир. Уральск. филиала ООО «Ренишоу». Дипл. бакалавр техники и технологии по технологии, конструированию и автоматизации нестандартного оборудования.

Петухов Александр Анатольевич, асп. каф. металлорежущих станков и инструментов Омск. гос. техн. ун-та. Дипл. инженер по металлорежущим станкам и инструментам. Иссл. в обл. надежности и диагностики технологического оборудования.