



ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОЙ ТОЧНОСТИ В МЕЛКО- И СРЕДНЕСЕРИЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Д.В. Сладков (ООО «ХАЙДЕНХАЙН»)

Рассматривается задача обеспечения термической стабильности станка, в том числе приводных механизмов подачи. Для решения указанной задачи предлагается использовать датчики линейного перемещения.

Ключевые слова: приводные механизмы подачи, термический коэффициент расширения стали, большие скорости обработки, датчики линейного перемещения.

Точность станка значительно зависит от его способности выдерживать быстро меняющиеся условия эксплуатации. Переход от черновой к чистовой обработке существенно изменяет механическую и термическую нагрузку станка, вследствие чего могут происходить резкие изменения точности. Постоянные смены уровня нагрузки возникают при обработке малых партий изделий. Частые переходы между наладкой и процессом обработки приводят к колебаниям температуры источников тепла, что соответствующим образом влияет на точность. При малых партиях особенно важно обеспечить качество от первой до последней детали, чтобы выполнение производственного заказа с узкими допусками было экономически выгодно. В этих обстоятельствах термическая точность станка является очень важным аспектом.

Особенно важную роль играют при этом приводные механизмы подачи. Они интенсивно используются при больших скоростях обработки и высоких ускорениях и выделяют много тепла. Без подходящего оборудования для измерения положения это тепло в течение короткого времени приводит к позиционной ошибке неожиданно высокого порядка. Так нагрев с 20 °С до типичных 45 °С стальной шарико-винтовой передачи длиной 1 м приводит к удлинению на 250 мкм (термический коэффициент расширения стали: 10 мкм на метре длины при изменении температуры на 1 °С).

Термическая стабильность станков

Решения по предотвращению термически обусловленных погрешностей на детали все чаще находятся в фокусе производителей станков. Активное охлаждение, симметричные конструкции станков и измерения температуры являются на сегодняшний день общепринятыми методами.

Существенным источником тепла являются оси подачи с шарико-винтовой передачей. В зависимости от скорости и нагрузки подачи распределение температуры на винте шарико-винтовой передачи (ШВП) может очень



Рис. 1. Типичный процесс обработки

быстро меняться. Возникающие при этом термические расширения на станках без датчиков линейных перемещений могут привести к существенным ошибкам на детали (рис. 1).

Определение положения приводного механизма подачи

Положение управляемой ЧПУ оси подачи определяется или через ШВП в сочетании с датчиком вращения, или через датчик линейных перемещений.

Если положение приводного механизма определяется по шагу винта в сочетании с датчиком вращения

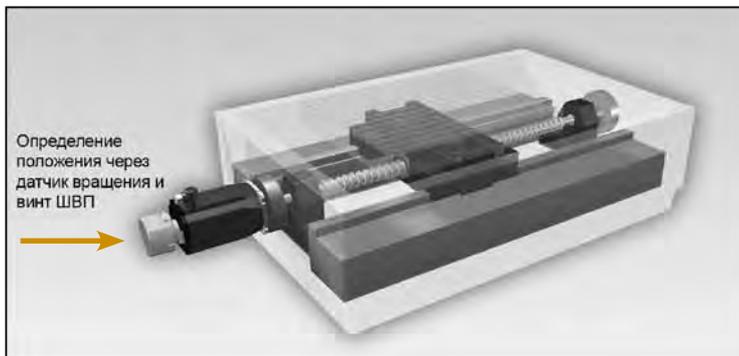


Рис. 2. Позиционирование в полузамкнутом контуре через ШВП и датчик вращения



Рис. 3. Позиционирование в замкнутом контуре при помощи датчика линейного перемещения

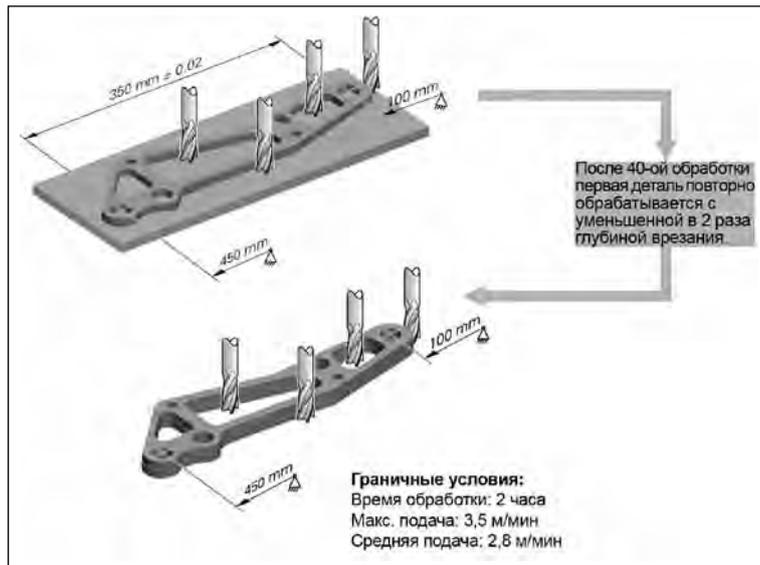


Рис. 4. Изготовление шарнирного рычага, где \blacktriangle – точка жесткого крепления опоры ШВП



Рис. 5. Шарнирный рычаг, дважды обработанный из одной заготовки

(рис. 2), то ШВП выполняет двойную функцию: передает большие нагрузки как часть приводного механизма и одновременно с этим используется в качестве компонента для определения положения. При этом ожидается высокая точность и повторяемость шага винта ШВП. Контур управления положением содержит при этом только датчик вращения. Так как износ и термические изменения в приводном механизме не могут быть компенсированы, то в этом случае речь идет о работе в полузамкнутом контуре (Semi-Closed Loop). Ошибка позиционирования неизбежна и может значительно влиять на качество обрабатываемой детали.

Если для определения положения суппорта используется датчик линейного перемещения (рис. 3), то контур позиционирования полностью включает приводной механизм. В этом случае имеет место замкнутый контур (Closed Loop). Люфт и погрешности в передаточных узлах станка не оказывают влияния на определение положения. Погрешность измерений зависит практически только от точности и места монтажа датчика линейного перемещения.

Подтверждение точности приводных механизмов на примере фрезерования контура и сверления

В примере используется усредненная по сложности обработка без излишне высоких скоростей перемещения стола станка, и показываются различия в точности приводных механизмов в полузамкнутом и замкнутом контуре. Максимальная подача при такой обработке — около 3,5 м/мин. На 40 деталях выполняются два отверстия с расстоянием между ними 350 мм и фрезеруется контур. Обработка длится 5,5 мин, допуск на расстояние между отверстиями лежит в пределах $\pm 0,02$ мм (рис. 4).

Во время обработки шарико-винтовая передача постоянно нагревается. Завершающая проверка качества показывает, что при определении положения в полузамкнутом контуре из 40 изготовленных деталей только первые 25 лежат внутри допуска. После 25-й детали нагрев достиг критической точки, в которой термическое расширение ШВП превысило допуск в $\pm 0,02$ мм. На последней детали отклонение составило целых 70 мкм.

Четко видимым это отклонение делает повторная обработка первой детали после изготовления 40-й детали. Глубина врезания по оси Z уменьшена вдвое. Выполненные таким способом вторые отверстия на готовой детали оставляют четко различ-



Рис. 6: Датчики линейных перемещений для станков (снизу вверх):
 LC 485 до 2040 мм; LC 185 до 4240 мм; LC 201 до 28040 мм

мые грани в существующих отверстиях. Как и второе фрезерование контура — это результат термического расширения ШВП на 70 мкм.

Измерение положения при помощи датчиков линейных перемещений в замкнутом контуре не зависит от термического расширения ШВП и от других воздействий. Это доказывает сравнительная обработка согласно ранее описанному примеру. На станке с замкнутым контуром управления не возникает брака, все детали находятся внутри заданного допуска. Повторная обработка первой детали после 40-й детали с уменьшенной в два раза глубиной врезания по оси Z не оставляет видимых граней (рис. 5).

Датчики линейных перемещений для станков с ЧПУ

Для обеспечения высокой точности позиционирования станков датчики линейных перемещений являются незаменимыми в качестве датчиков обратной связи. При этом напрямую определяется перемещение оси подачи. Механические передаточные элементы не оказывают в этом случае влияния на точность позиционирования. Кинематические и термические ошибки или влияние нагрузки также определяются датчиками линейных перемещений и учитываются в контуре управления. Данный способ помогает исключить следующие источники погрешностей:

- ошибка позиционирования, вызванная нагревом шарико-винтовой пары;
- люфт при смене направления перемещения;
- ошибка, возникающая при деформации в приводных механизмах из-за нагрузок;
- кинематическая погрешность, вызванная ошибкой шага винта ШВП.

Для станков с высокими требованиями к точности позиционирования и скорости обработки использование датчиков линейных перемещений является необходимым [1–3].

Сладков Дмитрий Валентинович — канд. техн. наук, специалист компании ООО «ХАЙДЕНХАЙН».

Контактный телефон (495) 931-96-46.

Http://www.heidenhain.ru

E-mail: info@heidenhain.ru

Датчики линейных перемещений HEIDENHAIN для станков с ЧПУ универсальны. Они предназначены для применения на станках и установках с управляемыми осями подачи, таких как, например, фрезерные, токарные и шлифовальные станки, обрабатывающие центры и расточные станки. Хорошие динамические свойства датчиков линейных перемещений и высокие максимально-допустимые скорости перемещения и ускорения позволяют применять их как на высокودинамичных традиционных осях, так и на осях с прямыми приводами (рис. 6).

Заключение

Гибкая работа с производственными заказами предполагает станки с высокой термической стабильностью. Даже сильно меняющаяся нагрузка на станок не должна оказывать заметное влияние на его точность. Следовательно, оси подачи не должны превышать заданную погрешность на всем пути перемещения даже при сильных изменениях скорости и нагрузки. Помехой при этом являются тепловые расширения в ШВП линейных осей подачи, возникающие при больших скоростях и нагрузках. Если определение положения осуществляется только через шаг винта ШВП и датчик вращения на двигателе, то во время обработки могут возникнуть ошибки позиционирования порядка ≥ 200 мкм. Так как значительные погрешности приводного механизма в этом случае не компенсируются в контуре управления, то речь идет о работе привода подачи в незамкнутом контуре. Применение датчиков линейных перемещений позволяет полностью компенсировать данные источники погрешности. Приводы подачи в сочетании с датчиками линейных перемещений образуют замкнутый контур, так как ошибки ШВП в позиционировании определяются и компенсируются системой ЧПУ. Такие же преимущества обеспечивают датчики угловых перемещений, применяемые на круговых осях, так как и в этом случае возникают термические расширения механических частей. Датчики линейных и угловых перемещений гарантируют высокую точность изготавливаемых деталей даже при сильно меняющихся условиях эксплуатации станка.

Список литературы

1. Точность позиционирования при 5-осевой обработке//Автоматизация в промышленности. 2012. № 5.
2. Фомин Е.И. Измерительные системы компании HEIDENHAIN//Автоматизация в промышленности. 2011. № 5.
3. Кумметц Йенс, Сладков Д.В. Быстрое и точное фрезерование с высоким качеством обработанной поверхности//Автоматизация в промышленности. 2013. № 5.