

# СЧПУ TNC – точность и динамика прекрасно сочетаются

Цикл 32 ДОПУСК для оптимизации перемещения рабочих органов станка

©2016 HEIDENHAIN

Заводские параметры станков обычно настроены с расчетом на очень широкую область применения. Системы ЧПУ TNC позволяют достичь очень хороших результатов обработки даже в этом универсальном состоянии. При этом **Цикл 32 ДОПУСК** делает возможной дополнительную адаптацию к специфическим условиям обработки. В особенности это касается поверхностей свободной формы со сравнительно долгим временем обработки, когда он помогает добиться оптимального сочетания динамики и точности.

В сущности, каждый этап обработки требует специальных настроек станка. Так, настройка для чистовой обработки больше нацелена на точность и сглаживание контура. Однако она не полностью использует потенциал скорости, что не является оптимальным выбором при черновой обработке. Это будет верно и в обратном случае.

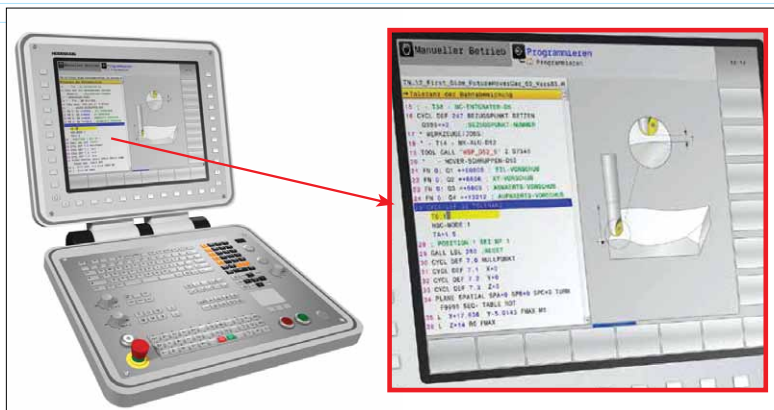
Чтобы получить наилучшее сочетание точности и динамики для всех операций, оператор должен иметь возможность изменять предустановленные параметры станка и, таким образом, влиять его поведение. Системы ЧПУ TNC предлагают для этого стандартную функцию – Цикл 32 ДОПУСК.

## По широкой траектории – быстрее, чем по контуру

Отклонение от траектории обычно определяет производитель станка – он устанавливает значение по умолчанию для максимального отклонения ( $T$ ) от контура. Однако Цикл 32 ДОПУСК дает возможность оператору изменить это значение, чтобы адаптировать станок под специфику обработки. Таким образом, он напрямую влияет на максимальное допускаемое отклонение и, вместе с тем, на время обработки – это особенно эффективно для элементов контура с многочисленными изменениями направления (что типично, например, для поверхностей свободной формы).

В качестве иллюстрации воспользуемся аналогией с автогонками. Пилот планирует свою идеальную траекторию так, чтобы пройти поворот с максимальной скоростью. Чем шире дорожное полотно, тем быстрее гоночный автомобиль может пройти этот поворот. Узкая трасса, напротив, вынуждает пилота снизить скорость.

Если обратиться к черновой обработке, то можно сказать, что в



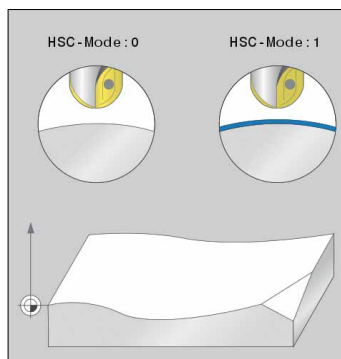
большинстве случаев существует возможность увеличить ширину траектории и, соответственно, допуск на отклонение  $T$ . Это также позволяет оператору повысить значение максимально возможной подачи при обработке в узких местах. Для чистовой обработки всё обстоит ровно наоборот: оператор должен уменьшить допуск или установить обратно значение, заданное производителем станка. Для этого Цикл 32 ДОПУСК определяется снова – с меньшим значением или без указания значения.

## Система “контроля полосы”

Дополнительно Цикл 32 ДОПУСК предлагает возможность изменения настройки, касающейся поведения при движении. Это делается с помощью параметра **HSC-Mode**, который может принимать значения 0 или 1.

Вернемся к аналогии с автогонками: в этом случае параметр **HSC-Mode** можно сравнить с системой контроля полосы в гоночном автомобиле. Уровень 0 разрешает только небольшие отклонения от идеальной траектории, и система вмешивается в регулирование на ранней стадии, даже если это приводит к потере времени. Уровень 1, напротив, позволяет более быстрый темп. Он допускает отклонения от идеальной траектории до тех пор, пока не превышен заданный допуск  $T$  – колеса автомобиля должны оставаться на дорожной полосе.

Переносим это на станок, можно сказать так: в режиме **HSC-Mode 0** фокус смещен в сторону более высокой достоверности контура. При чистовой обработке система ЧПУ TNC не всегда использует определенное отклонение от контура полностью, обеспечивая более высокую точность контура.



Режим *HSC-Mode 1* настраивает станок иначе – с акцентом на уменьшение времени обработки. При черновой обработке целесообразно установить этот режим, для того чтобы максимально использовать допустимое отклонение от траектории. В этом случае станок развивает более высокие скорости подачи на углах и узких дугах со значительными изменениями направления перемещения, и поддерживает их. Это не только экономит время – постоянная подача способствует увеличению срока службы инструмента.

## Ориентировочные значения облегчают настройку

Чтобы правильно определить допуск на отклонение  $T$  в Цикле 32 ДОПУСК, оператор станка может опираться на следующие базовые рекомендации:

- При чистовой обработке значение  $T$  должно быть по меньшей мере в  $1.1 \div 3$  раза больше значения хордовой ошибки, используемой в САМ-системе. Величину ошибки обычно выбирают в диапазоне от 1 до 4 мкм, чтобы система ЧПУ обрабатывала наиболее точное и неискаженное отображение контура. Таким образом, в зависимости от поставленной задачи оператор задаст значение допуска в диапазоне между 5 мкм (для большей точности) и 20 мкм (для большей сглаженности контура). Однако при прецизионной обработке нормальными будут значения и меньше 5 мкм.

- Для черновой обработки оператор должен брать более высокие значения. Критическим здесь, в конечном счете, является оставляемый припуск на контуре. Типичными значениями для черновой обработки являются: хордовая ошибка в САМ-системе  $4 \div 30$  мкм и допуск на контур в диапазоне от 0.05 до 0.3 мм.

Независимо от того, идет ли речь о чистовой или черновой обработке, при формировании управляющих программ в САМ-системе рекомендуется использовать 4 знака после запятой в кадре позиционирования, например:

L X-12.0215 Y+12.8951 Z+12.1258.

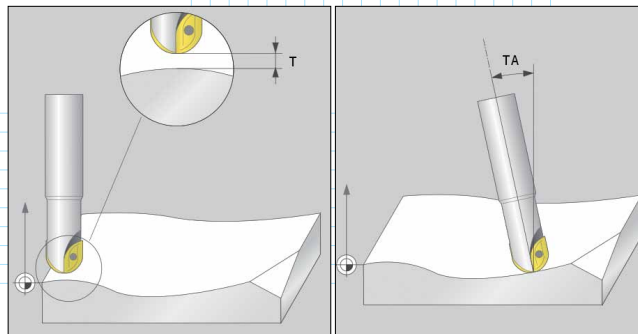
Это позволяет избежать нарушения контура при ошибках округления в комбинации с низким разрешением выводимых значений.

## Цикл 32 ДОПУСК учитывает оси вращения

С целью оптимизации управляющих программ для 4- или 5-осевой одновременной обработки Цикл 32 ДОПУСК дополнительно предлагает настройку допусков для осей вращения  $TA$ .

Во многих случаях при 5-осевой одновременной обработке максимальную подачу на центральной точке инструмента ограничивают не линейные оси, а оси вращения (наклон инструмента). Система ЧПУ TNC в таких случаях устанавливает заданную максимальную подачу по самой медленной оси вращения.

Допуск для осей вращения  $TA$  предоставляет TNC значение для ограничения изменения угла наклона. Это позволяет системе ЧПУ избегать



резких перемещений по осям станка. Одновременно, допустимое сглаживание делает возможным более плавное движение инструмента, что может привести к уменьшению времени обработки. Таким образом, влияние ограничений по скорости осей вращения на максимальную подачу в центральной точке инструмента снижается.

Существенным преимуществом систем ЧПУ TNC является то, что контур и соответствующая траектория центральной точки инструмента, несмотря на дополнительный допуск для осей вращения, не отклоняется от заданной. Система ЧПУ принимает в расчет результирующее отклонение центральной точки инструмента из-за сглаживания осей вращения и компенсирует его, соблюдая при этом заданный допуск  $T$ .

При указании ориентации осей вращения, значения координат в управляющей программе должны быть заданы с четырьмя знаками после запятой, например:

L X-12.0215 Y+12.8951 A+12.1258 B+32.8945.

Если же указываются векторы ориентации инструмента, то координаты вектора необходимо задавать с семью знаками после запятой, например:

LN X-12.0215 Y+12.8951 TX-0.0455636 TY+0.2118529 TZ+0.9762388.

Слишком низкое входное разрешение значений может оказать негативное влияние на результат обработки.

## Динамика и точность в надежных руках

Специальное управление перемещением в системах ЧПУ TNC делает возможной высокودинамичную работу станка. Вместе с этим гарантируется соблюдение системой ЧПУ заданных величин допуска. Независимо от режима работы станок всегда поддерживает заданное значение отклонения  $T$ .

На прямых участках контура или на плавных больших кривых система ЧПУ TNC использует заданный допуск  $T$  не полностью, поэтому в этом случае он не ограничивает максимальную подачу – система просто работает по данным контура из управляющей программы. Аналогичным образом, не влияет заданный допуск и на перемещение при позиционировании с точным остановом – к примеру, позиционирование при сверлении. 🧐