

Статья *“Boost Metal Removal Rates with Constant Chip-Load Machining”* была опубликована в сетевом журнале *“Modern Machine Shop”*, выпускаемом компанией Gardner Business Media. Оригинал на английском языке можно найти на сайте mmsonline.com

Программные и технические способы повышения интенсивности удаления металла

Сфера активного применения технологии *Mastercam Dynamic Motion*

По материалам компании *CNC Software* и журнала *“Modern Machine Shop”*

Обработка с постоянной толщиной снимаемой стружки

Преимущества обработки с поддержанием постоянной толщины стружки известны давно, однако большинство производств еще не овладело средствами эффективного программирования траекторий инструмента для такой обработки. Как бы то ни было, предлагаемая САМ-системой *Mastercam* технология упрощает формирование таких траекторий и может радикально повысить производительность обработки.

Нет сомнений, что на рынок каждый день приходят всё более производительное оборудование с ЧПУ. Но как повысить производительность цеха, используя уже имеющиеся обрабатывающие центры и токарные станки? Для этого надо обновить применяемые стратегии обработки.

Начать следует с режущего инструмента. Ключ к более продуктивной обработке – использование фрезерных и токарных инструментов в соответствии с их назначением, с оптимальными скоростями подачи и вращения шпинделя, и, самое главное, с оптимальным стружкообразованием.

Делайте это, и вы сможете кардинально увеличить скорость удаления металла, повысить качество обрабатываемых поверхностей и продлить срок службы недешевого режущего инструмента.

Для большинства цехов препятствием в достижении этих преимуществ является вовсе не металлорежущее оборудование, а неспособность генерировать управляющие программы, обеспечивающие непрерывное резание в оптимальных для



инструмента условиях. Компания *CNC Software*, разработчик известной САМ-системы *Mastercam*, решает эту проблему при помощи своего технологического движка ***Dynamic Motion***, встроенного во все предлагаемые САМ-модули. Эта технология позволяет динамично генерировать самые эффективные траектории, которые поддерживают постоянную толщину снимаемой стружки в условиях обеспечения максимального комфорта для режущего инструмента. Результатом становится более эффективная обработка – со скоростью удаления металла, превышающей обычную более чем на 70%.

Недостатки традиционных траекторий

Режущие инструменты предназначены для резки, а точнее, для удаления материала сдвигом. Конструкция инструмента предусматривает ре-

зание материала путем стружкообразования с обеспечением максимально возможного отвода тепла от заготовки вместе со стружкой. От того, насколько хорошо сочетание скорости вращения шпинделя, скорости подачи и перемещений инструмента, заложено в УП, обеспечивается правильное стружкообразование, зависит то, насколько хорошо



*Эта деталь самолета фрезеруется из алюминиевой призматической заготовки весом 36 кг. После первой операции масса заготовки уменьшается до 4.5 кг. Следующая операция завершает изготовление детали, уменьшая её массу до 1.8 кг. В прошлом на первую операцию обработки, которая удаляет большую часть заготовки, отводилось свыше 8 часов. Сегодня, за счет использования агрессивного фрезерования и технологии *Mastercam Dynamic Motion*, продолжительность цикла удалось сократить до 2 часов 43 минут*



Зачастую традиционные траектории генерируют, используя смещение от геометрии детали, что приводит к ситуациям, когда инструмент всверливается в материал



это называют *Radial Chip Thinning, RCT* – радиальное утончение стружки, очевидно, в сравнении с традиционным резанием. – *Прим. ред.*), и она получила широкую известность как высокоскоростная обработка.

Для обычной обработки производители инструмента обычно рекомендуют использовать резание с шагом (расстоянием или сдвигом между проходами), равным половине диаметра инструмента. Поддачи и скорости при этом меняются для обеспечения

будет работать инструмент, и каким будет срок его службы.

Проблема традиционного расчета траектории, в первую очередь, заключается в том, что он ведется от геометрии детали. И, как следствие, может иметь место всверливание инструмента в узких углах и при резкой смене направления движения. Чтобы избежать поломки инструмента и/или “зарезов” в углах, технолог-программист должен снизить подачу и обороты, предполагая наихудший сценарий (обычно это внутренний угол, куда инструмент входит полным диаметром), и применить эти режимы резания ко всей обработке в целом.

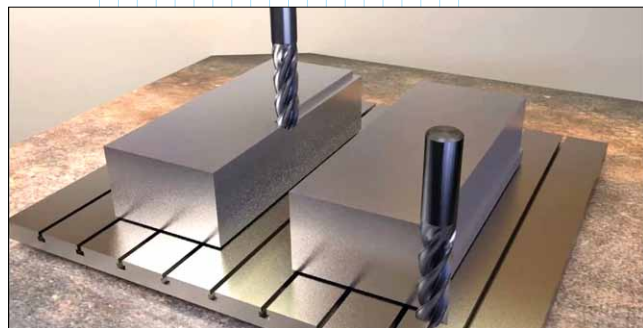
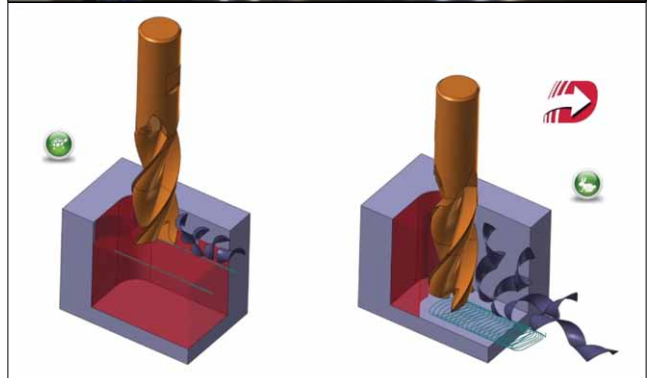
В результате этого большую часть времени инструмент работает в режиме неоптимального стружкообразования: он либо слишком углубляется в углы, либо значительно недогружается на остальных участках траектории – а иногда и то, и другое. Продолжительность машинных циклов неоправданно растет, а срок службы инструмента сокращается.

Поддержание постоянной толщины стружки

Альтернативная стратегия резания основана на поддержании постоянной толщины снимаемой стружки в радиальном направлении (*по-английски*

идеального стружкообразования. В случае же применения режима *RCT* шаг уменьшается, что, конечно же, уменьшает толщину стружки при одинаковой скорости подачи. Для компенсации этого необходимо увеличить скорость подачи.

Другое большое отличие этой стратегии – глубина резания. Традиционный подход предполагает, что шаг по глубине равен четверти диаметра инструмента. А для стратегии *RCT* глубина резания может превышать диаметр инструмента в два-три раза (это зависит от инструмента). Чем больше глубина, тем лучше используется вся режущая кромка инструмента, в отличие от ситуации с постоянной



Видеоролик на сайте mmsonline.com наглядно показывает отличие фрезерования с постоянной толщиной стружки в радиальном направлении (справа) от обычного резания (слева)

Рез на всю глубину режущей части инструмента

обработкой концом инструмента. А поскольку радиальная нагрузка на инструмент значительно снижается (шаг уменьшен с 50% от диаметра инструмента до 15% или даже менее), то меньше становится и нагрузка на шпиндель, что уменьшает износ станков. Возможно, что вам даже удастся перевести некоторые работы на менее мощное оборудование.

Самое главное, что такая комбинация более быстрой подачи, скорости и более глубоких проходов, как правило, может увеличить скорость удаления металла на величину от +60% до +70% (или даже больше) по сравнению с обычной обработкой.

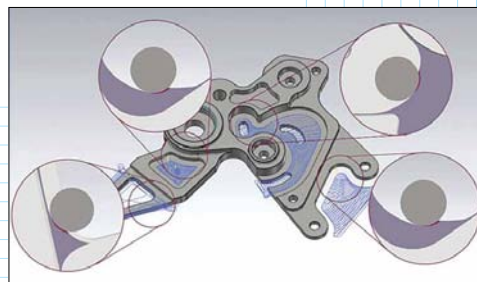
Mastercam Dynamic Motion поддерживает оптимальные условия резания

Но здесь есть и подвох. Описанные преимущества *RCT* легко достижимы в случае прямолинейного резания. А как быть с карманами и другими формами геометрии профиля?

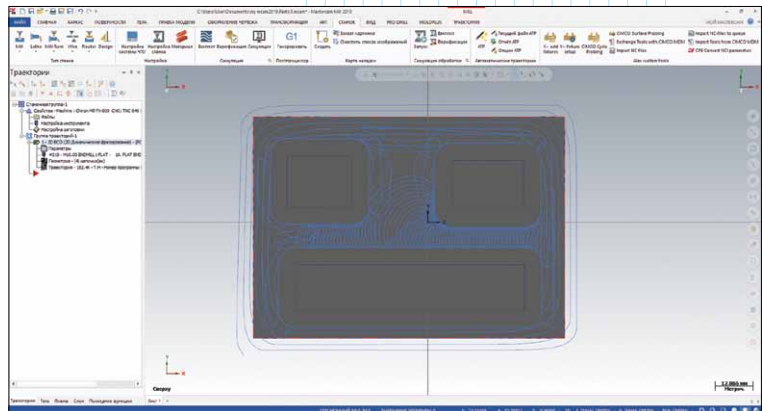
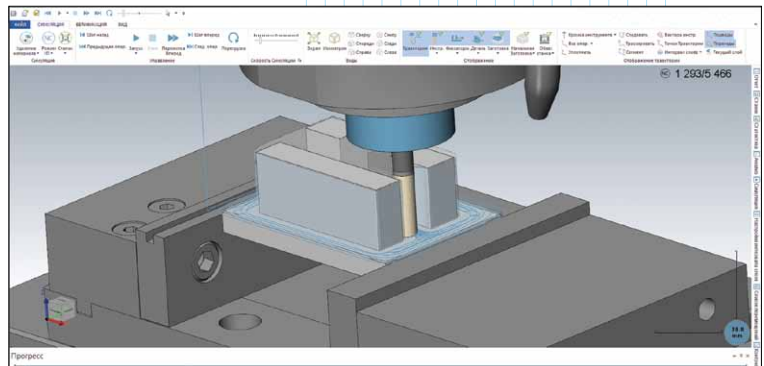
Здесь в игру вступает функционал *Dynamic Motion* системы *Mastercam*, который формирует траекторию так, чтобы инструмент не повреждался, а толщина стружки оставалась постоянной даже при резких изменениях направления перемещения. В отличие от традиционной траектории, которая в основном формируется путем смещения от геометрии детали, Динамические траектории *Mastercam* поддерживают постоянную толщину стружки, независимо от места, где находится инструмент и обрабатывается материал.

Эти траектории обеспечивают оптимальную “прямолинейную” подачу с уменьшенной толщиной стружки, и вы можете применять их для любого кармана или контура, будь то открытый или закрытый карман, со свободной или тесной геометрией. Преимущество заключается в том, что после того, как вы однажды установили подходящие параметры подачи для какого-то конкретного материала, инструмента (и диаметра инструмента), в дальнейшем вы можете быть уверены, что система *Mastercam* всегда будет генерировать траектории с оптимальными для инструмента условиями резания, которые обеспечат его сохранность – независимо от геометрии детали.

Хотя Динамические траектории и не могут изменить возможности ваших металлорежущих станков, они позволяют получить от имеющегося оборудования намного больше. В качестве примера посмотрите видеоролик на сайте mmsonline.com, демонстрирующий стратегию резания *RCT* на обрабатывающем центре *Okuma M560*.



Динамические траектории Mastercam обеспечивают постоянную толщину стружки даже при резких изменениях направления перемещения инструмента



В узком пространстве между островками Динамическая траектория формируется петлеобразными движениями, тогда как при классическом расчете фреза прошла бы полным диаметром, что привело бы к её поломке



Материал – сталь 1045. Обработка ведется на вертикальном обрабатывающем центре Okuma M560 на подаче 550 дм/мин со скоростью шпинделя 11300 об/мин. Размер заготовки 5.25” × 5.25” × 2.75” (видеоролик находится на сайте mmsonline.com)

Силовое резание

Вариант применения Динамических траекторий *Mastercam*, для которого требуется более мощный и жесткий станок и более крепкий режущий инструмент, называется силовым резанием. Сохраняя все преимущества обработки с постоянной толщиной стружки, силовое резание опирается на очень “агрессивные” значения шага и глубины резания, но с обычными подачами и скоростями. Для этого подходят только режущие инструменты, спроектированные для использования на всю длину (обычно твердосплавные).

Независимо от того, правильный ли взят инструмент, какова мощность и крутящий момент на валу машинного центра, силовое резание может обеспечить даже большую эффективность удаления материала, чем “обычная” стратегия *RCT*. Поскольку используются агрессивные переходы, то срок службы инструмента уменьшается (хотя предварительные испытания показывают сокращение всего лишь на 10÷15%). Тем не менее, непрерывный контроль толщины стружки означает, что вы получите максимально возможный срок службы инструмента для таких условий резания.

Представленный на сайте mmsonline.com видеоролик позволяет наглядно сравнить стратегии *RCT* и силового резания. В обоих случаях задействованы Динамические траектории *Mastercam* с постоянной толщиной снимаемой стружки. Первая высокоскоростная траектория использует для резания с малым шагом и быстрой подачей верхний конец 9.5-миллиметровой концевой фрезы, глубина резания равна двум диаметрам. Обеспечивается очень хорошая скорость удаления металла, порядка 150 см³/мин.

На следующем – силовом – проходе этот же инструмент используется с шагом 75÷80% от его диаметра и с намного меньшей подачей, но с такой же глубиной прохода. При такой стратегии резания полное время цикла обработки уменьшается на треть.

Подходит и для точения

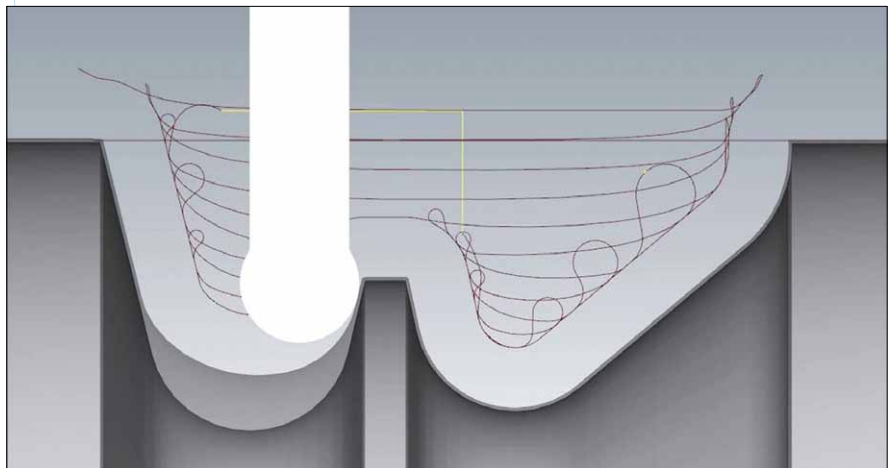
Те же самые принципы *RCT*-фрезерования применимы и к некоторым токарным операциям, и они могут очень сильно повысить эффективность черновой обработки и увеличить срок службы инструмента. Стратегия “*Dynamic Turning*” разработана для керамических и кнопочных пластинок (вставок), предназначенных для точения труднообрабатываемых материалов.



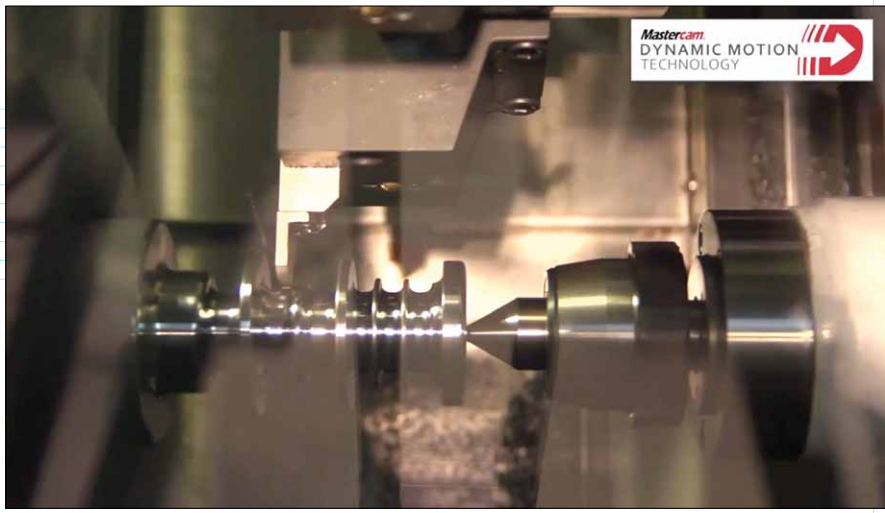
Видеоролик на сайте mmsonline.com показывает отличие “обычной” стратегии *RCT* от силового резания

Традиционные черновые циклы обычно используют линейные перемещения с резкими изменениями направления. При этом обрабатываемый материал контактирует с инструментом только на режущей кромке инструмента, что приводит к чрезмерному их взаимодействию, повторяющимся картинам износа и точению одним и тем же участком режущей пластинки на каждом проходе. Накопленный износ в сочетании с резкими изменениями направления может серьезно повредить режущую кромку, затупить инструмент и сократить полный срок его службы.

В отличие от этого, Динамическая черновая траектория *Mastercam* опирается на нелинейное, неповторяющееся движение, при котором износ распределяется на большую площадь пластины на каждом проходе. Динамические траектории поддерживают постоянную толщину стружки независимо от геометрии детали, что существенно уменьшает износ пластины и может значительно увеличить срок службы инструмента – вплоть



Динамическое точение опирается на те же принципы и стратегии, что и динамическое фрезерование



Динамичная черновая траектория идеально подходит для точения деталей сложной формы с большим количеством канавок и обнижений



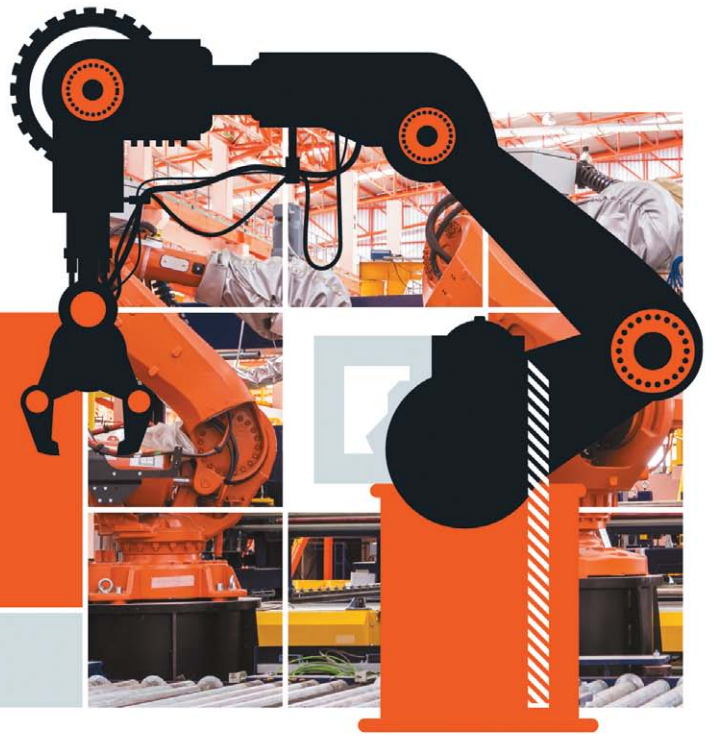
Золотник этого клапана изготовлен из сплава Hastelloy C276. Обычно на то, чтобы обточить заготовку 220 мм до 120 мм, уходит пять часов – частично потому, что для каждой детали придется поменять много пластин. В случае динамичного точения пластинкой радиусом 8 мм время обработки уменьшается до 40 мин, при этом используются одна-две пластины на деталь

до 300%. Это становится особенно очевидно при черновом точении твердых и труднообрабатываемых материалов, таких как инконель (*Inconel*) и хастеллой (*Hastelloy*).

И при фрезеровании, и при точении стратегия резания с поддержанием постоянной толщины стружки может существенно повысить

производительность. В конечном счете, такая стратегия позволяет удалять больше материала и увеличивает срок службы инструмента. Она облегчает работу ваших станков и позволяет резать более агрессивно на более легком оборудовании. И, возможно, самое примечательное здесь то, что это работает на любом станке. 👁

◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆



**Выставка
промышленной
робототехники**

22-24 октября 2019
Москва, Крокус Экспо

Организатор — компания MVK
Офис в Санкт-Петербурге



Международная
Выставочная
Компания

+7 (812) 380 6000/02/10
robotics@mvk.ru



Подробнее о выставке:
ir-expo.ru