

Динамические траектории *Mastercam*

Прорыв в повышении эффективности обработки на станках с ЧПУ

Иво Липсте (Группа COLLA & ЦОЛЛА)

В заботах об эффективности механообработки

Общеизвестно, что время – деньги. И, естественно, каждый трезвомыслящий предприниматель, или группа таких предпринимателей, ищет пути повышения эффективности своего производства, причем, как правило, за счет ускорения процессов производства, автоматизации в широком смысле этого понятия и оптимизации затрат. Если в производство вовлечены станки с ЧПУ, то нужно понимать, что модернизация устаревших и/или приобретение новых, более производительных станков лишь частично поможет решить проблему. Само по себе приобретение дорогого высокопроизводительного оборудования не влечет автоматический рост эффективности производства. Народная мудрость гласит, что новая метла метет по-новому, но “опыт, сын ошибок трудных”, подсказывает, что для полного счастья этого может оказаться недостаточно. Другими словами: есть несколько обстоятельств, без учета или разрешения которых можно не почувствовать выгоду от приобретенного станка или даже всего парка нового технологического оборудования. Это следующие обстоятельства императивного свойства:

- использование высокопроизводительного режущего инструмента;
- реорганизация инфраструктуры;
- внедрение и освоение подходящей САМ-системы;
- обучение персонала.

Скорее всего, эти утверждения не являются новостью для специалистов по внедрению новой техники и новых технологий, но помнить о них следует.

Сегодня нам не хотелось бы углубляться в анализ нюансов всех перечисленных обстоятельств, но давайте поговорим о программном обеспечении САМ, способном генерировать такие траектории обработки, которые в полной мере используют возможности станка и режущего инструмента. Чтобы привлечь внимание читателей к известным, казалось бы, вещам, приведем лишь один яркий и убедительный пример из своего опыта.

Производство у одного из предприятий – пользователей *Mastercam*, находящихся у нас на поддержке, оснащено неплохими, но “тихоходными” станками с ЧПУ, на которых обрабатывают формообразующие крупногабаритных пресс-форм. Для подготовки УП, как уже было сказано выше, там давно и успешно применяют САМ-систему *Mastercam*. Поэтому, когда на предприятии был



запущен в эксплуатацию новый, современный фрезерный станок для высокоскоростной обработки (ВСО или *HSM*), проблем с его загрузкой, естественно не возникло. Тем не менее, одна проблема в итоге всё же нарисовалась. Дело в том, что технологи-программисты при разработке УП для нового оборудования продолжали придерживаться привычного подхода – надежного, отработанного во всех мелочах – и применять классические стратегии обработки, как и в случае программирования обработки на старых станках (этих, с позволения сказать, ретроградах). В результате их руководство постигло разочарование: серьезная, по меркам предприятия, инвестиция в оборудование была сделана, а ожидаемый ощутимый выигрыш по времени обработки получен не был. Нам пришлось довольно долго убеждать специалистов этого предприятия расширить рамки привычного и включить в свой арсенал новую технологию – **Динамические траектории *Mastercam***. После некоторого обучения технологов-программистов, они запрограммировали обработку матрицы с использованием этой технологии – и все участники эксперимента пришли в восторг. Если на черновую обработку матрицы по программам, подготовленным по старинке, станку требовалось восемь с половиной часов, то УП с *Динамическими траекториями* позволяла сделать это за 2 часа 37 минут. Комментарии тут, как говорится, излишни.

Технология Динамических траекторий

Динамические движения, Динамические траектории, Динамическая обработка, наконец, технология Динамических траекторий – что это за зверь такой, которым *Mastercam* приманивает клиентов и одновременно пугает конкурентов? Чего здесь больше – маркетинга, новизны или практичности?

Почему *Mastercam*, самая распространенная в мире САМ-система, не довольствуется этим бесспорным статусом и поднимает на флаг какую-то новую технологию как нечто крайне важное – такое, чего в других САМ-системах нет вовсе (или реализовано в недостаточной мере), хотя в этих возможностях одинаково сильно нуждаются и владельцы старых, низкооборотных станков, и счастливые обладатели современных обрабатывающих центров?

Как написано в документации компании *CNC Software*, технология **Динамических траекторий *Mastercam*** реализует захватывающий новый подход к созданию траекторий совсем другого уровня эффективности. Сегодня эта технология является основой многих самых популярных траекторий *Mastercam* – от фрезерования до точения, и разработчик постоянно расширяет её применение в своих программных продуктах.

Чтобы обеспечить максимально эффективное, и при этом плавное, перемещение инструмента во время резания, алгоритм *Динамических траекторий* рассчитывает больше, чем просто путь как таковой. Теперь движение инструмента определяют не только границы области съема материала. При расчете используется набор настраиваемых правил для анализа процессов врезания инструмента и удаления материала, а также постоянно меняющегося направления резания – с учетом реальных движений частей станка в каждой частной позиции по мере движения инструмента. В результате существенно уменьшаются время обработки, износ инструмента и самих станков, реже происходит поломка инструмента.

Понятие “Динамические движения” (*Dynamic Motion*) было введено в 2009 году, в версии *Mastercam X4*, когда разработчик впервые применил их при обработке 2D-карманов. Этот подход оказался перспективным и положил начало разработке нового поколения приложений для подготовки траекторий инструмента. Сегодня концепция *Динамических движений* лежит в основе пяти 2D-стратегий создания траекторий (в том числе для черновой и контурной обработки), четырех стратегий 3D-обработки, двух стратегий для сглаживания и петлеобразного фрезерования, а также одного метода чернового точения.

Две большие разницы

Обычно УП создаются на основе геометрии, ограничивающей зону обработки. Традиционный метод расчета обеспечивает врезание инструмента в материал, а затем отправляет фрезу в одном направлении – до тех пор, пока она не встретит стенку или другую преграду, после чего направление движения меняется. Таким образом, инструмент ходит вперед и назад, пока не будет снят весь лишний материал во всей области обработки, и по пути режет металл ... или воздух.

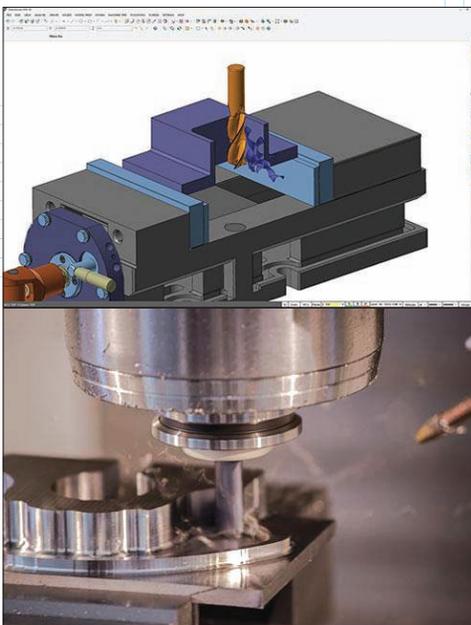


Рис. 1. Использование Динамических траекторий позволяет задействовать всю режущую часть инструмента

Система *Mastercam*, вооруженная функционалом *Динамических траекторий*, задает перемещение инструмента совершенно другим, по сравнению с традиционным, способом. Как уже говорилось выше, движение инструмента не определяется строго границами области, подлежащей обработке. Вместо этого формирование траектории регулируется высокотехнологичным набором правил, учитывающих не только геометрическую форму области, из которой должен быть удален материал, но и текущее распределение остаточного материала на различных этапах обработки. Алгоритм формирования траектории последовательно, пошагово анализирует, контролирует и управляет процессом обработки, учитывая изменение формы остаточного материала, на основании чего модифицирует направления

перемещений, скорость подачи, расстояния между проходами и методы съема материала. Основная цель – удалять материал более эффективно, контролируя боковые нагрузки на инструмент, чтобы избежать обстоятельств, вызывающих нагрев.

Приведем также ряд других правил, которые в совокупности образуют скелетон концепции *Динамических движений* и технологии *Динамических траекторий*:

- Минимальные расстояния между проходами во избежание перегрева и чрезмерного бокового давления на инструмент.
- Плавные движения, снижающие нагрузку на инструмент и станок (один из примеров – трохоидальные движения).
- Высокая скорость вращения шпинделя, если это возможно.
- Максимальное использование всей боковой части инструмента для удаления максимально возможного объема материала.
- Постоянный съем материала (попутное фрезерование), чтобы свести к минимуму “резание воздуха”.
- Динамическая корректировка расстояния между проходами для поддержания постоянной нагрузки на инструмент.
- Стратегии врезания, обеспечивающие вхождение инструмента в материал под безопасным углом.
- “Ощущение” материала, позволяющее постоянно держать инструмент в состоянии безопасной резки, независимо от того, обрабатывается карман или контур. Обеспечивается съем

одинакового объема материала (постоянный размер стружки для постоянного отвода тепла).

- Движения типа микро-лифт, которые поднимают инструмент над дном или отодвигают его от стенки в уже обработанных областях. Это позволяет выполнять переходы на более высоких подачах и предотвращать нагрев инструмента из-за трения.

Алгоритм *Динамической обработки* позволяет рассматривать различные варианты движения инструмента, а затем осуществить разумный выбор, основанный на анализе того, как эти варианты влияют на конечный результат.

Предположим, инструмент врезается в наиболее открытую область кармана. Потом инструмент по спирали, попутным движением из середины, снимая постоянный объем материала, доходит до боковой стенки. Система, обладая определенной интеллектуальностью, выясняет, какими должны быть следующие шаги для обеспечения наибольшей эффективности. Как правило, съём материала будет вестись в сторону угла кармана. Когда фреза доберется до стенки, будет выполнен переход на новую позицию резания, не задевая оставшийся материал (*Mastercam* следит за изменением формы обрабатываемой детали, и системе известно, где материал был удален, а где нет). Фреза “режет воздух” только тогда, когда репозиционируется на ускоренной подаче.

Лучше один раз увидеть: примеры динамических траекторий

Рассмотрим намеренно простой пример (рис. 2), иллюстрирующий принципы и характер движения режущего инструмента при динамической обработке. В данном примере предпочтение отдано правилу съёма материала, согласно которому фреза заглубляется в материал по нисходящей спирали, следовательно, дальнейшие движения фрезы подстраиваются под форму получаемого освобождения в теле детали после спирального врезания.

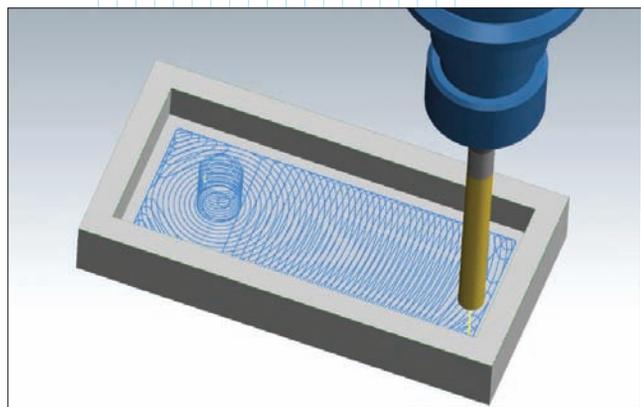


Рис. 2. Отчетливо видно, что характер динамических движений фрезы в разных зонах обработки изменяется

Теперь разложим данную траекторию на этапы “размышления” алгоритма *Динамической обработки*:

- врезание (рис. 3);
- обработка двух ближайших углов (рис. 4);
- съём основного материала (рис. 5);
- обработка оставшихся двух углов (рис. 6).

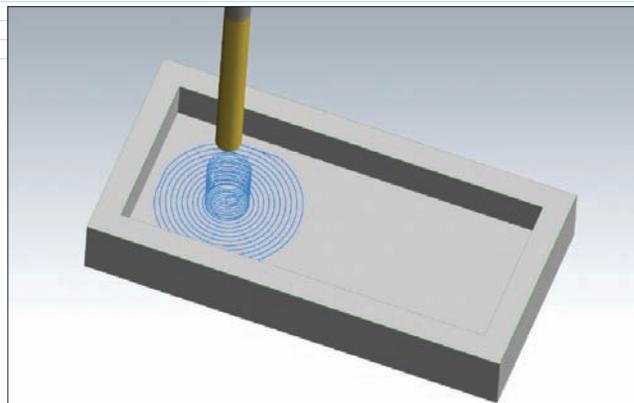


Рис. 3. Определяется свободное пространство для врезания по спирали; полученное отверстие расширяется по спирали с соблюдением условия постоянства объема снимаемого материала вплоть до достижения границ обрабатываемого кармана

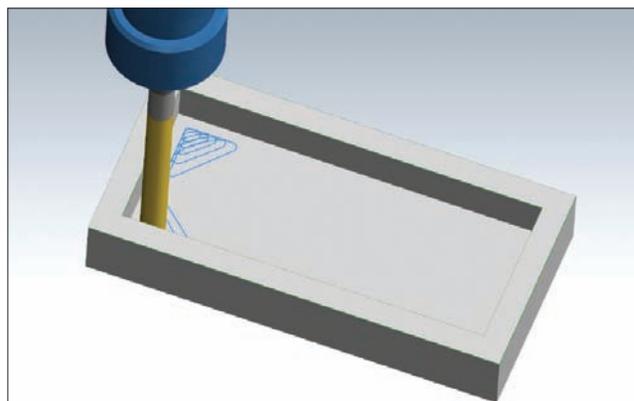


Рис. 4. Петлеобразными движениями фреза обрабатывает сначала верхний, а затем нижний из ближайших углов

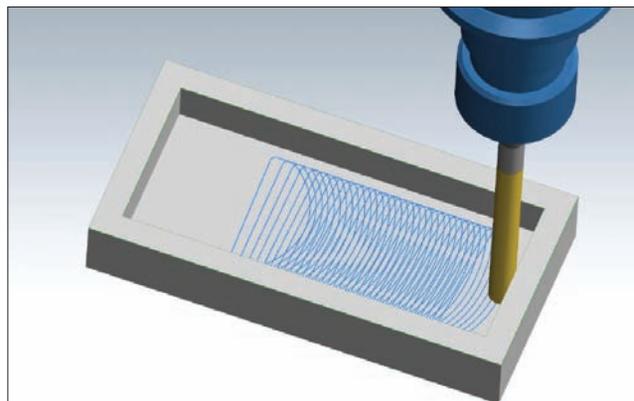


Рис. 5. Динамический съём основного материала вдоль дальней стороны кармана

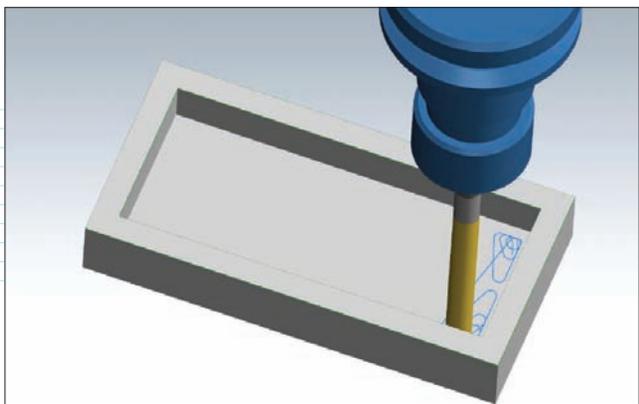


Рис. 6. Дообработка двух оставшихся углов: сначала верхнего, потом – нижнего

Для управления характером движения инструмента в зависимости от формы области, подлежащей обработке, технолог-программисту предлагается ряд разных правил на

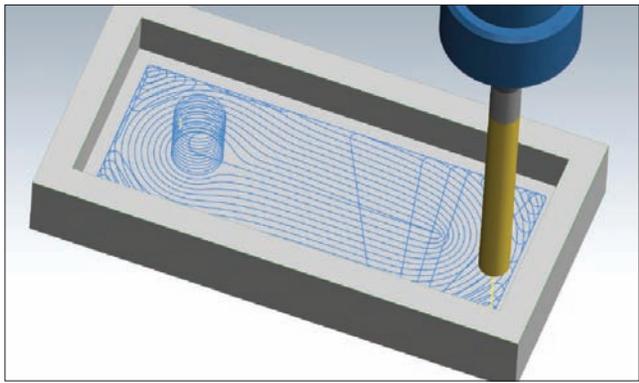


Рис. 7. Врезание в материал происходит по спирали, однако, разворачивание первоначально круглого отверстия осуществляется по сложной вытянутой траектории, ориентированной по наибольшему размеру зоны обработки

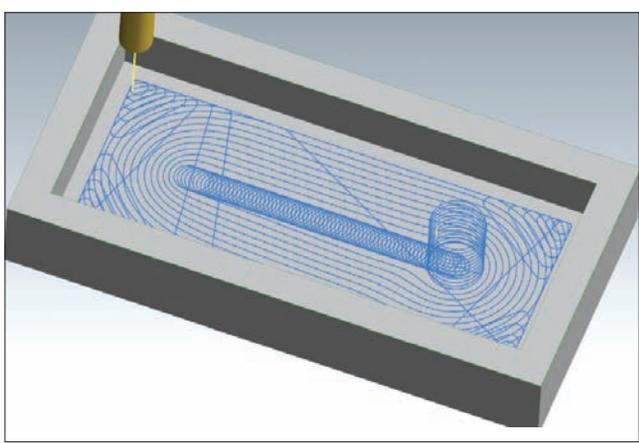


Рис. 8. Врезание фрезы в материал происходит по спирали. Потом трохойдальными движениями освобождается продолговатый паз, после чего фреза плавно, изнутри выбирает материал, ориентируясь вдоль наружного контура

выбор. Данные правила изначально определяют способ врезания фрезы в материал и, следовательно, форма полученного освобождения определяет характер движения фрезы для съема остального материала.

Приведем еще несколько примеров обработки этой же простой детали при изменении способа врезания инструмента (рис. 7÷9).

Для тех, кто остался неудовлетворен предыдущими простыми примерами демонстрации эффективности *Динамических траекторий Mastercam*, предлагаем более сложную траекторию, представляющую собой набор весьма разумных и даже изощренных движений инструмента (рис. 10).

Другие преимущества Динамических траекторий

Если в других САМ-системах для выполнения переходов режущий инструмент отводит-ся на высоту отвода или высоту перехода, то

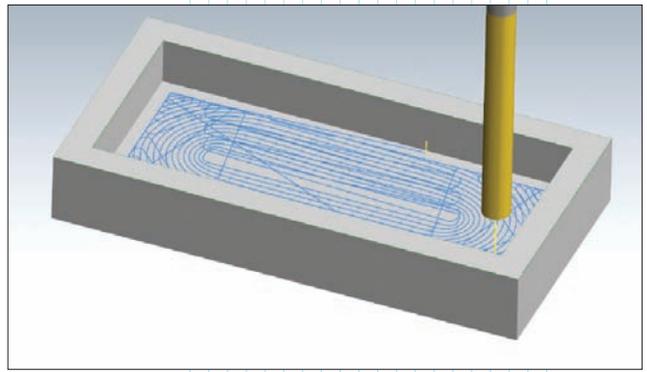


Рис. 9. Врезание в материал осуществляется спиральным нисходящим движением, на форму которого влияет наружный контур. Съём остального материала ведется движениями фрезы, ориентированными вдоль наружного контура детали

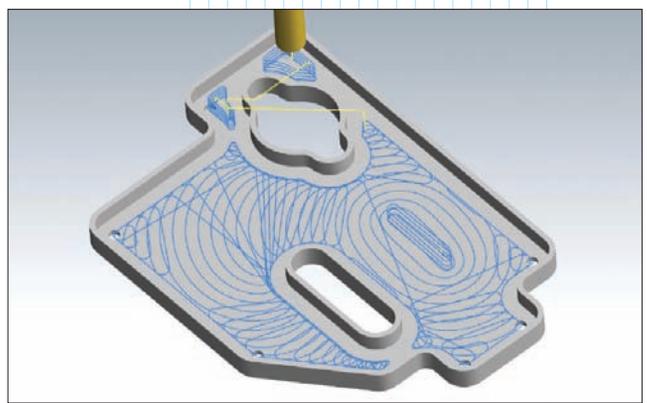


Рис. 10. Пример реальной Динамической черновой обработки. Здесь использовался способ спиралеобразного врезания, форму которого определяет наружный контур. Характер движений в каждой зоне обработки определяется не только критерием максимальной эффективности, но и “местными условиями”

с помощью *Динамических траекторий Mastercam* инструмент будет отведен на незначительное расстояние, **достаточное для предотвращения** его соприкосновения с материалом, вызывающего излишний нагрев торца фрезы. В сущности, инструмент выполняет маленький пируэт (микролифтинг) – например, отвод на высоту всего 0.1 мм, что дает безопасное расстояние от дна и стенок кармана.

Разработчики *Mastercam* указывают на значительный экономический эффект от использования *Динамических траекторий*. Достигается двух- и даже трехкратное сокращение продолжительности обработки, особенно если речь идет о применении *Динамических траекторий* в высокопроизводительных операциях удаления основного материала, или же в черновой обработке. Вероятность поломки инструмента снижается, а его износ значительно уменьшается по сравнению с обычной фрезеровкой с максимальным погружением инструмента в обрабатываемый материал, вызывающим изменение формы инструмента вследствие большого крутящего момента. Возможность задействовать всю длину режущей части инструмента, высокие скорости перемещения, обработка минимальным заходом в материал – в результате требуется меньшая величина крутящего момента, а значит станок потребляет меньше энергии. Можно применять твердосплавные инструменты меньшего диаметра (и, следовательно, менее дорогостоящие), так как контролируются боковые силы, которые вызывают их повреждение. **Поскольку нет необходимости** задействовать большое количество фрез разного диаметра, обеспечивается изготовление деталей за меньшее количество технологических переходов. Когда одним (более тонким) инструментом выполняются несколько операций, качество обработанных поверхностей зачастую становится лучше, и в результате можно уменьшить количество последующих чистовых операций, в том числе шлифовальных.

Невзирая на все преимущества *Динамических траекторий*, компания *CNC Software* признаёт, что в определенных ситуациях обычные траектории инструмента могут быть более предпочтительными. Для выполнения своих ежедневных задач в *Mastercam* технологи-программисты могут, по своему усмотрению, с успехом применять оба подхода.

В целом же, использование *Динамических траекторий*, без сомнения, рекомендуется. Интерфейс этих функций весьма прост и требует указать лишь несколько параметров. Зачастую, применяя методику *Динамического фрезерования*, можно повысить производительность и добиться уменьшения износа инструмента даже на станках, **не оснащенных** высокооборотным шпинделем. Раз уж это

окупается, нет причин не использовать *Динамические траектории*.

Разработчики системы утверждают, что на сегодняшний день они предлагают клиентам самый широкий в истории *Mastercam* набор надежных и эффективных стратегий обработки деталей разных классов, изготавливаемых из самых разных материалов.

Основные выводы

✓ Динамическая обработка быстрее обычной

За счет резкого сокращения бесполезного резания воздуха и максимизации надежного съема материала, *Динамические траектории Mastercam* могут уменьшить время обработки на 25÷75%, а в ряде случаев черновой обработки – на 100÷300%. Их можно применять для ведения обработки всей длиной режущей части фрезы, что значительно уменьшает количество проходов по глубине – а это значит, что можно обработать больше деталей за меньшее время.

✓ Динамические траектории продлевают жизнь инструмента и станков

Обычные траектории, как правило, используют только конец рабочей части фрезы, что вызывает её неравномерный износ. *Динамические траектории Mastercam* могут задействовать всю рабочую часть инструмента. Выигрыш – более равномерный износ и теплораспределение по инструменту. Как результат, затачивать и заменять инструмент придется реже, что ускоряет работу и экономит деньги. *Динамические траектории* обеспечивают равномерный съём материала, что уменьшает вибрацию и улучшает отвод тепла от детали и инструмента вместе со стружкой. Такой режим работы более благоприятен для инструментов, станков и деталей. Плавные перемещения без резких изменений направления снижают динамические нагрузки, вызывающие потери точности и требующие частого обслуживания станков.

✓ Динамические траектории облегчают обработку твердых материалов

Черновая обработка твердых материалов (к примеру, кобальта, титана и др.) может стать проблемой для многих производств. *Динамические траектории Mastercam* облегчают такую обработку за счет того, что обеспечивается равномерное распределение тепла и нагрузки резания. Это предотвращает такой эффект, как упрочнение поверхности материала при нагреве и уменьшает риск поломки инструмента. Поэтому результат обработки будет более предсказуемым и качественным.

Дополнительная информация доступна на сайтах www.mastercam.com и www.mastercam.ru. 