

# Притягательная сила *Mastercam*

Юрий Суханов, главный редактор *CAD/CAM/CAE Observer*



В самом конце лета в Казани проходил *WorldSkills 2019* – мировой конкурс мастерства в рабочих профессиях, в том числе связанных с программированием обработки на станках с ЧПУ. Уже свыше 20-ти лет САМ-платформой соревнований молодых профессионалов служит популярная САМ-система

*Mastercam* ([www.mastercam.ru](http://www.mastercam.ru)). По информации, полученной от руководства движения *WorldSkills International* по завершению мирового чемпионата в Казани, компания *CNC Software*, разработчик *Mastercam*, и в дальнейшем сохранит статус Глобального партнера *WorldSkills*, а компания ЦОЛЛА – статус официального поставщика *Mastercam* учебным заведениям и предприятиям-участникам движения *WorldSkills Russia* и *WorldSkills Belarus*.

Закономерен и логичен вопрос, – почему именно САМ-система *Mastercam* неизменно пользуется доверием технического комитета *WorldSkills* на протяжении жизни целого поколения землян?

Озаботившись поиском ответа на этот принципиальный вопрос, мы обратились за профессиональным комментарием к руководству *CNC Software* и ведущим специалистам компании, вовлеченным в маркетинг *Mastercam*, разработку ПО и менеджмент партнерских технологических программ.

**Meghan S. West,**  
президент *CNC Software, Inc.*

– *MW*: Некоторые производственные предприятия рассматривают САМ-систему как узкоспециализированный инструмент, предназначенный исключительно для создания управляющих программ для станков с ЧПУ. Но современный САМ-САМ-пакет больше похож на хорошо укомплектованный набор программных инструментов, готовый для выполнения разных работ. В него входят инструменты, которые влияют на многие аспекты всего производственного процесса, а не только на то, что происходит на станке. Производители, которые знают об этих инструментах и о том, как их правильно использовать, находятся в лучшем положении и могут улучшить такие важные бизнес-показатели, как сроки выполнения заказов, производительность и прибыльность. *Mastercam* относится к разряду именно таких САМ-САМ-пакетов.

– *Давайте рассмотрим некоторые инструменты из САМ-САМ-набора Mastercam, заслуживающие внимания производителей, так как они помогают в решении возникающих в цехе задач...*

– *MW*: Прежде всего, это инструменты подготовки модели. Хорошо спроектированная САМ-САМ-система делает весь производственный процесс максимально рациональным, бесшовным, начиная с этапа подготовки 3D-модели. Такая система должна уметь работать с исходными файлами в форматах



*Объединенная команда ЦОЛЛА/Mastercam, обеспечивавшая поддержку соревнований, связанных с обработкой на станках с ЧПУ, на мировом чемпионате WorldSkills 2019 в Казани*

любых CAD-систем (AutoCAD, SOLIDWORKS, NX, CATIA и др.), а также с нейтральными форматами, такими как IGES или Parasolid. Кроме того, система должна иметь полный набор CAD-инструментов, поддерживающих технику твердотельного, поверхностного, каркасного, а также гибридного моделирования. Это позволит вам самостоятельно создавать CAD-модели в случае необходимости (в Mastercam это модули Design и Solids) и обеспечит удобную возможность вносить изменения (Direct Modeling) в существующие модели (например, по требованию клиента), что исключит задержки со сроками выполнения заказов.



*Meghan S. West*

Функционал вашей CAD/CAM-системы должен включать специализированные CAD-инструменты для цеховых инженеров и технологов-программистов, которые подготавливают УП для станков с ЧПУ. Например, должны быть инструменты, помогающие создавать приспособления для установки детали, обеспечивающие автоматическое построение линии разбега пресс-форм или формирование электродов для прошивочных эрозионных станков. Функции “CAD для CAM” обеспечивают быстрое внесение в 3D-модель временных изменений – к примеру, заполнение отверстий и пазов, чтобы окружающие поверхности могли обрабатываться более эффективно и более качественно. Такой инструмент служит гарантией, что модель будет готова, а оснастка подогнана под задачу так, чтобы обеспечить

достижимость, удобство и эффективность обработки.

**Второе – инструменты, повышающие эффективность подготовки УП.**

В последние годы мы видим восстановление производства в США. Производители повышают свою глобальную конкурентоспособность, добавляя станки, расширяя возможности и обеспечивая исключительную точность и быстроту выполнения заказов. Но мы также видим, что поиск подходящего для таких работ персонала оказался куда более сложным делом, чем ожидалось. Это означает, что для того, чтобы оставаться на высоте, производители должны более эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

Новейшие алгоритмы Mastercam позволяют генерировать гораздо более надежные и совершенные траектории инструмента, чем это было возможно даже несколько лет назад. Многие из этих усовершенствованных стратегий обработки были настолько тщательно протестированы в лабораторных условиях, что производственные компании не без основания считают их “неубиваемыми” и в полной мере применяют в работе, экономя время подготовки УП. Кроме того, встроенные средства автоматизации помогают сократить количество некоторых мелких задач, что позволяет квалифицированному персоналу применять свой талант в задачах более важных.

Ввиду высокой стоимости оборудования и не менее высокой важности изготавливаемых деталей

**Самая распространенная САМ-система в мире**



Инсталлировано более 260 000 рабочих мест



По данным аналитической компании CIMdata, уже 25 лет подряд Mastercam остается самой применяемой САМ-системой в мире

для заказчиков, большинство производств предпочитает использовать преимущества дополнительного уровня безопасности, обеспечивающего уверенность в правильности УП перед тем, как нажать на станке кнопку “Пуск”. Именно поэтому разработчики САМ-систем интегрируют функции симуляции обработки, делают их более полными, точными и быстрыми. Как правило, при симуляции используется реальное описание кинематики конкретных станков, поэтому вы можете смело задействовать потенциал своего оборудования, максимально приближаясь к теоретическим ограничениям.

**Третье – инструменты, повышающие эффективность обработки.** Стратегии обработки, которые последовательно поддерживают рекомендованную поставщиком оборудования толщину стружки, позволяют сократить машинные циклы на 25÷75% по сравнению с обычными. В каждом последующем релизе своей CAD/CAM-системы вы можете найти намного больше способов применения обработки такого типа. Количество вариаций этих высокоэффективных траекторий для фрезерования постоянно растет, а теперь они находят применение и в токарной обработке. Некоторые из этих стратегий активно разрабатывались и тестировались в производственных условиях уже довольно долго, а некоторые – совсем новые, их появление стало результатом крепнущего сотрудничества разработчиков САМ-систем, станкостроителей и поставщиков режущего инструмента.

**Четвертое – инструменты, направленные на совершенствование всего процесса.** Остальные инструменты, которые предлагают поставщики САМ-систем или их партнеры, можно использовать для мониторинга и совершенствования производственного процесса в целом. Так, запрограммированные измерения в ходе обработки устраняют необходимость пауз для проверки точности размеров вручную. Инструменты обратного инжиниринга открывают для клиентов новые возможности. Специализированные средства программирования промышленных роботов позволяют воспользоваться преимуществами автоматизации производства. Библиотеки инструмента ускоряют и облегчают сбор и применение информации о самых передовых инструментах, применяемых для определенных задач.

Особенную важность для предприятий имеет возможность сохранить свои лучшие стратегии обработки и позднее применить их для аналогичных работ, что обеспечивает накопление своего собственного опыта.

Инженеры-технологи, ищущие возможность повысить эффективность производства, должны внимательно изучить функциональные возможности последней версии своей CAD/CAM-системы (или систем – кандидатов на покупку), чтобы получать максимальную пользу от каждого программного

инструмента в этом наборе. Замечу, что новейший релиз *Mastercam 2020* содержит все четыре разновидности обсуждаемых инструментов, отвечающих потребностям современных производств, молодых профессионалов и движения *WorldSkills*.

*– А чем объясняется популярность Mastercam в учебных заведениях?*

**– MW:** Я отношусь уже ко второму поколению сотрудников и руководителей компании и благодарна моему отцу и двум его братьям, моим дядям, еще в юности основавшим *CNC Software*, за то что они, будучи молодыми людьми, никогда не обделяли вниманием и не игнорировали вопросы и запросы учеников, студентов и их преподавателей. Видимо, они на уровне инстинкта понимали, что доверие, авторитет и популярность *Mastercam*, а также будущее компании в значительной мере закладывается в колледжах. За 35 лет доброжелательных и уважительных отношений с организациями сферы образования в большинстве стран нам удалось выйти на лидирующие позиции мирового рынка САМ, что не осталось без внимания руководства *WorldSkills International*.



**Ben Mund, старший аналитик рынка, CNC Software, Inc.**

*– Бен, мы с вами знакомы на протяжении четверти века, если не больше. Я знаю вас как специалиста по маркетингу и опытного рыночного аналитика, поэтому рассчитываю получить содержательный ответ на далеко не простой вопрос. Думающие о будущем производственные компании не могут игнорировать процессы изменения производства в направлении, которое указывает быстро развивающаяся концепция Industry 4.0. Каким образом в эту картину вписывается сфера CAD/CAM вообще и наем Mastercam в частности?*

**– ВМ:** Да, это действительно важный вопрос для обеспечения жизнестойкости цеха или завода с точки зрения сбора и управления данными, наряду с вопросами повышения эффективности и улучшения бизнес-показателей. Рассмотрим пять ключевых тем, которые любому производителю полезно обсудить с его поставщиком CAD/CAM-системы на пути к воплощению концепции *Industry 4.0*.

**Вовлечение разных пользователей.** Сколько рабочих мест должно иметь подключение к CAD/CAM-системе, чтобы можно было наилучшим образом вводить данные, использовать и обмениваться ими? Можно ли задействовать эту информацию в других сферах деятельности производителя?

Конечно, в первую очередь эта система ориентирована на станки с ЧПУ, однако она также служит платформой для различных других

задач – метрологии, управления робототехникой, цифровым инструментом. Концепция *Industry 4.0* предусматривает охват всех этих составляющих.

**Экосистема и партнерство.** Насколько хорошо CAD/CAM-система взаимодействует с другими системами? Наличие множества партнерских связей вендора CAD/CAM со станкостроителями, поставщиками режущего инструмента и разработчиками других отраслевых программных средств – гарантия того, что эта система современна и поддерживает технологические новации в обработке, а также того, что все эти части можно соединить друг с другом.

Памятуя о пользователях, вендор CAD/CAM-системы должен предоставлять разработки партнеров для тех своих клиентов, кто мог и не знать об их существовании в данной отрасли. *CNC Software*, разработчик *Mastercam*, свято придерживается такого подхода.

**Совершенствование стратегий обработки.** Улучшается ли функциональность CAD/CAM-системы с каждым новым релизом? Являются ли стратегии обработки достаточно “умными”?

К примеру, большим шагом отрасли вперед стало появление в арсенале *Mastercam* так называемых Динамических траекторий (*Dynamic Motion*). Их отличительной особенностью является то, что угол инструмента в месте контакта с заготовкой всё время меняется так, чтобы поддерживать оптимальную толщину снимаемой стружки и задействовать максимальную длину рабочей части. Один из результатов – ускорение обработки. К примеру, для 2D-резания и черновой 3D-обработки машинный цикл может быть сокращен на 75%. Кроме того, Динамические траектории продлевают срок службы инструмента за счет постоянства условий резания, а также увеличивают безопасность и уменьшают нагрузку на станок благодаря большей плавности перемещения инструмента и отсутствию резких изменений направления движения.

Еще одно наше достижение – технология, которая называется ускоренной чистовой обработкой (*Accelerated Finishing*); она предназначена для более быстрой и качественной обработки сложной геометрии.

Новые классы современных фасонных инструментов появляются регулярно, и разработчик CAD/CAM-системы должен тесно сотрудничать с производителями инструмента для разработки траекторий, максимально использующих преимущества нововведений.

В отношении разработки новых траекторий полезно также знать ситуацию вендора, касающуюся бета-тестирования. Активная база бета-пользователей не только распространяет свой опыт работы с новым функционалом. Такие пользователи часто сообщают

о новых вызовах, которые они видят на горизонте на цеховом уровне – а это новые идеи, которые разработчику надо будет рассмотреть при подготовке следующих версий.

**Тестирование.** Как разработчик CAD/CAM-системы тестирует свой продукт помимо специализированной группы бета-пользователей? К примеру, прямой быстрый доступ в собственный цех-лабораторию позволяет выявить проблемы, которые могут возникнуть на обычном производстве. Наличие в таком цехе станков разных типов и марок (часть из которых – новые, остальные – старые) обеспечивает разработчику тот полигон, на котором опробуются свежие подходы и оттачиваются блестящие траектории. Компания *CNC Software*, к слову, располагает таким цехом-лабораторией и активно использует его возможности.

**Востребованность системы в образовательных заведениях.** Важный аспект – используется ли CAD/CAM-система в сфере образования. Решающее значение для будущего концепции *Industry 4.0* имеет привлечение внимания юных студентов технических училищ и уже взрослых студентов вузов к производственным задачам и соответствующее обучение. Для предприятий это облегчает поиск персонала со знанием используемых программных систем, что позволяет новичкам быстро входить в курс дела.

Будущее промышленности сейчас выглядит блестящим и захватывающим. За последнее десятилетие появилось множество технологических достижений, и восходящая звезда *Industry 4.0* завораживает. Подумайте об этом, а особенно о “цифровой нити”, от начала до конца, от концепта до результата.

Сегодня еще нет ни одной компании, которая охватывает *Industry 4.0* во всей полноте. Многие кусочки пазла еще надо соединить друг с другом, чтобы всё это стало эффективным и полезным на рабочем месте. И одним из важных кусочков является ваша CAD/CAM-система. У многих успешных производителей эта система – *Mastercam*.

**David Conigliaro, менеджер линейки продуктов Mill, CNC Software, Inc.**



– Дейвид, я имел честь принимать вас в нашем рижском офисе. Та встреча запомнилась мне единством подходов и оценок, высказанных нами по принципиальным вопросам наших двусторонних отношений. Сегодня я бы хотел воспользоваться случаем и поговорить на тему эволюции способов эффективного удаления материала в стратегиях обработки *Mastercam*. Должен заметить, что и в странах Балтии, и в России типичный технолог-программист или оператор станка с ЧПУ является консерватором до мозга

костей в вопросах назначения режимов резания. Динамические траектории обработки и “немыслимые” режимы резания вызывают здесь большую настороженность и недоверие...

– **ДС:** Я с большим удовольствием поделюсь с вами и вашими читателями своими сведениями и соображениями, относящимися к такой важной теме, как эволюция *Mastercam* и поддержка самых эффективных на рынке методов обработки резанием.

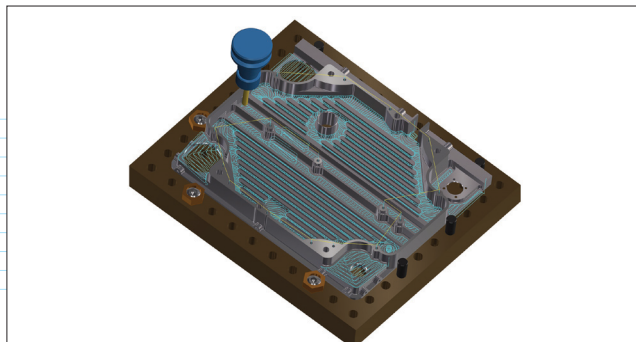
**Традиционная обработка.** На первых порах при формировании набора траекторий для пользователей мы опирались на рекомендованные скорости и подачи – в соответствии с каталогом производителей режущего инструмента. Мы резали по правилу: боковой сдвиг инструмента (шаг между проходами) должен быть равен половине его диаметра. И хотя это, возможно, не было самым эффективным в мире процессом, другого мы не знали.

**Уменьшение толщины стружки в радиальном направлении.** На следующем этапе мы всё еще отталкивались от параметров из каталогов режущего инструмента, но могли уже увеличить скорости подачи шпинделя и удаления материала, используя шаг перехода (боковой сдвиг) менее 50% от диаметра инструмента. Мы уже начали понимать, как можно повышать производительность... когда речь шла о перемещении по прямой линии. Колебание нагрузки на инструмент продолжало сдерживать производительность.

**Динамическая обработка.** На этом этапе мы пребываем в течение примерно 10 лет. Начав с принципов радиального утончения стружки, мы увеличивали подачи, глубину (*stepdowns*) и скорость резания. При таком подходе движение режущего инструмента динамично корректируется для получения равномерной стружки оптимальной толщины (отсюда и формулировка “обработка с постоянной толщиной стружки”), что обеспечивает эффективные условия резания независимо от геометрии заготовки.



Стратегии Динамической обработки (*Dynamic Motion*) обеспечивают равномерный съём стружки оптимальной толщины

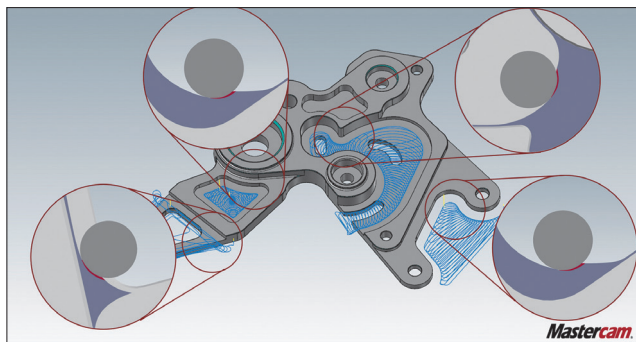


Динамическая обработка (*Dynamic Motion*) – универсальное средство *Mastercam*, подходящее для деталей любой сложности

За последние несколько лет Динамические траектории снова и снова зарекомендовывали себя среди тех пользователей, кто освоил эти стратегии, просчитывающие наперед величину снимаемого материала. Как и всегда, мы учились у наших заказчиков, которые использовали наше ПО в реальной жизни. Они активно рассказывали нам о своих успехах и проблемах. В каждом новом релизе нашей системы мы вносим изменения, опираясь на информацию, полученную от клиентов.

В настоящий момент мы слышим и рассматриваем следующее. Многие наши клиенты настолько хорошо знают Динамические траектории, что хотят видеть еще более агрессивное снятие материала – например, хотели бы назначать глубину резания, равную трем-четырем диаметрам инструмента. Во многих случаях это прекрасно работает, однако обход углов может стать проблематичным. Но мы активно занимаемся разработкой алгоритмов будущих Динамических технологий, чтобы помочь пользователям, которые стараются очень агрессивно обрабатывать даже труднообрабатываемые материалы.

**Развитие Динамической обработки.** Иногда во время фрезерования острые как нож углы создаются просто при перемещении инструмента по поверхности. Кроме того, могут неожиданно формироваться высокие тонкие острова и полуострова материала. Когда инструмент соприкасается с ними, то своим давлением может отогнуть материал – и при проходе с другой стороны на пути инструмента окажется больше



Пример Динамической обработки в *Mastercam*: траектория в разных зонах

материала, чем ожидалось. Такие высокие тонкие участки материала могут повредить инструмент или стать причиной других проблем. В настоящий момент мы разрабатываем альтернативные и безопасные способы, которые смогут предотвратить возникновение этих условий. Симуляция обработки часто помогает выявить данную тенденцию, и технолог-программист может изменить траекторию в некоторых областях.

**Новые альтернативные подходы.** Кроме того, будут применяться альтернативные подходы при выборе условий резания самой САМ-системой, когда она будет идентифицировать вероятность возникновения таких ситуаций. К примеру, это может быть использование нескольких проходов по глубине в таких областях. Вместо одного шага вниз на три диаметра пользователь может выбрать три прохода с глубиной в один диаметр инструмента. Существуют и другие способы решения этой проблемы, включая разработку программных средств, позволяющих реально предсказать, когда эти условия возникнут, и автоматически скорректировать процесс, чтобы избежать их. Хотя для этого потребуются экстремально сложные вычисления, возможность их реализации стоит изучить.

Ключевой момент любого обсуждения эволюции способов эффективного удаления материала заключается в том, что за последние 10 лет мы, несомненно, прошли большой путь. И я искренне надеюсь, что все технологи-программисты на всех производствах используют новейший доступный инструментарий, подразумевая под этим новейшие траектории черновой и чистовой обработки наряду с новейшими режущими инструментами.

Новые режущие инструменты и новые траектории зачастую разрабатываются согласованно, чтобы пользователи могли в полной мере использовать все преимущества: более долгий срок службы инструмента, меньшая продолжительность обработки на станке; быстрое формирование траекторий, возможность применять более дешевые инструменты меньшего размера, и, вероятно, меньшие затраты времени на чистовых проходах.

Появляется и еще одно дополнительное преимущество текущей тенденции на оснащение предприятий средствами производственной автоматизации – можно с большей уверенностью запустить обработку и уйти, выключив в цехе свет.

### **Stas Mylek, старший специалист по продуктам, CNC Software, Inc.**

– Стас, в компании вы отвечаете за технологическое сотрудничество. Мы с вами в деталях обсуждали методы и форму сотрудничества CNC Software с известными европейскими производителями режущего инструмента и место реселлера в

таком бизнесе. Тесное сотрудничество вендора CAD/CAM-систем с технологическими компаниями – залог успеха, на который трудно было бы рассчитывать вне этого сотрудничества. Какие результаты такого сотрудничества вы готовы огласить на страницах Observer'a?

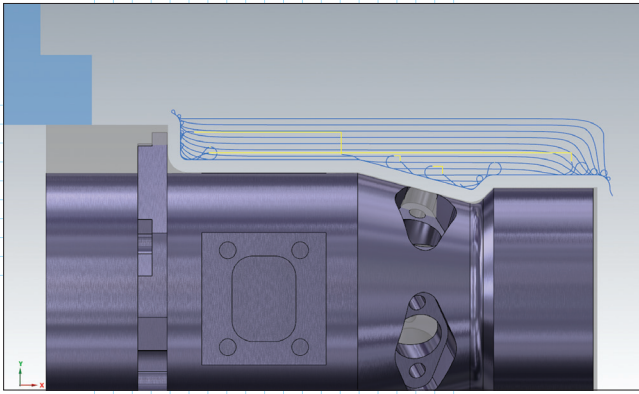
– **SM:** Непрерывный обмен информацией между разработчиками САМ-систем и производителями режущего инструмента – прекрасная иллюстрация концепции сотрудничества, когда все выигрывают от технологических достижений друг друга и в результате повышается продуктивность производства. Приведу несколько примеров, иллюстрирующих недавние усилия в этой области нашей компании и нескольких производителей инструмента, принесшие пользу конечным пользователям в цехах.

Обстоятельное обучение на нашей площадке зачастую служит фундаментом плодотворного сотрудничества. К примеру, недавно инженер по внедрению из *Robbjack Corporation*, выпускающей твердосплавные фрезы, работал вместе с нашими специалистами в лаборатории *Manufacturing Lab* компании *CNC Software*. Таким образом, он испытал “глубокое погружение” в том, что касается возможностей фрезерования с постоянной толщиной снимаемой стружки – мы называем это Динамической обработкой. Полученная им информация и опыт теперь помогают поддерживать клиентов *Robbjack* на местах, обеспечивая им дополнительную возможность повысить производительность.

Сотрудничество может охватывать проприетарные технологии, что позволяет максимально использовать потенциал уникальных конструкций или характеристик каких-то режущих инструментов. Доступ к облачным библиотекам инструментов обеспечивает САМ-пользователей необходимой информацией о параметрах резания и высокопроизводительных методах резания.

Рассмотрим в качестве примера метод *High Efficiency Machining (HEM)* компании *Iscar Metal* для их твердосплавных карбидных инструментов. Когда смещение между проходами лежит в диапазоне 10÷20% от диаметра инструмента, то в Динамических траекториях *Mastercam* могут использоваться стандартные расчеты толщины стружки на основе параметров резания, которые берутся из библиотеки инструментов *Iscar*. Это очень хорошо повышает производительность. Но если шаг составляет 5÷10% от диаметра, то при формировании той же самой траектории можно применить запатентованный алгоритм *HEM* от *Iscar*, что повысит производительность еще больше и увеличит срок службы инструмента. Особенно полезен такой мелкий шаг при обработке тонкостенных деталей. Метод *HEM* обеспечивает высокую скорость удаления материала с минимальными деформациями детали. Совместная работа





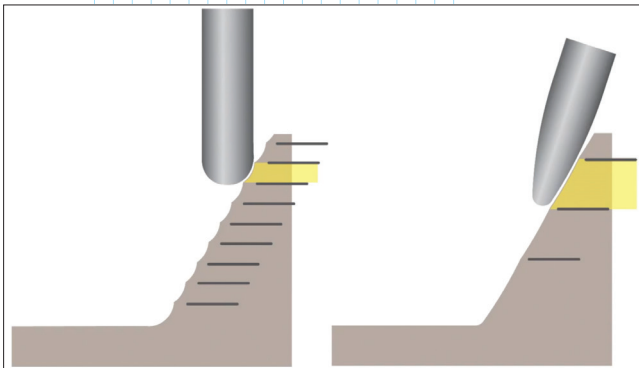
*В плоскости токарная обработка выглядит точно так же, как Динамическая фрезерная*

специалистов двух компаний позволила предоставить пользователям доступ к алгоритму производителя инструментов прямо из САМ-системы.

Другой пример успешного сотрудничества касается компании *Kenametal Inc.* Этот производитель инструмента искал способы продлить срок службы новых керамических концевых фрез, спроектированных для обработки инконеля (семейство сверхпрочных аустенитных сплавов на основе никеля и хрома, склонных к наклёпу при механической обработке). Представитель *Kenametal* посетил *Manufacturing Lab* и испытал свои новые инструменты, используя стратегию Динамической обработки (*Mastercam Dynamic Motion*). Эта стратегия обеспечивает постоянство толщины снимаемой стружки на протяжении всей траектории, используя полную длину рабочей части инструмента. Это было захватывающее зрелище – высекающие пламя проходы без вибраций, причем обеспечивающие удвоенный срок службы карбидных твердосплавных концевых фрез.

Альянсы могут создаваться с целью кастомизации траекторий под геометрию инструмента и условия обработки. Так, у компании *Sandvik Coromant* была проблема, возникающая при точении компонентов из жаропрочных сплавов с помощью их инструмента с керамическими пластинками.

Отработка станком обычных линейных токарных траекторий при точении полным радиусом вставки может сопровождаться вибрацией, что служит причиной появления зазубрин, проблем со стружкой и



*Mastercam поддерживает обработку инструментом сложной формы*

чрезмерного износа инструмента. Работая вместе с инженерами *CNC Software*, специалисты *Sandvik Coromant* искали возможность использовать для точения деталей из нержавеющей стали нелинейные свойства фрезерных стратегий Динамической обработки, с которыми они уже имели дело. При обработке нержавеющей сталей и жаропрочных сплавов нелинейное перемещение шпинделя позволило распределить износ равномерно по пластинке и сделать разрезы визуально неразличимыми. Главными выгодополучателями в случае этой кооперации стали цеха, получившие способ значительно сократить машинные циклы и увеличить срок службы инструментов на 300% и более.

Некоторые инструментальные инновации требуют обязательного использования соответствующей продвинутой САМ-стратегии для того, чтобы добиться максимальной отдачи от этой инновации. Так, *Emuge Corp.* предлагает семейство чистовых сегментных инструментов, которые обеспечивают больший эффективный радиус резания, чем традиционные сферические концевые фрезы.

В случае применения последних необходимо выполнить несколько проходов, чтобы получить гладкую поверхность в чистовой операции. Сегментные же инструменты позволяют уменьшить количество требуемых проходов и очень сильно сократить продолжительность циклов. Требуемые стратегии были разработаны и введены в комплект *Mastercam*, что позволяет минимизировать высоту гребешков за счет учета профиля режущего инструмента. В результате количество проходов, необходимых для обработки поверхности, может быть уменьшено, продолжительность циклов сокращена на величину до 80%, а общее качество чистовой обработки улучшится.

Традиционно было так, что разработки нового режущего инструмента и новых траекторий в среде САМ велись сепаратно и мало зависели друг от друга. Из-за этого развитие в целом шло поочередно – то программные средства догоняли новейшие инструментальные технологии, то наоборот. Теперь же работа ведется параллельно, и сотрудничество между производителями режущего инструмента и САМ-разработчиками открывает гораздо более быстрый и короткий путь к повышению производительности производства.

## Заключение

В дополнение к уже сказанному следовало бы добавить следующее. Руководство движения *WorldSkills International*, его Технический комитет и Директорат по партнерским отношениям очень щепетильны в вопросах выбора партнеров, а тем более – Глобальных партнеров. Прошедший в России в августе с.г. чемпионат мира по стандартам *WorldSkills* в очередной раз подтвердил умение *CNC Software/Mastercam* справляться с большой организационной работой по подготовке соревнований и обеспечивать техническую поддержку соревнований в дисциплинах, связанных с программированием обработки на станках с ЧПУ.

Но отдыхать некогда – не успел завершиться чемпионат в Казани, а на носу уже *WorldSkills Russia Hi-Tech* в Екатеринбурге! 🙄