

Статья впервые опубликована в журнале “Cutting Tool Engineering” в мае 2017 года; оригинал публикации на английском языке можно найти по ссылке: [www.ctemag.com/news-videos/articles/cutting-tool-and-cam-collaboration](http://www.ctemag.com/news-videos/articles/cutting-tool-and-cam-collaboration)

## Инструментальщики и разработчики *Mastercam* сотрудничают, а преимущества получают конечные пользователи

*Stas Mylek, Jesse Trinque (CNC Software, Inc.)*



*Stas Mylek,  
старший советник  
по приложениям  
(CNC Software)*



*Jesse Trinque,  
инженер  
по приложениям  
(CNC Software)*

Непрерывное внедрение новых, сверхпрочных материалов высокой прочности и малого веса заставляют поставщиков режущего инструмента разрабатывать новые инструменты, а вендоров САМ-систем – новые траектории для эффективной обработки этих новых материалов новыми инструментами. Поскольку создаваемые инструменты и траектории зависят друг от друга, их разработчики взаимодействуют с беспрецедентной интенсивностью.

Инициировать такое сотрудничество может как поставщиком инструмента, так и разработчиком ПО. Это может быть просто запрос информации, или регулярно оказываемая помощь. Кроме того, существуют большие проекты, в которые вовлечены команды специалистов и для завершения которых требуются недели или даже месяцы. Во всех случаях поставщики инструмента и разработчики САМ-систем выполняют свою работу, а преимущества в виде повышения эффективности и снижения затрат получают производственные предприятия.

Рассмотрим некоторые примеры.

### Приручение инконеля

Общеизвестно, что *инконель* сложно обрабатывать резанием (*Inconel* – семейство аустенитных никель-хромовых жаропрочных сплавов; зарегистрированный торговый знак корпорации *Special Metals*. – Прим. ред.). Фактически, его вообще нельзя “резать”. Геометрия инструмента

спроектирована так, чтобы при развиваемой на поверхности материала скорости выделялось достаточное количество тепла для перехода материала в плазменное состояние, в котором вязкий абразивный материал вытекает из канавок инструмента. Обычная стратегия резания для инконеля использует, в основном, консервативную скорость подачи с небольшим шагом между проходами (*stepover*) и глубиной резания (*stepdown*). Но, несмотря на невысокую скорость удаления материала, инструмент изнашивается очень быстро.

Недавно компания Kennametal представила концевую фрезу, спроектированную для резания инконеля с большей эффективностью при меньшем износе. Инженеры были уверены, что эта фреза сможет достаточно хорошо работать совместно с САМ-системами, которые умеют непрерывно поддерживать определенные поставщиком инструмента спецификации образования стружки. Но насколько хорошо – это оставалось загадкой до тех пор, пока инструмент не был опробован в деле при работе в нужном темпе.

Чтобы получить такие данные, они обратились в компанию *CNC Software, Inc.* (разработчик CAD/CAM-системы *Mastercam*), и она согласилась



*Разработчики САМ-систем и поставщики инструмента тесно сотрудничают, чтобы новые траектории соответствовали рекомендациям поставщика по оптимальной толщине снимаемой стружки. (Иллюстрация предоставлена компанией CNC Software, Inc.)*

выделить инженера из своего подразделения *Manufacturing Lab* для создания, на основе Динамических траекторий *Mastercam*, оптимизированной УП для обработки инконеля новым режущим инструментом. Этот инженер спроектировал тестовую деталь, разработал управляющие программы и использовал их для фрезерования тестовой детали из инконеля на двух вертикальных обрабатывающих центрах: *Haas VF2* базового уровня и высокоскоростном *Mitsubishi VM-1000*. Инженеры компании *Kennametal* наблюдали, как он задействовал возможности *Mastercam* для поддержания непрерывного процесса резания и постепенно изменял значения подачи и скорости, чтобы найти границы надежных параметров резания для каждого станка.

При использовании твердосплавных концевых фрез нормой для этой тестовой детали была бы замена инструмента примерно через 10 минут резания. Инструмент новой конструкции выдерживал 20 минут, и эффективность удаления материала значительно повысилась. При этом разработчики ПО из *Manufacturing Lab* обогатились намного лучшим пониманием того, что надо советовать клиентам, чтобы те могли получить больше преимуществ от применения этого инструмента новой конструкции.

### Изучение инструмента и наполнение библиотек

Недавно в лаборатории *Manufacturing Lab* провел целый день инженер из компании *RobbJack* (еще один поставщик инструмента), который занимается законченными решениями (*turnkey applications*). Там ему помогали обучиться созданию в среде *Mastercam* траекторий с постоянной величиной снимаемой стружки. Находясь в лаборатории *Mastercam*, он использовал этот метод для того, чтобы оптимизировать параметры резания и подтвердить их в тестовых испытаниях на станках, задействовав для этого 30 различных концевых фрез. Полученные им в результате знания найдут свое применение в интересах заказчиков режущего инструмента *RobbJack*. И такие вещи происходят постоянно.

После того как пользователь выявит оптимальные режимы резания для конкретного

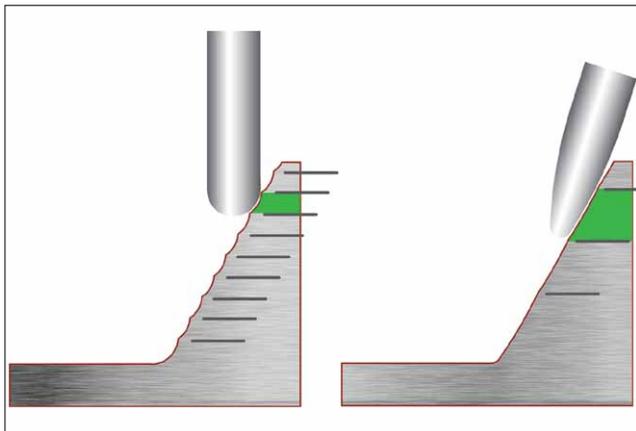
инструмента и материала, имеет смысл зафиксировать эту информацию в библиотеках режущего инструмента САМ-системы. Библиотеки являются настолько мощным средством повышения эффективности обработки резанием, что поставщики режущего инструмента и разработчики САМ-систем временами сотрудничают в проектах по определению оптимальных параметров резания для каких-то инструментов, и эти параметры включаются в библиотеки системы. В результате конечный потребитель всегда может использовать оптимальные режимы резания, что позволяет работать более эффективно.

Например, компания *ISCAR* и *Mastercam* сотрудничают в деле создания и поддержания в актуальном состоянии библиотек ВСО (*High Efficiency Machining, HEM*), включающих в себя инструменты из линейки твердосплавных концевых фрез *ISCAR* и Динамические траектории *Mastercam*. Собственные (*proprietary*) формулы и подобранные значения параметров из библиотек объединяются алгоритмами системы для регулирования скоростей и подач таким образом, чтобы поддерживать идеальное стружкообразование. Вычисленные по формулам значения обеспечивают достаточный отвод тепла при обработке с маленьким боковым сдвигом (25% от диаметра фрезы и меньше) и большой глубиной резания (от 2÷2.5 диаметров до 4-х). Благодаря совместным усилиям *ISCAR* и *Mastercam*, пользователи легко приняли эту исключительно экономичную стратегию, которая увеличивает эффективность удаления материала и срок службы инструмента для таких случаев, как: обработка деталей с тонкими и высокими стенками; использование сборок инструментов с большим вылетом и др.

Совместная работа по расширению и улучшению качества библиотек инструмента является постоянной целью. Одна из последних инициатив *CNC Software* – работа с поставщиками инструмента по созданию библиотек в облаке.

### Уменьшение зазубривания керамических пластинок

Керамические режущие пластинки часто применяются для точения твердых жаропрочных



компонентов, необходимых в оборонной, аэрокосмической, судостроительной, энергетической промышленности. Эти пластинки являются очень твердыми, но легко зазубриваются, имеют склонность к вибрации и ограниченный срок службы – этому способствуют свойства материала, испытываемые нагрузки и характер износа при использовании стандартных линейных траекторий.

Инженеры *Mastercam* были уверены, что, работая в партнерстве со специалистами компании *Sandvik Coromant*, смогут в значительной степени справиться с этой проблемой, разработав динамичную траекторию точения, обеспечивающую такое нелинейное движение, при котором износ распределяется по всей ширине поверхности пластины. Исходный прототип такой траектории компания *CNC Software* предоставила для тестирования в *Sandvik Coromant*. Нелинейное движение действительно уменьшило износ инструмента, а двунаправленные проходы и плавный подвод/отвод инструмента позволили сократить холостой ход и продолжительность машинных циклов, что повысило общую эффективность токарной обработки. Динамичное точение обеспечивает превосходное ломание стружки и уменьшение вибрации.

### Фасонный инструмент

Последние десять лет разработчики САМ-систем и поставщики инструмента тесно сотрудничают, ставя своей задачей гарантировать, что реализуемые новыми траекториями технологии учитывают рекомендации поставщика по стружкообразованию для передовых твердосплавных инструментов. При таком подходе пользователь может просто выбирать лучшие режимы удаления материала, а заложенные в ПО алгоритмы автоматически подстраивают движение инструмента так, чтобы достичь максимальной эффективности его использования. Те, кто приняли эту стратегию, обычно сообщают о повышении производительности для черновых циклов на 25% и больше. В настоящий момент разработчики ПО и инструмента начинают совместную работу, чтобы добиться аналогичных улучшений для чистовых циклов, используя фасонный режущий инструмент, который

САМ-система поворачивает соответствующим образом для обеспечения обработки с большей точностью.

К примеру, недавно компания *CNC Software* заключила договор о партнерстве с *Emuge Corp.* (Вест-Бойлстон, шт. Массачусетс) с целью подобрать наилучшие движения резания финишными инструментами семейства *Circle Segment* от этого поставщика. На протяжении многих десятилетий основным чистовым инструментом в промышленности оставались сферические концевые фрезы. Однако для полной обработки поверхности фрезами этого типа требуется очень большое число проходов. Производитель инструмента *Emuge* предлагает различные конструкции новых типов концевых фрез для обработки деталей сложной формы, например, деталей турбин:

- концевые фрезы овально-бочкообразной формы;
- тороидальные концевые фрезы;
- конические фрезы с закругленным концом.

Фрезы овально-бочкообразной формы являются исключительно эффективным инструментом для чистовой обработки высокопрочных материалов. Например, уникальная фреза овально-бочкообразной формы диаметром 150–190 мм сохраняет свойства концевых сферических фрез, но позволяет удвоить осевую глубину резания по сравнению со стандартными сферическими фрезами, обеспечивая при этом более высокую чистоту обработки. Фрезы овально-бочкообразной формы с алюминиево-хромовым покрытием изготавливаются с тремя или четырьмя зубьями. Максимально допустимое отклонение формы составляет  $\pm 0.01$  мм (0.0004 дюйма) и обеспечивает высокую точность резания при низком уровне вибраций.

Тороидальные и конические концевые фрезы с закругленным концом особенно эффективны при резании высокопрочных материалов, таких как сплавы на основе никеля и титана. Отличительной чертой этих двух конструкций является современное покрытие *TiALN*, придающее инструменту высокую термостойкость. Конструкция конических фрез с закругленным концом характеризуется наличием трех зубьев в закругленной



части и углом конуса 4°. В другом варианте конструкции три зуба расположены на закругленной части, и шесть зубьев – радиально. Алюминиево-хромовое покрытие позволяет очень эффективно резать труднообрабатываемые материалы на более высоких скоростях подачи с большей скоростью съема металла.

Новые инструменты *Emuge* с закругленным концом имеют намного более эффективный режущий радиус, чем сферические фрезы. Таким образом, количество проходов, необходимых для получения требуемого качества поверхности, существенно уменьшается, а продолжительность циклов обработки сокращается на 80%. Качество поверхности улучшается за счет того, что гребешки становятся мельче и дальше отстоят друг от друга.

### Стимулируя друг друга

Увеличение частоты контактов между поставщиками инструментов и вендорами САМ-систем привело к тому, что связи стали более тесными и налажился обмен техническими инновациями. Управление стружкообразованием и поддержание инструмента в оптимальном режущем состоянии с помощью новых стратегий обработки стало ключевым фактором достижения высокой производительности заказчиков.

При этом те же самые преимущества, которые можно получать при малом шаге обработки, вполне достижимы и для больших шагов (65÷80%), что дает повышение производительности при удалении материала. Так, один разработчик режущего инструмента предположил, что за счет использования покрытий, а также особой конструкции и прочности, их инструменты могут выдержать значительные усилия. Это побудило его к проведению экспериментов с тяжелыми условиями обработки. Поскольку толщина стружки может поддерживаться постоянной (без утончения в радиальном направлении) в любом месте, то использовались более высокие, чем традиционно, скорости и подачи на более мощном оборудовании с жестким сборным инструментом и приспособлением для крепления детали. К удивлению всех сторон, скорость удаления материала оказалась на 25÷30% выше даже по сравнению с высокоскоростными методами. Это наглядно доказывает эффективность коллаборативных усилий обеих сторон.

Главное преимущество для пользователей заключается в том, что разработчики САМ-систем и режущего инструмента разговаривают и слышат друг друга, так что ожидается еще много новых достижений. 🙄

## ◆ Выставки ◆ Конференции ◆ Семинары ◆



20-я Международная выставка оборудования для обработки листового металла, труб и производства металлоизделий

24–26 октября 2017 года  
Москва, МВЦ «Крокус Экспо»



- Оборудование для обработки листового металла
- Оборудование для обработки труб
- Металлорежущие станки, кузнечно-прессовое оборудование, инструмент
- Оборудование для обработки поверхности и промышленной окраски, лакокрасочные материалы

**Забронируйте стенд на сайте [www.mashex.ru](http://www.mashex.ru)**



Одновременно с Mashex Moscow:

