

Освоение многокоординатной обработки на станках с ЧПУ и современной технологии Динамической обработки Mastercam – залог успеха многих зарубежных производственных компаний. Мы продолжаем серию публикаций об этом передовом и поучительном опыте – на примере сравнительно небольших предприятий – в надежде привлечь к нему внимание наших читателей.

Оригинал статьи “Aerospace Manufacturing Process Makeovers” на английском языке можно найти по адресу: [www.sme.org/memagazine/Article.aspx?id=8589935979](http://www.sme.org/memagazine/Article.aspx?id=8589935979)

## Улучшение процесса изготовления деталей для авиации и космоса

Многоосевые обрабатывающие центры и система Mastercam открывают перед производителями новые горизонты

Michael Anderson, редактор Manufacturing Engineering magazine ©2016 Society of Manufacturing Engineers

Недавно **Ron Branch**, вице-президент консалтинговой компании *5th Axis Consulting Inc.* (гор. Marietta, шт. Калифорния), получил запрос от производителя станков на проект в Малайзии. Этот производитель установил у своего заказчика 7-осевой фрезерно-токарный обрабатывающий центр с двумя револьверными головками, приобретенный с целью изготовления деталей для авиакосмической отрасли, и хотел, чтобы г-н Branch разработал технологический процесс, который позволил бы этому заказчику консолидировать шесть отдельных операций обработки, которые использовались для изготовления очень сложной детали. Как назло, г-н Branch заканчивал финальную часть очень большого проекта для заказчика из США. Но через несколько недель он сел в самолет, который перенес его к следующему проекту – на расстояние порядка 9000 миль.

Г-н Branch предлагает предприятиям спектр практических услуг, который охватывает не только программирование обработки деталей, но и полный анализ и модификацию всего процесса их изготовления. Сюда относятся вопросы, связанные с оборудованием, постпроцессорами, подготовкой УП, режущим инструментом, оснасткой, процессами валидации, а также обучение персонала. Только после того, как все эти компоненты начинают работать слаженно, обеспечивая стабильный процесс изготовления качественных деталей, он возвращается в свою штаб-квартиру и переключается на другой проект.

Важным инструментом для почти всех работ г-на Branch является его CAD/CAM-система Mastercam от *CNC Software* (гор. Tolland, шт. Коннектикут). Это исключительно универсальная система с обширным набором функций, которые он применяет для визуализации, анализа и программирования каждой фазы многоосевых операций обработки, а также для формирования пояснительной документации, которую могут легко использовать сотрудники заказчика. В данном случае г-ну Branch даже не пришлось брать с собой ноутбук с Mastercam, поскольку у заказчика эта система уже имелась.



Процесс изготовления сложной детали для шасси самолета сильно выигрывает от применения стратегий многоосевой обработки Mastercam

### Вся обработка – в одной операции

Прежде обработка деталей занимала у заказчика от 30 минут до часа станочного времени. За счет применения прогрессивных стратегий, предлагаемых системой Mastercam, г-н Branch сократил этот показатель в среднем на 20%. Впрочем, эта экономия кажется незначительной по сравнению с громадным выигрышем от уменьшения количества переустановок и времени наладки. Достигается это за счет выполнения всей обработки на многоосевом оборудовании с одной установки; кроме того, повышается качество деталей.

Вот что говорит об этом сам **Ron Branch**: “Вы делаете наладку один-единственный раз и совсем с другим умственным настроем. К примеру, есть участки детали, где создавать конструктивные элементы эффективнее фрезерованием, чем точением. На фрезерно-токарном оборудовании вы можете выполнить это, не беспокоясь о переустановке заготовки. Также вы можете формировать [в Mastercam] такие комбинации фрезерных и токарных проходов, которые не деформируют тонкостенные детали.”

Самое большое преимущество связано с тем, что теперь не надо беспокоиться об установке и подготовке обработки на шести разных станках. Если при обработке детали уходит от пяти до десяти минут на операцию, то на шесть операций – примерно один час. Каждая переустановка и переналадка добавляет еще час или два к процессу на каждом станке. Кроме того, это увеличивает вероятность ошибок, [связанных с отклонением размеров]. В данном случае у нас были очень жесткие спецификации:  $\pm 0.0002''$  (0.005 мм) по диаметру отверстий, а допуски на расположение многих элементов не превышали 0.001'' (0.025 мм). Процент брака при выполнении обработки в виде нескольких отдельных операций был ошеломляюще высоким”.

Подход г-на Branch к проекту можно сравнить с тем, как дирижер руководит игрой оркестра, что разительно отличается от ситуации, когда музыканты по очереди исполняют свои партии на разных инструментах. В течение нескольких недель он отладил и довел до совершенства типовой постпроцессор для станка и подготовил библиотеки инструмента, после чего стал использовать возможности *Mastercam* для создания фрезерных и токарных траекторий и синхронизации переходов от одного этапа обработки к другому (система *Mastercam* включает специализированный модуль *Mill-Turn* для программирования фрезерно-токарной обработки с постоянно расширяющимся набором сред-постпроцессоров).

Затем он задействовал возможности симуляции обработки, чтобы избежать проблем с соударениями, а также задокументировал весь процесс средствами ПО, чтобы предоставить операторам станка всю информацию, необходимую для установки детали и для того, чтобы им было понятно, что должна сделать управляющая программа на каждом этапе обработки.

На завершающем этапе проекта г-н Branch работал в цехе вместе с сотрудниками ОТК, используя измерительный манипулятор (*Master 3D Gage*), чтобы решить вопросы, которые вызывали отбраковку обработанных деталей в лаборатории качества. Кроме того, он обучал операторов лучшим практикам, а технологов-программистов учил тому, как правильно подготовить в *Mastercam* управляющие

программы для обеспечения эффективного производства на фрезерно-токарном оборудовании. В итоге малазийский клиент дополнительно заказал шесть рабочих мест *Mastercam* с тем, чтобы повысить производительность труда и на других участках производства.

За счет устранения потерь времени на переустановы (10–14 часов), уменьшения количества брака и сокращения продолжительности машинных циклов обработки, новый производственный процесс позволил более чем удвоить объем выпускаемой продукции при том же количестве работников.

### Есть множество сценариев улучшения

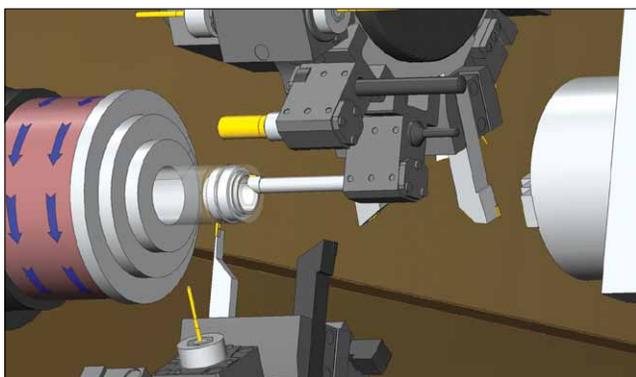
В авиакосмической отрасли очень трудно изменить однажды утвержденный производственный процесс, поскольку для этого потребуется множество согласований с оригинальным производителем (OEM). И всё же г-ну Branch довелось рассмотреть много разных сценариев, представлявших интерес для компаний этой отрасли, что потребовало от него анализа и модификации технологических процессов. Расскажем о некоторых из них.

#### ✓ Замена материала заготовки

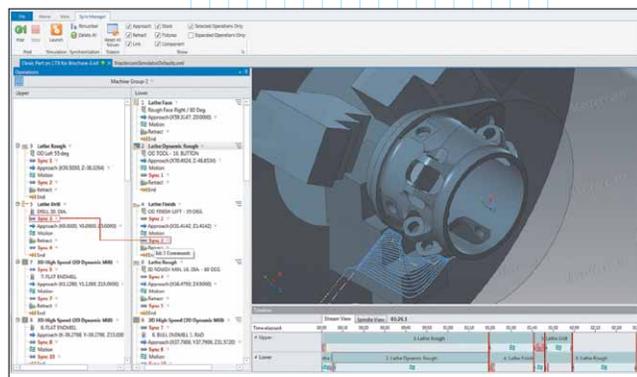
Производитель 2-го уровня, выпускающий специальные детали для спутников и самолетов, обратился к г-ну Branch, когда заказчик уполномочил его поменять заготовку – с поковки на пруток соответствующего диаметра. Поскольку производственный процесс в любом случае требовал изменений, этот производитель попросил перестроить его так, чтобы сделать более эффективным.

В этом случае г-н Branch смог объединить операции, которые задействовали четыре разных станка – для точения, протяжки, прецизионного нарезания резьбы и сложной завершающей фрезерной операции, – в один общий процесс, выполняемый на прутковом фрезерно-токарном обрабатывающем центре с тремя револьверными головками. Каждая из револьверных головок имеет управляемую ось Y и может вмещать 12÷24 инструментов.

Общая продолжительность цикла обработки для этих деталей составляла порядка семи минут, которые распределялись по четырем станкам.



Моделирование в *Mastercam* обработки на токарном многоцелевом станке



Таким образом, самым большим вызовом являлись затраты времени на установку и настройку.

Г-н *Branch* использовал новую технологию *Mastercam Dynamic Motion* для программирования обработки с постоянным объемом снимаемой стружки карбидной фрезой диаметром 0.062" (1.57 мм) со скоростью вращения 6000 об/мин и подачей 100 дюйм/мин (2540 мм/мин), что позволило сократить продолжительность цикла обработки резанием до 3.5 минут. Г-н *Branch* считает, что компании потребовалось бы сделать много тысяч таких деталей, чтобы получить прибыль при производстве обычным способом, используя несколько станков. Теперь же они могут производить такие детали малыми партиями к нужному сроку, что уменьшит необходимость держать большие запасы.

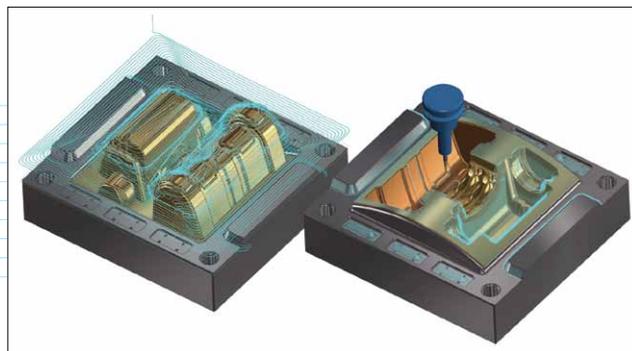
Новый процесс не только оказался очень производительным – он еще и снизил потребность в используемых площадях, электроэнергии и рабочей силе. Вот как пояснил это г-н *Branch*: “Проще найти или обучить одного квалифицированного оператора для одной фрезерно-токарной системы, чем четырех человек для работы на разных станках”.

#### ✓ Производительность черновой обработки

Другой производитель попросил г-на *Branch* ускорить изготовление компонентов алюминиевого коллектора на горизонтальном обрабатывающем центре. Для закрепления деталей в многоместном приспособлении использовались тиски. Такой метод крепления позволял обработать в первой операции только три стороны деталей. Затем, чтобы завершить обработку, требовалось еще семь дополнительных операций. Полный процесс изготовления занимал свыше 16-ти часов.

Г-н *Branch* использовал на том же самом оборудовании крепление “ласточкин хвост”. Это обеспечило доступ к четырем из пяти сторон деталей, и примерно 95% материала снималось уже в ходе первой операции. И если прежде требовалось еще семь дополнительных операций, то теперь все они были интегрированы во вторую операцию.

В этом случае были достигнуты исключительные показатели выполнения черновых операций. Г-н *Branch* задействовал технологию Динамичных



*Динамичные траектории Mastercam позволили добиться исключительной скорости обработки этих деталей*

движений системы *Mastercam*, применив твердосплавный инструмент 0.75×3.75" (19×95 мм) с шагом по толщине 12% и глубиной прохода 200% от диаметра инструмента; скорость вращения – 8000 об/мин, подача – 7620 мм/мин.

“Материал летел в стороны, как попкорн, и готовые детали выходили из станка через четыре часа”, – так прокомментировал это г-н *Branch*.

#### ✓ Токарный станок с активным инструментом

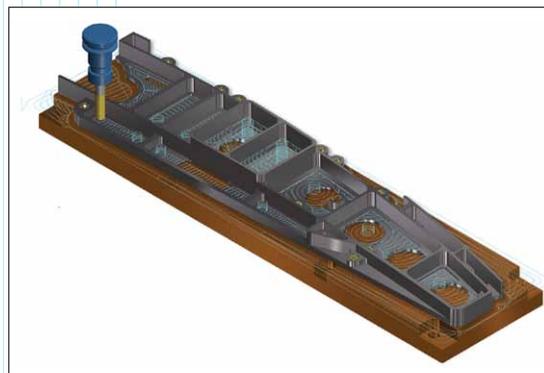
Недавно г-ну *Branch* предложили интегрировать передовые стратегии при обработке важной авиакосмической детали на фрезерно-токарном обрабатывающем центре *Okuma Multus U4000 9 Axis Mill-Turn*. В данном случае компания удаляла большой объем материала точением, хотя теоретически это можно было бы делать, и во много больших объемах, на фрезерном шпинделе. Тем не менее, так не поступали, поскольку материал был очень мягким, и некоторые инженеры считали, что выделяемое при фрезеровании тепло может деформировать деталь.

Тогда г-н *Branch* сформировал в *Mastercam* фрезерные траектории, используя технологию Динамичных движений с соответствующим инструментом. Это обеспечило отвод тепла от детали и инструмента через отделяющуюся стружку. Один общий процесс вместил в себя множество фрезерных операций. В результате деталь, для обработки которой прежде требовалось пять операций, теперь изготавливается за одну. Компания сообщает о ежегодной экономии более чем 2000 часов – и это только для деталей такого типа!

Таким образом, современное оборудование с ЧПУ, эффективная САМ-система и опыт технического консультанта способны до неузнаваемости менять облик производителя, радикально улучшая его процессы изготовления деталей для авиации и космоса. 🙄



*Моделирование в Mastercam многоосевой обработки*



*Моделирование в Mastercam обработки крыльевой нервюры*