

# Программирование робота на базе CAD/CAM для выполнения операций фрезерования и резки

©2009 Jabez Technologies Inc.

Материал подготовлен компанией *In-House Solutions, Inc.* (гор. Кембридж, провинция Онтарио, Канада, [www.inhousesolutions.com](http://www.inhousesolutions.com)), которая является дистрибьютором системы *Robotmaster* в Северной Америке и CAD/CAM-системы *Mastercam* в Канаде.

Точный и надежный станок с ЧПУ, обрабатывающий центр – эти слова не часто услышишь, когда речь идет о промышленных роботах. Производители обычно недооценивают роботов, поскольку считается, что эти инструменты не обладают необходимой точностью. Если речь идет о допусках  $\pm 2.5$  мм (0.1 дюйма) или больше, то такие манипуляторы пригодны только для сварки, или выполнения операций типа “взял и положил”. Когда же заводская точность изготовления робота более высокая, то с помощью программной калибровки можно добиться погрешности в 0.1 мм (0.005 дюйма) и меньше. Поэтому применение роботов для механической обработки уже не является редкостью.

Поскольку уровень развития робототехники повышается, постоянно возникают новые возможности применения роботов в производстве. С их помощью теперь решаются задачи, которые ранее были доступны только дорогостоящим станкам с ЧПУ. Для новых задач механической обработки разрабатываются специализированные программные средства, которые повышают эффективность управления и уровень автоматизации подготовки УП для роботов. Но если для станков с ЧПУ имеется богатый набор программных систем, автоматизирующих создание управляющих программ, то операторы роботов обычно полагаются на ручное пошаговое обучение, для чего используется специальный выносной пульт (*teach pendant*). Методы ручного обучения роботов являются трудоемкими и неточными.

Автономная разработка управляющих программ для робота, называемая еще офлайн-программированием (*Off-Line Programming – OLP*),

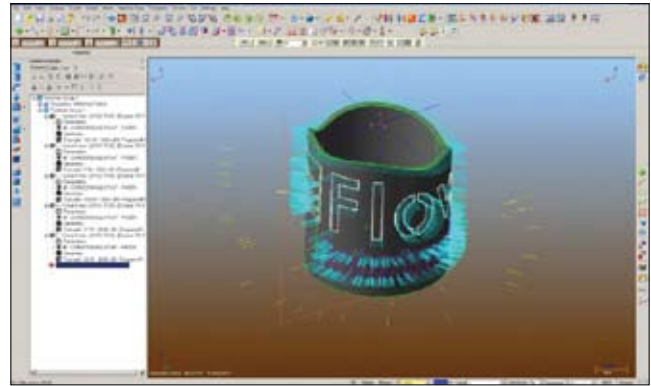


Рис. 1. Траектории инструмента, показанные на CAD-модели

предлагает более быстрый и удобный способ задания траекторий манипулятора. Автономное программирование может вестись на компьютере в то же самое время, когда робот продолжает выполнять операции в соответствии с ранее созданной УП. Конечно, *OLP* нельзя назвать новым методом, поскольку программные пакеты для *OLP* и симуляции движений робота известны уже примерно 10 лет. Однако только сейчас стали доступны *OLP*-средства, функционал которых позволяет воспользоваться преимуществами существенно большей точности современных роботов. Такими средствами стали программные пакеты, обеспечивающие возможность формирования движений манипулятора на основе данных CAD/CAM-систем.

## CAM based OLP – принципиально иной подход к программированию роботов

При автономной разработке управляющих программ для робота, называемой еще офлайн-программированием (*Off-Line Programming – OLP*), движения манипулятора формируются на отдельном компьютере с помощью специальных программных средств. Однако если проанализировать их функционал, то становится очевидным, что в большинстве случаев принцип такого формирования мало чем отличается от традиционного обучения робота с пульта управления. Отличия заключаются в том, что на компьютере можно проводить симуляцию обработки, да и сам интерфейс привычен для современных специалистов. В качестве бонуса предлагается набор маленьких “примочек”, который делает процесс

подготовки траекторий более простым и наглядным. Однако в итоге всё сводится к тому, что оператор должен пошагово объяснять роботу, как именно тот должен “выкрутиться”.

В системе *Robotmaster* за основу взят совершенно иной принцип: изначально траектория инструмента создается в среде *Mastercam* по всем канонам программирования обработки на станках с ЧПУ, после чего она пересчитывается в движения сочленений робота с учетом его кинематики.

Таким образом, более точной дефиницией подхода с использованием комплекса *Mastercam + Robotmaster* является *CAM based Off-line programming* – офлайн-программирование на базе CAM-системы.

## Это не преобразователь G-кодов!

*Robotmaster* – это модуль для автономного программирования и симуляции движений робота, работающий на базе системы *Mastercam*. Он обеспечивает получение точных 6-осевых (+ 2 наружные поворотные оси и 3 оси наружного линейного перемещения) траекторий обработки на основе траекторий инструмента, формируемых в среде *Mastercam*, что дает технологам возможность использовать для программирования роботов привычную CAD/CAM-среду и её мощный функционал.

*Robotmaster* устраняет зависимость оператора от необходимости обучения робота или поточечного ввода траектории с помощью специального пульта обучения робота, поскольку позволяет опираться на реальную геометрию CAD-модели и создавать по ней необходимые траектории инструмента привычным для пользователей *Mastercam* способом. Данные о траектории инструмента автоматически обрабатываются в режиме офлайн и преобразуются в инструкции для робота на понятном ему языке. Эти инструкции сохраняются в специальном файле, который затем непосредственно загружается в блок управления (*robot controller*). Например, для робота *Motoman* в ходе постпроцессирования система создаст файл *JI*, который можно сохранить на флеш-карте или иным способом. После ввода файла в управляющее устройство робот будет выполнять записанные в нём операции.

Следует отметить, что система *Robotmaster* не является простым преобразователем G-кодов. Она обрабатывает (за один шаг) данные о траектории инструмента и пересчитывает в движения сочленений манипулятора. При этом система предоставляет пользователю средства для интеллектуального программирования его роботов. Интерфейс позволяет менять параметры, управляющие выполняемыми роботом операциями. Для достижения большей эффективности обработки деталей все операции перемещения, позиционирования, управления инструментом можно корректировать с учетом возможностей управления ориентацией манипулятора по осям. Кроме того, *Robotmaster* предлагает средства полной симуляции движений на экране, а также функции проверки ошибок, чтобы оператор мог убедиться в корректности УП до начала её использования.

Помимо масштабирования, вращения и управления воспроизведением анимированного изображения в процессе симуляции доступен ряд полезных функций, которые способствуют более полному изучению моделируемых процессов. Пользователь может сам управлять движением сочленений робота и вносить изменения в динамическом режиме, что позволяет увидеть эффект от заданного вручную движения отдельного сочленения. Для презентационных целей или совместного использования данных, процедура симуляции может быть целиком экспортирована в отдельный файл. Затем её можно загрузить на другом компьютере, где система *Robotmaster* не установлена; при этом сохраняются основные функции интерфейса, обеспечивающие отображение процесса.

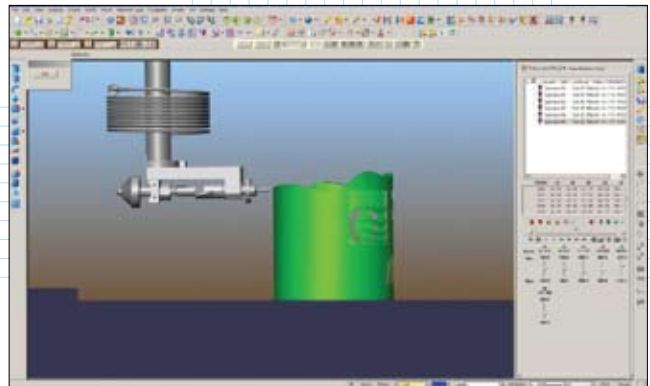


Рис. 2. Симуляция операции обрезки, выполняемой роботом

В ходе симуляции осуществляется проверка на коллизии; на экране при этом отображаются соответствующие кадры УП и компоненты (части робота, элементы обвязки, деталь и т.п.), участвовавшие в столкновении. Обнаруженные столкновения с деталями, зажимными приспособлениями или инструментом должны быть устранены путем изменения траектории, после чего желательно снова запустить симуляцию для проверки корректности исправлений. Предлагаются и другие проверки, в том числе на сингулярность (однозначность движения), проверка на досягаемость объектов, определение достижения пороговых значений поворота сочленений, что не позволяет продолжать заданное движение. Такие ошибки определяются по результатам вычислений, исходя из кинематики робота.

Зачастую при выполнении заказов могут встречаться похожие детали, либо модифицированные и переработанные детали. Для таких случаев установки параметров могут быть сохранены, что позволяет в дальнейшем их использовать, избегая затрат времени на повторный подбор.

Система *Robotmaster* поддерживает 6-осевые роботы компаний *Fanuc*, *ABB*, *KUKA*, *Motoman* и *Staubli*, однако предусматривает возможность развития при появлении на рынке других брендов. В настоящее время можно программировать многие операции, включая обрезку, сварку, обработку пресс-форм, напыление, покраску, полировку, шлифовку, заточку, снятие заусенцев и облоя, дозирование.

## “Я не смог бы выполнить свою работу без этого софта”

*Jacob Featherstone*, технолог-программист компании *Armotec Survivability Corporation* (гор. Лондон, провинция Онтарио, Канада), применяет систему *Robotmaster* ежедневно: “Без нее мы бы тратили в два раза больше времени для программирования нашего робота. Когда я подготавливаю программу для производства или программирую прототип детали, я использую систему свыше четырех часов в день, или столько же, как и *Mastercam*”.

После создания геометрии в CAD/CAM-системе г-н *Featherstone* с помощью *Robotmaster* конфигурирует и проверяет траектории резания. Симуляция здесь является ключевым преимуществом, считает

он: “Самая полезная функция – это симуляция. Если вы правильно настроили симулятор, то сможете сэкономить часы на разработке программ, готовых для ввода в робот”. Программирование в режиме офлайн средствами системы *Robotmaster* ежедневно экономит компании несколько часов, прежде затрачиваемых на программирование робота вручную.

Что касается сервиса, то, наряду с обновлениями системы, пользователям всегда доступна надежная техническая поддержка. “Я не смог бы выполнить свою работу без этой системы. Нельзя не сказать много хороших слов и о поддержке, которую мы получаем от специалистов *Robotmaster*. Она очень полезна, и реакция на наши запросы следует незамедлительно”, – считает *Jacob Featherstone*.

Помимо того, система *Robotmaster* может помочь пользователям в достижении большей точности при разработке деталей: “Возможность получать траектории инструмента непосредственно на основе твердотельных *CAD*-моделей, разработанных конструктором, позволила существенно повысить точность наших деталей из углеродного волокна. До приобретения комплекта *Mastercam/Robotmaster* мы запрограммировали своего 6-осевого робота обычным методом ручного обучения. По существу, мы клеили чертеж на заготовку и трассировали его. Изготовленные таким способом детали представляли собой лишь аппроксимацию, некоторое приближение к тому, чего нам на самом деле хотелось. Требовалось несколько итераций для уточнения программы, чтобы получить деталь, близкую к спроектированной”, – подчеркивает *Rick Drulard*, технолог компании *Ottobock HealthCare*.

Г-н *Drulard* использует возможности *OLP* для того, чтобы можно было одновременно производить продукцию и подготавливать новые управляющие программы. Программирование в режиме офлайн средствами системы *Robotmaster* позволяет компании *Ottobock* экономить время, которое прежде тратилось на исправление вынужденных ошибок, возникающих при программировании посредством ручного обучения с помощью пульта: “*Robotmaster* делает возможной оптимизацию движений манипулятора. Раньше требовалось определенное количество проб и ошибок для минимизации вращения сочленений робота при переходе

от одной ориентации насадки к другой (например, при обрезке детали сначала с одной стороны, а затем – с другой стороны). Теперь же, если возникает проблема, связанная с чрезмерным вращением сочленений, я могу в режиме офлайн изучить её с помощью симуляции и затем решить”.

Проблем, связанных с ограничениями для предельных положений (*boundary limit*) при вращении сочленений робота, можно избежать путем использования ряда опций системы *Robotmaster*: предварительная настройка параметров для начальных положений сочленений (*home value*); точки репозиционирования (*reposition point*), конфигурация положения осей (*axis configuration*).

Экономия времени, полученная за счет применения средств автономного программирования роботов, позволяет говорить о новых экономически обоснованных роботизированных решениях. Барьеры, связанные с программированием и временными затратами на освоение робота, в значительной степени уменьшились благодаря появлению системы *Robotmaster*. Поэтому компании могут с существенной долей уверенности интегрировать роботизированные решения в свои бизнес-процессы, не опасаясь упомянутых выше препятствий.

Сотрудников, имеющих опыт программирования обработки на станках с ЧПУ с применением *CAD/CAM*-систем, нетрудно обучить управлению роботом, особенно благодаря дружественному интерфейсу системы *Mastercam*. Сотрудники, не обладающие опытом работы с *CAD/CAM*-системой, могут получить пользу от базового обучения такой работе, поскольку специализированное обучение применению функционала *Robotmaster* требует минимального времени.

Если ранее для достижения профессионального уровня управления роботом требовались годы, то теперь система *Robotmaster* позволяет достичь немедленного увеличения производительности роботизированного модуля. И происходит это потому, что у оператора отпадает необходимость осваивать его ручное программирование.

Чем большее применение будут находить роботы в промышленности, тем более необходимым инструментом будут становиться гибкие, автономные приложения для их программирования. *Robotmaster* предоставляет пользователю возможности не просто компилировать инструкции для управления роботом на основе данных *CAD/CAM*-системы, но и управлять процессом создания этих инструкций с помощью интерфейса, обеспечивающего варьирование параметров, и среды для симуляции. Производственным компаниям система *Robotmaster* позволяет эксплуатировать роботизированные ресурсы более продуктивно, получая, таким образом, преимущество в конкурентной борьбе. И производственные гиганты, и скромные мастерские могут чувствовать себя уверенно как при рассмотрении вопроса о внедрении роботов, так и при включении роботизированных решений в технологический процесс. Система *Robotmaster* предлагает новый способ обеспечения надежности автоматизации! 🤖



Рис. 3. Исполнительный орган (end-effector) для водоструйной обработки (water-jet) роботизированного модуля компании *Flow Automation*