

С помощью *Robotmaster* программируются 7-осевые роботы для обрезки деталей из композитных материалов

©2009 Jabez Technologies Inc.

Предисловие компании COLLA

В этой небольшой статье о *General Atomics* отражены лишь самые общие аспекты внедрения промышленных роботов на предприятиях, работающих на ВВС США. Ввиду определенной закрытости информации, производитель *Predator*’ов лишь теперь рассказал о том, как он начал это внедрение три года назад и с какими проблемами сталкивался. Заодно читатели узнают, как требования клиента сподвигли разработчиков *Robotmaster* расширить возможности своей системы: возникла необходимость управлять большим количеством осей, поскольку в ячейке со стандартным 6-осевым манипулятором часто бывают нужны поворотные устройства и линейные

направляющие. Надо отметить, что за эти три года система далеко продвинулась в своем развитии. Сейчас *Robotmaster* может справляться с ячейками, которые имеют, помимо собственно манипулятора, различные дополнительные устройства. В сумме система поддерживает 11 степеней свободы, то есть может управлять перемещениями по 11 независимым осям одновременно.

Интерес к промышленным роботам и системе *Robotmaster* сегодня велик, и количество публикаций на эту тему растет. Статьи о решении для программирования роботизированных ячеек на базе комплекта *Mastercam+Robotmaster* можно найти в предыдущих девяти номерах журнала *Observer*.

Краткая характеристика проблемы

Беспилотный летательный аппарат *Predator* изготавливается полностью из композитных материалов и собирается вручную в производственных помещениях компании *General Atomics Aeronautical Systems (GA-ASI)*, площадью 15 000 м², расположенных к югу от *Rancho Bernardo*, штат Калифорния. В качестве препрега (*prepreg* – полуфабрикат композиционного пластика) используется предварительно пропитанная эпоксидной смолой ткань из углеродных волокон, отверждение которой проводится в автоклаве. Далее из материала вырезаются по выкройкам куски нужной формы на специальном 5-осевом станке с ЧПУ. Лазерное проекционное оборудование (*projection equipment*) позволяет гарантировать повторяемость и точность изготовления.

После отверждения многослойных материалов (*laminates*) из них можно вырезать детали нужной формы с помощью оборудования для водоструйной резки (*waterjet*). (Точнее говоря, речь идет о гидроабразивной резке, когда к водяной струе подмешиваются абразивные порошки. – Прим. ред.) Такой способ сокращает до минимума проблемы механической обработки композитов, применяемых в аэрокосмической промышленности, поскольку, с позиции физики, этот процесс больше похож на эрозионный и не связан с трением или сдвиговыми напряжениями, как при традиционной резке.

В процессе работы из крошечного сопла режущей головки вылетает с большой силой и врезается в поверхность материала тончайшая струя взвеси на основе воды. Расход воды – один галлон в минуту (американский галлон равен 3.78 литра. – Прим. ред.), а

скорость потока в три раза превышает скорость звука. К воде подмешиваются мельчайшие частицы граната (абразивный гранат получают путем обработки высококачественных песков граната. – Прим. ред.). Острые грани зерен обеспечивают качество реза и дают отличную кромку – без расслоения композита и без расплетания [армирующих волокон]. Это минимизирует необходимость в дополнительной финишной отделке, что отражается на себестоимости.

Ключевая задача

Для водоструйной резки *General Atomics* приобрела внушительных размеров роботизированную ячейку компании *Motoman*, позволяющую обрабатывать очень большие заготовки – идеальное решение для резки крыльев с размахом 9 метров. Головка для резки монтируется непосредственно на манипуляторе, который может перемещаться по 12-метровой порталной балке.

Надо отметить, что для инженеров *GA-ASI* это был первый опыт применения роботизированной ячейки в производстве. Оборудование было установлено и подготовлено к работе, требовались только управляющие программы для управления перемещениями по всем семи осям. Однако, когда наступило время загрузить в систему *DXF*-модели деталей, требующих обрезки, и получить УП, обнаружилось, что имеющееся программное обеспечение не может с этим справиться. Как выяснилось, решить имеющимися средствами задачу расчета траектории инструмента для 7-осевой роботизированной ячейки непосредственно на основе *CAD*-данных невозможно. Именно это оказалось



ключевой проблемой в деле действительно эффективного использования новой роботизированной ячейки с целью удовлетворить растущий спрос от ВВС США на такое изделие, как *Predator*. Итак, потребовалось новое программное обеспечение.

Решение

В процессе обсуждения проблемы с региональным реселлером *Mastercam* главный конструктор проекта узнал о *Robotmaster* – программном продукте для подготовки управляющих программ для многоосевых роботов непосредственно из среды CAD/CAM-системы *Mastercam*. На тот момент *Robotmaster* поддерживал управление только шестью осями. Однако в течение недели с того момента, как руководство компании *Jabez Technologies* узнало о сути затруднений с перемещением по линейной направляющей, система была адаптирована для управления 7-й осью. После однодневного обучения инженеры *General Atomics* приступили к эксплуатации системы.

Вырезание шарнира закрылка с точностью 0.13 мм при 9-метровой длине детали поначалу оказалось сложной задачей в аспекте калибровки робота и настройки параметров ПО (по-видимому, речь идет об учете при создании траекторий в среде *Mastercam* регулярной неточности позиционирования детали в конкретной роботизированной ячейке. – *Прим. ред.*). Однако после того как инженеры *General Atomics* освоили *Mastercam* и *Robotmaster*, они стали создавать траектории инструмента буквально за

нескольких щелчков мышью, не выходя из полностью интегрированной CAD/CAM-среды. Таким образом, они сгенерировали непосредственно на основе CAD-файлов окончательный вариант управляющих программ, совершив прорыв, о невозможности которого говорили их коллеги по отрасли. Новая роботизированная ячейка для водоструйной резки начала функционировать и давать продукцию. Для освоения и запуска совершенно нового процесса инженерам *General Atomics* понадобилось всего несколько недель.

Достигнутые результаты

Несмотря на то, что компанией *GA-ASI* была использована только часть технических возможностей роботизированной ячейки и программных возможностей системы *Robotmaster*, расходы на приобретение оборудования и программного обеспечения окупились многократно. Оборудование полностью оправдало ожидания в отношении качества и точности, а также позволило значительно увеличить объем выпуска изделий.

Разработанные компанией *Jabez Technologies* программные средства для управления движением по дополнительным осям – перемещением по линейной направляющей (7-я ось) и круговым позиционированием (8-я ось) – вошли в функционал системы *Robotmaster* и стали доступны другим пользователям. Таким образом, расширились возможности офлайн-программирования роботизированных ячеек, предназначенных для механической обработки деталей.

О компании *General Atomics Aeronautical Systems* и её продукции

Компания *General Atomics Aeronautical Systems (GA-ASI)*, расположенная в городе *Poway*, штат Калифорния (www.ga-asi.com), является ведущим поставщиком беспилотных авиационных комплексов (*Unmanned Aircraft Systems*) и радаров для тактической разведки, включая *UAS* серии *Predator* (хищник) и сенсорные системы *Lynx SAR/GMTI*. Компания специализируется на изготовлении боевых аппаратов, предназначенных для длительных полетов, и оснащении их системами управления, целеуказания и передачи данных. Такие самолеты необходимы для постоянного отслеживания с воздуха ситуации в зоне конфликта и обеспечения возможности нанесения быстрого удара.

Простой, эффективный, смертоносный – такую репутацию *Predator MQ-1* заработал в ходе боевых действий на Балканах, в Афганистане и Ираке. Беспилотный аппарат, предназначенный для высотной разведки и ударов по наземным целям с воздуха, управляется дистанционно пилотом ВВС США, находящимся на авиационной базе *Nellis* в штате Невада, который посылает сигналы управления через спутник. В полный комплект входят 4 летательных аппарата, наземная станция управления и первичная спутниковая линия передачи

данных, для круглосуточного обслуживания которых требуется порядка полусотни человек персонала.

Первый полет *Predator'a* состоялся в 1994 году. За последующее десятилетие было произведено 126 аппаратов стоимостью 4.5 млн. долларов за штуку. Собирают их из унифицированных узлов, применяемых на пилотируемых самолетах, что обеспечивает их надежность. Бортовое оборудование состоит из радиолокационной станции с синтезированной апертурой антенны (разрешение 0.3 м), двух цветных телекамер *DLTV*, ИК-системы с шестью полями зрения, лазерного дальномера-целеуказателя и аппаратуры **РТР/РЭБ**. Оптоэлектронные средства размещены в шарообразном обтекателе.

Поршневым двигателем *Rotax 914* позволяет разогнаться до 220 км/ч. Крейсерская скорость – примерно 135 км/ч, дальность полета – более 720 км, высотный потолок – 7.6 км, максимальная продолжительность полета – 40 часов. *MQ-1* может нести две противотанковые ракеты *AGM-114 Hellfire*. Размер взлетно-посадочной полосы – 1500×20 м. Следующее поколение самолетов имеет улучшенные тактико-технические характеристики. ☺

