

Программирование в цеху

Кому поручить программирование ЧПУ-обработки: программисту-технологу или оператору станка?

По материалам Delcam plc
перевод Константина Евченко,
Галины Бандровской

Производители инструментальной оснастки и другие субподрядчики в разных странах сегодня оказываются лицом к лицу с двумя ключевыми проблемами. Первая из них — форма проектируемых изделий все более усложняется. Желание заказчиков следовать моде выдвигает на первый план внешний вид, а не функции изделия. Кроме того, сложная форма все чаще бывает обусловлена эргономическими требованиями. Вторая проблема заключается в том, что одновременно с увеличившейся сложностью все более сокращаются сроки от приема заказа до отгрузки готовой продукции. Законы рынка таковы, что зачастую сроки поставки важнее отпускной цены — впрочем, заказчик всегда стремится заплатить меньше, а получить продукцию как можно быстрее.

Цена сложности

Когда производитель оснастки берется за сложный заказ и одновременно пытается значительно сократить время производственного цикла, неизбежно появляются «узкие места» производства. Как правило, в первую очередь это CAD/CAM-подразделение — на то есть ряд объективных факторов. Из-за усложнения формы изделия возрастает конструктивная слож-

Если компания использует надежную САМ-систему с очень высокой степенью автоматизации подготовки УП, то для несложных изделий можно передать функции технолога-программиста непосредственно оператору станка с ЧПУ. Таким образом, часть УП будет разрабатываться прямо в цеху



ность сборной оснастки, что, в свою очередь, уменьшает технологические допуски на ее изготовление. Повышение конструктивной сложности означает увеличение количества обрабатываемых поверхностей, на задание обработки которых требуется время.

Кроме того, при задании сложной ЧПУ-обработки технологу приходится использовать больше инструментов, что тоже увеличивает время программирования. Все это увеличивает «компьютерное» время счета, необходимое для генерирования траекторий инструмента (УП). Конечно же, рост вычислительной мощности компьютеров и оптимизация кода САМ-систем улучшили ситуацию. Но в большинстве случаев не остается другого выхода, кроме как экстенсивно увеличить количество рабочих мест с САМ-системой.

Однако найти опытного технолога, владеющего используемой на предприятии САМ-системой, бывает весьма непросто. Обычно опытные ЧПУ-программисты уходят работать в крупные холдинги, способные предложить высококвалифицированному сотруднику более высокую зарплату. Поэтому увеличить штат ЧПУ-программистов оказывается непросто.

Как же быть небольшим компаниям? Если компания использует надежную САМ-систему с очень высокой степенью автоматизации подготовки УП, то для несложных изделий можно передать функции технолога-программиста непосредственно оператору станка с ЧПУ. Таким образом, часть УП будет разрабатываться прямо в цеху.

Как показывает опыт компании Delcam plc, собран-

Только оператор, работающий в цеху у станка, в полной мере представляет себе возможности и ограничения данного оборудования и инструмента

ный представительствами из разных стран, идея ЧПУ-программирования в цеху зародилась в Северной Америке и именно там получила наибольшее распространение. Сейчас ЧПУ-программирование в цеху становится популярным и в Европе. А вот в Азии совсем наоборот: там всю ЧПУ-обработку предпочитают программировать в особом CAD/CAM-отделе, удаленном от цеха.

Преимущества ЧПУ-программирования в цеху

Размещение САМ-системы в цеху имеет целый ряд преимуществ. Прежде всего, операторы станков больше знают об особенностях механообработки, до тонкостей знакомы со специфическим «характером» каждого установленного в цехе станка. Оператор способен подобрать наилучший режим и стратегию механообработки с учетом имеющегося в наличии инструмента и особенностей конкретного станка. Поэтому ЧПУ-программирование в цеху должно повысить качество обработки.

Конечно же, многие технологи-программисты станков с ЧПУ начинали работать операторами в цеху, и лишь набравшись опыта,



Для ЧПУ-программирования пятиосевого фрезерования фирма FAW использует PowerMILL

Пример технологической оснастки, разработанной в PowerSHAPE



перешли работать в CAD/CAM-подразделение. Тем не менее, такой карьерный рост вовсе не означает, что ЧПУ-программист хорошо осведомлен о возможностях и особенностях новых инструментов и станков, появившихся после его ухода из цеха. Например, современные режущие инструменты могут работать на таких скоростях резания и подачах, какие еще 5-7 лет назад считались недостижимыми. И это лишь один из примеров, когда компания может нести убытки, упуская возможности нового оборудования. Как показывает практика, лишь работающий в цеху у станка оператор в полной мере представляет себе возможности и ограничения станка и инструмента.

Важно и то обстоятельство, что только оператор знает текущее состояние станка, инструмента, заготовок и технологических приспособлений (зажимов). Досконально зная ситуацию в цеху, оператор может повысить эффективность планирования. ЧПУ-программист же, работаю-

щий в удаленном от цеха CAD/CAM-отделе, не владеет оперативной информацией, что чревато простоем оборудования во время перепрограммирования ЧПУ-обработки под другой инструмент или станок.

Иногда у оператора также возникает необходимость по тем или иным причинам внести изменения в уже готовую и отработанную ЧПУ-программу. Например, если необходимый для обработки инструмент сломается или же его не окажется в наличии, оператор может выбрать другой подходящий типоразмер инструмента и самостоятельно пересчитать УП без привлечения CAD/CAM-отдела. Естественно, для этого необходима соответствующая квалификация, но, получив больше самостоятельности и чувствуя ответственность за свою работу, будучи заинтересован в конечном результате и чувствуя престижность своего труда, оператор ЧПУ-станка будет иметь больше стимулов повышать свой профессиональный уровень.



Требования к САМ-системе

Чтобы перенести подготовку УП в цех, необходимо, чтобы САМ-система удовлетворяла определенным требованиям.

Во-первых, как правило, у операторов нет такого большого опыта работы с программным обеспечением, как у программистов-технологов. Поэтому интерфейс и базовые операции САМ-системы, такие как «Копировать», «Вставить», «Вырезать» и т. п., должны быть похожими на соответствующие функции Windows — это значительно ускорит начальное обучение. Еще одна важная особенность: оператор должен видеть на экране визуализированную 3D-модель обработанной заготовки с обработанным припуском, которая автоматически обновляется после каждого перерасчета УП. Конечно же, это очень полезно и работающему в офисе технологу-программисту, который не видит станок. Визуализация припуска на обработку позволяет выбрать оптимальную стратегию обработки и наиболее подходящий по форме и размеру инструмент. Но

еще больше визуализация обработки нужна оператору станка с ЧПУ — это позволит ему сразу сравнить обработанную на станке деталь с компьютерной моделью. Таким образом, благодаря визуализации обработки в САМ-системе оператор будет уверен, что получил именно ожидаемый результат, предсказанный САМ-системой.

Во-вторых, САМ-система должна предлагать очень много разных стратегий обработки и позволять вручную отредактировать УП на любом участке траектории. Опытный оператор должен иметь возможность сделать именно так, как он хочет, не ограничиваясь возможностями САМ-системы. Кроме того, САМ-система должна полностью поддерживать все возможности станка с ЧПУ, особенно программирование пятиосевой и высокоскоростной обработки.

Многие современные САМ-системы имеют высокую степень автоматизации разработки УП, которая позволяет ускорить подготовку УП и освоение программного продукта новым пользователем. Однако большинство траекторий, рассчитанных такими

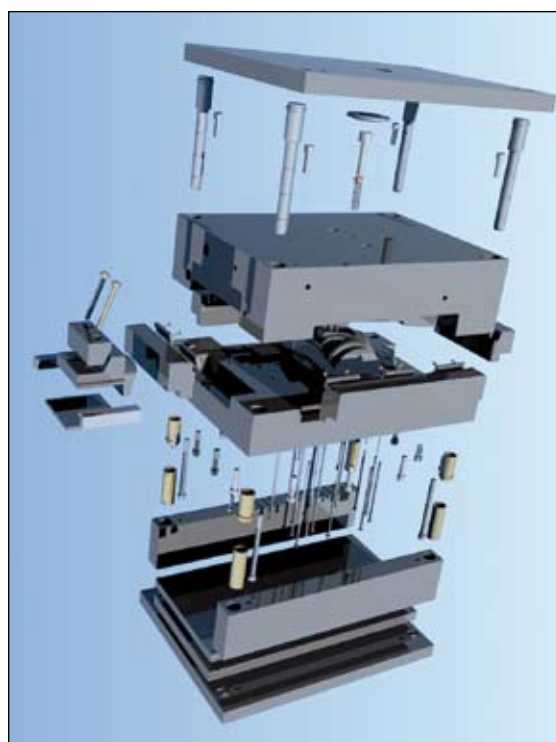
САМ-системами, являются компромиссом для некоего усредненного типа станка и не позволяют в полной мере использовать возможности конкретной модели и определенного производителя. Чтобы добиться наивысшей производительности при обработке деталей, САМ-система должна иметь возможность тонкой настройки под каждый тип станка.

В-третьих, для оператора важно, чтобы САМ-система генерировала управляющие программы как можно быстрее. Технолог-программист в удаленном от станка отделе может и подождать, но при расчете новой УП прямо в цеху станок может простаивать, а любой простой станка способен подорвать репутацию оператора.

Наконец, в-четвертых, САМ-система должна обязательно иметь модуль для проверки сгенерированных УП на отсутствие зарезов и столкновений. Имитация работы УП особенно важна для пятиосевой обработки — в противном случае начинающий программист

Подразделение компании Nissan в Сандерленде (Великобритания) активно использует программное обеспечение Delcam для ремонта технологической оснастки

Модуль Delcam Toolmaker позволяет автоматизировать конструирование пресс-форм



Пример из практики: компания DELPHI

Мировые тенденции автомобильной промышленности таковы, что большинство производителей предпочитают размещать как можно больше заказов у субподрядчиков вместо того чтобы самостоятельно производить все компоненты. Тем не менее, компания DELPHI (www.delphi.com), мировой лидер в области производства автомобильной электроники, наоборот, расширяет собственное производство. Так, подразделение Flint (Мичиган, США) оснастило свой цех №29 CAM-системой PowerMILL и высокоскоростными станками Makino. Это позволило компании значительно сократить время от получения CAD-модели до отгрузки готовой партии.

В этом цехе УП для станков Makino разрабатываются непосредственно операторами станков с ЧПУ, для чего было приобретено восемь лицензий на PowerMILL компании Delcam plc. «Как операторы станка, мы понимаем все тонкости и особенности станочного оборудования, поэтому мы можем производить высококачественные пресс-формы, — рассказывает Джеф Джонс (Jeff Johns), программист-оператор станка с ЧПУ для высокоскоростной обработки элементов пресс-форм. Сочетание нашего практического опыта, станков Makino и программного обеспечения Delcam дают неизменно превосходные результаты. PowerMILL позволяют программировать обработку именно так, как нам необходимо, и мы достигли огромной экономии времени за счет сокращения перемещений инструмента по воздуху и уменьшения количества поломок инструмента».

«Кроме того, при использовании CAM-системы PowerMILL у нас никогда не было зарезов на деталях, — добавляет программист-оператор Роб Биргирон (Rob Bergeron). — Для нас это крайне важно, так как требования к нашей продукции не допускают наличия на рабочих поверхностях пресс-форм следов от ремонта сваркой в случае зарезов. Всего лишь один зарез для нас означает, что деталь придется заново обрабатывать на станке!»

«Главная выгода от ПО Delcam plc заключается в скорости его освоения, — так считает программист-оператор Билл Жордан (Bill Jordan). — Квалифицированный оператор, который уже знает команды управления контроллером станка с ЧПУ, уже через две недели может начать разрабатывать эффективные УП. Каждый новый релиз PowerMILL оправдывает ожидания наших программистов, а последующая успешная работа свидетельствует о том, что в Delcam тщательно тестируют ПО, прежде чем оно попадет в цех к заказчику.»

К подразделению крупной компании предъявляется даже больше требований, чем к внешнему субподрядчику. Собственное подразделение должно обеспечивать меньшую стоимость продукции, чем может предложить любой из внешних конкурентов. Срок поставки готовой продукции тоже должен быть меньше. Как правило, на выпуск новой партии отводится 8-12 недель. Но, несмотря на столь жесткие требования, 29-й цех DELPHI успешно работает с 2002 года, а объем производимой им продукции неуклонно растет.

Тем не менее, жесткая конкуренция заставляет искать пути снижения себестоимости продукции. Сокращение производственных издержек реализуется за счет автоматической работы станков без присутствия операторов и радикального уменьшения объема ручной доводки. «Поверхность, обработанная инструментом с частотой вращения 30 тыс. об./мин. выглядит невероятно гладкой, поэтому мы уже близки к стадии, когда пресс-форму можно будет сразу со станка, без ручной доводки, отправлять на производство», — объясняет г-н Биргирон.

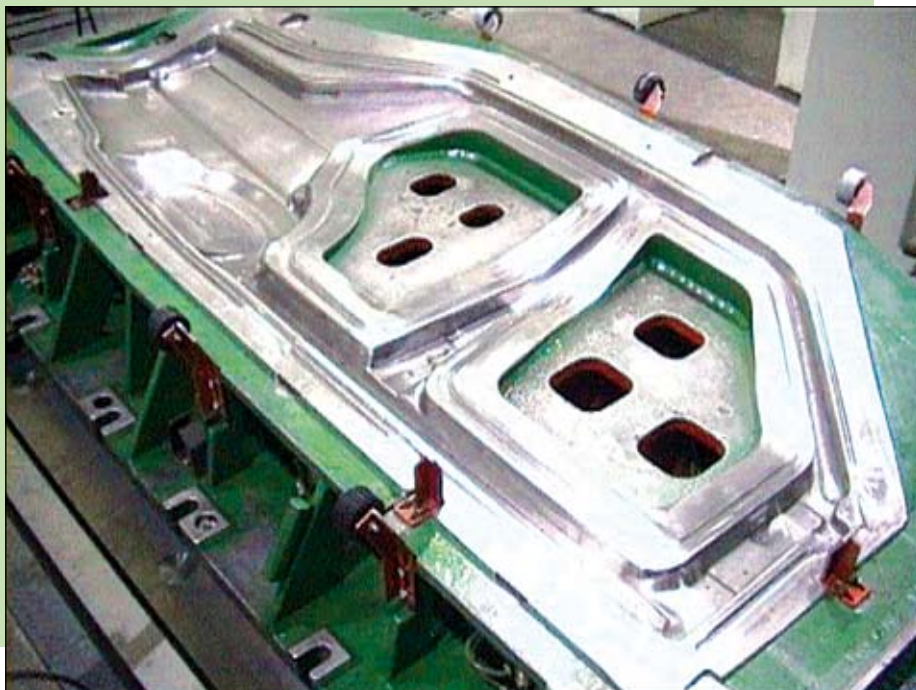
Производимая цехом оснастка предназначена для серийного производства электромеханических изделий, таких как корпуса для очистителей воздуха, датчики указания уровня топлива, светодиодные кластеры и т. п. «Мы знаем, что, производя заказы внутри компании, наш цех идет вразрез с мировыми тенденциями, — комментирует ситуацию г-н Жордан. — Тем не менее, высокоскоростные станки Makino и CAM-система PowerMILL позволяют уменьшить себестоимость продукции до приемлемого уровня и превзойти ожидания заказчика».



Джеф Джонс (Jeff Johns), программист-оператор станка с ЧПУ для высокоскоростной обработки элементов пресс-форм: «PowerMILL позволяют программировать обработку именно так, как нам необходимо, и мы достигли огромной экономии времени за счет сокращения перемещений инструмента по воздуху и уменьшения количества поломок инструмента»



Высокое качество обработанной поверхности и абсолютное отсутствие зарезов — отличительные признаки пресс-форм DELPHI. Любой зарез означает, что деталь придется заново обрабатывать на станке



может по неопытности повредить дорогой станок, и тогда компания будет вынуждена не только оплатить ремонт, но и понесет убытки за счет длительного простоя оборудования.

Верификация УП позволяет с высокой степенью достоверности гарантировать, что во время работы станка не произойдет никаких неприятностей из-за неправильно сгенерированных УП. Наиболее совершенные верификаторы обработки используют точные, подробные 3D-модели станка, инструмента и заготовки, позволяя обнаружить любые нежелательные контак-

Фирма FAW использует PowerMILL для изготовления штамповой оснастки

Возможности CAD-системы PowerSHAPE ориентированы на производителей сложной оснастки

ты между инструментом, деталью и всеми элементами станка. Если программа обнаружит нежелательные или опасные перемещения, пользователь может вручную отредактировать УП либо выбрать другую стратегию обработки.

Визуализация обработки в САМ-системе способна также косвенно повысить производительность обработки. Например, во время визуализации пользователь может заметить, что, изменив положение заготовки на поворотном столе станка или применив другое фиксирующее приспособление, он ускорит обработку.

Цеховая CAD-система

Итак, САМ-система в цеху полезна, а часто и необходима — с этим, вероятно, согласится большинство читателей. А как же с CAD-системой? Насколько она нужна рядом со станком?

Очень часто переданная заказчиком 3D-модель содержит ошибки геометрии. Часть из них вызвана некорректным преобразованием данных из других

CAD-систем. Например, 3D-модель может содержать дубли поверхностей или зазоры между кромками; некоторые поверхности могут быть потеряны; иногда неправильно задана нормаль поверхности. Однако такие недостатки относительно легко выявить и исправить во многих САД-системах.

Другой, более сложный тип ошибок, зачастую связан с непригодностью модели для серийного производства. Например, в 3D-модели могут отсутствовать литейные уклоны, либо она может содержать слишком малые радиусы скругления, что будет препятствовать заполнению формы во время литья. Такие ошибки тоже можно исправить во многих гибридных САПР. Конечно же, оператор прямо в цеху может быстро доработать и исправить 3D-модель. Однако при этом в САД-модели могут появиться изменения, которые не являются ни принципиально необходимыми, ни конструктивно допустимыми. Чтобы избежать таких просчетов, необходимо отработать процедуру быстрого согласования изменений в САД-модели между оператором, САД/САМ-отделом и заказчиком.

Для большинства компаний будет разумнее распределить обязанности между САД/САМ-отделом и цехом таким образом, чтобы в цех попадали только полностью доработанные и утвержденные САД-модели, и оператор станка с ЧПУ не задумывался над правильностью геометрии.

Вместо заключения

В этой статье мы показали, какие выгоды получит производитель инструментальной оснастки, если программирование станков с



Пример из практики. Успех компании Shinyoung Precision

Применение ПО Delcam и передача полномочий по разработке УП в цех, где используются пятиосевые станки с ЧПУ Mikron, позволило корейскому производителю мобильных телефонов Shinyoung Precision значительно сократить время выполнения заказа. Основанная в 1993 году компания Shinyoung Precision (www.shinyoung.co.kr) владеет тремя заводами и одним научно-исследовательским центром вблизи Сеула (Южная Корея). На сегодняшний день в Shinyoung Precision, поставляющей продукцию для Motorola и LG, работает около 300 сотрудников.

За последние пять лет, на протяжении которых при поддержке регионального представительства Hankook Delcam проходило внедрение программных продуктов семейства Power Solution, компания сумела уменьшить среднее время производственного цикла с 30 до 11 дней. В перспективе планируется уменьшить этот срок до 9 дней.

В Shinyoung Precision САМ-системы используются в производственных цехах с 2002 года — тогда компания перешла на PowerMILL. Причиной перевода ЧПУ-программирования из САД/САМ-отдела непосредственно в цех было стремление устранить задержки, возникающие из-за несогласованности в работе САД/САМ-отдела и производственного участка. Одна только эта мера позволила сократить производственный цикл с 30 до 22 дней! Вскоре выяснилось, что нововведение повысило и

качество производимой продукции, так как операторы-программисты, исходя из особенностей конкретных станков, выбирали более рациональные стратегии обработки и инструмент. Кроме того, инструмент стал реже ломаться, что также снизило себестоимость продукции.

Успехи в механообработке подтолкнули руководство Shinyoung Precision сделать следующий шаг — перевести в цех программирование станков электроэрозионной обработки. С этой целью у Delcam был приобретен модуль PS-Electrode для проектирования электродов в среде PowerMILL. В результате средний производственный цикл сократился еще на два дня.

В феврале 2004 года Shinyoung Precision приобрела пятиосевые станки фирмы Mikron. Комбинация пятиосевых станков Mikron и САМ-системы PowerMILL позволила значительно повысить качество обработанных поверхностей за счет применения более короткого (и, следовательно, более жесткого) инструмента.

Повышение качества отфрезерованных поверхностей позволило Shinyoung Precision существенно снизить объем электроэрозионной обработки. Ранее электроэрозионная обработка выполнялась сначала черновыми электродами, и лишь затем чистовыми, — объем снимаемого материала был достаточно большой, что требовало немалых временных затрат. Сейчас черновая электроэрозионная обработка заменена пятиосевым

фрезерованием, и используется только чистовая электроэрозионная обработка.

Дополнительная экономия времени была получена при создании чистовых электродов на пятиосевых станках за один установ. Ранее электроды обрабатывались на трехосевых станках в несколько установов, что не только занимало больше времени, но и снижало точность.



Переход на пятиосевое фрезерование позволил Shinyoung Precision значительно снизить сроки поставки готовой продукции

ЧПУ будет поручено операторам станков. Надеемся, что два приведенных примера заставят сторонников программирования ЧПУ-обработки в САД/САМ-подразделениях задуматься о возможностях снижения издержек и повышения производительности труда. Однако не стоит думать, что ЧПУ-программирование в цеху само по себе решит все проблемы. В DELPHI одним из ключей к успеху послужила высокоскоростная обработка, а в Shinyoung Precision — переход на пятиосевое фрезерование. Но в обоих случаях одним из основных компонентов была САМ-система, способная

в полной мере реализовать возможности применяемого станочного оборудования. Только взвешенный подход, при котором рассматривается весь комплекс возможностей оборудования и САМ-системы, по-

зволяет повысить производительность труда и качество продукции. ☞

Подробнее о программных продуктах компании Delcam pls читайте в следующих номерах журнала КПД.

САМ-система PowerMILL имеет встроенные функции моделирования и редактирования поверхностей

