

Моделирование процесса механообработки в среде NX CAM

М.В. Куракин, руководитель проектов департамента производственного консалтинга группы "Борлас"

Встроенный функционал даже самых продвинутых CAD/CAM/CAE-систем, увы, не способен удовлетворить весь спектр запросов инженеров-конструкторов и технологов в силу их разнообразия и специфики различных производств. Однако разработчики некоторых систем предусмотрели программные инструменты, с помощью которых можно охватить задачи, не покрытые базовым функционалом. В умелых руках они могут решать весьма сложные, в том числе очень специфические задачи, путем создания новых программных приложений в рамках единой информационной среды. На примере одной из таких систем мы рассмотрим, какие возможности развития в нее заложены, и как они могут быть реализованы в применении к задачам моделирования процессов механообработки. В качестве такой задачи мы выбрали изготовление лопаток сложных форм.

Программирование в среде NX

Система NX от компании Siemens PLM Software является одним из лидеров на рынке CAD/CAM/CAE, она имеет богатый и постоянно наращиваемый от версии к версии функционал. В этой связи мы хотели бы поговорить об очень важном свойстве этой системы, которое, тем не менее, часто упускается из виду: возможность программирования непосредственно в её среде, то есть создания приложений, ускоряющих и упрощающих работу с системой. Вновь создаваемые программные приложения позволяют гибко подходить к их использованию в зависимости от квалификации пользователя или сложности поставленной задачи.

NX предоставляет пользователю три основных возможности создания приложений, и они ранжируются по уровню сложности:

- 1 программирование на основе макросов;
- 2 язык GRIP (графическое интерактивное программирование);
- 3 на основе Windows API (возможности программирования с использованием языков C, C++, Java).

Помимо этого, существует возможность программирования в системе NX с учетом базы знаний и программирование постпроцессоров для станков с ЧПУ на языке TCL, но эта тема для отдельной статьи.

Градации на три типа программных средств довольно условна, но каждый из них имеет свои плюсы и минусы. Конкретное применение того или иного программного инструментария зависит от множества факторов: сложности задачи, сроков реализации программного решения, необходимости его дальнейшего масштабирования и сопровождения или

даже от предпочтений пользователя. Для решения одних задач вполне достаточно User Function, другие потребуют Macros- и GRIP-программирования.

Например, используя GRIP-программирование (разработчики NX позиционируют это как среду для автоматизации задач невысокой и средней категории сложности), можно создавать в сжатые сроки довольно мощные программные комплексы, выполняющие многочисленные высокотехнические функции, которые значительно облегчают реализацию сложных процессов. Квалифицированный пользователь, с учетом конкретной ситуации, может применять все три программных инструментария, включая возможность свободно комбинировать их.

Вся гамма этих программных инструментов позволяет покрыть потребности создания в среде NX приложений любой степени сложности, с учетом степени квалификации пользователей.

Спектр применения таких приложений довольно широк: от автоматизации подготовки чертежной документации, автоматического моделирования лопаток турбин сложных форм и проектирования штамповочной оснастки до реализации принципиально нового функционала.

Но, так или иначе, программирование в среде NX решает две основные задачи:

- 1 Ускорение работы за счет автоматизации процессов ввода данных – на основе существующего функционала системы;
- 2 Разработка и создание новых функциональных возможностей, не имеющих аналогов в базовой системе.

В данной статье мы хотели более подробно остановиться на втором аспекте – на создании САМ-функциональности, не предусмотренной разработчиками NX CAM. В частности, мы рассмотрим, как программирование в среде NX может быть применено для решения одной из таких нетривиальных задач, как изготовление на многокоординатном фрезерном оборудовании лопаток авиадвигателей.

Несмотря на богатые возможности программного комплекса NX в отношении создания управляющих программ для станков с ЧПУ, существует целый ряд задач, для решения которых базового функционала бывает недостаточно. Зачастую вопрос ставится так: "Как осуществить обработку деталей методами, которых не существует в базовом функционале NX CAM?". Применять другую, "заточенную" именно под выполнение этих функций систему? А как же быть с концепцией сквозного проектирования в единой среде?

Мы предлагаем задействовать существующие в системе NX возможности разрабатывать

оригинальные приложения, использующие собственную математику и вычислительные алгоритмы, но при этом полностью интегрированные в эту систему, – то есть осуществляющий своеобразный тюнинг системы, резко повышающий её возможности. Вопрос касается создания новых шаблонов обработки для изготовления на многокоординатном оборудовании наиболее сложных деталей: лопаток сложных форм, блисков и импеллеров.

Задача создания новых шаблонов обработки была вызвана необходимостью изготовления конкретных деталей сложной геометрии, особенностью используемой оснастки, спецификой их изготовления, материалом, особенностью технологического оборудования, на котором происходило их изготовление, особенностью приемки изготовленных деталей.

При изготовлении таких деталей требуется не только создание специализированных САМ-шаблонов обработки, но и более сложное управление осью инструмента в процессе многокоординатного фрезерования. Это связано с необходимостью стыковки траекторий, выполненных различными инструментами, уменьшения “отжима” при обработке и оптимизации параметров резания.

Созданные за счет программирования шаблоны обработки позволяют пользователю работать в привычной среде NX CAM, а по функциональному наполнению приближены к возможностям узкоспециализированных систем, работающих только вместе со специализированным станочным оборудованием с ЧПУ (станки *Liechti, Starrag* и др.).

Разработка новых САМ-шаблонов обработки имеет еще один очень важный аспект: специализированное программное обеспечение, поставляемое со станками, имеет значительно больше возможностей по созданию управляющих программ для обработки сложных деталей, чем универсальная CAD/CAM-система, но при этом требует повышенной квалификации пользователя. Следовательно, предприятию необходимо иметь в штате кроме специалистов по NX еще и специалиста со знанием системы, поставляемой в комплекте со станком. Наличие станков разных производителей означает, что нужно иметь аналогичное количество специально обученных сотрудников.

Собственные программные модули в среде NX восполняют этот пробел, что позволяет отказаться от использования специализированных программных комплексов, поставляемых со станками, и перейти к настоящему сквозному проектированию, то есть работать в единой информационной среде “конструктор – технолог”.

Данная конкретная разработка новых САМ-шаблонов в NX преследует несколько целей:

- 1 создать новый, более мощный функционал;
- 2 использовать специальные фрезы;
- 3 снизить дополнительные требования к геометрии, необходимые для расчета траекторий.

Здесь необходимо пояснить, о каких дополнительных требованиях идет речь. Представьте,

что детали уже были смоделированы заказчиком средствами NX, и изменять модели категорически запрещается. При этом, с точки зрения технологии программирования многокоординатной обработки, 3D-модель создана некорректно, нелогично. Обойти эту “некорректность” и “нелогичность” нам удалось путем применения дополнительных шаблонов и подпрограмм, созданных в комбинации GRIP и NX OPEN.

В основе создания новых шаблонов лежат следующие факторы:

- необходимость максимально использовать торцевой инструмент (для ускорения изготовления и уменьшения давления на лопатку в процессе её изготовления);
- возможность обрабатывать лопатку как вместе с входными и выходными кромками, так и с обходом кромок, причем различными способами (со свободным обходом кромок или по сложному припуску на кромках);
- необходимость учета закрутки обрабатываемой лопатки в процессе фрезерования;
- создание сложного неравномерного припуска при фрезеровании;
- создание окончательного равномерного припуска после черновой и полужерновой обработки – для обеспечения высокоскоростной финишной обработки;
- необходимость фрезерования сложных сопрягающих поверхностей переменного радиуса;
- объединение функций процессора и постпроцессора при формировании траекторий обработки детали.

Дополнительная сложность связана с тем, что обработка лопаток велась на станочном оборудовании, не оптимизированном для их изготовления.

Рассмотрим несколько примеров таких решений с использованием собственных программных приложений, реализованных на базе системы NX CAD для изготовления конкретных деталей – лопаток.

Основные сложности в процессе изготовления лопаток

1. Неравномерный припуск штампованных заготовок (рис. 1÷4).



Рис. 1

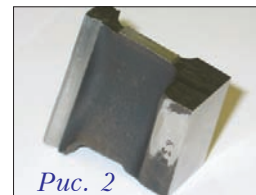


Рис. 2



Рис. 3



Рис. 4

2. Нежесткая оснастка, нерегулируемый поджимной задний центр станочного оборудования, специфический материал заготовки (рис. 5, 6).

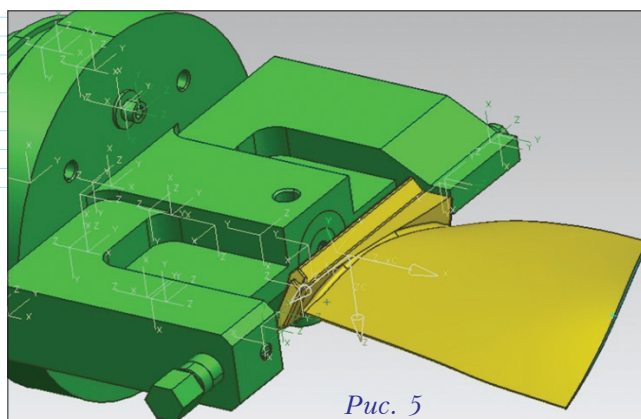


Рис. 5

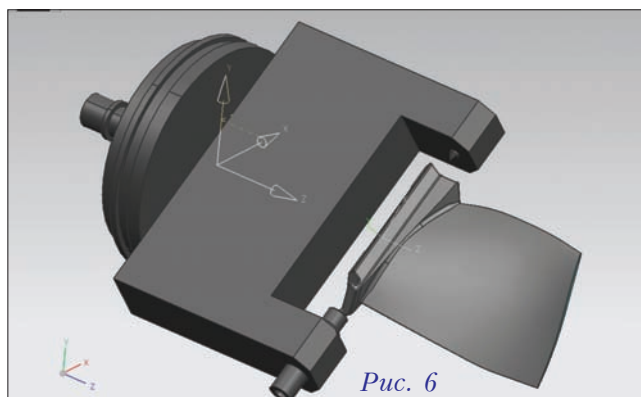


Рис. 6

3. Малая относительная толщина лопаток и большая степень её закрутки (рис. 7).

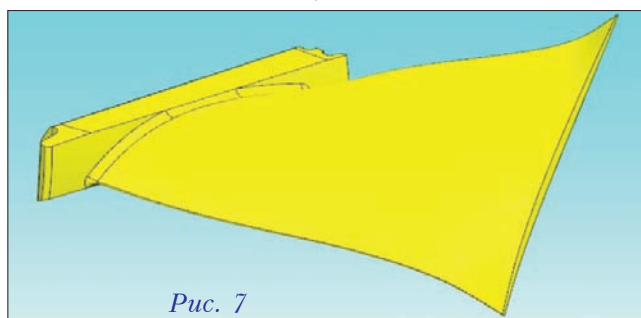


Рис. 7

4. Деформация и закрутка в процессе фрезерования (рис. 8).

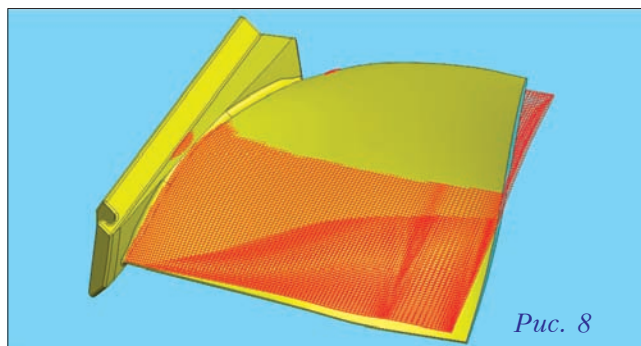


Рис. 8

5. Необходимость максимально использовать торцевой инструмент (рис. 9÷12).

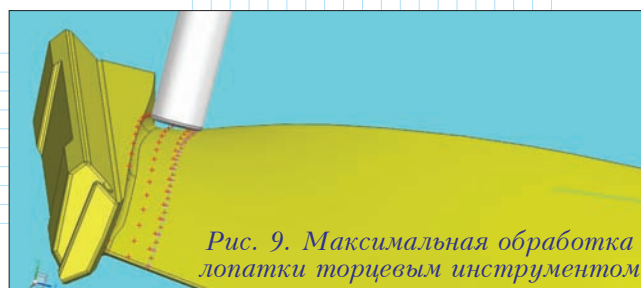


Рис. 9. Максимальная обработка лопатки торцевым инструментом

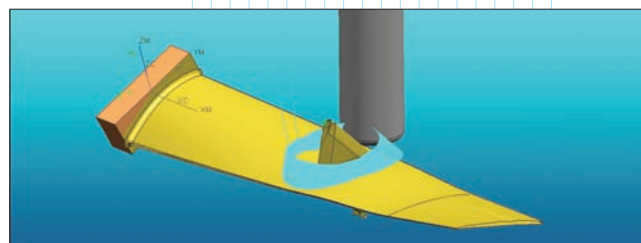


Рис. 10. Черновая и полужистовая многокоординатная обработка полки лопатки торцевым инструментом

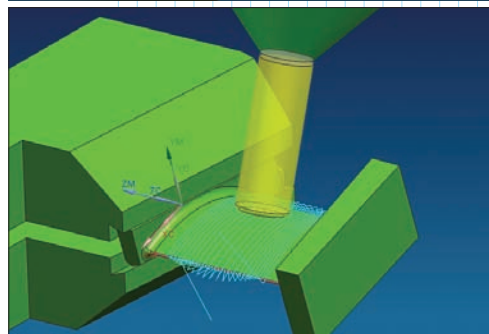
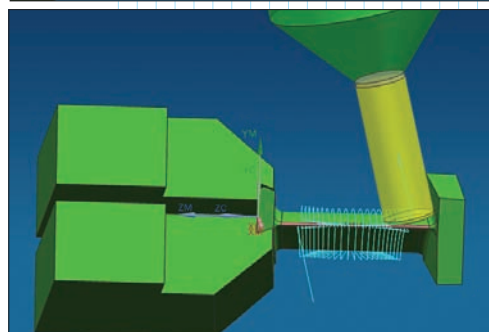
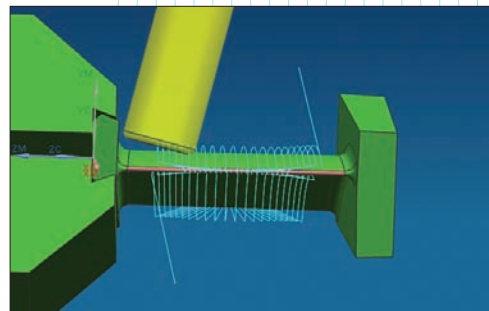


Рис. 11. Фрезерование торцевым инструментом лопатки по спирали, со сложным управлением оси инструмента с минимизированием зон для использования сферического инструмента

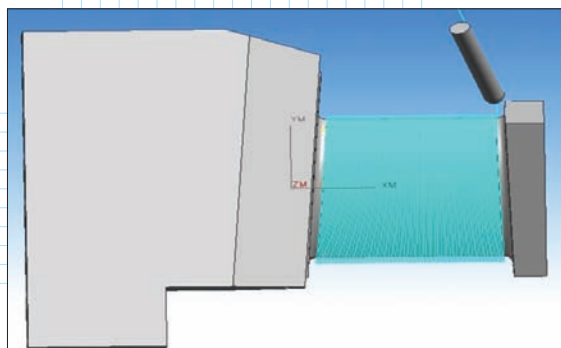


Рис. 12. Чистовое фрезерование двуполочной лопатки сферическим инструментом со сложным управлением оси инструмента

6. Необходимость задания сложного неравномерного припуска на входные и выходные кромки в процессе обработки лопатки (рис. 13÷16). Следует учитывать, что максимальные значения припусков на входные и выходные кромки различные. Этот режим существует в специализированных системах ЧПУ для фрезерования лопаток.

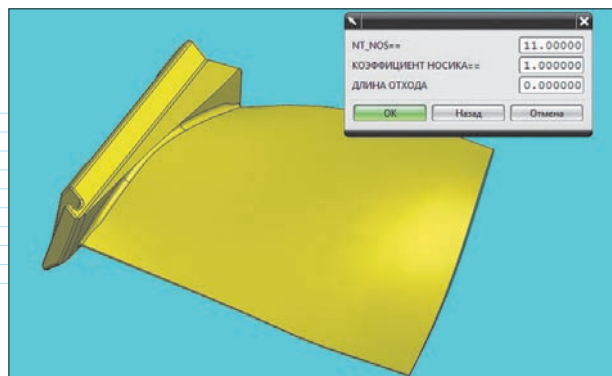


Рис. 16. Возможность управлять режимом фрезерования входных и выходных кромок лопатки (если величина “длина отхода” равна нулю – фрезерование лопатки совместно с кромками)

7. Необходимость задания сложного неравномерного припуска на геометрию лопатки при её обработке связана с конкретным изготовлением детали (рис. 17, 18) и дополнительными требованиями при её контрольной приемке.

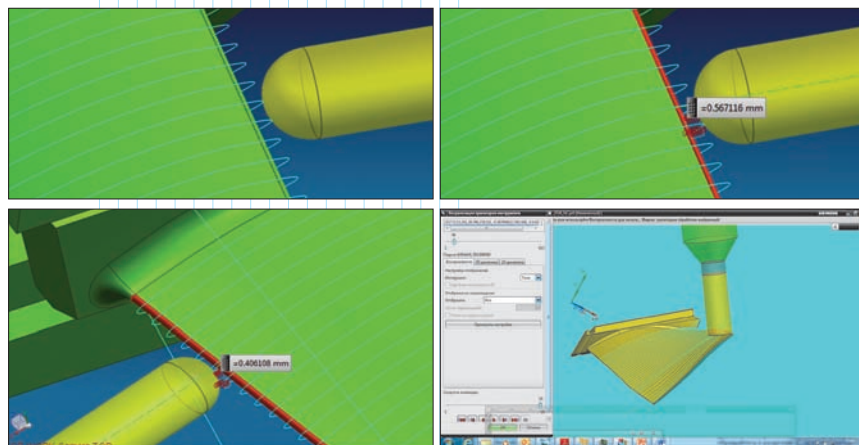


Рис. 13

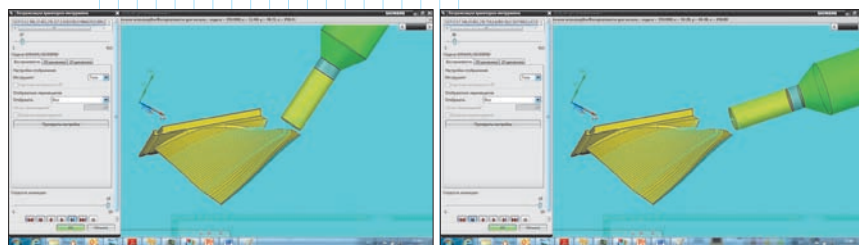


Рис. 14. Спиральная обработка лопатки торцевым инструментом с обходом её входных и выходных кромок на переменном расстоянии

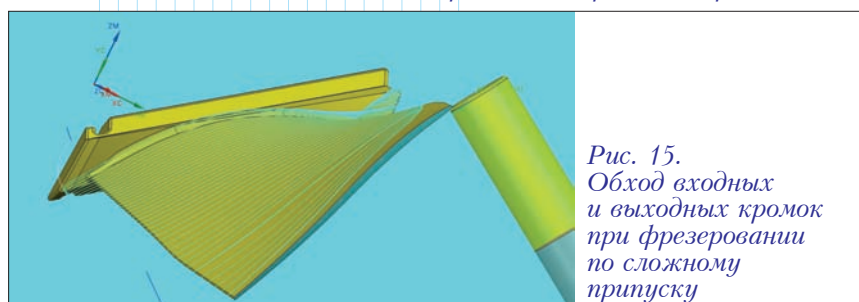


Рис. 15. Обход входных и выходных кромок при фрезеровании по сложному припуску

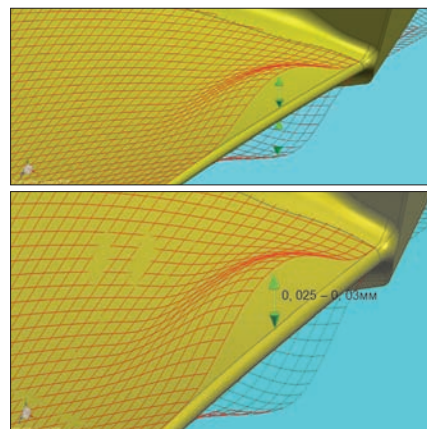


Рис. 17. Дополнительная “подтяжка” поверхности в контрольной точке детали на величину 0.02÷0.03 мм

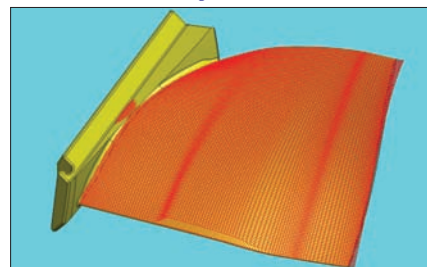


Рис. 18. Создание сложного неравномерного припуска на лопатку с учетом реальной технологии изготовления

Еще одна дополнительная сложность заключалась в приемке детали по сертифицированной оснастке, иногда не совпадающей с эталонной геометрией детали.

Разработанный своими силами дополнительный программный функционал для NX позволил осуществить изготовление сложных деталей с высокой точностью, полностью с учетом специфических требований заказчика по приемке деталей.

Примеры изготовленных деталей

Все детали были изготовлены полностью в соответствии с жесткими требованиями заказчика, с высокой степенью точности под безразмерную полировку.

Дополнительно хотелось рассказать еще о двух примерах создания оригинальных программных решений в среде NX для сложной многокоординатной обработки деталей:

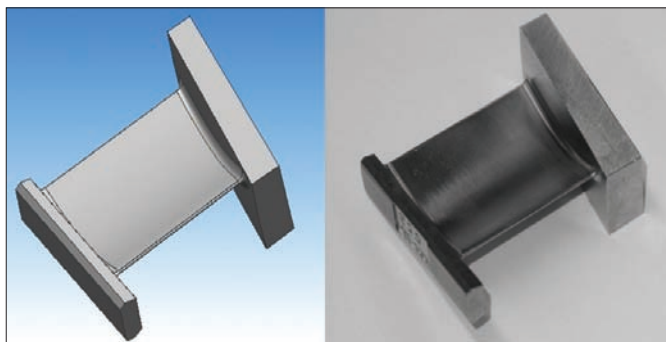


Рис. 19. Двуполочная лопатка малых размеров

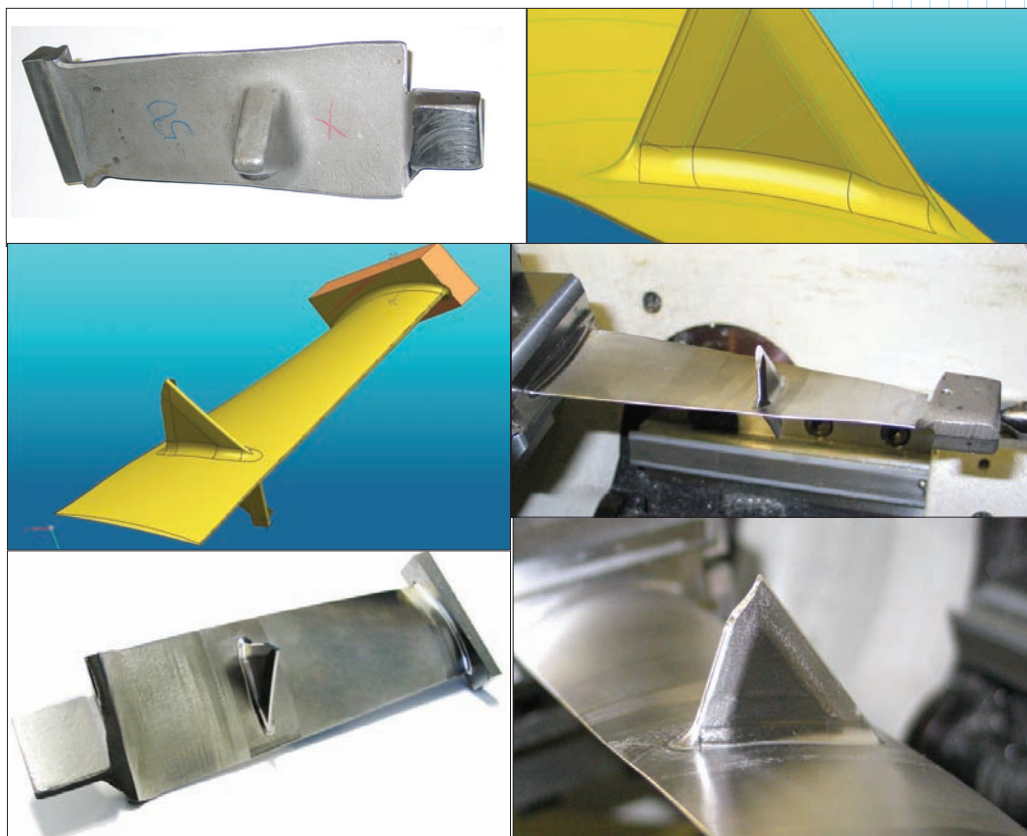


Рис. 20. Лопатка с бандажной полкой сложной формы

1 Создание нового метода управления осью инструмента под названием “ориентировать ось инструмента при обработке на пространственную (3D) кривую” (рис. 22).

2 Создание шаблонов обработки для изготовления моноколес с помощью торцевого инструмента, ускоряющего время его изготовления (рис. 23).

Заключение

Система NX компании Siemens PLM Software не только предлагает пользователю широкие возможности по созданию и интеграции собственных программных приложений (включая использование встроенных вычислительных алгоритмов для выполнения работ любой категории сложности), но и является одной из немногих CAD/CAM-систем, позволяющих создавать полнофункциональные приложения – различными способами, с учетом квалификации и предпочтений пользователя.

Относительно недавно в NX появились новые возможности, среди которых можно отметить новую среду для создания программных приложений под названием **SNAP** (*Simple NX Application Programming*). Реализованная на *Visual Basic*, эта среда представляет собой несложную для освоения и работы программу. Кроме того, в версии NX 9.0 стал доступен такой режим управления осью инструмента для многокоординатной обработки, как

“ориентировать на пространственную кривую”.

С новым, разработанным пользователями функционалом, NX CAM может обеспечивать практически все те возможности обработки, которые традиционно реализовывались путем применения специализированных станков и систем. При этом конструктор и технолог работают в единой информационной среде: конструктор может разрабатывать модель с учетом удобства описания геометрии, а технологу не потребуется изменять модель с учетом специфики изготовления.

Изменения геометрии с учетом

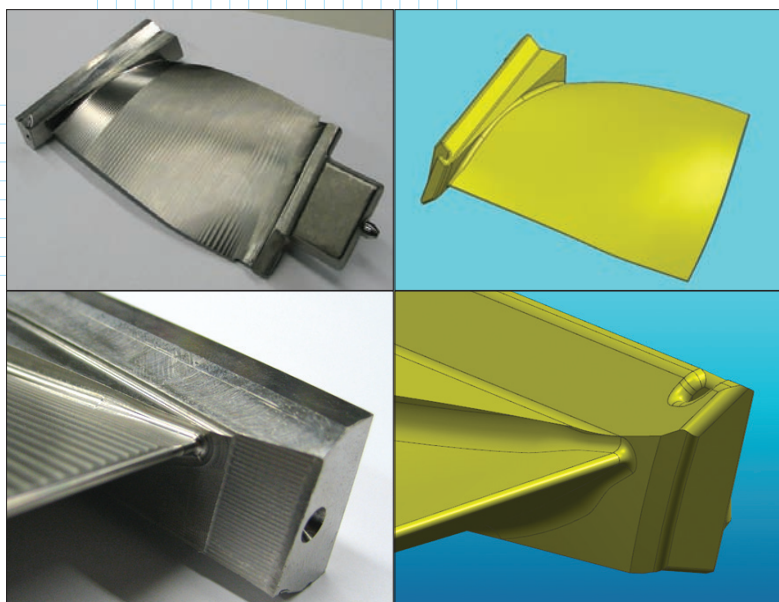


Рис. 21. Широкохордная лопатка (обработка пера вместе с замковой частью производилась за один установ, включая и сложное переменное сопряжение между лопаткой и трактовой поверхностью)

требований реальной обработки происходят на уровне формирования траектории, что приводит к изготовлению лопатки, соответствующей мастер-модели или же сертифицированной контрольной оснастке.

Возможность создания собственных, оригинальных программных разработок в среде *NX CAM*, выводит работу с системой на новый качественный уровень, резко повышает коэффициент полезного действия и эффективность её использования.

В этой статье были показаны только некоторые примеры того, как программные инструменты *NX* позволяют создавать довольно сложные приложения (и даже собственный *CAM*-модуль с собственной математикой и вычислительными алгоритмами, не использующий базовый *CAM*-модуль *NX*; для работы нужны только *CAD*-модули и модули *NX Open*), соответствующие уровню специализированных систем для станков с ЧПУ, включая создание дополни-

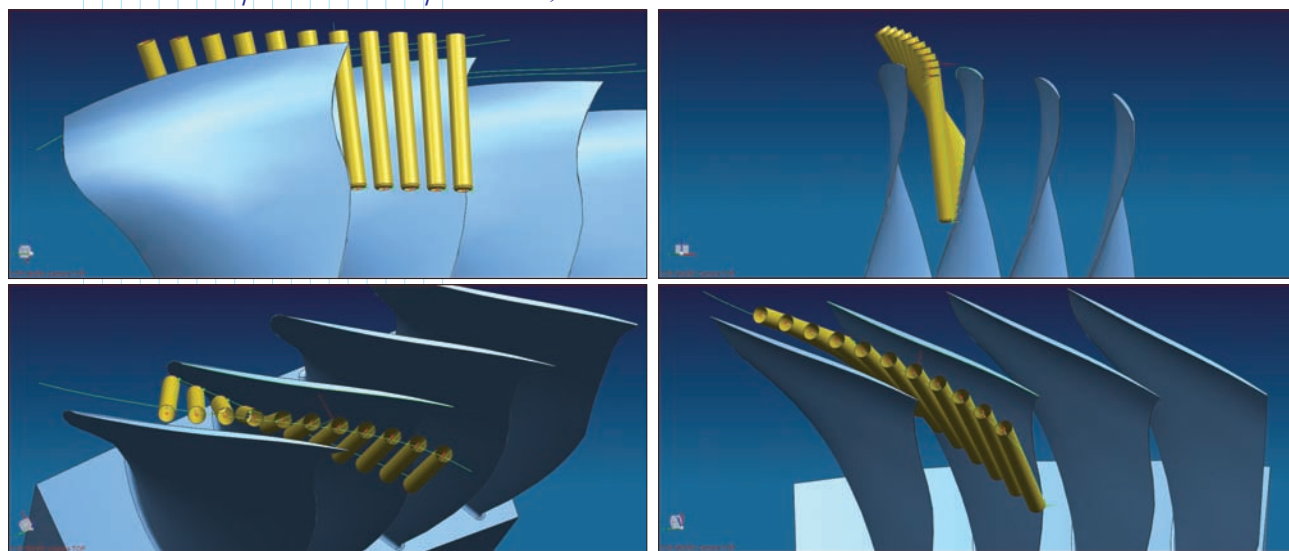


Рис. 22. Дополнительный шаблон для ориентации оси инструмента – “ось на пространственную кривую”

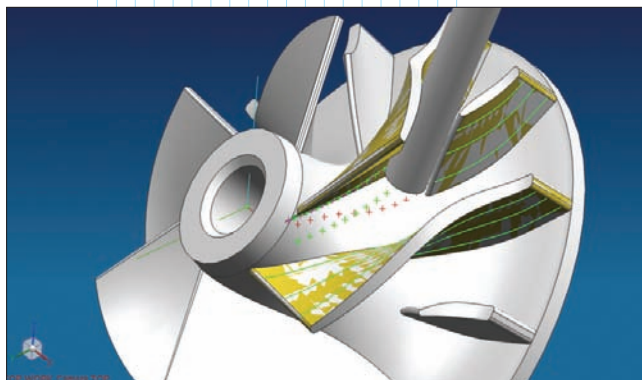


Рис. 23. Фрезерование торцевым инструментом при изготовлении моноколеса

тельных функциональных возможностей. При этом пользователь может по своему усмотрению выбирать инструментарий из широкого набора средств: от довольно простых (*SNAP*, *Macros*) до сложных, предполагающих использование *API*-функций, языков *C*, *C++*, *Java* и платформы *.NET*.

Резюмируя, можно с уверенностью сказать, что степень автоматизации в системе *NX* ограничена только двумя факторами: мастерством и изобретательностью пользователя. Продемонстрированные в статье решения по созданию собственных шаблонов для сложной многокоординатной обработки деталей – лучшее тому подтверждение. 