

Комплексные подходы к решению задач механообрабатывающего производства. Ч. 2

на примере экспериментального проекта, выполненного компанией СОЛВЕР в НПО «Сатурн»

Р.А. Бирбраер, В.И. Быстрянец, С.В. Чуклинов, А.И. Киселёв

Инженерно-консалтинговая компания СОЛВЕР, содействуя российским машиностроительным предприятиям в повышении эффективности бизнеса, применяет в своей работе комплексные методы и подходы. Так, например, в области подготовки изделия к производству СОЛВЕР предлагает предприятиям-заказчикам помощь в решении всего комплекса задач сквозного проектирования и подготовки производства:

- концептуальное проектирование;
- разработка изделия;
- анализ функциональности;
- подготовка конструкторско-технологической документации;
- разработка технологии изготовления;
- разработка технологической оснастки и управляющих программ (УП) для обрабатывающего оборудования с ЧПУ;
- опытное производство, испытания, контроль качества;
- поставка, внедрение и сопровождение программно-аппаратных комплексов, технологического (обрабатывающего и измерительного) оборудования, технологической оснастки и инструмента.

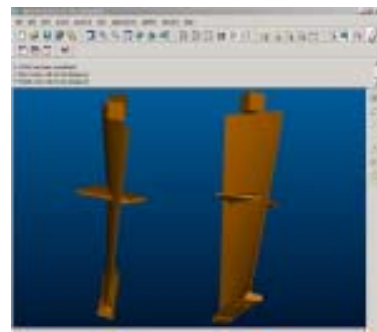
НПО «Сатурн» - ведущий российский производитель газотурбинных двигателей авиационного и промышленного применения. Крупнейшие в стране научно-технические мощности и одна из самых современных производственно-технологических баз в России позволяют НПО «Сатурн» осуществлять перспективные программы в области разработки и производства газотурбинной техники для гражданских и военных самолетов, наземных силовых установок, газотурбинных теплоэлектростанций и газоперекачивающих агрегатов для топливно-энергетического комплекса (ТЭК) и другой продукции.

В марте-апреле 2003 года компания СОЛВЕР выполнила для НПО «Сатурн» Экспериментальный проект по созданию прототипа «Автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки и производства компрессорных лопаток» на базе предлагаемой компанией программного обеспечения и технологического оборудования.



Рис. 1. Объект проектирования и производства – компрессорная лопатка

Рис. 2. Модель «Лопатки» была разработана в Pro/ENGINEER



В качестве объекта проектирования предприятием были выбраны два вида компрессорных лопаток – обычная и с бандажной полкой. Т.к. второй вариант изделия (рис. 1) более сложен в изготовлении, в этой статье мы расскажем о технологии его изготовления.

Разработка трехмерной модели изделия

Для разработки изделия «Лопатка» использовался базовый модуль программного комплекса Pro/ENGINEER Foundation. Т.к. деталь «Лопатка» была спроектирована на предприятии ранее, в Pro/ENGINEER разрабатывалась её трехмерная модель (рис. 2), которая затем была использована на этапе технологической подготовки производства.

Разработка технологического процесса. Оптимизация УП

Сложностью разработки технологического процесса изготовления «Лопатки» послужило то, что, во-первых, материалом, из которого она должна быть сделана, являлся титан BT3-1 - высокопрочный

сплав с твердостью HB 300, характеризующийся малой пластичностью и малой способностью к упрочнению. Во-вторых, дальнейшей механической обработке должна подвергаться штампованная заготовка с окончательно обработанным (протяжкой) хвостовиком. В качестве альтернативного варианта обработки хвостовика специалистами СОЛВЕР была предложена его обработка на горизонтальном обрабатывающем центре Comumill HMC-410¹ (США-Япония). Общее время обработки (предварительной и окончательной) хвостовика на этом станке составило 20 минут.

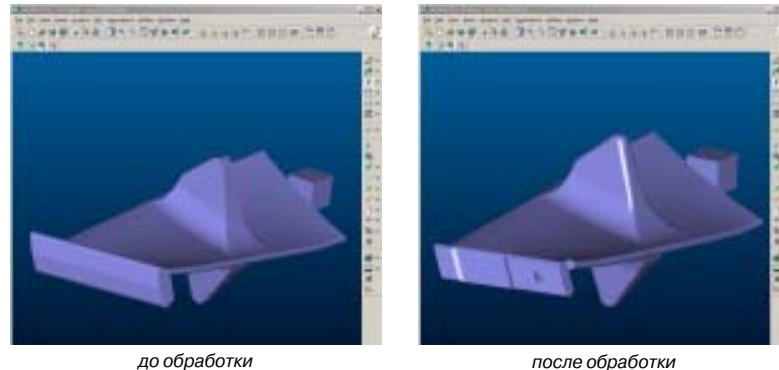


Рис. 3. Моделирование обработки хвостовика «Лопатки»

Для изготовления детали «Лопатка» также были выбраны вертикальный фрезерный обрабатывающий центр фирмы Fadal² (США), высокоскоростной вертикальный обрабатывающий центр Vibra-Free³ (США-Япония), координатно-измерительная машина (КИМ) Starrett⁴ (США) и режущий инструмент Fraisa (Швейцария). Применявшееся в рамках проекта оборудование входит в состав продуктовой линейки, предлагаемой СОЛВЕР, и расположено в Техническом центре⁵ компании.

Для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ специалисты СОЛВЕР рекомендуют применять специализированные модули Pro/ENGINEER, а также PartMaker⁶ - программный комплекс для автоматизированной разработки УП, в том числе и для наиболее современного и сложного оборудования (например, станков SWISS-TYPE).

Однако разработка управляющих программ – первый, но, как правило, не самый длительный и трудоемкий этап работы технолога-программиста. Основное время и усилия (дни, недели) приходится затрачивать на отладку и внедрение рабочих программ. Но даже самый опытный специалист не застрахован от случайной ошибки.

Уберечь дорогостоящее оборудование, технологическую оснастку и инструмент от поломки, сократить затраты на разработку УП для металлообрабатывающего оборудования, а также значительно повысить его производительность позволяет программный комплекс VERICUT⁷ фирмы CGTech, мирового лидера в области разработки программного обеспечения для производства. Все управляющие программы, разработанные в рамках выполненного проекта, были проверены и оптимизированы с помощью VERICUT.

После обработки хвостовика был выполнен ряд технологических операций по обработке плоскостей пера и бандажных полок компрессорной лопатки.



Рис. 4. Применявшееся в рамках проекта технологическое оборудование поставляется компанией СОЛВЕР

1 - О станке Comumill HMC-410 вы можете прочитать в ИТО №04//2002
2 - Об обрабатывающих центрах Fadal вы можете прочитать в ИТО №05//2002
3 - О технологии высокоскоростной обработки (HSM), обрабатывающем центре Vibra-Free и специальном режущем инструменте для HSM вы можете прочитать в ИТО №02//2003

4 - Об измерительных системах и инструменте Starrett вы можете прочитать в ИТО №01//2003
5 - О том, какую помощь в работе вы можете получить, обратившись в Технический центр СОЛВЕР, читайте в ИТО №06//2003
6 - О программном комплексе PartMaker вы можете прочитать в ИТО №04//2003
7 - О программном комплексе Vericut вы можете прочитать в ИТО №03//2003

СОЛВЕР инженерный консалтинг



Выполнение промышленных проектов

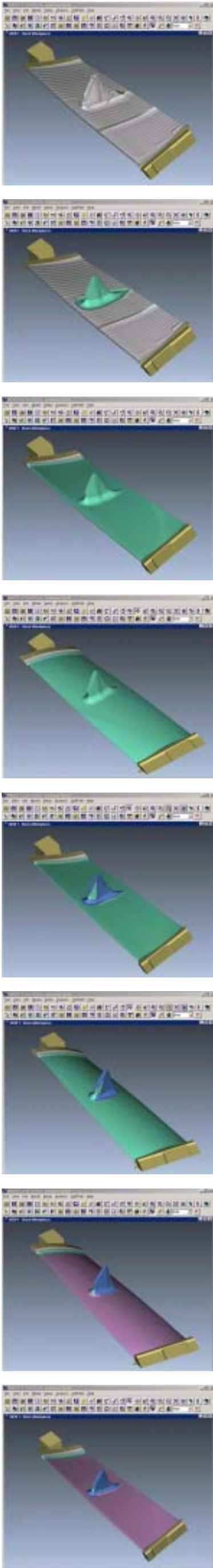
• Экспериментальные проекты

• Проекты внедрения

• Индустриальные проекты

www.solver.ru

ВОРОНЕЖ тел. (0733) 777 222, 771 808, 393 241/243/244/245, факс (0732) 773 994 • МОСКВА тел. (095) 170 1777, 171 3758, факс (095) 174 8424 • Н. НОВГОРОД тел./факс (8312) 576 251 • ИЖЕВСК тел./факс (3412) 759 550 • ОМСК тел./факс (3812) 237 783



Операция 1. Предварительная обработка пера и полки детали

Переход 1. Черновая обработка полок и пера
 Оборудование: Fadal VMC 2216
 Режущий инструмент: концевая фреза $\varnothing 12.5$ r0
 Режимы обработки:
 $n = 1270$ об/мин
 $vc = 50$ м/мин
 $vf = 127$ мм/мин
 $ap = 0,9$ мм
 През = 2 кВт
 Время обработки: 56 мин.

Переход 2. Получистовая обработка полок
 Оборудование: Fadal VMC 2216
 Режущий инструмент: сферическая фреза $\varnothing 10$ r5
 Режимы обработки:
 $n = 3200$ об/мин
 $vc = 100$ м/мин
 $vf = 508$ мм/мин
 $ap = 0,34$ мм
 През = 1 кВт
 Время обработки: 16 мин.

Переходы 3 и 4. Получистовая обработка плоскостей пера лопатки
 Оборудование: Fadal VMC 2216
 Режущий инструмент: сферическая фреза $\varnothing 10$ r5
 Режимы обработки:
 $n = 4250$ об/мин
 $vc = 130$ м/мин
 $vf = 1000$ мм/мин
 $ap = 0,34$ мм
 $ae = 0,38$ мм
 През = 1 кВт
 Время обработки (общее): 48 мин.

Общее машинное время обработки по Операции 1 составило 120 мин.

Операция 2. Окончательная обработка пера и полки

Переходы 1, 2, 3 и 4. Чистовая и финишная обработка полок
 Оборудование: Vibra-Free
 Режущий инструмент: шаровая фреза $\varnothing 6$ r3
 Режимы обработки:
 $n = 24000$ об/мин
 $vc = 150$ м/мин
 $vf = 1270$ мм/мин
 $ap = 0,13$ мм
 $ae = 0,13$ мм
 През = 1 кВт
 Время обработки (общее): 51 мин.

Переходы 5 и 6. Чистовая и финишная обработка плоскостей пера
 Оборудование: Vibra-Free
 Режущий инструмент: сферическая фреза $\varnothing 6$ r3
 Режимы обработки:
 $n = 28000$ об/мин
 $vc = 120$ м/мин
 $vf = 5080$ мм/мин
 $ap = 0,13$ мм
 $ae = 0,13$ мм
 През = 1 кВт
 Время обработки: 57 мин.

Переходы 7, 8 и 9. Удаление прибыли, формирование длины, отрезка пояса, окончательная обработка
 Оборудование: Vibra-Free
 Время обработки (общее): 4 мин.

Общее машинное время обработки по Операции 2 составило 112 мин.

Общее машинное время обработки детали «Лопатка» составило 232 мин.

Рис. 5. Моделирование обработки детали «Лопатка»

Технологическая загрузка обрабатывающего оборудования

Исходя из годовой программы выпуска деталей, была рассчитана трудоемкость изготовления «Лопатки», количество необходимого оборудования и его технологическая загрузка. Так коэффициент загрузки четырех станков Fadal VMC 2216 составил 0,87 (при годовом фонде работы 23280 часов), четырех станков Vibra-Free – 0,78 (при фонде – 23280 ч), одного CompuMill HMC-410 – 0,57 (при фонде – 5895 ч).

Контроль качества

После изготовления опытного образца «Лопатки» была осуществлена проверка его качества. Соответствие геометрическим параметрам детали подтвердилось измерениями, выполненными с применением координатно-измерительной машины Starrett Aurora RGDC 2828-24, а шероховатость обработанной поверхности проверена с помощью профилографа Mahr (Германия). На рисунке 6 приведены приборные отчеты проверки шероховатости обработанных поверхностей пера «Лопатки», полученной после обработки на высокоскоростном вертикальном обрабатывающем центре VIBRA-FREE (А) и с последующей полировкой на станке войлочным кругом (Б). Измерения показали, что шероховатость поверхности соответствует в первом случае 7 классу, во втором – 8 классу, что полностью соответствует техническим требованиям.

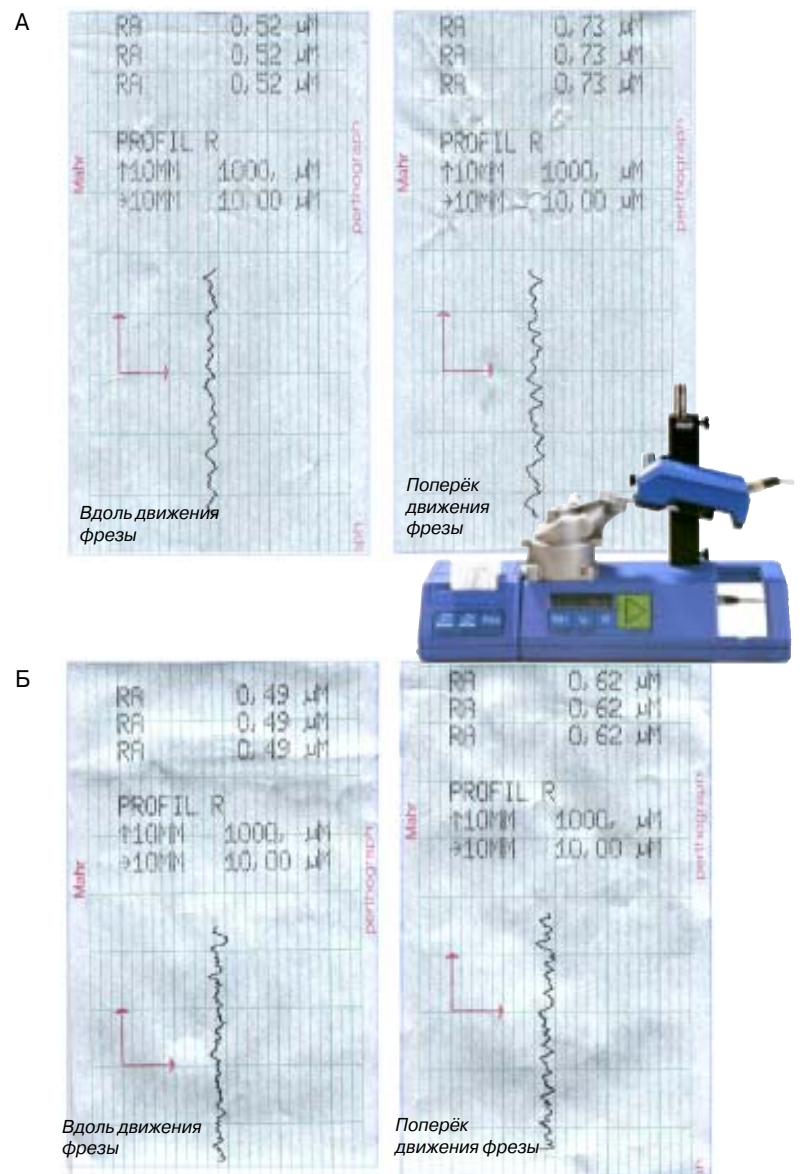


Рис. 6. Приборные отчеты измерения шероховатости

Общие результаты

Предложенный в проекте прототип системы автоматизированной конструкторско-технологической подготовки и производства компрессорных лопаток на основе поставляемого компанией СОЛВЕР программного обеспечения и технологического оборудования обеспечивает достижение поставленных в проекте целей – изготовление необходимого (согласно программе выпуска) количества компрессорных лопаток и с заданным качеством.

СОЛВЕР предлагает

Инженерно-консалтинговая компания СОЛВЕР предлагает машиностроительным предприятиям сотрудничество с целью повышения эффективности их бизнеса.

Принципиальный подход, отличающий СОЛВЕР от других консалтинговых фирм, поставщиков программного обеспечения и оборудования – экспериментальное подтверждение предлагаемых комплексных решений, что позволяет при осуществлении совместных с заказчиками проектов внедрения (автоматизированных систем управления, проектирования и подготовки производства, технологий либо оборудования) сократить до предела риски достижения поставленных задач.

Мы не только поможем решить ваши конкретные производственные проблемы, но и сделаем это быстро и качественно, потому что располагаем необходимыми знаниями, опытом и средствами для выполнения подобных работ. Наша установка на долгосрочное партнерство, высокий уровень взаимопонимания позволит вам успешно развивать свой бизнес в современной быстроменяющейся экономике.