

# Основные направления развития технологий “Умной фабрики”

Создание “Умной фабрики”, отвечающей мировым требованиям по производству наукоемкой современной продукции, не представляется возможным без кардинального пересмотра применяемых технологий и общих принципов построения технологического процесса.

## Технологии “Умной фабрики” на Испытательном полигоне

Отличительными чертами технологического процесса производственной среды “Умной фабрики” (рис. 1), реализуемой в рамках проекта Испытательного полигона “Фабрики Будущего” на ПАО “ОДК-Сатурн”, будут использование точной заготовки, высокая

производительность и автономность, саморегуляция и адаптация, реализуемые за счет применения современного оборудования, единой виртуальной производственной среды, широкого распространения быстроперенастраиваемых гибких производственных ячеек (ГПЯ), использования труда высококвалифицированных инженеров-исследователей, применения универсальных технологических решений.

Необходимое снижение требуемых механических свойств и припусков под обработку на заготовительных операциях достигается за счет применения технологий точной изотермической и сверхпластической штамповки, а также современных аддитивных технологий. В результате обеспечивается формирование регламентированных структур с повышенными и стабиль-

ными эксплуатационными характеристиками, происходит повышение коэффициента использования материалов в 2-3 раза и снижение трудоемкости последующей механической обработки на 40-80%.

Повышение производительности происходит благодаря применению автоматизированных, роботизированных комплексов и внедрению в производство высокопроизводительного инструмента на основе режущей керамики, кубического нитрида бора и поликристаллического алмаза. Использование данного типа прогрессивного инструмента повышает производительность черновой и чистовой обработки деталей из труднообрабатываемых сплавов путем увеличения скорости резания в 5-7 раз.

Обработка сложнопровильных поверхностей деталей из трудно-



Рис. 1. Схема унифицированного технологического процесса “Умной фабрики”

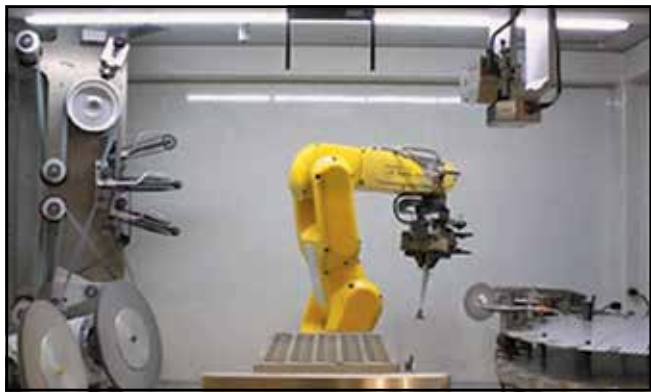


Рис. 2. Роботизированный слесарный комплекс

обрабатываемых материалов производится по технологии роботизированной комплексной шлифовально-фрезерной обработки с промежуточными циклами контроля обрабатываемой детали на КИМ.

Одним из основных элементов такого роботизированного комплекса является модуль высокоскоростной шлифовальной обработки, обеспечивающий на деталях более высокий уровень шероховатости и точности. Использование модуля высокоскоростного шлифования в составе роботизированных механообрабатывающих комплексов напрямую обусловлено возможностями применения инструмента на основе алмаза и кубического нитрида бора на гальванической и керамической связке. Использование модуля шлифования в составе комплекса позволит производить обработку без переустановки и от тех же базовых поверхностей, что и при лезвийной обработке, что повышает точность обработки. Кроме того, не затрачивается время на снятие, установку, транспортировку детали в промежутке между операциями, в рабочем процессе находится минимум два приспособления: одно используется непосредственно при обработке, второе – в наладке либо измерении.

Важное место в технологическом процессе изготовления деталей на “умном” заводе занимает слесарная обработка. В основе концепции автоматической слесарной и полировальной обработки лежит замена слесаря, держащего в руках деталь, на робота, который будет производить технологические манипуляции с деталью и ее обработку с использованием различного вращающе-

го инструмента (рис. 2). Реализация этой технологии невозможна без функции самообучения на основе работы адаптивных алгоритмов. Использование данной технологии позволит исключить трудоемкую операцию ручного полирования профиля лопатки и прикромочного участка, дает возможность снизить процент брака и трудоемкость обработки в 3 раза.

## Основные направления развития “Умной фабрики”

Облик “Умной фабрики” будет формировать технологические направления, имеющие высокую возможность комплексирования и автоматизации. Одним из таких перспективных направлений является применение в производстве ГПЯ. Гибкая производственная ячейка “Умной фабрики” представляет собой набор нескольких производственных модулей, интегрированных в единую информационную систему для обеспечения комплекса технологических операций в автономном режиме. Такая концепция позволит применить гибкий модульный принцип построения автоматизированных производственных цепочек, выпускающих продукцию на основе безлюдных технологий.

Следующее приоритетное направление развития технологических процессов “Умной фабрики” – создание единой информационной системы, объединяющей все этапы производства на основе интеллектуального математического моделирования процессов обработки, позволяющего реализовать адаптивное приспособление к изменению входных условий производственной системы. Математическое моделирование процессов обработки будет строиться на основе математических моделей формообразования и формирования основных показателей качества,

реализованных в сквозном едином пакете моделирования методом конечных элементов и имеющих алгоритм самообучения, построенный на принципах обратной связи. Пример – учет прогрессирующего износа инструмента при математическом моделировании процесса формообразования при лезвийном методе обработки на основе валидации смоделированной величины износа инструмента и статистических фактических замеров.

Развитие систем моделирования производственных процессов позволит перейти к формированию автономной системы технологической подготовки производства (рис. 3), базирующейся на использовании САПР, модульной универсальной унифицированной оснастки, систем мониторинга и прогноза состояния ГПЯ. Структура автономной системы ТПП будет включать в себя три основных функциональных блока, взаимодействующих через систему обратных связей в центральной системе автоматического управления:

- ▶ подсистема разработки технологического процесса;
- ▶ подсистема управления ресурсами;
- ▶ подсистема технического обслуживания и ремонта.

Успешная реализация данного направления позволит без участия человека производить оптимизацию технологического процесса, существенно сократить сроки технологической подготовки производства, генерировать требования к техническим характеристикам и функционалу используемого оборудования. Обеспечение требуемых характеристик является одним из основных направлений технологического развития и будет развиваться в рамках совместных инновационных проектов с предприятиями, производящими станочное оборудование и средства автоматизации. Производственные единицы “Умной фабрики” позволят реализовывать интенсифицированные, комбинированные методы обработки (сочетание фрезерной обработки и наплавки, глубинного шлифования и фрезерования, сочетание лезвийных методов обработки и лазерной резки), за



Рис. 3. Схема функционирования автономной системы ТПП

счет чего будет обеспечена высокая гибкость производства, производительность, высокое качество выпускаемой продукции.

## “Умная фабрика” готовится к опытной эксплуатации

Испытательный полигон технологий “Умного завода” позволит скомпилировать существующие математические модели процессов обработки. Скомпилированные модели будут строиться на основании программных продуктов с учетом вносимых в них изменений. К вносимым изменениям будут относиться алгоритмы оптимизации параметров процессов по заданным критериям, важных для производства (производительность обработки, качество поверхности, износ инструмента). Программное обеспечение сможет в автоматическом режиме формировать набор оптимальных условий реализации процесса обработки, включая инструмент, оснастку и режимы обработки. Таким образом, математическая мо-

дель процесса в рамках полигона “Умного завода” будет подразумевать обобщенную информационную модель производства, включая необходимые базы данных по инструменту, оснастке и ее доработке (при необходимости), возможности дозаказа инструмента и оснастки, режимам, техническим возможностям оборудования и т.п.

Следующий шаг к “умному” производству – это создание ПО, обеспечивающего полную автономность ТП (мониторинг, инспекцию, исправление, самообучение) и позволяющего исключить влияние человеческого фактора на качество и производительность технологических переходов. Для организации производства по замкнутому циклу с учетом автоматического расчета условий производства (размера партии, распределения ресурсов и т.д.) будет разработана система управления производством, в основные задачи которой будет входить взаимодействие с другими системами управления, контроль над функционированием систем управления РТК и иных комплексов

(участка контроля, транспортной системы и прочего). Система управления должна отслеживать состояние функционирования производства в реальном времени (а не “пост-фактум”), как на основании данных, передаваемых системами управления нижнего уровня, так и собственных датчиков.

Опытная эксплуатация комплексных технологических решений на полигоне позволит определить дальнейшее комплексное развитие используемых технологических процессов как с точки зрения их автоматизации (автоматизированный анализ износа инструмента, повышение скорости наладки), так и с точки зрения выполнения комплексной обработки (объединение электроэрозионной обработки и лазерной обработки, лазерной обработки и наплавки, фрезерования и глубинного шлифования).

**А. А. Коряжкин, заместитель главного технолога по механическим и механосборочным цехам, ПАО “НПО “Сатурн”**