

Препринт выпускной квалификационной работы
«Разработка технологии автоматизированного производства кольцевых деталей с использованием станков с ЧПУ и промышленных роботов»

Автор: Хуснутдинов Р. И.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Лунев А. Н.

Кафедра: Технологии машиностроительных производств, КНИТУ-КАИ

Год: 2025

Аннотация

В работе представлено комплексное решение по разработке и автоматизации технологии изготовления детали типа «Кольцо». Целью исследования являлось проектирование роботизированного технологического комплекса (РТК) для механической обработки детали на станках с ЧПУ. В рамках работы решены задачи технологического проектирования, включая выбор заготовки, расчёт размерных цепей, разработку управляющих программ в CAD/CAM-системе Siemens NX, а также подбор и расчёт параметров промышленного робота для автоматизации загрузки-разгрузки.

Ключевые слова: автоматизация, промышленный робот, ЧПУ, технологический процесс, размерные цепи, CAD/CAM, Siemens NX, роботизированный комплекс.

Введение

Современное машиностроение характеризуется стремлением к повышению производительности, точности и гибкости производства. Одним из ключевых направлений является внедрение роботизированных комплексов, интегрирующих станки с ЧПУ и системы автоматической транспортировки заготовок. В данной работе рассматривается разработка технологии изготовления детали «Кольцо» с полной автоматизацией цикла обработки.

Методология и основные этапы исследования

- 1. Технологический анализ детали:** Проведён анализ конструкции детали «Кольцо», изготовленной из стали 45. Выбран тип производства — среднесерийный.
- 2. Выбор и обоснование заготовки:** Проведён сравнительный анализ вариантов получения заготовки (прокат, поковка на ГКМ). В качестве оптимального выбран калибранный прокат диаметром 15 мм, как наиболее экономичный и технологичный вариант для заданных условий.
- 3. Разработка технологического процесса (ТП):** Составлен маршрутный ТП, включающий операции: токарная-автоматная (черновая), термическая обработка,

токарная с ЧПУ (чистовая). Выполнено построение схем базирования и эскизов совмещённых переходов.

4. **Расчёт размерных цепей:** Проведён вероятностный расчёт осевых и диаметральных размерных цепей для определения операционных размеров, припусков и исходных размеров заготовки. Уточнены допуски для обеспечения заданной точности готовой детали.
5. **Проектирование автоматизированной системы:**
 - о **Выбор оборудования:** Подобраны станки (токарный автомат ТА36 и токарный центр T65MS Headman с противошпинделем) и режущий инструмент (Sandvik Coromant).
 - о **Расчёт режимов резания:** Определены оптимальные режимы (скорость, подача, глубина резания) для каждого перехода.
 - о **Выбор робота:** В качестве манипулятора выбран промышленный робот CRP-RA21-10 с грузоподъёмностью 10 кг.
 - о **Разработка компоновки:** Предложена круговая компоновка РТК, рассчитана траектория и время движения робота.
 - о **Расчёт показателей АПС:** Определена цикловая производительность (\approx 14.8 деталей/час) и коэффициенты использования оборудования.
6. **Разработка управляющей программы (УП):** В среде Siemens NX выполнено:
 - о Создание 3D-модели детали и заготовки.
 - о Настройка виртуального станочного пространства.
 - о Проектирование траекторий инструмента для всех технологических переходов (подрезка, точение, нарезание резьбы, сверление, фрезерование паза).
 - о Верификация УП путём симуляции для исключения ошибок и столкновений.
 - о Постпроцессирование и генерация управляющего кода для системы ЧПУ Sinumerik.

Основные результаты

1. Разработан полный комплект технологической и конструкторской документации на изготовление детали «Кольцо».
2. Обоснован и рассчитан технологический процесс, обеспечивающий заданную точность детали (квалитеты IT8-IT12, шероховатость Ra 1.6).

3. Разработана компоновка и рассчитаны параметры роботизированного технологического комплекса для автоматизации процесса.
 4. Создана и верифицирована управляющая программа для обработки детали на станке с ЧПУ.
 5. Произведены расчёты, подтверждающие эффективность предлагаемого решения: коэффициент использования материала (КИМ) для выбранной заготовки — 0.4, цикловая производительность АПС — 14.8 дет./час, коэффициент загрузки станка — 0.94.
-

Заключение и перспективы

Выполненная работа демонстрирует комплексный подход к проектированию автоматизированного производства. Разработанная технология и роботизированный комплекс позволяют:

- Повысить стабильность качества изготовления детали.
- Сократить время производственного цикла за счёт автоматизации вспомогательных операций.
- Увеличить гибкость производства.

Перспективными направлениями дальнейших исследований могут стать:

- Оптимизация компоновки для увеличения количества обслуживаемых станков одним роботом.
 - Внедрение систем машинного зрения для контроля деталей.
 - Интеграция разработанного РТК в структуру более крупной гибкой производственной системы (ГПС).
-

Объём работы: Пояснительная записка — 70 с., приложения — 19 с., 16 таблиц, 20 рисунков, 25 источников, 7 листов графического материала.