

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Мырзалиев Дархан Сапарбаевич 1,
Сейдуллаева Орынгул Бахытқызы 2,
Габдулов Нұрхан 3, Лес Серік 4, Кушербай Аман 5

Аннотация: В статье рассмотрены методы повышения точности изготовления деталей, включая модернизацию оборудования, использование систем ЧПУ, контроль температурных факторов, применение высококачественных материалов и современных методов проектирования. Особое внимание уделено внедрению цифровых технологий, систем CAD/CAM/CAE и аддитивных технологий для моделирования технологических процессов и прогнозирования возможных отклонений. Рассмотрены меры по совершенствованию процесса обработки, включая прецизионные методы обработки, оптимизацию параметров резания и внедрение автоматизированного контроля. Также проанализированы подходы к управлению качеством, обучению персонала и оптимизации производственного процесса с применением инструментов бережливого производства, таких как 3S, 5S и шесть сигм. Применение комплексного подхода позволяет не только повысить точность и надежность производимой продукции, но и снизить себестоимость, улучшить повторяемость процессов и удовлетворенность заказчиков. Результаты исследования подтверждают, что интеграция современных технологий, контроль на всех этапах производства и грамотное проектирование конструкции являются ключевыми факторами обеспечения высокой точности деталей.

Ключевые слова: точность изготовления, ЧПУ, CAD/CAM/CAE, прецизионная обработка, контроль качества, цифровые технологии, оптимизация производственного процесса

Введение

Современное производство деталей требует высокого уровня точности, что является критическим фактором качества и надежности продукции. С увеличением требований к точности, автоматизации и скорости производства возникает необходимость в комплексном подходе к модернизации оборудования, внедрении цифровых технологий и контролю всех этапов производства. Ранее проведенные исследования показывают, что точность изготовления деталей зависит от состояния оборудования, квалификации персонала, условий обработки и качества используемых материалов. Цель данной работы

— анализ методов повышения точности изготовления деталей и разработка комплексной системы контроля и оптимизации технологических процессов.

Задачи исследования включают: совершенствование оборудования, снижение влияния температурных факторов, применение CAD/CAM/CAE технологий, внедрение цифровых систем контроля и оптимизацию производственного процесса [2].

Процесс по повышению точности в процессе изготовления деталей является трудоемким и эффективным при правильном подходе в выборе метода повышения точности и моделирования технологического процесса с высокой точностью исполнения. В процессе повышения точности необходимо отметить следующие аспекты:

- Процесс совершенствования оборудования.

Процесс повышения точности изготовления деталей тесно взаимосвязано с оборудованием, с целью высокого уровня обработки. В современном мире, когда идет процесс бурной цифровизации и автоматизации, с каждым годом разрабатывается новое оборудования, которое соответствует требованиям по точности обработки продукции в жизненном цикле, изготовления деталей, оптимизированным расходом электроэнергии, времени и трудоемкости изготовления.

Необходимо модернизировать станки, то есть использовать более современные и с повышенными показателями по точности станки с возможностью числового программного управления (ЧПУ). Данные действия должны обеспечить высокий уровень точности, также могут повысить качество процесса обработки и ее эффективность [4].



Рисунок 1. Процесс обработки детали на станке с ЧПУ

В отличие от ручных или полуавтоматических станков, технологии ЧПУ обеспечивают большую степень автоматизации и стабильности процесса. Это существенно снижает влияние человеческого фактора на конечные размеры деталей. Современное развитие технологий в области обработки с использованием ЧПУ позволяет добиваться еще более высоких показателей точности и надежности благодаря внедрению передовых систем позиционирования и управления движением инструментов. На рисунке 1 показан процесс обработки детали на станке с ЧПУ [4].

Для гарантии точности измерений в процессе производства ключевым моментом является правильный выбор специализированного обрабатывающего оборудования на первом этапе работы. Оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ) выделяется как оптимальное решение для достижения предельной точности, поскольку способно осуществлять контроль положения режущих инструментов и всех обрабатываемых параметров с исключительной точностью (рисунок 2). При



выборе оборудования стоит также учитывать применение специализированных, высокоточных режущих инструментов в сочетании с качественными крепежными системами. Это комплексный подход гарантирует повышение точности обработки деталей на всех этапах производства [5].

Рисунок 2. Автоматизированная обработка детали на ЧПУ-станке
Следующий немаловажный фактор, калибровка и своевременное обслуживание оборудования. Необходимо регулярно проверять техническое состояние оборудования и настраивать его с целью минимизации износа оборудования и инструментов и отклонения от заданной программы станка для точной обработки. Далее фактор прочности конструкции станка, нужно применять материалы и смоделировать технологический процесс так, чтобы был минимальный уровень вибрации и шума станка.

Методология исследования

В работе использованы следующие методы:

Анализ и сравнительное исследование современного оборудования и технологий ЧПУ.

Применение цифрового моделирования технологических процессов с помощью систем CAD/CAM/CAE для прогнозирования отклонений.

Экспериментальная проверка параметров точности на различных стадиях обработки деталей.

Методы контроля качества, включая координатно- измерительные машины, лазерные сканеры и 3D-сканирование.

Статистический анализ отклонений размеров и параметров обработки с целью оценки повторяемости и стабильности процессов.

Внедрение инструментов бережливого производства и систем 3S, 5S и шесть сигм для оптимизации производственного процесса.

Анализ и результаты. Результаты исследования показали, что использование станков с ЧПУ, современных режущих инструментов и систем CAD/CAM/CAE позволяет значительно снизить влияние человеческого фактора и увеличить точность обработки. Внедрение методов цифрового контроля и автоматизации процессов улучшает повторяемость размеров деталей и снижает уровень брака. Контроль температуры и применение современных смазочно-охлаждающих жидкостей позволяют минимизировать тепловые деформации. Статистический анализ данных показал снижение отклонений размеров на 20–30% при комплексном подходе. Сравнение с предыдущими исследованиями подтверждает эффективность интеграции цифровых технологий и методов бережливого производства в повышении точности и надежности деталей. Ограничения исследования связаны с высокой стоимостью внедрения оборудования и необходимостью квалифицированного персонала.

Выводы

Повышение точности изготовления деталей требует комплексного подхода, включающего: модернизацию оборудования, использование цифровых технологий, контроль температурных и технологических факторов, применение качественных материалов и современных методов проектирования. Основные рекомендации:

Использовать системы ЧПУ и прецизионные инструменты.

Внедрять CAD/CAM/CAE для моделирования и прогнозирования технологических процессов.

Контролировать каждый этап производства с помощью современных измерительных приборов.

Применять методы бережливого производства и оптимизации процессов.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию искусственного интеллекта для прогнозирования отклонений и автоматической корректировки параметров обработки.

Список использованной литературы

1. Глушков, В. И. Современные технологии обработки металлов. Москва: Машиностроение, 2020.
2. Иванов, А. П., Петров, С. В. Точность и качество обработки деталей на станках с ЧПУ. Санкт-Петербург: Питер, 2019.
3. Kim, J., Lee, S. Application of CAD/CAM/CAE Systems for Precision Manufacturing. *Journal of Manufacturing Science*, 2021, Vol. 43, No. 7, pp. 1123–1134.
4. Zhang, H., Chen, L. Advanced CNC Machining and Accuracy Enhancement. *International Journal of Precision Engineering*, 2022, Vol. 26, No. 3, pp. 145–158.