

Принцип поэтапной разработки автоматизированной технологии для изготовления детали.

Аннотация: В настоящее время механизированные процессы активно внедряются на предприятиях, и без инновационных технологий невозможно представить ни одну промышленную отрасль. Автоматизированное управление производственными процессами снижает зависимость от человеческого участия, одновременно улучшая такие показатели, как скорость выполнения задач, качество работы, точность и быстрота принятия решений. Автоматические системы также способствуют оперативному реагированию в нестандартных ситуациях. В этой статье мы рассмотрим принципы разработки автоматизированных систем для создания и управления производственными процессами, которые эффективно применяются в современном производстве, включая CAD/CAM/CAE-системы и робототехнические комплексы для поддержки производственного процесса.

Ключевые слова: Механизированные процессы, автоматизация, размерный анализ, технологические процессы, CAD/CAM/CAE-системы, робототехнические комплексы, управляющая программа.

Abstract: Currently, mechanized processes are being actively implemented at enterprises, and it is impossible to imagine any industrial sector without innovative technologies. Automated management of production processes reduces dependence on human involvement, while improving indicators such as the speed of task completion, quality of work, accuracy and speed of decision-making. Automatic systems also contribute to rapid response in non-standard situations. In this article, we will consider the principles of developing automated systems for creating and managing production processes that are effectively used in modern production, including CAD/CAM/CAE systems and robotic complexes to support the production process.

Keywords: Mechanized processes, automation, dimensional analysis, technological processes, CAD/CAM/CAE systems, robotic complexes, control program.

Введение: Данная статья была написана на основе выполненной выпускной квалификационной работы, в которой представлены результаты разработки уникального технологического процесса изготовления детали с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) для

создания управляющих программ механообработки и проектирования робототехнического комплекса.

В данной работе представлен роботизированный технологический комплекс и управляющая программа, разработанная в САМ-системе, для механической обработки деталей. Этот комплекс способен повысить эффективность производства и улучшить качество продукции. Автоматизация процессов обработки деталей становится необходимой в условиях возросших требований к точности и скорости, а также для повышения безопасности, сокращения времени обработки и снижения производственных затрат.

Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач: разработать технологический процесс обработки детали, выбрать оборудование и компоненты для создания роботизированного комплекса, разработать управляющие программы и интегрировать все элементы в единую систему.

Таким образом, данное исследование актуально для области автоматизации технологических процессов и может послужить основой для будущего производства.

Обзор литературы

Актуальность данного исследования подтверждается множеством научных публикаций. Так, допустим в статье [1] и [2] подчеркивается важность внедрения новых технологий на современных предприятиях, с особым акцентом на автоматизацию процессов.

Методы/ Методологические основания.

Цель исследования: Анализ и описание оптимального подхода к последовательному созданию автоматизированной технологии для изготовления детали, с целью ее возможного дальнейшего использования в производственном процессе

Проблема исследования: В данной работе рассматривается проблема оценки трудоемкости последовательной разработки автоматизированной технологии производства детали с акцентом на её эффективность.

Методы исследования: размерный анализ, методика расчета режимов резания, теоретические методы, анализ и синтез предмета исследования на основе изучения литературы по технологии производства машиностроения, методика построения РТК и циклограммы нагружения.

Основная часть

Для начала работы необходим чертеж детали, который послужит основой для разработки 3D модели и проведения конструкционного анализа технологичности детали.

Следующим шагом является анализ программы выпуска детали и выбор типа производства. Этот выбор зависит от общего объема производства, который определяется технологическими потерями, количеством требуемых запасных частей и запланированным объемом выпуска изделия.

На основе выбранного типа производства определяются технологические методы обработки, необходимое оборудование, оснастка, средства механизации и автоматизации, а также организационные формы реализации технологических процессов (поточное или непоточное производство).

На начальном этапе разработки также осуществляется анализ чертежа детали, который выполняется в соответствии с Общероссийским классификатором изделий и конструкторских документов ОК ЕСКД [3]. В процессе этого анализа выбираются класс, длина, тип наружных и внутренних поверхностей, а также другие конструктивные элементы.

Код классификатора ЕСКД: 711452

Детали - тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др. / С L до 0,5 D вкл. с нар. поверхностью цилиндрической / Без закр. уступов, ступенчатой двухсторонней, без нар. резьбы / С центр. сквоз. отв., круг. в сеч., цилиндр. без резьбы, ступенчатым / Без кольц. паз. на торц., без паз. на нар. пов., с отв. вне оси дет.

Поиск по ОК ЕСКД

-	Информация о классификаторе ЕСКД
- ОК ЕСКД	Общероссийский классификатор изделий и конструкторских документов ОК 012-93
» 71	Детали - тела вращения типа колец, дисков, шкивов, блоков, стержней, втулок, стаканов, колонок, валов, осей, штоков, шпинделей и др.
» 711	С L до 0,5 D вкл. с нар. поверхностью цилиндрической
» 7114	Без закр. уступов, ступенчатой двухсторонней, без нар. резьбы
» 71145	С центр. сквоз. отв., круг. в сеч., цилиндр. без резьбы, ступенчатым
711452	Без кольц. паз. на торц., без паз. на нар. пов., с отв. вне оси дет.



с отв. вне оси дет.

711452

Рис.1 - Классификатор ЕСКД

Далее исследуется материал и возможные типы термических обработок. Например, для изготовления детали была использована конструкционная легированная сталь 20Х, которая обычно используется для изготовления цементуемых деталей, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины, детали, работающие в условиях износа при трении[4].

Сталь можно обрабатывать в широком диапазоне прочности, который колеблется от 1380 МПа до 1860 МПа, применяя различные методы закалки, такие как закалка в масле и изотермическая закалка в селитре. Кроме того, она обладает отличной технологичностью и может подвергаться горячей пластической деформации, а также обработке резанием в отожженном состоянии.

Для оптимизации производственных затрат важно стремиться к максимальному коэффициенту использования материала (КИМ). В этой связи рассматриваются различные методы получения заготовок, такие как поковка на горизонтально-ковочных машинах, горячая объемная штамповка, прокат и другие. Также для более наглядного и детального анализа разрабатываются 3D модели заготовок, на основании которых рассчитываются КИМ с учетом массово-центровочных характеристик для каждого типа, что позволяет провести их сравнение и сделать дальнейшие выводы.

Примеры возможных заготовок

Деталь втулка изготовлена из стали 20. Первой заготовкой рассмотрим поковку. **Поковка** - это заготовка или готовое изделие, получаемое свободной ковкой или горячей объёмной штамповкой в кузнечно-штамповочном производстве. Поковка имеет минимальные припуски на механическую обработку, что позволяет снизить время на механообработку, а также такие поковки имеют высокую прочность и качество изготовления.

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров поковки по (по ГОСТ 7505–89) [5].

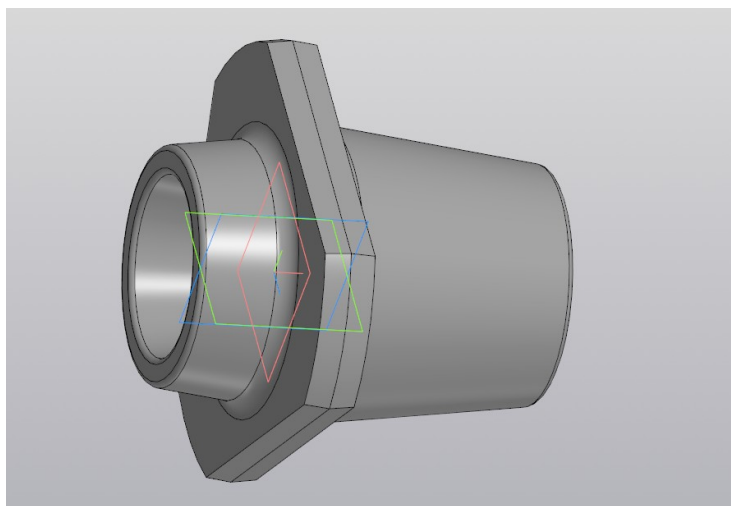


Рис. 2 – Заготовка – поковка

Масса заготовки 5,223 кг.

Масса готовой детали 2,195 кг

Расчёт коэффициента использования материала (КИМ):

$$\text{КИМ} = \frac{m_{\text{дет}}}{m_{\text{заг}}} = \frac{2,195}{5,223} = 0,42$$

Невысокий КИМ указывает на довольно большое количество материала, уходящего в стружку при механической обработке.

После завершения анализа исходных данных разрабатывается план обработки поверхности. План обработки поверхности – это последовательная совокупность методов обработки каждого элемента поверхности, обеспечивающая достижения заданной точности и качества поверхностного слоя.

На число ступеней обработки, состав операций и переходов обработки каждой поверхности влияют многие факторы. Так, например, большая точность размеров и формы исходной заготовки обеспечивает меньшее количество ступеней обработки. Точные размеры, формы и расположения поверхностей, а также качество поверхностей требуют больше степеней обработки. Также на число ступеней обработки влияет выбор поверхности в качестве технологической, либо измерительной базы, так как это обеспечивает точность базирования и установки на последующих операциях.

Основные стадии механической обработки состоят из черновой обработки, которая предназначена для устранения дефектов и уменьшения припусков, чистовой обработки для достижения минимальных припусков, окончательной обработки для обеспечения точности и качества в соответствии с конструкторской документацией, а также отделочной обработки для повышения качества поверхности. Обобщенный план технологического процесса включает в себя несколько этапов.

1) Черновой этап – данный этап обеспечивает удаление поверхностных дефектов с заготовки, уменьшает припуски на следующую обработку, характеризуется высокой производительностью оборудования и невысокой точностью обработки.

2) Чистовой этап – обеспечивает минимальные припуски для окончательных операций, характеризуется более точным оборудованием.

3) Окончательный этап – на данном этапе обеспечивается требуемая точность и качество поверхностного слоя детали в соответствии с конструкторской документацией.

4) Отделочный этап – обеспечивает требуемое качество поверхностного слоя, которое невозможно достичь на окончательном этапе.

Первый этап механической обработки включает в себя обработку базовых поверхностей, от которых зависит дальнейшая работа. Эти поверхности должны обладать правильной геометрической формой, учитывать жесткость заготовки и направление действующих сил. Также важно применять станочные приспособления для достижения максимальной эффективности.

На данном этапе необходимо удалить как можно больше металла за минимальное время, при этом сохраняя требуемую точность. Выбор баз (технологической и измерительной) осуществляется с учетом принципа совмещения баз для межоперационных координирующих размеров, в то время как остальные размеры определяются в процессе выполнения

операции. Черновая обработка обеспечивает получение размеров, которые связывают обрабатываемые поверхности с необрабатываемыми [6].

План технологического процесса демонстрирует последовательность изменений формы и размеров обрабатываемой заготовки в ходе различных операций и установок. Формирование заготовки осуществляется с учетом ее типа (поковка или прокат), необходимых параметров точности, шероховатости поверхности, литейных и штамповочных уклонов, а также эскиза с указанными диаметральными и осевыми размерами. Станочные операции выполняются на определенных установках и располагаются в заранее установленной последовательности. Для каждой операции предоставляется информация о применяемых инструментах и станках, требуемой точности и шероховатости, а также изображения заготовок после обработки. В процессе термообработки, химикотермического упрочнения и нанесения покрытий указываются осевые и диаметральные размеры.

Для подробного изучения выполняется размерный анализ, в ходе которого решаются размерные цепи. Для их решения используются два метода (вероятностный и метод максимум-минимум) и четыре подхода к решению технологических размерных цепей (метод отклонений, метод предельных значений, метод средних значений и метод координат средин полей допусков). В результате рассматриваются как осевые, так и диаметральные размеры.

Размерный анализ осуществляется для проверки оптимальности разработанного плана технологического процесса, что часто возникает при производственной разработке технологических процессов, например, при переходе на станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Подбор режущего инструмента, норм времени и режимов резания к ним осуществляется методами расчета и моделирования, которые учитывают характеристики материала, форму и размер детали, требования к ее качеству и производительности оборудования. В настоящее время существуют специальные справочники «Tool Guide»[7], содержащие информацию о

режущих инструментах, покрытиях, технологиях их применения и таблицы с технологическими параметрами резания. Они используются в производстве для подбора оптимальных режимов резания и инструментов для конкретных задач механической обработки. С их помощью можно быстро найти необходимую информацию о свойствах и применении режущих инструментов, а также выбрать подходящий инструмент для конкретных условий и материалов.

Правильный выбор станочного оборудования играет ключевую роль во многих аспектах, включая производительность изготовления деталей, степень механизации и автоматизации технологического процесса, улучшение качества продукции и снижение ее себестоимости.

При выборе станочного оборудования учитываются различные факторы, такие как тип обрабатываемой поверхности детали, ее габаритные размеры, необходимая точность и шероховатость поверхности, а также производительность обработки и стоимость оборудования. [8].

Кроме того, станочное оборудование должно быть способно обеспечить автоматизированное производство. Проектирование автоматизированной системы механообработки с использованием роботизированного технического комплекса (РТК) на машиностроительных производствах является актуальной темой в современном инжиниринге.

Системы механообработки, оборудованные роботизированными технологическими комплексами (РТК), значительно увеличивают эффективность и точность обработки деталей, а также способствуют снижению производственных затрат.

В этом контексте разработка автоматизированных систем механообработки становится важной для обеспечения конкурентоспособности машиностроительных предприятий. В автоматизированных производственных системах для механической обработки деталей промышленным роботам отводится ключевая роль. Напольные роботы с выдвижной рукой предназначены для работы со

станками, у которых рабочая зона открыта спереди, такими как токарные, сверлильные, фрезерные и шлифовальные машины. Эти роботы имеют горизонтальную конструкцию и способны перемещаться по направляющим, расположенным на полу.

Автоматизированные производственные системы, в частности роботизированные технологические комплексы, применяемые в металлообработке, могут иметь линейную или круговую компоновку[9].

Линейная компоновка роботизированных технологических комплексов является одним из самых популярных решений, обеспечивающим эффективную работу порталных роботов. Тем не менее, круговая компоновка также может быть применена для специфических задач металлообработки, таких как изготовление деталей с множеством поворотов или обработка сложных форм.

Создание алгоритма функционирования роботизированного технологического комплекса (РТК) имеет ключевое значение для повышения производственной эффективности, снижения затрат, улучшения качества продукции и обеспечения безопасности на производстве. Алгоритм описывает последовательность действий РТК для достижения поставленных целей и определяет траекторию перемещения захвата промышленного робота в горизонтальной и вертикальной плоскостях[10].

Программный комплекс SinuTrain предназначен для обучения технологическому программированию систем ЧПУ Sinumerik. Он позволяет создавать, редактировать и проверять управляющие программы на компьютере до их загрузки на станок, а также во время работы на нем. Это значительно улучшает эффективность процесса обучения и сокращает время подготовки управляющих программ. Кроме того, использование SinuTrain помогает избежать ошибок при написании кода, а также повышает точность и качество обработки деталей.

А у управляющей программы созданной в CAD/CAM системе NX более наглядное представление и множество специальных функций для упрощения и ускорения процесса[11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс изготовления детали «основание», включающий в себя применение роботизированного технологического комплекса и управляющую программу.

В результате разработки концепции безлюдного производства для деталей можно достичь повышения производительности и качества выпускаемой продукции, снижения уровня брака и уменьшения себестоимости производства, а также повышения безопасности на производстве. Это связано с тем, что созданный комплекс обеспечивает минимальное вмешательство человека, а станки с системой ЧПУ позволяют быстро перенастраивать оборудование для выпуска различных деталей.

В результате анализа были изучены этапы разработки автоматизированной технологии, в которых явно наблюдается тенденция к увеличению эффективности и снижению трудозатрат и себестоимости в будущем производстве. Полученные результаты могут быть применены на производственных предприятиях для автоматизации технологических процессов и повышения качества выпускаемой продукции.

Список используемой литературы

1. Клокотов, И. Ю. Актуальность внедрения автоматизации технологических процессов и производств на современном этапе развития нашего общества / И. Ю. Клокотов // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". — 2019. — № 1. — С. 144-146.
2. Иванова Т. Н., Жуков А. В. Автоматизация промышленности как фактор развития и совершенствования производительных сил //

- Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 38. – С. 91–95. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/56879.htm>.
3. Классификатор ЕСКД // URL: <https://classinform.ru/okeskd/kod.html//>
 4. Сталь марки 20X // URL:https://metallicheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20X
 5. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски // URL: <https://meganorm.ru//>.
 6. Технология машиностроения. Расчёт припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / Авраменко В.Е., Терсков Ю.Ю. – Красноярск: ПИ СФУ, 2007
 7. Sandvik Coromant // URL:<https://toolguide.sandvik.coromant.com/TouchTime/Coromant/Home#/taskSetup/material>
 8. Общемашиностроительные нормативы времени // URL: <https://sudact.ru/law/obshchemashinostroitelnye-normativy-vremenivspomogatelnogona-obsluzhivanie-rabocheho//>
 9. Промышленные роботы в машиностроении: Альбом схем и чертежей: Учеб. Пособие для технических вузов/Ю.М. Соломенцев, К.П. Жуков, Ю.А. Павлов и др.; Под общ. Ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Машиностроение, 1986. – 140 с.: ил.
 10. «Автоматизация производственных процессов в машиностроении»: /учебно - методическое пособие по курсовому проектированию / Е.И. Егорова, Печенкин М.В. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2022. – 102 с.
 11. Юсупов Ж.А. Программирование обработки на станках с ЧПУ [Электронный ресурс] // учебно-методическое пособие/ Ж.А. Юсупов. 2014.- 214 стр.