

Проектирование оптимального технологического процесса механической обработки детали "Ступица" с подробной разработкой технологической наладки для токарной с ЧПУ обработки

Аннотация

В данном проекте изложены основные положения о проектировании технологического процесса изготовления деталей на машиностроительных производствах. Подробно разработан технологический процесс детали Ступица.

Проектом предусмотрено применение прогрессивного высокопроизводительного оборудования, специального приспособления с пневматическим зажимом, использование комбинированного инструмента для обработки точных отверстий. Все это позволило снизить трудоемкость изготовления детали, повысить производительность труда и улучшить качество обработки.

Ключевые слова: технологический процесс, режущий инструмент, управляющая программа.

Annotation

This project sets out the basic provisions on the design of the technological process for manufacturing parts in mechanical engineering production. The technological process of the Hub part has been developed in detail.

The project provides for the use of progressive high-performance equipment, a special device with a pneumatic clamp, and the use of a combined tool for processing precise holes. All this has reduced the labor intensity of manufacturing the part, increased labor productivity, and improved the quality of processing.

Key words: technological process, cutting tool, control program.

Введение

В современном производстве все больший упор делается на автоматизацию и оптимизацию технологических процессов, повышение эффективности предприятий, улучшения качества изделий. Для удовлетворения этих требований в производстве используют современные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) и различные средства автоматизированного проектирования. Это позволяет сократить время на производство продукции и одновременно с этим повысить качество и технологичность.

Основываясь на вышесказанное, целью данной выпускной квалификационной работы является создание оптимальной технологии механообработки для детали «Ступица», а также разработка управляющей программы обработки детали для станков с ЧПУ.

В ходе работы необходимо решить следующие задачи: анализ исходных данных, разработка маршрутной технологии, размерный анализ, подбор оборудования, режущих инструментов, технологической оснастки, написание управляющей программы, оформление технологической документации.

В результате, данная работа имеет значимость в области автоматизации технологических процессов.

Основная часть

Ступица является телом вращения с посадочными и крепежными отверстиями. Участвует в передаче крутящего момента.

В общем случае ступица представляет собой центральную часть вращающейся детали с отверстием для установки на вал или ось. Обычно отверстие ступицы снабжено шпоночным пазом или шлицевым профилем, что обеспечивает передачу крутящего момента.

Деталь «Ступица», выданная мне в качестве индивидуального задания для курсовой работы, предназначена для точно установки деталей в узлах механизмов.

3D модель детали «Ступица» разработана в CAD-системе Компас-3D. Приведу скриншоты проектирования детали. Для начала создадим эскиз сечения детали, далее с помощью операции «вращение» вытянем деталь по эскизу вокруг оси. На получившемся теле добавляем конструктивные элементы детали – отверстия, фаски, лыски.

Определение типа производства и формы его организации

Тип производства определяется в большей степени общим объемом выпуска изделия. Общий объем выпуска детали учитывает технологические потери, запасные элементы, а также заданный объем выпуска изделия.[3]

Тип производства оказывает большое влияние на технологию изготовления детали, т.к. от типа производства зависит, какое будет использоваться оборудование, технологическая оснастка, метод обработки. Также от типа производства зависит какая организационная форма производства будет задействована – поточная или не поточная.

По заданию, данная деталь изготавливается в условиях среднесерийного производства

Основываясь на исходных данных в виде чертежа детали, ее массы, равной 9.67 кг, определяем, что тип производства является среднесерийным, деталь относится к категории мелких, следовательно годовой объем выпуска будет равным 500-5000 шт.

По Общероссийскому классификатору изделий и конструкторских документов ОК ЕСКД для детали «Ступица» имеем: 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.[2]

Данная деталь выполнена из стали 35. Сталь данной марки является качественной углеродистой и конструкционной.[5]

Использование в промышленности

Детали малой прочности, испытывающие небольшие напряжения: цилиндры, оси, коленвалы, шатуны, шпиндели, звездочки, тяги, ободы, траверсы, валы, бандажи, диски и другие детали.

Массовая доля углерода 0.32 – 0.40, кремния 0.17 – 0.37, марганца 0.5 – 0.8, хрома не более 0.25.

В прокате, заготовках, поковках допускаются отклонения по химическому составу от норм.

Механические свойства стали 35: предел текучести 315 Н/мм², временное сопротивление разрыву – 530 Н/мм², относительное удлинение – 20, относительное сужение 45.

Сталь марки 35 является углеродистой, конструкционной и качественной. Главное преимущество стали данной марки — это твердость и податливость разноплановым обработкам, следовательно данная сталь нашла большое применение в машиностроении. Производят сталь 35 по ГОСТу 1050-88, регламентирующему химический состав, механические свойства, твердость, способы обработки данной стали.

Т.к. данный сплав тяжело поддается прокатке, его редко применяют для изготовления крупногабаритных деталей.

Имеют место потери в механических показателях.

Данное сырье обладает высокими прочностными характеристиками, однако не обладает ни пластичностью, ни вязкостью низколегированных сталей. Механические свойства подробно расписаны в таблицах ГОСТа 1050-88

Обрабатываемость резанием:

в горячекатанном состоянии при HB 144-156 и $\sigma_b=510$ МПа, $K_{0.6,ст}=1,3$

Склонность к отпускной хрупкости:

не склонна.

Температура критических точек:

$A_{c1} = 730$, $A_{c3}(A_{cm}) = 810$, $A_{r3}(A_{rcm}) = 796$, $A_{r1} = 680$, $Mn = 360$

Температура ковки, °C:

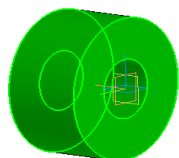
начала 1280, конца 750. Заготовки сечением до 800 мм охлаждаются на воздухе

Чтобы снизить затраты на материалы и стоимость производства, необходимо достичь высокого коэффициента использования материала (КИМ). В качестве заготовки для данной детали можно использовать поковку, полученную на горизонтально-ковочных машинах, поковку, сделанную методом горячей объемной штамповки, прокат.

Примеры возможных заготовок

Рассмотрим в качестве заготовки стальной прокат:

Масса данной заготовки из стали 35 составит 42.57 кг.

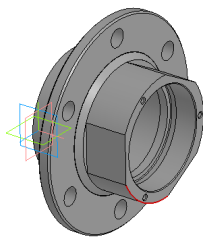


Информация	
Документ	Деталь C:\Users\radel\OneDrive\Рабочий стол
МПК модели	
Деталь	
Заданные параметры	Сталь 35 ГОСТ 1050-2013
Материал тела	Ro = 0.007826 г/мм3
Расчетные параметры (тела и компоненты)	
Масса	M = 42573.297872 г
Площадь	S = 230718.564480 мм2
Объем	V = 5439981.838956 мм3
Центр масс	Xc = 65.000000 мм
	Yc = 0.000000 мм
	Zc = 0.000000 мм

Рис. 1.5 Параметры проката

Коэффициент использования материала (КИМ) в таком случае будет равен:

$$КИМ = \frac{m_d}{m_z} = \frac{9.011721}{42.57} = 0,211$$
 Невысокий КИМ указывает на довольно большое количество материала, которое будет уходить в при механической обработке.



Информация	
Дата	14.10.2023
Документ	Деталь C:\Users\rade1\OneDrive\Рабочий стол
МПК модели	
Деталь	
Заданные параметры	
Материал тела	Сталь 35 ГОСТ 1050-2013
Плотность материала тела	Ro = 0.000008 кг/мм3
Расчетные параметры (тела и компоненты)	
Масса	M = 9.011721 кг
Площадь	S = 179977.867839 м
Объем	V = 1131310.513144
Центр масс	Xc = 56.452681 мм
	Yc = 0.000000 мм

Рис. 1.6 Параметры детали

Рассмотрим в виде заготовки поковку полученную методом горячей объемной штамповкой.

Горячая объемная штамповка представляет собой процесс намеренного деформирования нагретой заготовки из разного рода металла для изменения ее размеров и конфигурации.

Основные параметры получаемой заготовки определяем по ГОСТ 7505-89[6]

Группа стали- М1

Класс точности- Т2

Степень сложности поковки- С3

Исходный индекс- 11

$$\text{КИМ} = \frac{m_d m_d}{m_z m_z} = \frac{9.03}{12.51} = 0,72$$

По КИМ и отдельным свойствам выбираем штамповку

Обоснование выбора исходной заготовки

Существует множество факторов, влияющих на выбор метода получения заготовки. Для экономии материалов, времени и снижения затрат на механическую обработку следует выбирать заготовку, которая по форме, размерам, качеству и точности поверхности максимально приближена к готовой детали. Однако получить такую заготовку сложнее, а следовательно будут увеличиваться затраты на заготовительное производство.

Напротив, затраты на получение заготовки можно снизить, упростив ее форму и снизив требования к точности. В данном случае коэффициент

использования материала снизится, а затраты на обработку заготовки возрастут. При среднесерийном производстве изготовление детали из сортового проката экономически нецелесообразно, т.к. стоимость заготовки будет завышено относительно стоимости самой детали из-за КИМ, а также время обработки увеличивается. Заготовка, с использованием метода горячей штамповки является более близкой по конфигурации к готовой детали и позволяет не проводить обработку на неответственных поверхностях.

План обработки поверхности представляет собой последовательность методов обработки, применяемых к каждому элементу поверхности, что гарантирует достижение требуемой 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. Чем точнее требуются размеры, формы и расположение поверхностей, а также качество поверхностного слоя, тем больше ступеней обработки необходимо произвести. 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.

Количество ступеней обработки можно определить через коэффициент уточнения K_{Σ} . Данный коэффициент зависит от допуска размера поверхности заготовки и допуска размера поверхности детали.

Рассмотрим обработку основных поверхностей детали.

Рассмотрим основные этапы механической обработки деталей:

- 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. Укрупненный план технологического процесса представляет собой перечень этапов изготовления деталей, в состав которого входят основные позиции:

1. Заготовительный этап (изготовление заготовки).
2. Термообработка (для улучшения обрабатываемости резанием).
3. Черновой этап (черновая обработка комплекта технологических баз и предварительная обработка комплекса основных поверхностей).
4. Термообработка. (обеспечивает требуемые свойства поверхностного слоя)
5. Чистовой этап (обработка комплекта технологических баз и чистовая обработка поверхностей, точность которых выше общих допусков).
6. Контроль

Установление последовательности обработки поверхностей, выбор измерительных и технологических баз

В начале обрабатываются те поверхности, которые используются как базы:

- При координатной системе расстановки размеров сначала обрабатывается базовая поверхность, а затем остальные поверхности в технологической последовательности.
- При цепной системе размещения размеров обработка начинается с любой поверхности, после чего остальные поверхности обрабатываются последовательно, одна за другой.
- при комбинированной системе возможны оба варианта.

Для технологических баз обычно используют поверхности с правильной геометрической формой с максимальной протяженностью, учитывая жесткость заготовки в направлении приложения сил.

На начальном этапе обработки важно удалить максимальное количество металла за минимальное время, при этом стараясь свести потери точности к минимуму. Активно используется принцип совмещения баз для межоперационных координирующих размеров при назначении технологических и измерительных баз. Остальные размеры назначают внутриоперационными. Они получаются точнее, потому что в них не входят погрешности базирования и установки. Остается только погрешность метода обработки.

Для данной детали в предварительном этапе мы обрабатываем торцы и снимаем и удаляем лишний металл.

Затем деталь устанавливаем в противошпиндель на трехкулачковый патрон и обрабатываем торцы детали относительно баз.

В следующем этапе происходит чистовая обработка внутренней цилиндрической поверхности с учетом технологических баз, полученных ранее.

Разработка плана технологического процесса

В плане обработки должна изображаться последовательность изменения конфигурации детали, подвергающейся обработке, согласно выполняемым технологическим операциям и установкам:

1. На заготовительная операции приводится:
 - Вид заготовки (поковка, полученная методом горячей объемной штамповки);
 - Класс точности заготовки, шероховатость поверхности, штамповочные уклоны и т.д.;
 - Эскиз обрабатываемой детали, полученной в этой операции с размерами, проясняющими технологию изготовления этой детали.

Станочные операции и установы указывается в порядке их выполнения согласно технологическому процессу детали. На станочных операциях указываются:

- Тип станочного оборудования;
- Среднеэкономическая точность, шероховатость, совместимость технологической и измерительной баз;
- Эскиз обработанной на установе детали, указываются базы, степени свободы, диаметральные и осевые размеры, точность расположения и формы.
- Операции химико-термической и термической обработки, нанесения покрытий, где показаны эскизы заготовки с осевыми и диаметральными размерами, выдерживаемых во время обработки на данной операции.
- На операции окончательного контроля должны быть указаны все размеры рабочего чертежа, в том числе номинальные значения, основные отклонения, качества, предельные отклонения.

После составления плана обработки, необходимо рассчитать технологические размеры при обработке детали. Для этого необходимо составить эскиз совмещенных переходов (ЭСП) на основе полученного ранее плана обработки. ЭСП необходим для составления размерных цепей.[8]

ЭСП составляется согласно порядку выполнения операций, т.е. от заготовки к готовой детали. В начале составляется эскиз заготовки, проводятся определяющие границы детали линии и наносятся начальные условные размеры над эскизом. Затем проставляются операционные и конструкторские размеры и припуски. Далее проставляются конструкторские размеры, которые не выполняются в ходе операции. Замыкающее звено в цепи может быть только одно.

Для построения размерных цепей следует придерживаться определенных правил[8]:

- 1) Размерные цепи строятся от заготовки к конечной детали;

2) Замыкающими звеньями могут быть только припуски и конструкторские размеры;

3)Размеров в цепи не может быть больше, чем порядковый номер припуска замыкающего звена;

4)Два или более припусков в размерной цепи не может быть.

После построения всех размерных цепей составляется таблица, с порядком последовательности решения цепей.

ЭСП диаметральных размеров составляется в порядке выполнения операций и переходов.

Вначале создается эскиз заготовки начальными диаметральными размерами. Далее по плану обработки, согласно последовательности переходов наносим на эскиз размер и снимаемый припуск. При решении используем вероятностный метод, так как метод максимума-минимума не учитывает погрешность формы и расположения обрабатываемой заготовки, а также погрешность её установки в приспособлении.[8]

Также при решении используется упрощенная методика расчета трёхзвенных диаметральных размерных цепей по ОСТ 1.41512-86 «Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные». Потому что её можно применять для расчета трёхзвенных размерных цепей при условии задания операционных допусков в «тело» и одинаковых знаках предельных отклонений составляющих звеньев, то есть оба « + » или оба « – ».

Определение номинальных припусков и предельных отклонений размеров предшествующей обработки осуществляем по приведенным в ОСТе таблицам №3 для валов и №8 для отверстий по номинальным значениям диаметральных размеров (см. стр. 22 и 30). Полученное значение округляем по ряду предпочтительного окончания размеров (таблицы 1-2 на стр.2 ОСТ1.41512-86) в сторону увеличения припуска.[9]

Решение полученных размерный цепей осуществляется с последней цепи, в которой известны заданные конструктором диаметральные размеры.

От правильного выбора станочного оборудования зависит производительность изготовления детали, механизация и автоматизация технологического процесса, повышение качества изготавливаемой детали, и как следствие снижение себестоимость выпускаемой продукции.

Станочное оборудование выбирают с учетом:

1. Вида обработки поверхности детали;
2. Габаритных размеров заготовки, обеспечение необходимой точности, шероховатость поверхности;
3. Производительности обработки, стоимости

Станочное оборудование также должно обеспечить возможность автоматизации производства.

Для Оп. 015 Токарная с ЧПУ необходим токарный станок с ЧПУ с противошпинделем; Для Оп. 020 Токарная-фрезерная чистовая – необходим токарно-фрезерный станок с ЧПУ с притивошпинделем и приводным инструментом (A C C U W A Y U T - 2 0 0 S M);

Токарный станок UT-200SM серии UT-200 с фрезерной функцией и противошпинделем. Позволяет производить обработку деталей, требующих перехватку для доработки на противошпинделе с возможной фрезерной обработкой. Имеет надежную, крепкую станину, которая выдерживает высокие нагрузки и гасит вибрацию.

Для всех операций используется 3-х кулачковый самоцентрирующийся патрон с пневмоприводом для автоматизации закрепления заготовок..

Правильный выбор режущего инструмента имеет большое значение, так как увеличивает производительность и снижает стоимость изделия. Для получения лучшей производительности обработки необходимо правильно

выбирать геометрию, форму пластины, а именно угол при вершине и радиус при вершине. Форму пластины необходимо выбирать соответственно углу в плане. Для обеспечения прочности и надежности пластины необходимо выбирать максимальный угол при вершине, однако необходимо учитывать вид обработки.

Большой угол при вершине обеспечивает прочность режущей кромки, но требует большей силы резания и более высокую подачу, имеет большую вероятность возникновения вибрации.

Меньший угол при вершине имеет меньшую вероятность возникновения вибраций, требует низкие силы резания, однако режущая кромка более хрупкая.

Радиус при вершине влияет на качество обработанной поверхности и прочность пластины. При выборе угла при вершине необходимо учитывать глубину резания и подачи.

Большой радиус при вершине работает с большими подачами и большей глубиной резания, имеет высокую прочность режущей кромки.

Малый радиус при вершине используют при малой глубине резания, но имеет менее прочную режущую кромку.

Для черновой обработки лучше подходят инструменты, имеющие режущую часть с большим углом и радиусом при вершине, а для чистовой обработки необходимо выбирать меньший угол и радиус.

Выбор материала режущей части инструмента зависит от материала обрабатываемой заготовки, режимов резания и других факторов.

Так как мы не знаем режимы резания, выберем предварительно тип режущего инструмента и форму режущей части.

В условиях автоматизированного производства необходимо использовать современные средства контроля и измерений линейных

размеров, для того чтобы повысить производительность труда контролера и станочника, и улучшить качество выпускаемого изделия и понизить стоимость. Рассмотрим контрольно-измерительные средства:

1) Для измерения параметров шероховатости используем Профилограф-профилометр;

2) Для измерения отверстий используем Прибор прецизионный для измерения диаметров отверстий;

3) Для измерения линейных размеров используем Систему измерительную портативную с индуктивным преобразователем;

4) Для проверки допусков радиального и торцевого биения используем Установку для измерения биений.

Последовательность выполнения переходов и рабочих ходов была установлена с учетом требований к детали и возможностей выбранного станка.

Разрабатываемая программа для операции 015 содержит следующие технологические переходы:

- подрезка торца.
- обработка наружной цилиндрической поверхности.
- расточка отверстия.
- сверление отверстия.

Создаем операцию для каждого технологического перехода.

Для создания операции нажимаем на иконку «создание операции», выбираем тип «turning» подтип «торцевание» в качестве родительских объектов выбираем соответствующие инструменты и геометрию. Задаем имя операции «FACING1». Далее в параметрах операции ограничиваем регион обработки осевой плоскостью. В «параметрах резания» указываем припуск в разделе «скорости и подачи» указываем режимы резания, после чего генерируем траекторию.

Заключение

В данной статье были приведены способы разработки технологического процесса и комплекта технологической документации для серийного производства детали «Ступица», а также способ разработки управляющей программы по обработке детали на станках с ЧПУ с помощью САМ- системы.

В рамках работы были поставлены и выполнены следующие задачи: анализ исходного чертежа, обоснование и выбор исходной заготовки, сформулирован укрупненный план ТП, проведен размерный анализ, подобраны оборудование и режущие инструменты, проведен расчет режимов резания.

Результаты работы могут быть задействованы в производстве для автоматизации и оптимизации технологических процессов и повышения качества продукции

Список использованных источников

1. ГОСТ 2.109-73 «Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам»
2. Классификатор ЕСКД <https://classinform.ru/ok-eskd/kod> [электронный ресурс]
3. Выбор типа производства <https://studfile.net/preview/16994320/page:4/>
4. Отличие поковки от проката <https://e-metall.ru/blog/otlichie-pokovki-ot-prokata/>
5. ГОСТ 27782-88 «Материалоемкость изделий машиностроения» <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294826/4294826949.pdf>
6. ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски» <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294845/4294845532.pdf>
7. Операции для изготовления втулки <https://evakuatorinfo.ru/operatsii-dlya-izgotovleniya-vtulki/> [электронный ресурс]
8. Построение и расчет размерных цепей <https://studfile.net/preview/3747807/page:13/> [электронный ресурс]
9. ОСТ1.41512-86 «Детали механообрабатываемые» <https://studfile.net/preview/6305194/>
10. Технология машиностроения. Расчёт припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / Авраменко В.Е., Терсков Ю.Ю. – Красноярск: ПИ СФУ, 2007
11. Iscar: <https://www.iscar.com/Ecatalog/index.aspx?lang=RU>
12. Юсупов Ж. А. Программирование обработки и техническая наладка станков с CNC – системой ЧПУ: учебно – методическое пособие; Казань: изд – во Казан. гос. техн. ун – та, 2014. – 112с.
13. Ведмидь П.А., Сулинов А.В. «Программирование обработки в NX CAM».
14. Курyleв Д.В., Курс по дисциплине: "Программирование станков с числовым программным управлением".

- 15.ГОСТ 30893.1.2002 «Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками» // URL: <https://meganorm.ru/>.
- 16.ГОСТ 2.316-2008 «Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения» // URL: <https://meganorm.ru/>.
- 17.ОСТ 1.41512-86 «Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные» // URL: <https://meganorm.ru/>.
- 18.ГОСТ 2.109-73 «ЕСКД Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам» // URL: <https://meganorm.ru/>.
- 19.ГОСТ 25346-2013 «Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки» // URL: <https://meganorm.ru/>.
- 20.Технология машиностроения. Расчёт припусков и межпереходных размеров: Учеб. пособие / Авраменко В.Е., Терсков Ю.Ю. – Красноярск: ПИ СФУ, 2007
- 21.<https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/tools>
- 22.Средства контроля размеров и формы // URL: <http://www.micron.ru/information/articles/1/>.