

Методические указания

студентам по проведению практических и лабораторных занятий по курсу «Технология обработки упрочненных и восстановленных поверхностей»

На практических и лабораторных занятиях студент приобретает навыки по разработке технологии изготовления детали по представленному преподавателем чертежу, расчета промежуточных припусков и размеров детали на обработку и расчета режимов резания. Это дает возможность студенту применить в полном объеме свои теоретические и практические знания, применить новейшие достижения науки и техники в области машиностроения.

Для этого необходимо:

1. Произвести анализ технологичности детали;
2. Определить тип производства в зависимости от программы выпуска деталей;
3. Выбрать вид и метод получения заготовки
4. Разработать технологический процесс изготовления детали и заполнить операционную и маршрутную карты;
5. Определить промежуточные припуски, допуски и размеры аналитическим методом при изготовлении детали из проката, штамповки или литья;
6. Произвести расчет режимов резания при механической обработке аналитическим методом

1. Анализ технологичности детали.

Каждая деталь должна изготавливаться с минимальными трудовыми и материальными затратами. Эти затраты можно сократить в значительной степени от правильного выбора варианта технологического процесса, его оснащения, механизации и автоматизации, применения оптимальных режимов обработки и правильной подготовки производства. На трудоемкость изготовления детали оказывают особое влияние ее конструкция и технические требования на изготовление.

При отработке на технологичность конструкции детали необходимо производить оценку в процессе ее конструирования.

Требования к технологичности конструкции детали и сферы проявления эффекта при их выполнении согласно ГОСТ 14.204—93 следующие:

конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;

детали должны изготавливаться из стандартных и унифицированных заготовок или заготовок, полученных рациональным способом;

размеры и поверхности детали должны иметь соответственно оптимальные степень точности и шероховатость;

физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, ее форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления;

показатели базовой поверхности (точность, шероховатость) детали должны обеспечивать точность установки, обработки и контроля;

конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых и стандартных технологических процессов ее изготовления.

Поэтому технологический анализ детали необходимо производить по всем ее обрабатываемым поверхностям. Анализуются степень точности и шероховатость обрабатываемых поверхностей, технические требования на изготовление детали, допусков формы и расположения поверхностей. Это дает возможность выбрать самые оптимальные методы обработки каждой из рассмотренных поверхностей изготавливаемой детали.

При необходимости допускается производить изменения на рабочем чертеже детали согласно системе ЕСКД и государственным стандартам без конструктивных изменений изделия, так как на изменение конструкции детали необходимо иметь авторское разрешение.

2. Определение типа производства.

Тип производства согласно ГОСТ 3.1108—94 характеризуется коэффициентом закрепления операций за одним рабочим местом или единицей оборудования. Тип производства определяется коэффициентом

$$K_{з.о} = Q/P_m.$$

где Q — число различных операций; P_m — число рабочих мест, на которых выполняются данные операции.

Типы производства характеризуются следующими значениями коэффициентов закрепления операций:

При массовом

При крупносерийном	1 до 10
При среднесерийном	10 до 20
При мелкосерийном	20 до 40
При единичном	свыше 40

Для предварительного определения типа производства можно использовать годовой объем выпуска и массы детали по табл 1.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. Единичное производство универсально, т.е. охватывает разнообразные типы изделий, поэтому оно должно быть гибким, с применением универсального оборудования, а также стандартного режущего и измерительного инструмента.

Таблица 1

Зависимость типа производства от объема выпуска (шт.) и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	массовое
<1,0	<10	10–2000	1500–100 000	75 000–200 000	200 000
1,0–2,5	<10	10–1000	1000–50 000	50 000–100 000	100 000
2,5–5,0	<10	10–500	500–35 000	35 000–75 000	75 000
5,0–10	<10	10–300	300–25 000	25 000–50 000	50 000
>10	<10	10–200	200–10 000	10 000–25 000	25 000

Технологический процесс изготовления детали при этом типе производства имеет уплотненный характер, т.е. на одном станке выполняются несколько операций или полная обработка всей детали. Применение специальных приспособлений в единичном производстве экономически нецелесообразно, их используют только в исключительных случаях. Себестоимость выпускаемого изделия при единичном производстве сравнительно высокая.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим

объемом выпуска, чем в единичном типе производства. При серийном производстве используются универсальные станки, оснащенные как специальными, так и универсальными и универсально-сборными приспособлениями, что позволяет снизить трудоемкость и себестоимость изготовления изделия. В серийном производстве технологический процесс изготовления изделия преимущественно дифференцирован, т.е. расчленен на отдельные самостоятельные операции, выполняемые на определенных станках.

При серийном производстве обычно применяют универсальные, специализированные, агрегатные и другие металлорежущие станки. При выборе технологического оборудования специального или специализированного, дорогостоящего приспособления или вспомогательного приспособления и инструмента необходимо производить расчеты затрат и сроков окупаемости, а также ожидаемый экономический эффект от использования оборудования и технологического оснащения.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых в течение продолжительного периода времени. При массовом производстве технологические процессы разрабатываются подробно и хорошо оснащаются, что позволяет обеспечить высокую точность и взаимозаменяемость деталей, малую трудоемкость, а следовательно, и более низкую, чем при серийном производстве, себестоимость изделий.

При массовом производстве возможно более широко применять механизацию и автоматизацию производственных процессов, использовать дифференцирование технологического процесса на элементарные операции, применять быстродействующие специальные приспособления, режущий и измерительный инструмент.

3. Выбор вида и метода получения заготовки

В машиностроении основными видами заготовок для деталей являются стальные и чугунные отливки, отливки из цветных металлов и сплавов, штамповки и всевозможные профили проката.

Способ получения заготовки должен быть наиболее экономичным при заданном объеме выпуска деталей. На выбор формы, размеров и способа получения заготовки большое значение имеет конструкция, и материал детали. Вид заготовки оказывает значительное влияние на характер технологического процесса, трудоемкость и экономичность ее обработки.

При выборе вида заготовки необходимо учитывать не только эксплуатационные условия работы детали, ее размеры и форму, но и экономичность ее производства. Если при выборе заготовок возникают затруднения, какой метод изготовления принять для

той или другой детали, тогда производят технико-экономический расчет двух, или нескольких выбранных вариантов. После обоснования способа получения заготовки необходимо дать краткое описание технологического процесса ее получения и обосновать выбор плоскости разреза формы или штампа, величину принятых радиусов скруглений и формовочных уклонов.

4 Разработка операционного технологического процесса механической обработки заготовки.

Разработка операционного технологического процесса механической обработки заготовки дает возможность студенту применить в полном объеме свои теоретические и практические знания, применить новейшие достижения науки и техники в области машиностроения для разработки курсового проекта.

В курсовом проекте можно разрабатывать любые виды технологических процессов изготовления деталей в зависимости от задания на курсовое проектирование, где при составлении его учитываются все возможные варианты для повышения качества подготовки будущего специалиста по обработке металлов резанием.

Какой бы технологический процесс не разрабатывался, следует добиваться минимальных затрат по изготовлению проектируемой детали.

Комплектность документов, необходимых для описания технологического процесса, зависит от его организации, вида работ и типа производства. Комплектность технологических документов устанавливается по ГОСТ 3.1108—94 "Комплектность документов в зависимости от типа и характера производства". Комплектность документа технологического процесса механической обработки в курсовых проектах можно использовать из маршрутной карты (таблица 1 приложения); операционной карты (таблица 2 приложения); карты эскизов; карты технического контроля и ведомости технологических документов.

Комплектность технологических документов зависит от специализации и специфики работы.

Описание технологического процесса механической обработки выполняется на форматах, установленных стандартами ЕСТД в зависимости от метода обработки и организации технологического процесса.

Правила записи технологических операций и переходов обработки резанием установлены ГОСТ 3.1702—99.

Каждой операции присваивается номер кратный 5. Например:

Операция 005 Токарная, Операция 010 Фрезерная,

Операция 015 Сверлильная и т.д.

Наименование операции обработки резанием должно отражать применяемый вид технологического оборудования и записываться именем прилагательным в именительном падеже, например: **зубошлифовальная, хонинговальная, продольно-строгальная, сверлильно-центровальная, иллиценакатная, токарная, фрезерная, шлифовальная и т.п.**

Запись содержания технологической операции следует выполнять в форме маршрутного или операционного описания. В содержании операции необходимо отражать все действия, выполняемые в технологической последовательности. В содержании операции (перехода) необходимо включать ключевые слова, характеризующие метод обработки, выраженные глаголом в неопределенной форме, например: **проточить, расточить фрезеровать, шлифовать, галтовать, установить, снять, зенковать, хонинговать и т.д.**

В содержании технологического перехода допускается полная или сокращенная форма записи. Полную форму записи следует выполнять при отсутствии графических изображений, а сокращенную - при наличии графических изображений, которые достаточно полно отражают всю необходимую информацию

по изготовлению детали.

Пример 1. Полная запись: "Сверлить 8 сквозных отверстий с последующим зенкованием фасок, выдерживая $d = 12^{+0,07}$, $d = 90 \pm 0,08$, угол $90^\circ \pm 30'$

и $1,6 \times 46^\circ$, согласно чертежу".

2. Сокращенная запись: "Сверлить 8 отверстий выдерживая размеры 1,2, 3 и 4.

Установление полной или сокращенной записи содержания технологической операции для каждого конкретного случая определяется разработчиком документов. Запись вспомогательных переходов следует выполнять в соответствии с правилами для технологических переходов.

При заполнении документов рукописным способом вместо условного обозначения d применять знак ϕ и не указывать условные обозначения длины, ширины, фаски.

Например: *"Расточить поверхность, выдерживая размеры*

φ 120^{+0.07}, 60± 0,2 и 1,6x45 "

В записи содержания операции следует использовать следующие ключевые слова:

для технологических переходов - *вальцевать, врезаться, галтовать, гравировать, довести, долбить, закруглить, заточить, затыловать, зенкеровать, накатать, нарезать, обкатать, опилить, отрезать, подрезать, полировать, притиреть, приработать, протянуть, развернуть, развальцевать, раскатать, рассверлить, расточить, сверлить, строгать, суперфинишировать, точить, хонинговать, шевинговать, шлифовать, цековать, центровать, фрезеровать;*

для вспомогательных переходов - *выверить, закрепить, настроить, переустановить, переустановить и закрепить, переместить, поджать, проверить, смазать, снять, установить, установить и выверить, установить и закрепить,*

В содержании операции следует оставлять свободные строки между описаниями переходов для дальнейшей корректировки текста.

При разработке технологических эскизов на операции или отдельные технологические переходы необходимо выполнять все требования, предъявляемые к графическим документам.

Технологический эскиз разрабатывается на каждую операцию в крупносерийном и массовом производстве, а при необходимости и на отдельный технологический переход. Технологический эскиз является исходным данным для подробного описания операции по переходам или позициям. На технологическом эскизе указываются все необходимые данные для качественной обработки детали;

указываются необходимые размеры обрабатываемых элементов детали с отклонениями на данной операции, а также необходимыми справочными размерами, которые будут использованы в процессе определения режимов резания и норм времени по технологическим переходам на операцию, На свободном поле карты эскиза указываются необходимые технические требования на изготовление детали (только для обрабатываемых поверхностей на данной операции).

На каждый обрабатываемый элемент заготовки устанавливается шероховатость поверхности и указывается условное обозначение шероховатости в зависимости от метода обработки и степени точности. Одинаковые значения шероховатости поверхности группируют и выносят в правый верхний угол эскиза.

На технологическом эскизе необходимо указывать условные обозначения опор, зажимов на базовых поверхностях детали согласно ГОСТ 3.1107—91 "Опоры, зажимы и установочные устройства. Графические обозначения".

Необходимое число изображений (видов, разрезов, сечений и выносок) на эскизе устанавливается из условий обеспечения наглядности и ясности изображения обрабатываемых поверхностей детали. Поверхности, подлежащие обработке, на эскизе следует обводить сплошной линией, равной $2s \dots 3s$ по ГОСТ 2.303-98. Для наглядности допускается изображать обрабатываемые поверхности на эскизе красным цветом. Все обрабатываемые поверхности условно нумеруют арабскими цифрами в технологической последовательности и соединяют с размерной линией. Номера поверхностей обводят знаком окружности диаметром $6 \dots 8$ мм.

Технологические эскизы на операцию или переходы выполняются от руки без масштаба в левом верхнем углу операционной карты, однако эскизы следует выполнять аккуратно и четко. Условные обозначения, применяемые на технологических эскизах, должны соответствовать установленным стандартам. Нестандартные обозначения необходимо разъяснять в примечаниях к данному эскизу.

5 Определение промежуточных припусков, допусков и размеров

Промежуточные припуски имеют очень важное значение в процессе разработки технологических операций механической обработки деталей. Правильное назначение промежуточных припусков на обработку заготовки обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, качество выпускаемой продукции, снижает себестоимость изделий и ускоряет дальнейшее развитие машиностроительной промышленности.

В массовом и крупносерийном производстве промежуточные припуски рекомендуется рассчитывать аналитическим методом, что позволяет обеспечить экономию материала, электроэнергию и другие материальные и трудовые ресурсы

В серийном и единичном производствах используют статистический (табличный) метод определения промежуточных припусков на обработку заготовки, что обеспечивает более быструю подготовку производства по выпуску планируемой продукции, освобождает инженерно-технических работников от трудоемкой работы.

После расчета промежуточных размеров определяют допуски на эти размеры, соответствующие экономической точности данной операции. Промежуточные размеры и допуски на них определяют для каждой обрабатываемой поверхности детали.

Черновые операции обычно следует выполнять с более низкими техническими требованиями на изготовление (12—14 квалитет), получистовые - на один - два квалитета ниже и окончательные операции выполняются по требованиям рабочего чертежа детали.

Шероховатость обрабатываемых поверхностей зависит от степени точности и назначается по справочным таблицам. Необоснованное повышение качества поверхности и степени точности обработки повышает себестоимость изготовления детали на данной технологической операции.

При назначении промежуточных предельных отклонений необходимо учитывать данные рекомендации при разработке технологического процесса изготовления деталей.

5.1. Аналитический метод определения припусков.

Величина припуска влияет на себестоимость изготовления детали, При увеличенном припуске повышаются затраты труда, расход материала и другие производственные расходы, а при уменьшенном приходится повышать точность заготовки, что также увеличивает себестоимость изготовления детали.

Обычно в заготовках, методом литья, могут содержаться раковины, песочные включения, а в штампованных заготовках имеются обезуглероженный слой, микротрещины и другие дефекты.

Дефектный слой чугуновых отливок по деревянным моделям составляет 1—6 мм, у поковок 0,5—1,5 мм и у горячекатаного проката 0,5—1,0 мм. Для более точного определения припуска на обработку и предотвращения перерасхода материала применяют аналитический метод для каждого конкретного случая с учетом всех требований выполнения заготовок и промежуточных операций.

Для получения деталей более высокого качества необходимо при каждом технологическом переходе механической обработки заготовки предусматривать производственные погрешности, характеризующие отклонения размеров, геометрические отклонения формы поверхности, микронеровности, отклонения расположения поверхностей. Все эти отклонения должны находиться в пределах поля допуска на размер поверхности заготовки.

Аналитический метод определения припусков базируется на анализе производственных погрешностей, возникающих при конкретных условиях обработки заготовки.

Величина промежуточного припуска для плоских поверхностей заготовки

$$Z_{\min} = R_z + T + \rho_o + \varepsilon_y;$$

для поверхностей типа тел вращения (наружных и внутренних)

$$2Z_{\min} = 2 (R_z + T + \sqrt{\rho_o^2 + \varepsilon_o^2}, \quad (1)$$

где R_z — высота микронеровностей поверхности, оставшихся при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм; T — глубина дефектного поверхностного слоя, оставшегося при выполнении предшествующего технологического перехода, мкм;

ρ_o — суммарные отклонения расположения, возникшие на предшествующем технологическом переходе, мкм;

ε_y — величина погрешностей установки заготовки при выполнении технологического перехода, мкм.

Отклонения после чистовой обработки обычно исключают при расчетах из-за их малой величины. Отклонения и погрешности установки определяют в каждом конкретном случае в зависимости от метода получения заготовки.

Максимальный припуск на обработку поверхности заготовки:

для плоских поверхностей

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_H - \delta_B;$$

для поверхностей типа тел вращения

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_{D\Pi} - \delta_{DB},$$

Где δ_H и $\delta_{D\Pi}$ — допуск на размер на предшествующем переходе, мм;

δ_B и δ_{DB} — допуск на размер на выполняемом переходе, мм.

Допуски и шероховатость поверхности на окончательных технологических переходах (операциях) принимают по рабочему чертежу.

Для удобства определения промежуточных припусков перед их расчетом исходные и расчетные данные по каждой операции на конкретную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности заносят в таблицу (табл.2).

Таблицу рекомендуется заполнять в такой последовательности:

в графу "заготовка и технологическая операция" записывают вид заготовки и операции, установленные на данную обрабатываемую поверхность в технологической последовательности;

в графу "Точность заготовки и обрабатываемых поверхностей" записывают степень точности выбранной заготовки и качества на промежуточные размеры без предельных отклонений;

в графу "Элементы припусков" заносят величину микронеровностей R_z и глубину дефектного поверхностного слоя T на заготовку и на все операции в технологической последовательности в зависимости от метода обработки, а величину погрешностей установки заготовки на выполняемой операции определяют по таблице или производят расчет по формулам;

суммарное значение отклонений p рассчитывают аналитическим методом и значения расчета заносят в графу таблицы;

графу "Допуски на размер" заполняют значениями допусков на заготовку и промежуточные размеры согласно степени точности заготовки и качества установленных на размер по каждой операции.

Остальные значения промежуточных припусков и размеров заносят в таблицу после расчетов.

Графы промежуточных размеров D_{\min} и D_{\max} определяют заполняют от окончательных промежуточных размеров до размеров заготовки.

5.1.1. Расчет припусков при изготовлении деталей из проката

Гладкие, ступенчатые валы и другие аналогичные детали изготавливают из проката повышенной или обычной точности. Методы обработки заготовок ведут согласно степени точности принятого проката. Для ступенчатых валов расчет припусков и предельных размеров ведут по ступени с наибольшим диаметром, а при их равенстве по ступени, к которой предъявляют высокие технические требования по точности, качеству поверхности, отклонения расположения.

Суммарные отклонения расположения проката определяются

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ом}^2 + \rho_{ц}^2}$$

где $\rho_{ом}$ - величина отклонения расположения (местная или общая), мкм;

$\rho_{ц}$ - величина отклонения расположения заготовки при центровке, мкм.

Величину отклонения расположения (местную) проката $\rho_{ом}$ определяют:

при консольном креплении $\rho_{ом} = \Delta_y L_k$

при установке в центрах $\rho_{ом} = 2\Delta_y L_k$

где Δ_y - величина удельного отклонения расположения мкм/мм;

L_k — расстояние от сечения, для которого определяют

величину отклонения расположения до места крепления заготовки, мм.

При консольной обработке заготовки $L_k < L$, а при обработке в центрах $L_k < 0,5L$ (L — общая длина заготовки, мм)

Величина расположения заготовки при зацентровке $\rho_{ц}$

$$\rho_{ц} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1}$$

где δ_3 - допуск на диаметр базовой поверхности заготовки,

использованный при центровке, мм.

Величина остаточного суммарного расположения заготовки после выполнения перехода (операции)

$$\rho_{ост} = K_y \rho_3$$

где K_y коэффициент уточнения ; ρ_3 суммарное отклонения расположения заготовки, мкм.

При обработке отверстий плавающим инструментом суммарные отклонения расположения не исправляются, поэтому в дальнейших расчетах не участвует.

Погрешность установки на заготовку

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{3к}^2}$$

где ϵ_6 - погрешность базирования мкм,

$\epsilon_{зк}$ - погрешность закрепления заготовки, мкм.

При совмещении технологической и измерительной баз погрешность базирования $\epsilon_6 = 0$, поэтому необходимо стремиться (когда это возможно) базы совмещать.

При базировании в центрах погрешность установки в радиальном направлении

$$\epsilon_y = 0,25\delta_3,$$

где δ_3 - допуск на диаметральный размер заготовки, мм.

Деформацию заготовок при зажимной силе, направленной перпендикулярно обрабатываемой поверхности, для черновых заготовок принимают 100—150 мкм, после черновой обработки 50—65 мкм, после чистовой обработки 10—15 мкм.

При закреплении заготовок в приспособлениях тисочного типа погрешность закрепления

$$\epsilon_{зк} = K_3 b$$

где K_3 - коэффициент, зависящий от характеристики поверхностей, воспринимающих силу зажима: для поверхностей до обработки $K_3 = 17,5$; после черновой обработки $K_3 = 5,8$:

b - ширина поверхности заготовки, мм.

Промежуточные расчетные размеры

$$D_{hi} = D_{номj} + 2Z_{mini}$$

где $D_{номj}$ - номинальный размер обработанной поверхности детали на предшествующей операции (перехода), мм.

Последовательность определения промежуточных расчетных размеров производят от номинальных размеров детали по чертежу (окончательной операции или перехода) к размерам заготовки. Например, если необходимо определить промежуточный расчетный размер на черновую токарную обработку, то к номинальному расчетному размеру чистовой токарной операции прибавляют минимальный расчетный припуск на чистовую обработку и т.д.

Минимальные (максимальные) промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов) или вычитания (для отверстий), минимальных (максимальных) значений промежуточных припусков:

$$D_{\min} = D_{\text{mini}} + 2Z_{\text{mini}}$$

$$D_{\max} = D_{\text{maxi}} + 2Z_{\text{maxi}}$$

где D_{maxi} , D_{mini} - предельные размеры поверхностей по операциям (переходам), мм;

$2Z_{\text{mini}}$, $2Z_{\text{maxi}}$ - предельные (округленные) в сторону увеличения согласно степени точности припуска на операцию (переход), мм.

По максимальным предельным размерам заготовки выбирают ближайшие размеры проката согласно стандарту на сортамент! (см. табл.). Действительный общий припуск на обработку детали:

$$2Z_{\text{omin}} = D_{\text{пр}} - D_{\text{dmin}}$$

где $D_{\text{пр}}$ - диаметр проката по стандарту мм.

Рабочий чертеж на заготовку из проката допускается не разрабатывать. Эскиз на данную заготовку приводят в пояснительной записке курсового проекта.

Пример: Определить промежуточные припуски и промежуточные размеры при обработке поверхности вала диаметром 80f7 согласно рабочему чертежу.

Исходная заготовка - горячекатаный прокат обычной точности ГОСТ 2590-91..

После отрезки заготовка правится и центрируется.

Тип производства — массовый.

Решение. В данном типе производства токарную обработку можно выполнить на токарном многолезцовом полуавтомате. Заготовка устанавливается в центрах. Шлифовальная обработка производится на круглошлифовальном станке. Заготовка устанавливается в жестких центрах.

Составляется технологический маршрут обработки поверхности вала диаметром 80f7:

Операция 005. Токарная(черновая обработка)

" 010. Токарная (чистовая обработка)

" 015. Шлифовальная

Для наглядности и простоты определения промежуточных припусков и промежуточных размеров составляют таблицу.

Точность и качество поверхности после механической обработки устанавливается по таблицам.

Допуски на изготовление детали выбираются по таблицам: для заготовок из проката по ГОСТ 2590—91 для заготовок, полученных методом горячей объемной штамповки, по ГОСТ 7505—94; на литые заготовки ГОСТ 1855—95, ГОСТ 2009—95 и на размеры, подлежащие обработке, ГОСТ 25347-92.

Элементы припусков (R_z и T) назначаем по таблицам в зависимости от метода обработки поверхностей заготовки и состояния проката.

Расчетный минимальный припуск на черновую обработку поверхности определяем по формуле (1), а параметры припусков выбираем по таблицам.

Для определения элементов припуска r_0 и ε_y необходимо произвести следующие действия:

определить отклонения расположения (местное) заготовки $r_{0\text{м}}$ в зависимости от крепления детали:

$$r_{0\text{м}} = 2\Delta_y L_{\text{к}} = 2 \cdot 0,07 \cdot 150 = 21 \text{ мкм},$$

Величину удельного отклонения расположения Δ_y выбирают по таблицам :

$$\Delta_y = 0,07 \text{ мкм/мм.}$$

Расстояние $L_{\text{к}}$ от сечения, для которого определяется кривизна, до места опоры при установке в центрах определяется из отношения

$$L_{\text{к}} < 0,5L = 0,5 \cdot 300 = 150 \text{ мкм.},$$

L - длина заготовки в мм, где $L = 300$ мм,

Величина отклонения расположения заготовки центровки

$$r_{\text{ц}} = 0,25 \sqrt{\delta_3^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1,8^2 + 1} = 0,52 \text{ мм},$$

где δ_3 — допуск на диаметр базовой поверхности, мм, $\delta_3 = 1,8$ мм

Суммарное отклонение расположение

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{om}^2 + \rho_y^2} = \sqrt{21^2 + 250^2} = 520,4 \text{ мкм.}$$

Погрешность установки при базировании в центрах заготовки

$$\varepsilon_y = 0,25\delta_3, = 0,25 \cdot 1800 = 450 \text{ мкм.}$$

Минимальный припуск на черновую обработку

$$2Z_{\min} = 2(R_z + T + \sqrt{\rho_o^2 + \varepsilon_o^2}) = 2(200 + 300 + \sqrt{520,4^2 + 450^2}) = 2376 \text{ мкм.}$$

Максимальный припуск на черновую обработку поверхности детали

$$Z_{\max} = Z_{\min} + \delta_{ДП} - \delta_{ДВ} = 2376 + 1800 - 460 = 3716 \text{ мкм.,}$$

ГДЕ $\delta_{ДП} = 1800 \text{ мкм., } \delta_{ДВ} = 460 \text{ мкм.}$

ВЕЛИЧИНУ ОСТАТОЧНОГО СУММАРНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗАГОТОВКИ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРНОВОЙ ОБРАБОТКИ

$$\rho_{ог} = K_y \rho_3 = 0,06 \cdot 520,4 = 31,2 \text{ мкм.}$$

Величина погрешности установки при чистовой обработке

$$\varepsilon_{y,ч.} = 0,06\varepsilon_y = 0,06 \cdot 450 = 27 \text{ мкм.}$$

При последующей обработке поверхности детали погрешности установки из-за незначительной ее величины в расчет не принимаем.

Расчетные минимальный и максимальный припуски на чистовую обработку поверхности

$$2Z_{\min} = 2(60 + 60 + \sqrt{31,2^2 + 27^2}) = 322,5 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max} = 2(322,5 + 460 - 70) = 1425 \text{ мкм.}$$

Расчетный минимальный и максимальный припуски на шлифование

$$2Z_{\min} = 2(6 + 12) = 36 \text{ мкм.}$$

$$2Z_{\max} = 2(36 + 70 - 30) = 152 \text{ мкм.}$$

Промежуточные расчетные размеры обрабатываемой поверхности:

для чистовой токарной обработки

$$D_{\text{чис.}} = D_{\min} + 2Z_{\min,ш.л.} = 80 + 0,036 = 80,036 \text{ мм.}$$

для черновой токарной обработки

$$D_{\text{чер.}} = D_{\text{чис}} + 2Z_{\text{мин.чис.}} = 80,036 + 0,323 = 80,359 \text{ мм.}$$

ДЛЯ ЗАГОТОВКИ

$$D_3 = D_{\text{чер.}} + 2Z_{\text{мин}} = 80,359 + 2,4 = 82,759 \text{ мм.}$$

Промежуточные размеры определяют методом прибавления (для валов) и вычитания (для отверстий) значений припусков по максимальным и минимальным значениям, начиная действия с размеров детали.

Минимальные промежуточные размеры:

$$D_{\text{чис.}} = D_{\text{дет.}} + 2Z_{\text{мин.шл.}} = 79,94 + 0,04 = 79,98 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{мин.чис}} = D_{\text{чис.}} + 2Z_{\text{мин.чис}} = 79,98 + 0,30 = 80,28 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{мин.з}} = 80,28 + 2,4 = 82,68 \text{ мм.}$$

Максимальные предельные промежуточные размеры

$$D_{\text{мах.чис}} = D_{\text{мах}} + 2Z_{\text{мах.шл.}} = 79,97 + 0,15 = 80,12 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{мах.черн.}} = D_{\text{мах}} + 2Z_{\text{мах.чист.}} = 80,12 + 1,40 = 81,28 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{мах.заг.}} = D_{\text{мах}} + 2Z_{\text{мах.черн.}} = 81,28 + 3,70 = 84,98 \text{ мм.}$$

По максимальным размерам заготовки выбираем диаметр проката по ГОСТ 2590-91. Диаметр проката 85 мм.

После всех расчетов промежуточных припусков, промежуточных размеров и установление на размеры допусков разрабатывается схема расположения полей припусков и допусков по обрабатываемой поверхности.

5.1.2. Расчет припусков при изготовлении деталей методом штамповки.

Расчет промежуточных припусков и допусков на заготовку полученной методом горячей объемной штамповки на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах, производят по той же методике, как и на прокат.

Суммарные отклонения расположения штампованной заготовки при обработке в патроне:

для наружной поверхности

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{ii}^2 + \rho_{\dot{a}\dot{a}\dot{o}}^2}$$

где ρ_{om} - отклонения расположения заготовки, штампуемой в различных половинах штампа в мм, $\rho_{деф}$ деформация заготовки, мм;

для отверстий

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{om}^2 + \rho_{\dot{u}}^2}$$

$\rho_{\dot{u}}$ - эксцентricность отверстий, прошиваемых на прессах и горизонтально-ковочных машинах, мм.

Определение величины отклонения расположения (местная или общая) заготовки производят как и для заготовок из проката. Качество поверхностей штампованных и литых соответственно заготовок выбирают по табл. 3.23 и 3.24. Точность и качество поверхности детали после механической обработки штампованных заготовок выбирают по табл. 3.25. Погрешность закрепления ϵ_3 заготовок, изготавливаемых горячей объемной штамповкой на кривошипных прессах и молотах, выбирают по таблицам.

5.1.3. Расчет припусков при изготовлении деталей методом литья

Определение промежуточных припусков и допусков на 31 готовку, полученную методом литья, производится так же, и на штампованные заготовки или на сортовой прокат.

Суммарное значение отклонений при базировании литых заготовок по

отверстию

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\dot{a}\dot{a}\dot{o}}^2 + \rho_{i.\dot{n}.}^2}$$

где $\rho_{деф}$ - величина деформации литой заготовки, мкм;

ρ_{oc} - величина отклонения стержня при формовании, мкм.

Деформация литых заготовок

$$\rho_{деф} = \Delta_{деф.y} L_3$$

где $\Delta_{деф.y}$ - величина удельной деформации литых заготовок мкм/мм;

L_3 - общая длина заготовки, мм.

Величину удельной деформации отливок $\Delta_{\text{деф.у}}$ для корпусных деталей принимают 0,7 ... 1,0 мкм/мм, а для деталей типа плит

0,7 ... 3,0 мкм/мм на наибольший размер отливки.

Величину отклонения стержня при формовании ρ_0 принимают равным допуску на номинальный размер по ГОСТ 1855 - 99 для отливок из серого чугуна и по ГОСТ 2009 – 98, для стальных отливок, в зависимости от точности изготовления заготовки.

Суммарное значение отклонений ρ_0 при базировании литых заготовок на плоскую поверхность равно величине деформации $\rho_{\text{деф}}$ литой заготовки.

Точность и качество наружных и внутренних (отверстий) поверхностей детали после механической обработки литых заготовок выбирают по таблицам.

6. Расчет режимов резания при механической обработке аналитическим методом.

Разработка технологического процесса механической обработки заготовки обычно завершается установлением технологических норм времени для каждой операции. Чтобы добиться оптимальных норм времени на операцию, необходимо в полной мере использовать режущие свойства инструмента и производственные возможности технологического оборудования.

При выборе режимов обработки необходимо придерживаться определенного порядка, т.е. при назначении и расчете режима обработки учитывают тип и размеры режущего инструмента, материал его режущей части, материал и состояние заготовки, тип оборудования и его состояние. Следует помнить, что элементы режимов обработки находятся во взаимной функциональной зависимости, устанавливаемой эмпирическими формулами.

Расчет режимов резания аналитическим методом должен производиться не более чем на одну-две операции (перехода). Для остальных операций технологического процесса механической обработки детали режимы резания определяются по табличным нормативам соответствующей учебной и справочной литературы.

При расчете режимов резания сначала устанавливают глубину резания в миллиметрах. Глубину резания назначают по возможности наибольшую, в зависимости от требуемой степени точности и шероховатости обрабатываемой поверхности и технических требований на изготовление детали. После установления глубины резания устанавливается подача станка. Подачу назначают максимально возможную, с учетом погрешности и жесткости технологической системы, мощности привода станка, степени точности и качества обрабатываемой поверхности, по нормативным таблицам и согласовывают с паспортными данными станка. От правильно установленной подачи во многом зависит качество обработки и производительность труда. Для черновых технологических операций назначают максимально допустимую подачу.

После установления глубины резания и подачи определяют скорость резания по эмпирическим формулам с учетом жесткости технологической системы.

$$V = \frac{C_y}{T^{m_t} s^{x_v} s^{y_v}}$$

где V – скорость резания; C_y – постоянная для скорости резания;

T – среднее значение стойкости резца, мин.; m, x, y – показатели степени:

Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания

V учитывает конкретные значения глубины резания t подачи S и стойкости резца T и действительна при определенных табличных значениях ряда других факторов. Поэтому для получения действительного значения скорости резания с учетом конкретных значений упомянутых факторов вводится общий поправочный коэффициент K_y .

K_y – общий поправочный коэффициент на скорость резания,

$$K_y = K_{my} \cdot K_{ny} \cdot K_{iy} \cdot K_{fy} \cdot K_{\phi 1y} \cdot K_{zy} \cdot K_{qy}$$

где K_{my} – качество обрабатываемого материала; K_{ny} – состояние поверхности заготовки; K_{iy} – материал режущей части инструмента; K_{fy} , $K_{\phi 1y}$, K_{zy} , K_{qy} – параметры инструмента.

Качество обрабатываемого материала определяется по формулам в зависимости от материала режущей части инструмента и обрабатываемого материала. Значения указанных коэффициентов приведены в учебной и справочной технической литературе.

Аналитический расчет режимов резания производится с учетом необходимых поправочных коэффициентов на какую-нибудь обрабатываемую поверхность, указанную руководителем проекта.

После расчета скорости резания по эмпирическим формулам $V_{расч}$ определяют значение частоты вращения шпинделя по формуле

$$V_{расч} = \frac{\pi D_{зад} n}{1000}$$

где n – частота вращения шпинделя; $D_{зад}$ – диаметр заготовки в мм.

В процессе определения режимов резания необходимо частоту вращения шпинделя станка, подачу или число двойных ходов скорректировать по паспорту станка. В справочной литературе и каталогах на металлорежущие станки обычно указывается минимальная n_{min} и максимальная n_{max} частота вращения шпинделя станка, двойных ходов ($n_{min.дв.ход}$, $n_{max.дв.ход}$) и подача (S_{max} , S_{min}), поэтому необходимо производить расчет промежуточных указанных значений.

Максимальную частоту вращения шпинделя станка или максимальное число двойных ходов и подач определяют по формуле

$$n_{max} = n_{min} \cdot \varphi^{z-1},$$

где φ - знаменатель геометрической прогрессии; $Z_{СТ}$ — общее число ступеней подач, частоты вращений или двойных ходов станка.

По данной формуле можно определить любую величину (n_{max} , n_{min} , φ , $Z_{СТ}$), если известны значения всех остальных. В станкостроении принято семь стандартных значений знаменателей φ (1,06; 1,12; 1,26; 1,41; 1,58; 1,78; 2,00). Стандартные знаменатели имеют следующую область применения: $\varphi = 1,06$ - вспомогательное значение; $\varphi = 1,12$ - в автоматах, где

требуется более точная настройка на заданный режим работы; $\phi = 1,26$ и $\phi = 1,41$ - основные ряды в универсальных станках (токарных, фрезерных, расточных и др.); $\phi = 1,58$ и $\phi = 1,78$ — в станках, где время обработки невелико по сравнению с временем холостых ходов; $\phi = 2,00$ применяется редко и имеет вспомогательное значение.

В станкостроении стандартизованы не только знаменатели прогрессии ϕ , но и частота вращения шпинделя станка, подача и число двойных ходов.

Значения ϕ^{z-1} (диапазон регулирования) определяют по формуле:

$$\phi^{z-1} = n_{\max} / n_{\min}.$$

Значения стандартных знаменателей ϕ , возведенные в степени, приведены в таблицах. Пользуясь данной таблицей, можно легко определить значение ϕ на основании заданных характеристик станка n_{\max} , n_{\min} , Z_{CT} . Частоту вращения шпинделя, подачу или двойные ходы станка определяют следующим образом:

1) определяют степень регулирования из выражения по принятой модели станка;

2) определяют диапазон регулирования данного станка по формуле (3.50) и в строке таблицы, соответствующей степени Z_{CT-1} , находим то числовое значение ϕ^{z-1} которое равно или близко вычисленному указано стандартное значение знаменателя ϕ ;

3) расчетное значение ($n_{\text{расч}}; S_{\text{расч}}; n_{\text{расч.лв.ход}}$) делим на минимальное значение по паспорту станка ($n_{\text{min.ст}}; S_{\text{min.ст}}; n_{\text{min.дв.ход}}$) и находим расчетный диапазон данного станка ϕ^{z-1} .

Для стандартного значения ϕ выбираем ближайшее меньшее число, соответствующее вычисленному значению

$\phi^{z-1} = n_{\text{расч}} / n_{\text{min}}$, затем, умножив найденное в таблице значение ϕ^{z-1} на минимальное значение по паспорту станка

($n_{\text{min ст}}$, $S_{\text{min.ст}}$ и т.д.), получим значение, которое соответствует паспорту станка. Полученные значения округляют до ближайших величин стандартных рядов, например:

$$n_{ст} = n_{min.} \cdot \varphi^5 = 12,6 \cdot 3,16 = 39,5 \text{ об/мин} \approx 40 \text{ об/мин},$$

где $n_{min.}$ - минимальная частота вращения токарно-винторезного станка 16К20, $n_{min.} = 12,5$ об/мин, $\varphi^5 = 3,16$.

После установления частоты вращения шпинделя станка и расчета действительной скорости резания определяют эффективную мощность станка $N_{эф}$ в кВт, затрачиваемую на процесс резания

$$N_{эф} = P_z \cdot V \cdot 10^{-3}$$

Где P_z - составляющая силы резания; V – действительная скорость резания.

$$P_z = C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{np} \cdot K_p$$

Где C_p - постоянная для данных условий резания; x_p, n_p - показатели степени; K_p – поправочный коэффициент.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{zp} \cdot K_{fp} \cdot K_{sp} \cdot K_{cp}$$

Где K_{mp} - поправочный коэффициент, учитывающий влияние механических свойств конструкционных сталей; если механические свойства обрабатываемого материала отличаются от приведенных в таблице, то вводятся поправочные коэффициенты $K_{zp}, K_{fp}, K_{sp}, K_{cp}$, учитывающие геометрические параметры режущей части резца.

После определения эффективной мощности следует проверить достаточность мощности привода станка, т.е. выполнения условия

$$N_{эф} < N_{шп}$$

Где $N_{шп}$ - мощность на шпинделе станка

Литература:

1. Богодухов С.И., Пичугин В.Ф., Исхаков А.Р. и др. «Технология обработки упрочненных и восстановленных поверхностей» учебное пособие РГУ нефти и газа.

2. Справочник технолога – машиностроителя том 1 и 2

Под редакцией Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К.

