

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Воронежский государственный технический университет"**

**Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства**

**ТЕОРИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ
ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**к выполнению курсового проекта
для студентов направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
(программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точных
характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном
машиностроительном производстве»)
всех форм обучения**

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Составители: д-р техн. наук, проф. С. Ю. Жачкин,
канд. техн. наук, доц. М. Н. Краснова

Теория формообразования деталей при механической обработке:
методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение» (программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точных характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном машиностроительном производстве») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: С. Ю. Жачкин, М. Н. Краснова. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021.- 29 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению курсового проекта, рассматриваются вопросы обеспечения точности при упрочнении деталей машин при использовании различных методов технологического воздействия.

Предназначено для студентов направления 15.04.01 «Машиностроение» (программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точных характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном машиностроительном производстве») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ. ТФДМО.pdf.

Табл. 6. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.5 я7

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры
автоматизированного оборудования машиностроительного
производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Введение

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по дисциплине «Процессы и операции формообразования».

В методических указаниях изложены общие вопросы по выполнению курсовой работы, даны рекомендации по разработке ее отдельных разделов, определен порядок выполнения, приведена рекомендуемая литература.

При выполнении курсовой работы студенты получают навыки в использовании технической справочной литературы и нормативной документации, опыт проектирования технологического процесса обработки деталей машин, выбора производительного оборудования, режущего и мерительного инструментов. Методические указания предназначены также для самостоятельной работы студентов.

1. Цель и задачи курсовой работы

Курсовая работа является завершающим этапом изучения специальной дисциплины и выполняется с целью:

- закрепления, расширения и углубления теоретических знаний студентов по соответствующей дисциплине;
- приобретения навыков практического применения полученных теоретических знаний к комплексному решению конкретных задач, предусмотренных курсовой работой;
- получения навыков самостоятельного и творческого подхода к решению конкретных технических задач;
- развития необходимых навыков по проведению расчетов и составлению технико-экономического обоснования применяемых технологических решений;
- обучения самостоятельной работе со справочной литературой, каталогами, справочниками, стандартами, нормами;
- отработки навыков оформления технической документации, составления пояснительной записки и оформления иллюстративного материала, чертежей и схем согласно стандартам ЕСКД и ЕСТД;
- овладения навыками использования современных средств вычислительной техники;

2. Тематика и содержание курсовой работы

Темой курсовой работы является разработка технологического процесса механической обработки детали. Чертеж детали, на которую следует разработать технологический процесс, выдается преподавателем.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки, графической части и комплекта документов технологического процесса.

Содержание пояснительной записки – 30% (25-35 стр. ф. А4)

- задание
- введение;

- описание конструкции детали и ее технологический анализ;
- характеристика типа производства;
- обоснование маршрута обработки элементарных поверхностей и маршрутной технологии;
- выбор вида заготовки и ее конструирование;
- расчет промежуточных припусков и размеров заготовки по укрупненным нормативам;
- расчет режимов резания и техническое нормирование;
- обоснование выбора технологического оснащения;
- описание и расчет измерительного инструмента или контрольного приспособления и режущего инструмента.

- заключение;

- список использованных источников;

Общий объем графической части составляет – 45% (2 листа формата А1).

- чертеж детали;

- чертеж заготовки;

- карта наладки на две операции;

- карта технологического процесса;

Комплект документации технологического процесса- 35%

- маршрутная карта технологического процесса

- карты эскизов;

- операционные карты механической обработки;

- операционные карты технического контроля.

3. Рекомендации к выполнению разделов пояснительной записки

3.1. Введение

Во введении указывается цель работы, ее связь с задачами машиностроения и специальности, обосновывается актуальность выбранной темы, рассматриваются пути решения проблем технологии механической обработки деталей.

3.2. Описание назначения детали и условий ее работы

При описании назначения детали анализируется чертеж детали, обращается внимание на конструкцию детали, качественно-точные характеристики, назначаемые на отдельные поверхности. Исходя из этого анализа, даются и обосновываются предположения по общему назначению детали и условиям ее эксплуатации.

При анализе технологичности конструкции детали обосновать, как выдержаны общие требования по технологичности, показать особенности технологичности применительно к данному типу производства. Проверяют достаточность проекций, правильность простановки размеров, изучают требования по точности и шероховатости обработки поверхностей, а также другие требования технических условий.

При контроле рабочего чертежа выявляют возможности улучшения технологичности конструкции детали. Обращают внимание на уменьшение размеров

обрабатываемых поверхностей, что снижает трудоемкость механической обработки; повышение жесткости детали, что обеспечивает возможность многоинструментальной обработки, применение многолезвийных инструментов и высокопроизводительных режимов резания; облегчение подвода и отвода высокопроизводительных режущих инструментов из зоны обработки, в результате чего уменьшается основное и вспомогательное время; унификацию размеров пазов, канавок, галтелей, отверстий и других элементов, что сокращает номенклатуру размерных и профильных инструментов и уменьшает время обработки при последовательном выполнении технологических переходов; обеспечение надежного и удобного базирования заготовки, а при простановке размеров возможность совмещения установочных и измерительных баз; удобство осуществления многоместной обработки заготовок.

3.3. Описание типа производства и формы организации работы

Тип производства задается руководителем курсовой работы. В пояснительной записке следует описать особенности заданного типа производства и форму организации работы, реализующую данный тип производства. В данном разделе эта информация представляется в общем виде, а конкретизируется при разработке технологического процесса.

3.4. Выбор заготовки и ее конструирование.

При определении метода получения заготовки учесть, что предлагаемый метод должен обеспечить наиболее высокий для данного типа производства коэффициент использования материалов, возможности использования принципа групповой технологии, экологические требования. Рассмотреть принципы конструирования заготовки. В этом же разделе следует показать знания методов расчета припусков, для одной из поверхностей по указанию преподавателя выполнить аналитический и табличный расчеты.

Выбор метода получения заготовки определяется:

- технологической характеристикой материала детали, т. е. его литейными свойствами и способностью претерпевать пластические деформации при обработке давлением, а также структурными изменениями материала заготовки, получаемыми в результате применения того или иного метода выполнения заготовки (расположение волокон в поковках; величина зерна в отливках и пр.);
- конструктивными формами и размерами заготовки;
- требуемой точностью выполнения заготовки, шероховатостью и качеством ее поверхностных слоев;
- величиной программы выпуска и заданными сроками выполнения этой программы.

На выбор метода выполнения заготовки оказывает большое влияние время подготовки технологической оснастки (изготовление штампов, моделей, прессформ и пр.); наличие соответствующего технологического оборудования и желаемая степень автоматизации процесса. Выбранный метод должен обеспечивать наименьшую себестоимость детали, т. е. издержки на материал, выполнение заготовки и последующую механическую обработку вместе с накладными расходами должны

быть минимальны.

После определения оптимального метода получения заготовки производят расчет припусков.

3.5. Расчет промежуточных припусков и размеров заготовки

Припуск - слой материала, удаляемый с поверхности заготовки в целях достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали.

Припуск на обработку поверхностей детали может быть назначен по соответствующим справочным таблицам или на основе расчетно-аналитического метода определения припусков.

Расчетно-аналитический метод определения припусков на обработку базируется на анализе факторов, влияющих на припуски предшествующего и выполняемого переходов технологического процесса обработки поверхности. Значение припуска определяется методом дифференцированного расчета по элементам, составляющим припуск.

Метод предусматривает расчет припусков по всем последовательно выполняемым технологическим переходам обработки данной поверхности детали (промежуточные припуски), их суммирование для определения общего припуска на обработку поверхности и расчет промежуточных размеров, определяющих положение поверхности, и размеров заготовки. Расчетной величиной является минимальный припуск на обработку, достаточный для устранения на выполняемом переходе погрешностей обработки и дефектов поверхностного слоя, полученных на предшествующем переходе, и компенсации погрешностей, возникающих на выполняемом переходе. Промежуточные размеры, определяющие положение обрабатываемой поверхности, и размеры заготовки рассчитывают с использованием минимального припуска.

Расчетно-аналитический метод предусматривает следующие правила расчета припусков на обработку:

1. Минимальный припуск при последовательной обработке противоположащих поверхностей (односторонний припуск) рассчитывается по формуле

$$z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i;$$

при параллельной обработке противоположащих поверхностей (двусторонний припуск) – по формуле

$$2z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i];$$

при обработке наружных и внутренних поверхностей (двусторонний припуск) – по формуле

$$2z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}].$$

Здесь $R_{z_{i-1}}$ высота неровностей профиля на предшествующем переходе; h_{i-1} - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой); $\rho_{\Sigma i-1}$ - суммарные отклонения расположения поверхности (отклонения от параллельности, перпендикулярности, соосности, симметричности, пересечения осей, позиционное) и в некоторых случаях отклонения формы поверхности (отклонения от плоскостности, прямолинейности на предшествующем переходе); ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе.

2. Допуск и параметры качества поверхности на конечном технологическом переходе (Rz и h) принимают по чертежу детали, проверяя по нормативам возможность получения их выбранным способом обработки.

3. Для серого и ковкого чугунов, а также цветных металлов и сплавов после первого технологического перехода и для стали после термической обработки при расчете припуска слагаемое h из формулы исключают. В конкретных случаях те или иные слагаемые, входящие в расчетные формулы для определения припусков на обработку, также исключают. Так исключают те погрешности, которые не могут быть устранены при выполняемом переходе: например, при разворачивании плавающей разверткой и протягивании отверстий смещение и увод оси не устраняются. Следовательно, минимальный припуск в этом случае

$$2z_{\min i} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \varepsilon_i).$$

При шлифовании у заготовки после ее термической обработки поверхностный слой должен быть сохранен: следовательно, слагаемое h_{i-1} должно быть исключено из расчетной формулы:

$$z_{\min i} = (Rz_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i).$$

4. Отклонения расположения ρ_{Σ} необходимо учитывать у заготовок (под первый технологический переход); после черновой и получистовой обработки лезвийным инструментом (под последующий технологический переход); после термической обработки, если даже деформации не было. В связи с закономерным уменьшением отклонений расположения поверхностей при обработке за несколько переходов на стадиях чистовой и отделочной обработки ими пренебрегают.

Порядок определения предельных промежуточных размеров по технологическим переходам и окончательных размеров заготовки следующий:

1. Расчетные формулы для определения размеров наружных поверхностей
- 2.

$$a_{\min i-1} = a_{\min i} + z_{\min i},$$

$$a_{\max i-1} = a_{\min i-1} + T_{i-1},$$

$$D_{\min i-1} = D_{\min i} + 2z_{\min i},$$

$$D_{\max i-1} = D_{\min i-1} + T_{Di-1},$$

где $z_{\min i}$ - минимальный (расчетный) припуск на сторону на выполняемый технологический переход;

$2z_{\min i}$ - минимальный (расчетный) припуск на обе стороны или по диаметру;

$a_{\min i-1}$, $D_{\min i-1}$, $a_{\max i-1}$ и $D_{\max i-1}$ - соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на предшествующем технологическом переходе;

$a_{\min i}$, $D_{\min i}$, $a_{\max i}$ и $D_{\max i}$ - соответственно наименьшие и наибольшие предельные размеры, полученные на выполняемом технологическом переходе.

3. Размеры элементарной поверхности определяются следующим образом.

Из чертежа детали берут и заносят в расчетную карту для конечного перехода наименьший для наружных (или наибольший для внутренних) поверхностей размер. Для переходов обработки наружных поверхностей наименьший размер рассчитывают прибавлением к наименьшему предельному размеру по чертежу припуска $z_{\min}$. При обработке внутренних поверхностей расчетным размером является наибольший размер. Размер на предшествующем переходе определяют путем вычитания $z_{\min}$.

Наименьшие (наибольшие) предельные размеры по всем технологическим переходам округляют увеличением (уменьшением) их до того же знака десятичной дроби, с каким дан допуск на размер для каждого перехода. Наибольшие (наименьшие) предельные размеры определяют прибавлением (вычитанием) допуска к округленному наименьшему (из округленного наибольшего) предельному размеру. Находят фактические предельные значения припусков $z_{\max}$ как разность наибольших (наименьших) предельных размеров и $z_{\min}$ как разность наименьших (наибольших) предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов (выполняемого и предшествующего переходов).

Общие припуски $z_{0 \max}$ $z_{0 \min}$ определяют как сумму промежуточных припусков на обработку.

Правильность проведенных расчетов проверяют по формулам

$$\begin{aligned} z_{i \max} - z_{i \min} &= T_{i-1} - T_i, \\ 2z_{i \max} - 2z_{i \min} &= T_{Di-1} - T_{Di}, \\ z_{0 \max} - z_{0 \min} &= T_3 - T_0, \\ 2z_{0 \max} - 2z_{0 \min} &= T_{D3} - T_{D0}. \end{aligned}$$

При необходимости находят номинальные размеры: для наружных поверхностей номинальный размер заготовки равен наибольшему размеру, т.е. $a = a_{\max}$ на чертеже указывают $a_{\max} - T$; для внутренних поверхностей номинальный размер заготовки равен наименьшему размеру, т.е. $a = a_{\min}$ на чертеже указывают $a_{\min} + T$.

Если допуск расположен симметрично относительно номинального размера, то

$$a = a_{\max} - \frac{T}{2} = a_{\min} + \frac{T}{2}.$$

На чертеже указывают и $a \pm \frac{T}{2}$.

Рассмотрим методику аналитического расчета припусков для механической обработки.

Пример

Исходные данные. Деталь «Вал». Технические требования - диаметр 50h7, шероховатость $Ra = 1,25$ мкм. Материал детали – сталь 45. Общая длина детали – 200 мм. Длина обрабатываемой поверхности – 150 мм. Метод получения заготовки - штамповка. Обработка производится в патроне на токарном станке 1К62. Требуется определить межоперационный и общий припуски и диаметральный размер заданной поверхности заготовки.

1. Назначаем технологический маршрут обработки:

- точение черновое
- точение чистовое
- шлифование.

2. В столбец 2 (табл. 1) записываем элементарную поверхность детали и технологические переходы в порядке последовательности их выполнения.

3. Заполняем столбцы 3, 4 и 9 по всем технологическим переходам. Данные для заполнения столбцов 3 и 4 взяты из [2], допуск (столбец 9) на диаметральный размер штамповки взят из табл. [2].

Для выполнения расчета промежуточных припусков при обработке указанной шейки вала аналогичным методом необходимо собрать данные: R_{zi-1} ; T_{i-1} ; ρ_{i-1} ; ϵ_i ; δ_i .

4. Суммарное значение пространственных погрешностей (столбец 5) определяем по формуле при обработке наружной поверхности в патроне.

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} ,$$

где $\rho_{см}$ – допускаемые погрешности по смещению осей фигур, штампуемых в разных половинах штампа [2], тогда $\rho_{см} = 700$ мкм,

$\rho_{кор}$ – общая кривизна заготовки, определяемая по формуле

$\rho_{кор} = \Delta_K \cdot L_3$, где Δ_K – удельная допустимая кривизна,

$\Delta_K = 3$ мкм/мм [2]

Таблица 1

№ п/п	Маршрут обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск мкм	Расчетный размер мм	Допуск по переходам в мкм	Предельные размеры, мм		Предельные припуски, мм	
		R_{zi-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ϵ_i				max	min	max	min
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Наружная пов. Ø50 _{-0,021}											
	штамповка	160	200	1026	-	-	53,22	840	54,06	53,22	-	-
а	Точен. черн.	50	50	62	200	2811	50,409	520	50,93	50,41	3,13	2,81
б	Точен. чист.	25	25	3	0	324	50,085	84	50,169	50,085	0,761	0,325
в	шлифован.	5	10	0	0	106	49,979	21	50	49,979	0,169	0,106
$\Sigma 4,06 \quad \Sigma 3,241$												

$$\rho_{\text{кор}} = 250 \cdot 3 = 750 \text{ мкм}; \text{ то } \rho_0 = 1026 \text{ мкм}.$$

Величина остаточной кривизны после выполнения перехода обработки следует определить по формуле

$$\rho_{\text{ост}} = K_y \cdot \rho_0,$$

где ρ_0 – кривизна заготовки

K_y – коэффициент уточнения [2]

$K_y = 0,06$ – черновое точение

$K_y = 0,05$ – чистовое точение

$K_y = 0,03$ – шлифование.

$$\text{Тогда } \rho_1 = 0,06 \cdot 1026 = 62 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,05 \cdot 62 = 3 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 3 = 0 \text{ мкм}.$$

Данные заносим в столбец 5.

5. Погрешность установки заготовок (столбец 6) в трехкулачковом самоцентрирующем патроне при черновом обтачивании $\varepsilon_{y1} = 200 \text{ мкм}$ [2]; при чистовом обтачивании без переустановки - $\varepsilon_{y2} = 0$

На переходе шлифования обработка производится в центрах, т.е. $\varepsilon_{y3} = 0$.

6. Расчет минимального припуска (столбец 7) при обработке наружной поверхности штамповки в патроне производится по формуле:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{z,i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

$$\text{для чернового точения: } 2Z_{i \min} = 2(160 + 200 + \sqrt{1026^2 + 200^2}) = 2811 \text{ мкм},$$

$$\text{для чистового точения: } 2Z_{i \min} = 2(50 + 50 + \sqrt{62^2 + 0^2}) = 324 \text{ мкм},$$

$$\text{для шлифования: } 2Z_{i \min} = 2(25 + 25 + \sqrt{3^2 + 0^2}) = 106 \text{ мкм}.$$

7. Расчет промежуточных минимальных диаметров по переходам проводится в порядке, обратном ходу технологического процесса обработки этой поверхности, т.е. от размера готовой детали к размеру заготовки, путем последовательного прибавления к наименьшему предельному размеру готовой поверхности детали минимального припуска $2Z_{i \min}$. Результаты заносятся в столбец 8.

8. В столбец 11 записываются размеры по всем технологическим переходам, округляя их увеличением до того же знака десятичной дроби, с каким задан допуск на размер для каждого перехода.

9. Наибольшие предельные размеры (столбец 10) определяются путем прибавления допуска к округленному минимальному предельному размеру.

10. Предельные размеры припусков $Z_{i \max}$ (столбец 12) определяются как разность предельных максимальных размеров и $Z_{i \min}$ (столбец 13) – как разность предельных минимальных размеров предшествующего и выполняемого переходов.

11. Для определения общих припусков $Z_{0 \min}$ и $Z_{0 \max}$ суммируются соответствующие промежуточные припуски на обработку.

12. Выполняем проверку:

$$Td_3 - Td_d = \sum 27_{\max} - \sum 27_{\min}.$$
$$0,84 - 0,021 = 4,06 - 3,241.$$

3.6. Обоснование маршрута обработки элементарных поверхностей и маршрутной технологии

Выбор маршрута производят, исходя из требований рабочего чертежа и принятой заготовки. По заданной точности и шероховатости поверхностей детали и с учетом ее размера, веса и конфигурации выбирают один или несколько возможных методов окончательной обработки, а также тип соответствующего оборудования. Зная вид заготовки, таким же образом решается вопрос о выборе первого метода маршрута. Если, например, точность заготовки невысока, то обработку данной поверхности начинают с использования предварительного метода. При точной заготовке сразу можно начинать чистовую, а в некоторых случаях и отделочную обработку.

Базируясь на завершающем и первом методах маршрута, устанавливают промежуточные методы. При этом исходят из того, что каждому методу окончательной обработки предшествует один или несколько возможных предварительных (менее точных) методов. Так, чистовому развертыванию отверстия предшествует предварительное, а предварительному развертыванию - чистовое зенкерование или сверление.

При построении маршрута исходят из того, что каждый последующий метод должен быть точнее предыдущего. Технологический допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученное на предыдущем этапе обработки, должны находиться в тех пределах, при которых возможно нормальное использование намечаемого последующего метода обработки. После чернового растачивания нельзя, например, применять чистовое развертывание, так как для устранения всех погрешностей предшествующей обработки зубья развертки работали бы с недопустимо большой глубиной резания. Выбор маршрута обработки поверхности на последующих этапах проектирования связан с установлением припусков на эту поверхность.

Количество возможных вариантов маршрута обработки данной поверхности может быть довольно большим. Все они, однако, различны по эффективности и рентабельности. Выбор окончательного варианта по этим показателям важен, но сложен и трудоемок.

Количество вариантов часто можно значительно сократить с учетом ряда практических соображений. К их числу можно отнести необходимость обработки данной поверхности на одном станке за несколько последовательных переходов, ограничение возможности применения других методов обработки из-за недостаточной жесткости детали, а также необходимость обработки данной поверхности совместно с другими поверхностями детали.

Для проектирования отдельной операции необходимо знать: маршрут обработки заготовки, схему ее базирования и закрепления, поверхности обработки и класс точности их обработки, поверхности, обработанные на предшествующих операциях, и

точность их обработки, припуск на обработку, а также темп работы, если операция проектируется для поточной линии. При проектировании операций уточняют ее содержание (намеченное ранее при составлении маршрута), устанавливают последовательность и возможность совмещения переходов во времени, выбирают оборудование, инструменты и приспособление (или дают задание на их конструирование), назначают режимы резания, определяют норму времени, устанавливают настроечные размеры и составляют схему наладки. Оценку возможных вариантов производят по производительности и себестоимости, сохраняя в силе технико-экономический принцип проектирования.

3.7. Обоснование выбора технологического оснащения

В состав технологического оснащения входит оборудование и технологическая оснастка – установочные приспособления, режущий, мерительный и вспомогательный инструменты.

Выбор оборудования производится в следующей последовательности:

- учитываются метод обработки и вид обрабатываемой поверхности;
- согласовываются габариты детали с техническими характеристиками станка;
- обеспечиваются качественно-точностные характеристики;
- мощность электродвигателей подбираемого оборудования не должна значительно превышать требуемую мощность на обработку;
- учитывается возможность объединения переходов.

Выбор технологической оснастки предполагает проведение комплекса работ:

- анализ конструктивных характеристик изготавливаемого изделия (габаритные размеры, материал, точность, геометрия и шероховатость поверхностей и т. д.); организационных и технологических условий изготовления изделия (схема базирования и фиксации, вид технологической операции, организационная форма процесса изготовления и т. д.);

- группирование технологических операций для того, чтобы определить наиболее приемлемую систему технологической оснастки и повысить коэффициент ее использования;

- определение исходных требований к технологической оснастке;
- отбор номенклатуры оснастки, соответствующей установленным требованиям;
- определение исходных расчетных данных для проектирования изготовления новых конструкций оснастки;

- выдачу технических заданий на разработку и изготовление технологической оснастки.

Конструкцию оснастки необходимо определять, учитывая стандарты и типовые решения для данного вида технологических операций на основе габаритных размеров изделий, вида заготовок, характеристики материала заготовок, точности параметров конструктивных характеристик обрабатываемых поверхностей, влияющих на конструкцию оснастки, технологических схем базирования и фиксации заготовок, характеристик оборудования, объемов производства.

При выборе приспособлений учитывают:

- серийность производства и форму организации работы, предопределяющие целесообразность применения универсальных или специальных приспособлений, а также

их быстроедействие;

- форму и размеры базовой поверхности;
- возможность использования параллельной обработки нескольких деталей.

При выборе режущего инструмента учитывают:

- серийность производства;
- метод обработки;
- заданные качественно-точностные характеристики обрабатываемой на данном технологическом переходе поверхности;
- материал детали;
- требуемую производительность.

Метод измерения и необходимый мерительный инструмент определяется формой измеряемой поверхности и серийностью производства.

При описании принципов выбора технологического оснащения, в соответствии с конструкцией детали и заданным видом производства, необходимо рассмотреть общие принципы выбора: моделей оборудования; видов установочных приспособлений; основных геометрических характеристик и марок рабочей части режущего инструмента; методов контроля и диагностики. Более полно следует осветить эти вопросы применительно к тем технологическим переходам, в которых производится обработка заданной поверхности. На эти же переходы рассчитываются режимы резания, а одна из операций, включающая один или несколько данных переходов, полностью нормируется.

3.8. Расчет режимов резания и техническое нормирование

В оформлении данного раздела по каждой из операций технологического процесса заносится следующая информация:

1. Номер и наименование операции.
2. Оборудование: полное наименование и модель.
3. Краткое описание работы, выполняемой в операции.
4. Тип приспособления.

Затем по каждому переходу заносится:

5. Номер перехода и его содержание.
6. Наименование режущего инструмента, его основная характеристика и материал рабочей части.
7. Расчет режимов резания. Он выполняется в следующей последовательности:
 - Глубина резания.
 - Подача.
 - Скорость резания.
 - Частота вращения.
 - Коррекция частоты вращения (по паспорту станка).
 - Действительная скорость резания.
8. Техническое нормирование, связанное с переходом:
 - Основное время.
 - Вспомогательное время.

Примечание. Пункты 5 - 8 повторяются по количеству переходов.

9. Основное время на операцию. Определяется как сумма основного времени по переходам.

10. Вспомогательное время на операцию определяется как сумма времени на установку и снятие детали и вспомогательного времени по переходам. В автоматизированном производстве при определении вспомогательного времени, связанного с переходом, следует учитывать время, затраченное на позиционирование, ускоренное перемещение рабочих органов станка, подвод инструмента вдоль оси в зону обработки и последующий отвод, автоматическую смену режущего инструмента. Вспомогательное время определяется по таблицам.

11. Оперативное время.

12. Дополнительное время.

13. Штучное время.

Расчет режимов резания на один - два технологических перехода выполняется расчетно-аналитическим методом. На остальные переходы оптимальные режимы резания определяются по таблицам.

Техническое нормирование выполняется на одну – две операции.

Пример

Расчет режимов резания на наружную цилиндрическую поверхность диаметром 50_{-0,021}. Шероховатость Ra = 1,25 мкм.

Исходные данные: деталь «Вал» из стали 45. Заготовка- «штамповка». Обработка производится на токарном станке. Режущий инструмент – резец с пластинами из твердого сплава T15K6.

Операция «Токарная».

Переход 1. *Точить поверхность 1 предварительно.*

1. Глубина резания – t , мм

$t = 1,6$ мм (данные берутся из расчета припусков).

2. Подача- S мм/об

$S = 0,5$ мм/об (табл. П 2.7).

3. Скорость резания – V_m /мин

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} S^{y_v}} K_g \quad .$$

Выписываем значения C_v и показатели степеней x_v, y_v, m . [2]

$\sigma_b = 750$ МПа; $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$

Период стойкости инструмента – $T = 120$ мин

Находим поправочные коэффициенты [2]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv}$$

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v} ,$$

где K_{mv} - поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от материала заготовки,

K_{mv} – поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности,

$$K_{mv} = 1 [2],$$

K_{mv} - поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от режущего инструмента,

$$K_{mv} = 1 [2]$$

$$p_v = 1 [2]$$

$$K_r = 1 [2]$$

$$K_{mv} = 1 \left(\frac{750}{750} \right)^1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$$

$$V = \frac{350}{120^{0,20} 1,6^{0,15} 0,5^{0,35}} = \frac{350}{2,6 \cdot 1,07 \cdot 0,78} = 161 \text{ м / мин.}$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя - n , об/мин

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 161}{3,14 \cdot 50,93} = 1006 \text{ об/мин.}$$

5. Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту и корректируем ее в ближайшую меньшую сторону.

Принимаем $n = 1000$ об/мин.

6. Пересчитываем скорость резания, V_ϕ .

V_ϕ – фактическая скорость резания, м/мин:

$$V_\phi = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,93 \cdot 1000}{1000} = 160 \text{ м / мин.}$$

Переход 2. Точить поверхность 1 окончательно

1. Глубина резания – t , мм

$t = 0,4$ мм (данные берутся из расчета припусков).

2. Подача - S мм/об

$S = 0,14$ мм/об. [2].

3. Рассчитываем скорость резания – V м/мин

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_\phi .$$

Выписываем значения C_v и показатели степеней x_v, y_v, m . [2]

$C_v = 420, x = 0,15, y = 0,20, m = 0,20$.

Период стойкости инструмента - $T = 120$ мин

Находим поправочные коэффициенты

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv} ,$$

где K_{mv} - поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от материала заготовки,

K_{pv} – поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от состояния обрабатываемой поверхности,

K_{nv} - поправочный коэффициент на скорость резания, зависящий от режущего инструмента.

$$K_{nv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v}$$

$$K_{nv} = 1 [2]$$

$$K_{nv} = 1 [2]$$

$$n_v = 1; K_r = 1 [2]$$

$$K_v = 1$$

$$V = \frac{420}{120^{0,20} 0,4^{0,15} 0,14^{0,20}} 1$$

$$V = \frac{420}{2,6 \cdot 0,87 \cdot 0,67} 1 = 280 \text{ м / мин}$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя - n , об/мин

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 280}{3,14 \cdot 50,169} = 1772 \text{ об/мин.}$$

5. Уточняем частоту вращения шпинделя по паспорту и корректируем ее в ближайшую меньшую сторону.

Принимаем $n = 1500$ об/мин.

6. Пересчитываем скорость резания, V_ϕ .

V_ϕ – фактическая скорость резания:

$$V_\phi = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 50,169 \cdot 1500}{1000} = 236 \text{ м / мин.}$$

3.9. Расчет режущего инструмента, используемого в операциях формообразования

Общий порядок проектирования инструмента включает следующие основные этапы:

- составление технического задания на проектирование инструмента согласно требованиям ГОСТ 2.103-68 и ГОСТ 15.001-73, определение вида инструмента, его конструктивного оформления (насадного, хвостового, стержневого) и основных размеров;
- составление общей схемы расчета и его последовательности;
- выбор материала режущей части, типа конструкции (цельная, составная, сборная) и основных размеров конструктивных элементов;
- геометрические, точностные, прочностные и другие расчеты основных размеров режущей части, профиля режущих кромок, исполнительных размеров (диаметра посадочного отверстия и др.);
- определение остальных размеров;
- оформление рабочего чертежа инструмента и назначение технических требований;

- проверка обеспечения требований по точности обработки, производительности, экономичности и другим критериям разработанной конструкции инструмента.

Поскольку для каждого конкретного случая возможны различные решения поставленных задач, то в проекте должна быть дана оценка рассматриваемых и принимаемых вариантов решений, выполняемая по разным критериям: металлоемкости и производительности инструмента, числу возможных переточек инструмента, влиянию прочностных характеристик на предельные режимы обработки и др.

При выполнении заданий исследовательского или поискового характера должно быть предусмотрено предварительное проведение исследования литературных и патентно-лицензионных источников.

Проектирование ведут на основе имеющегося стандартного инструмента аналогичного назначения с максимальным использованием стандартизованных и унифицированных элементов конструкции (корпуса, оправки, элементы крепления пластин и т. д.).

Для инструмента с твердым сплавом возможно применение пластин с износостойкими покрытиями из карбида, нитрида или карбонитрида титана. Формы и условные обозначения твердосплавных пластин, предназначенных для напайки, их 15 конструкции, размеры и области применения установлены ГОСТ 2209-82, ГОСТ 17163-82, ГОСТ 20312-82, ГОСТ 25395-83. ГОСТ 25396-82, ГОСТ 25398-82, ГОСТ 25401-82, а неперетачиваемых многогранных пластин - по ГОСТ 19042-80 ... ГОСТ 19086-80.

Выбор материала частей инструмента производится в зависимости от его типа, назначения, размеров, условий работы и технологии изготовления инструмента.

Для установки инструмента на станке предназначена присоединительная часть, которая обеспечивает правильную ориентацию его относительно рабочих органов станка и воспринимает усилия, возникающие в процессе резания. По форме рабочей поверхности присоединительная часть выполняется плоской, цилиндрической или конической.

Плоскости в конструкции присоединительной части используются в конструкциях резцов, ножей и зубьев сборного инструмента, плоских и шпоночных протяжек. Сечение присоединительной части в этом случае имеет форму прямоугольника или трапеции. При работе на растяжение проводят проверку или расчет на прочность, во всех других случаях - на прочность и жесткость.

Концевые инструменты крепят с помощью цилиндрических (ГОСТ 9523-84) и конических (ГОСТ 25557-82) хвостовиков, выполняемых обычно в виде конусов Морзе. Присоединительную часть цилиндрической формы (хвостовик) имеют стержневые инструменты диаметром до 18 мм с креплением в патронах, упругих втулках или оправках. Передача крутящего момента осуществляется за счет сил трения, поэтому возможно проскальзывание инструмента с повреждением присоединительной поверхности. С целью предотвращения таких ситуаций, инструмент с цилиндрическим хвостовиком, работающий с большими крутящими моментами (развертки, метчики) выполняют с квадратом [1].

Методика расчета хвостовиков приведена в [2,3].

Стержневой инструмент, как правило, выполняют с центровыми отверстиями формы А, В или R. Отверстия формы А применяют, когда необходимость в центровом отверстии после изготовления инструмента отпадает, отверстия формы В – когда центровые отверстия используют при переточках и эксплуатации инструмента, отверстия формы С – для инструментов повышенной точности, так как они обеспечивают более точное базирование при обработке и переточках.

В целях экономии инструментальных материалов современные инструменты общего назначения выполняют, как правило, составными. Соединение рабочей части или зубьев осуществляют сваркой, пайкой, склеиванием или зачеканкой. В сборных конструкциях – механическим креплением при помощи замков, втулок, планок, штифтов, клиньев с уклоном 3...5° и рифлений с углом профиля 90° с шагом 0,75; 1,0 и 1,5 мм и высотой профиля 0,14; 0,20 и 0,32 мм соответственно.

Указания для расчета токарных резцов

Геометрические элементы лезвия определяют по литературе [4] или другим справочникам по обработке металлов резанием.

Наиболее благоприятной является прямоугольная форма сечения державки резцов, при которой наблюдаются наименьшие нагрузки на корпус. Корпус с квадратной формой сечения лучше сопротивляется сложному изгибу и применяется для расточных и автомато-револьверных резцов, а также в других случаях, когда расстояние от линии центров станка до опорной поверхности резца недостаточно велико. Корпус с круглой формой сечения применяют для расточных резцовых, токарно-затыловочных и других резцов, так как он позволяет осуществлять поворот резца и изменять углы его заточки.

Размеры поперечного сечения корпуса резца выбирают в зависимости от силы резания, материала корпуса, вылета резца и других факторов. Нормализованные размеры поперечного сечения корпуса резцов выбирают по справочникам.

Ширину b или диаметр d поперечного сечения корпуса резца можно определить по формулам:

при квадратном сечении ($h = b$)

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{\sigma_{и.д}}};$$

при прямоугольном сечении ($h \approx 1,6 \cdot b$)

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{2,56 \sigma_{и.д}}};$$

при круглом сечении

$$b = \sqrt[3]{\frac{10P_z l}{\sigma_{и.д}}},$$

где P_z - главная составляющая силы резания, Н (кгс); l - вылет резца, м (мм); $\sigma_{и.д}$ - допустимое напряжение при изгибе материала корпуса, МПа (кгс/мм²); для корпуса из незакаленной стали $\sigma_{и.д} = 200...300$ МПа ($\approx 20...30$ кгс/мм²), для корпуса из углеродистой стали, подвергнутого термической обработке по режиму быстрорежущей стали, $\sigma_{и.д}$ можно максимально увеличить в 2 раза, при прерывистом процессе снятия стружки и скоростном резании принимают $\sigma_{и.д} = 150$ МПа ($\approx 10...15$ кгс/мм²).

При расчете отрезных резцов на прочность учитывают, что опасным сечением отрезного резца является место перехода от рабочей части к корпусу. Для резцов с наиболее часто встречающимся соотношением размеров сечения $b/h = 1/6$ ширина опасного сечения

$$b = \sqrt[3]{\frac{6P_z l}{36 \sigma_{и.д}}} = \sqrt[3]{\frac{P_z l}{\sigma_{и.д}}}.$$

Максимальная нагрузка, допускаемая прочностью резца при известных размерах сечения корпуса резца:

для резца прямоугольного сечения

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{и.д}}{6l};$$

для резца круглого сечения

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{\pi d^2 \sigma_{и.д}}{32l} \approx \frac{d^2 \sigma_{и.д}}{10l}.$$

Максимальная нагрузка, допускаемая жесткостью резца, определяется с учетом допустимой стрелы прогиба резца

$$P_{z \text{ жест}} = \frac{3fEJ}{l^3},$$

где f – допускаемая стрела прогиба резца при предварительном точении, $f = 0,1 \cdot 10^{-3}$ м ($\approx 0,1$ мм), при окончательном точении $f = 0,05 \cdot 10^{-3}$ м ($\approx 0,05$ мм); E – модуль упругости материала резца [для углеродистой стали $E = 1,9 \cdot 10^{11} \div 2,15 \cdot 10^{11}$ Па = $1,9 \cdot 10^5 \div 2,15 \cdot 10^5$ МПа ($19500 \div 21500$ кгс/мм²)]; J – момент инерции сечения корпуса (для прямоугольного сечения $\frac{bh^3}{12}$, для круглого сечения $0,05d^4$); l – расстояние от вершины резца до рассматриваемого (опасного) сечения (вылет резца), м (мм).

Необходимо, чтобы сила P_z была меньше максимально допустимых нагрузок $P_{z \text{ доп}}$ и $P_{z \text{ жест}}$ или равна им: $P_z \leq P_{z \text{ доп}}$; $P_z \leq P_{z \text{ жест}}$.

После расчета инструмента составляют его рабочий чертеж, на котором указывают все данные, необходимые для изготовления сконструированного инструмента. Чертеж должен удовлетворять всем требованиям ЕСКД.

Расчет сверл, зенкеров разверток

Проектирование сверла включает выбор основных конструктивных элементов на основе подходящих стандартных сверл с проверкой их применимости к конкретным условиям обработки, а в необходимых случаях - расчет профиля стружечной канавки и элементов зуба и сердцевины сверла.

Диаметр сверла выполняют на (0,02...0,15) мм меньше номинального в зависимости от диаметра и класса точности сверла (с целью компенсации разбивки отверстия) и обратной конусностью в одну-две угловых минуты (0,03...0,1 мм на 100 мм длины).

Длина рабочей части сверла выбирается в зависимости от длины обрабатываемого отверстия и возможности доступа к нему.

Геометрию заточки выбирают исходя из диаметра сверла и группы обрабатываемого материала.

Проверка сверла на прочность включает проверки по крутящему моменту и осевой силе и состоит из следующих этапов:

1. Определение по нормативной литературе осевое усилие действующее на сверло P_x и крутящий момент $M_{кр}$.
2. Определение необходимого размера конуса (если по условию сверло должно иметь конусный хвостовик). Для этого находим момент трения между хвостовиком и втулкой:

$$M_{тр} = \frac{\mu P_x (d_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \Delta \theta).$$

Приравниваем момент трения к максимальному моменту сил сопротивления резанию, т.е. к моменту, создающемуся при работе затупившимся сверлом, который увеличивается до 3 раз по сравнению с моментом, принятым для нормальной работы сверла. Таким образом, момент трения должен быть равен $3M_{кр}$. Следовательно,

$$3M_{кр} = M_{тр} = \frac{\mu P_x (d_1 + d_2)}{4 \sin \theta} (1 - 0,04 \Delta \theta), \text{ но } \frac{d_1 + d_2}{2} = d_{ср}.$$

Средний диаметр конуса хвостовика находим по формуле:

$$d_{ср} = \frac{6M_{кр} \sin \theta}{\mu P_x (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

где $M_{кр}$ – момент сопротивления сил резания Н·м (кгс·мм); P_x – осевая составляющая силы резания Н (кгс); $\mu=0,096$ – коэффициент трения стали по стали; угол θ для большинства конусов Морзе равен приблизительно $1^\circ 30'$; $\sin 1^\circ 30' = 0,02618$; $\Delta \theta = 5'$ - отклонение угла конуса.

По таблице ГОСТ 25557 – 82 выбираем ближайший больший конус, т.е. принимаем сверло с усиленным конусом.

3. Определение длины сверла. Общая длина сверла L ; длина рабочей части l_0 хвостовика и шейки l_2 ; и другие элементы конуса могут быть приняты по стандартам.

4. Определение геометрических и конструктивных параметров рабочей части сверла. По нормативам находим форму заточки, угол наклона винтовой канавки ω , угол при вершине конуса 2φ , шаг винтовых канавок находим по формуле:

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega}.$$

5. Толщину d_c сердцевины сверла выбирают в зависимости от диаметра сверла по табл. 2:

Таблица 2

Рекомендуемые значения толщины сердцевины d_c

D , мм	0,25...1,25	1,5...12,0	13,0...80,0
d_c , мм	(0,28...0,20) D	(0,19...0,15) D	(0,14...0,25) D

Сверла, оснащенные твердым сплавом и твердосплавные делают более жесткими – с диаметром сердцевины около $0,3D$. По направлению к хвостовику диаметр сердцевины увеличивается на (1,4...1,5)мм на 100 мм длины для сверл из быстрорежущей стали и на (1,7...1,8) мм для сверл твердосплавных.

6. Обратная конусность сверла (уменьшение диаметра по направлению к хвостовику) на 100 мм длины рабочей части сверла принимается по табл. 3:

Таблица 3

Рекомендуемые значения обратной конусности

D , мм	До 6	Св. 6	Св. 18
Обратная конусность, мм	0,03 – 0,08	0,04 – 0,10	0,05 – 0,12

7. Рекомендуемые размеры ленточки на калибрующей части сверл по ширине b и высоте h указаны в табл. 4.

Таблица 4

Рекомендуемые размеры ленточки спиральных сверл b и h , мм

Интервалы диаметров, мм													
	2...5	5...8	8...10	10...12	12...15	15...20	20...25	25...30	30...35	35...40	40...45	45...50	50...80
b	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6	1,8	1,8	2,0	2,3	2,6	3,0
h	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,2	1,5

8. Ширина пера определяется по формуле $B = 0,58 D$.

9. Определение геометрических элементов профиля фрезы для фрезерования канавки сверла:

Большой радиус профиля

$$R_0 = C_R C_r C_\varphi D,$$

где

$$C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega};$$

$$C_r = \left(\frac{0,14 D}{d_c} \right)^{0,044};$$

при отношении толщины сердцевины d_c к диаметру сверла D , равном 0,14, $C_r = 1$;

$$C_\Phi = \left(\frac{13 \sqrt{D}}{D_\Phi} \right)^{0,9},$$

где D_Φ – диаметр фрезы. При $D_\Phi = 13 \sqrt{D}$ $C_\Phi = 1$.

Меньший радиус профиля

$$R_k = C_k D, \text{ где } C_k = 0,015 \omega^{0,75}.$$

Ширина профиля $B = R_0 + R_k$.

10. По найденным размерам строим профиль канавочной фрезы. Устанавливаем основные технические требования и допуски на размеры сверла.

11. Выполняем рабочий чертеж.

Основой при проектировании специальных зенкоров и разверток так же служит стандартный инструмент, который подлежит необходимой доработке.

В связи с достаточной прочностью этих видов инструмента, проверки на прочность для них проводят только в особых случаях.

Проектирование зенкоров в этом случае сводится, как правило, к выбору его типа (насадной, хвостовой), конструкции (цельный, составной или сборный), числа зубьев и определению конструктивных размеров и геометрии заточки.

Проектирование разверток аналогично проектированию зенкоров с той разницей, что развертка это инструмент, обеспечивающий точность отверстия при высоких требованиях к нему. Поэтому на вопросы обеспечения точности следует обратить особое внимание. Так, с целью снижения уровня разбивки и предотвращения вибраций при обработке, угловой шаг зубьев разверток делают неравномерным. А к взаимному расположению зубьев и базовых поверхностей разверток предъявляют очень жесткие требования.

Достаточно жесткие требования предъявляются и к остальным поверхностям разверток. Допуск радиального биения хвостовика разверток относительно оси центровых отверстий или оси посадочного отверстия 0,010 мм для разверток диаметром до 30 мм и 0,015 . свыше 30 мм.

Предельные отклонения размеров разверток:

- общей длины и длин рабочей части, хвостовика и квадрата . h16;
- диаметра цилиндрического хвостовика машинных разверток . h9, ручных . f9;
- конуса Морзе: чистовых для квалитетов 6 и 7 и черновых №1 и №2 - IT7;
- остальных - IT8.

Проектирование фрез

Основные размеры фрез, геометрические параметры и технические требования к ним приведены в стандартах или справочной литературе. Геометрические элементы

лезвия можно выбрать по нормативам или справочной литературе. Форму и размеры пластин из твердого сплава, марку твердого сплава выбирают также по ГОСТу.

Наружный диаметр фрезы D зависит от диаметра оправки, размеров обрабатываемой поверхности, припуска на обработку и других факторов.

Обычно при конструировании фрез для определения диаметров оправки и цилиндрической фрезы пользуются следующим соотношением: $D = (2,5 \dots 3) d$.

Порядок расчета фрез следующий:

1. Предварительно задаемся длиной L фрезы (для заданной ширины фрезерования B) и соответственно ее диаметром D' , числом зубьев z' и углом ω .
2. По справочнику определяем скорость движения подачи S_z (мм/зуб).
3. Диаметр отверстия под оправку:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{сум}}}{0,1 \sigma_{\text{и.д}}}}$$

Здесь $M_{\text{сум}}$ - суммарный момент при изгибе и скручивании оправки, Н·м (кгс·мм):

$$M_{\text{сум}} = \sqrt{\left(\frac{3}{16} Pl\right)^2 + \left(\frac{P_z D}{2}\right)^2},$$

где P – равнодействующая сил P_z и P_y ; $P = 1,411 P_z$; l – расстояние между опорами фрезерной оправки (длина посадочного участка оправки), мм; $\sigma_{\text{и.д}}$ - допустимое напряжение на изгиб оправки для конструкционных сталей; $\sigma_{\text{и.д}} = (180 \dots 250) \cdot 10^6$ МПа ($\sim 18 - 25$ кгс/мм²).

P_z определяется по нормативам или справочнику, полученное значение d округляется до ближайшего диаметра отверстия фрезы по ГОСТ 9472 – 83.

Далее по формуле $D = (2,5 \dots 3) d$ окончательно устанавливается наружный диаметр фрезы и по стандарту принимается ближайший к расчетному. Значение длины фрезы L также берется из стандартов.

4. Рассчитывается окончательное число зубьев фрезы $z = m \sqrt{D}$. Значение коэффициента m зависит от типа фрезы и выбирается по табл. 5.

Таблица 5

Значения коэффициента m для определения числа зубьев фрезы

Цилиндрические				Торцовые цельные		Угловые	Фасонные	Дисковые
Цельные		Сборные						
Крупнозубые с $\omega \leq 30^\circ$	Мелкозубые с $\omega = 15 \dots 20^\circ$	с $\omega = 20^\circ$	с $\omega = 45^\circ$	Крупнозубые	Мелкозубые			
1.05	2	0.9	0.8	1.2	2	2.5-2.8	1.5-2	2

Определяется шаг зубьев фрезы:
окружной торцовый шаг

$$S_{\text{окр}} = \frac{\pi D}{z};$$

осевой шаг

$$S_{oc} = \frac{\pi D}{z} ctg \omega.$$

5. Проверяются полученные величины z и S_{oc} на условие равномерного фрезерования:

$$C = \frac{B}{S_{oc}} = \frac{B}{\pi D ctg \omega},$$

C должно быть целым числом или величиной, близкой к нему.

Проектирование протяжек

Задача проектирования протяжки сводится к выбору схемы резания и определения конструктивных элементов ее зубьев и протяжки в целом, исходя из выбранных режимов резания, формы и размеров обрабатываемой поверхности и свойств обрабатываемого материала. При этом следует учитывать особенности процесса резания при протягивании и то, что протяжки - это один из наиболее дорогих видов инструмента в связи с высокими затратами на их изготовление и большими размерами.

Схему резания и форму режущих кромок выбирают в зависимости от назначения протяжки и формы обрабатываемой поверхности с учетом получения оптимальной конструкции протяжки, т.е. обеспечения наименьшей ее длины при обеспечении прочности зубьев и протяжки в целом и наиболее полном использовании тяговой силы двигателя станка.

Одной из наиболее важных особенностей протягивания является обязательное условие обеспечения размещения стружки в канавке между зубьями, исходя из которого и рассчитывают размеры канавок. Глубина стружечных канавок непосредственно влияет на поперечное сечение тела протяжки и тем самым определяет ее прочность.

На режущих кромках большой ширины (больше 6...8 мм) для улучшения условий формирования стружки делают стружкоразделительные канавки треугольной (с углом 45...60°) или радиусной формы. Стружкоразделительные канавки выполняются только на режущих зубьях в шахматном порядке. Повышенный износ лезвий по уголкам канавок и ухудшение процесса заполнения канавки стружкой являются недостатком такой конструкции протяжки. Поэтому более целесообразны протяжки групповой схемы резания (переменного резания), например круглые протяжки с выкружками на зубьях.

Расчет протяжек. Режущую часть протяжки рассчитывают с учетом прочности и возможности размещения стружки в канавке. Конструкция протяжки должна обеспечить требуемые размеры и качество обработанной поверхности детали и иметь минимальную длину с целью уменьшения расхода материала и трудоемкости изготовления.

При расчете протяжек определяют:

- размеры конструктивных элементов режущей части, исходя из прочности тела протяжки, силы протягивания и соответствия этой силы тяговой силе двигателя

станка, удовлетворения условий формирования и размещения стружки в стружечных канавках, из наименьшей длины протяжки и соответствия этой длины длине хода ползуна протяжного станка, возможности изготовления протяжки;

- исполнительные размеры калибрующих зубьев, обеспечивающие требуемые параметры обработанных поверхностей.

Все необходимые указания для расчетов элементов конструкции протяжек приведены в литературе [1].

Далее расчет протяжек сводится к проверке конструкции на прочность.

Расчет конструкции на разрыв во впадине первого зуба:

$$\frac{P_{z \max}}{F} \leq \delta,$$

где $P_{z \max}$ - максимально допустимая главная составляющая силы резания Н (кгс), рассчитываются по формулам приведенным в [1] или берется по нормативам в справочной литературе; F – площадь опасного поперечного сечения во впадине первого зуба

$$F = \frac{\pi(D_z - 2h)^2}{4},$$

D_z - диаметр зуба, h – глубина канавки; напряжение в опасном сечении (если площадь опасного сечения хвостовика $F_x < F$, то расчет надо вести по F_x).

Напряжение в опасном сечении σ не должно превышать допустимого напряжения табл. 6.

Таблица 6

Допустимое напряжение для материала протяжек и прошивок

Инструмент	σ , МПа (кгс/мм ²), для материала режущей части	
	Быстрорежущие стали	Легированные стали
Круглые, шлицевые, эвольвентные, елочные протяжки	350 (35)	300 (30)
Шпоночные, плоские и другие протяжки с несимметричным приложением нагрузки	200 (20)	150 (15)
Прошивки	600 (60)	600 (60)
Примечание. Для конструкционных сталей, из которых изготовлен хвостовик, если инструмент сварной, $\sigma = 250$ МПа (25 кгс/мм ²).		

Расчет хвостовика на смятие

$$\frac{P_{z \max}}{F_1} \leq \sigma_{см},$$

где F_1 - опорная площадь замка

$$F_1 = \frac{\pi(D^2 - D_1^2)}{4}.$$

Допустимое напряжение при смятии не должно превышать 600 МПа.

Далее выполняется рабочий чертеж протяжки и выбираются технические требования.

3.10. Заключение

Заключение должно содержать:

- 1) краткие выводы по выполнению задания на курсовую работу;
- 2) оценку полноты решения поставленных задач;
- 3) предложения по использованию, включая внедрение.

4. Оформление пояснительной записки

Материал пояснительной записки размещается в следующем порядке:

- 1) титульный лист;
- 2) задание на курсовую работу;
- 3) содержание;
- 4) введение;
- 5) основная часть;
- 6) заключение;
- 7) список использованных источников;
- 8) приложения (при необходимости).

Текст пояснительной записки (ПЗ) может быть выполнен как в рукописном варианте, так и компьютерным набором на одинаковых стандартных листах бумаги формата А4. В случае рукописного варианта цифры и буквы необходимо писать четким почерком тушью, чернилами или пастой только одного цвета (черного, синего или фиолетового).

Поля страницы составляют: левое – не менее 30 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Страницы ПЗ следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту ПЗ. Номер страницы проставляют в правом верхнем углу без точки в конце.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц ПЗ. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, и распечатки с ЭВМ, содержание, введение, заключение включают в общую нумерацию страниц ПЗ.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах ПЗ, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Разделы, как и подразделы, могут состоять из одного или нескольких пунктов.

Введение и заключение не нумеруются как разделы.

Разделы и подразделы должны иметь заголовки. Пункты, как правило, заголовков не имеют.

Заголовки следует писать с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

Расстояние между заголовком и текстом при выполнении ПЗ машинописным способом должно быть равно 3 - 4 интервалам, при выполнении рукописным способом – 15 мм. Расстояние между заголовками раздела и подраздела – 2 интервала, при выполнении рукописным способом – 8 мм.

Каждый раздел ПЗ рекомендуется начинать с нового листа.

Оформление иллюстраций, таблиц, формул, уравнений, ссылок, приложений производится в соответствии с СТП ВГТУ.

5. Оформление графической части

Графическая часть должна выполняться в строгом соответствии с ЕСКД.

В графической части курсовой работы должны быть представлены чертежи детали, заготовки, 2 технологических наладки, чертеж режущего инструмента.

Представленный чертеж детали должен предварительно пройти технический контроль и отработку на технологичность. Он не должен иметь ошибок, которые могут быть на заводских чертежах. На чертеже детали следует тонкими линиями показать контур заготовки и проставить ее основные размеры.

Допускается вертикальное или горизонтальное расположение листов, исходя из объема информации, габаритов детали, удобства расположения и т. д.

Чертеж заготовки может быть совмещен с чертежом детали, но желательно его выполнить отдельно. На чертеже заготовки должен быть указан метод ее получения и особенности конфигурации, в частности литейные или штамповочные уклоны. Размеры заготовки должны отличаться от размеров детали на величину общего припуска.

Эскиз наладки представляет собой графическое изображение, соответствующее одному технологическому переходу. На эскизе наладки показывают взаимное расположение детали и инструмента, закрепленных в соответствующих приспособлениях, а также их движения в процессе обработки. Не допускается схематичное изображение мест базирования и закрепления, но само приспособление может быть представлено на наладке своими элементами, отражающими базисные и зажимные части приспособления. Режущий инструмент показывается в положении, соответствующем окончанию обработки. На каждом эскизе наладки в таблице указывается номер и наименование операции, наименование станка и его модель, а также информация по режимам обработки и техническому нормированию для данного перехода.

Точный объем графической части и форматы листов, на которых выполняются отдельные чертежи, согласовываются с руководителем работы перед началом их выполнения.

6. Порядок защиты работы

Выполненная курсовая работа сдается на проверку руководителю, который принимает решение о допуске ее к защите. Проект со значительными ошибками и замечаниями возвращается студенту на доработку.

При оценке курсового проекта учитывается полнота и правильность его выполнения, глубина проработки, соответствие требованиям ЕСКД и ЕСТД, самостоятельность выполнения, знание основного теоретического материала, умение студента защищать свои технические решения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение-1, 2001. Т. 1. 912 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя /Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Сулова, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение-1, 2001. Т. 2 944 с.
3. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. Изд. 2-е . М.: - Машиностроение, 1974. 421 с.
4. Пачевский, В. М. Технология машиностроения: учебное пособие / В. М. Пачевский. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003. 180 с.
5. Пачевский, В. М. Режущий инструмент: учебное пособие / В. М. Пачевский, Э. М. Янцов. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2003. 193 с.

Оглавление

Введение.....	2
1. Цель и задачи курсовой работы.....	3
2. Тематика и содержание курсовой работы	3
3. Рекомендации к выполнению разделов пояснительной записки	4
3.1. Введение.....	4
3.2. Описание назначения детали и условий ее работы	4
3.3. Описание типа производства и формы организации работы.....	5
3.4. Выбор заготовки и ее конструирование.....	5
3.5. Расчет промежуточных припусков и размеров заготовки.	6
3.6. Обоснование маршрута обработки элементарных поверхностей и маршрутной технологии.....	11
3.7. Обоснование выбора технологического оснащения	12
3.8. Расчет режимов резания и техническое нормирование	13
3.9. Расчет режущего инструмента, используемого в операциях формообразования.....	16
3.10. Заключение	26
4. Оформление пояснительной записки	26
5. Оформление графической части	27
6. Порядок защиты работы	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	28

ТЕОРИЯ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта
для студентов направления подготовки 15.04.01 «Машиностроение»
(программа магистерской подготовки «Обеспечение качественно-точных
характеристик при изготовлении изделий в автоматизированном
машиностроительном производстве»)
всех форм обучения

Составители:

Жачкин Сергей Юрьевич
Краснова Марина Николаевна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 28. 04. 2021.

Уч.-изд. л. 1,8

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный
технический университет"
394026 Воронеж, Московский просп., 14