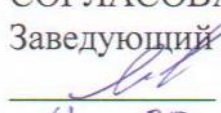
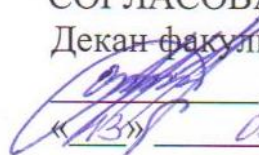


Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Машиностроительный факультет
Кафедра «Машиностроение и эксплуатация автомобилей»

СОГЛАСОВАНО
Заведующий кафедрой

С. В. Монтик
«13» 05 2025 г.

СОГЛАСОВАНО
Декан факультета

С. Р. Онысько
«13» 05 2025 г.

**ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
«РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»**
(название дисциплины)

для специальности
6-05-0714-02 Технология машиностроения, металлорежущие станки
и инструменты
Профилизация – Технология машиностроения

Составители: Парфиевич Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук, доцент
Сокол Виктор Александрович, старший преподаватель

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета
университета 26.06.2025 г., протокол № 4.

руч. и упр. 24/25-133

Пояснительная записка

Актуальность изучения дисциплины

Актуальность изучения дисциплины «Режущий инструмент» обусловлена несколькими важными факторами:

Технологическая значимость: Режущий инструмент является ключевым элементом в металлообрабатывающем производстве, обеспечивая высокую точность и качество обработки деталей. Его эффективность напрямую влияет на производительность и конкурентоспособность предприятий в машиностроении.

Проблемы износа и долговечности: Износ режущего инструмента является одной из основных причин снижения точности обработки и преждевременного разрушения деталей. Поэтому разработка технологий, повышающих долговечность и износостойкость инструмента, имеет большое значение.

Развитие новых материалов и покрытий: Современные требования к режущему инструменту включают повышение твердости, теплостойкости и износостойкости. Разработка новых материалов и покрытий для инструмента является актуальной задачей, позволяющей улучшить его эксплуатационные характеристики.

Экономическая эффективность: Повышение эффективности режущего инструмента и его долговечности может существенно снизить затраты на производство и улучшить экономические показатели предприятий, особенно в условиях стагнации рынка.

Автоматизация и контроль: Современное производство требует автоматизации и точного контроля за состоянием инструмента. Изучение режущего инструмента включает разработку систем мониторинга и прогнозирования износа, что важно для оптимизации производственных процессов.

Цели дисциплины

- формирование базовых знаний, необходимых для проектирования режущего инструмента;
- выбор основных параметров режущего инструмента для достижения высокой производительности и требуемого качества обработанных деталей, используя полученные методологические основы теоретического анализа многообразия возможных видов режущих инструментов.

Задачи дисциплины

- дать студентам необходимые знания о режущих инструментах, особенностях инструмента для автоматизированного производства;
- обеспечить приобретение студентами навыков в решении задач связанных с рациональной эксплуатацией режущих инструментов в различных производственных условиях;

- научить студентов современным методам проектирования различных видов режущего инструмента для обработки в машиностроительных производствах;
- дать студентам необходимые теоретические и практические знания по проектированию прогрессивных режущих инструментов с использованием современных методов формообразования поверхностей, обеспечивающих высокую производительность труда и качественную продукцию при наименьшей себестоимости;
- привить студентам потребность постоянного повышения своих научно-технических знаний в области проектирования режущего инструмента;
- научить студентов использовать при проектировании режущего инструмента ЭВМ.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) объединяет структурные элементы учебно-методического обеспечения образовательного процесса, и представляет собой сборник материалов теоретического характера для организации работы студентов специальности 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты, профилизация – Технология машиностроения» дневной/заочной формы обучения по изучению дисциплины «Режущий инструмент».

ЭУМК разработан на основании Положения об учебно-методическом комплексе на уровне высшего образования, утвержденного Постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 8 ноября 2022 г., № 427, и предназначен для реализации требований учебной программы по учебной дисциплине «Режущий инструмент» для специальности 66-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты, профилизация – Технология машиностроения».

Цели УМК:

- обеспечение качественного методического сопровождения процесса обучения;
- организация эффективной самостоятельной работы студентов.

Содержание и объем ЭУМК полностью соответствуют образовательному стандарту высшего образования специальности ОСВО 6-05-0714-02 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты, профилизация – Технология машиностроения», а также учебной программе дисциплины компонента учреждения высшего образования «Режущий инструмент». Материал представлен на требуемом методическом уровне и адаптирован к современным образовательным технологиям.

Структура электронного учебно-методического комплекса по дисциплине «Режущий инструмент»:

Теоретический раздел ЭУМК содержит материалы для теоретического изучения учебной дисциплины и представлен конспектом лекций.

Раздел контроля знаний ЭУМК содержит материалы для итоговой аттестации (вопросы к экзамену), позволяющие определить соответствие результатов учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации образовательных программ высшего образования.

Вспомогательный раздел включает учебную программу учреждения высшего образования по дисциплине «Режущий инструмент».

Рекомендации по организации работы с ЭУМК:

- лекции проводятся с использованием представленных в ЭУМК теоретических материалов; при подготовке к экзамену, студенты могут использовать конспект лекций;
- экзамен проводится в письменном виде, вопросы к экзамену приведены в разделе контроля знаний.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Конспект лекций по дисциплине
«Режущий инструмент»**

ВВЕДЕНИЕ

Эффективная эксплуатация современного оборудования невозможна без создания надежной и экономичной системы инструментообеспечения. Поэтому специалисты, работающие в машиностроении, должны уметь грамотно проектировать как инструменты универсального назначения, так и инструменты для станков с ЧПУ, автоматических линий, гибких производственных систем, а также различного рода вспомогательные инструменты.

Целью изучения дисциплины «Режущий инструмент» является подготовка специалистов, обладающих необходимыми знаниями проектирования и конструирования важнейших элементов технологической системы, то есть режущего инструмента и вспомогательной оснастки для него, что обуславливает необходимость системного подхода при анализе, планировании и управлении различными технологическими процессами механической обработки материалов.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Введение в дисциплину. Особенности режущих и обрабатывающих инструментов и их назначение. Основные требования, предъявляемые к инструментальным материалам по твердости, теплостойкости, прочности, износостойкости, технологичности, экономичности.

Основные требования к инструментальным материалам. Разновидности инструментальных материалов (стали, твердые сплавы, минералокерамика, сверхтвердые материалы, абразивные материалы), их эксплуатационные характеристики, область применения и основные марки.

Литература: [1] с. 24...33; [2] с. 9...25; [3] с.19...29, с. 517...523.

Углеродистые и легированные инструментальные стали. Быстрорежущие стали. Характеристика инструментальных твердых сплавов. Минералокерамика как инструментальный материал, рациональная область ее применения. Сверхтвердые материалы и область их применения.

Методы нанесения износостойких покрытий на инструментальные материалы (химического осаждения и физического осаждения из газовой фазы). Разновидности покрытий, свойства, области применения.

Литература: [1] с. 33...41; [2] с. 25...31; [6] с. 59.76.

ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ПАРАМЕТРЫ КОНСТРУКЦИЙ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Требования к инструменту. Классификация режущих инструментов.

Основные конструктивные элементы режущих инструментов. Базовые поверхности и методы крепления инструментов.

При изучении составных частей (режущая, калибрующая, направляющая, присоединительная) запомнить, что основной частью является **режущая**. Она - основа конструкции любого инструмента. Выступает в форме клина той или иной конфигурации, который

снимает стружку придавая заготовке нужные форму и качество обработанной поверхности.

Различают две группы инструментов в зависимости от формы присоединительной части (хвостовые и насадные).

Обратить внимание на то, что основой любой режущей части является **режущий клин**.

Литература: [1] с. 141, с. 169; [3] с. 8...9, с. 12.15.

Режущий клин (лезвие) - ограничен двумя или несколькими поверхностями, линия пересечения которых образует режущую кромку. Режущие кромки: главная (выполняет основную работу резания), вспомогательная, переходная, зачистная.

Задняя поверхность главная (примыкает к главной режущей кромке), вспомогательная, переходная, зачистная.

Передняя поверхность у режущего клина одна по ней сходит стружка. необходимо обратить внимание на **формы передней поверхности**.

Литература: [1] с. 41...43; [3] с. 8...12, с. 35...39; [5] с. 181.187.

Системы координат (инструментальная, статическая и кинематическая). Обратить внимание, что в *инструментальной* системе координат углы рассматривают относительно базы, удобной для изготовления и контроля. Это углы заточки, характеризующие инструмент как свободное независимое тело.

В **статической** системе координат углы определяют положение режущего клина относительно обрабатываемой детали и привязаны к вектору скорости главного движения V и вектору скорости подачи S .

В **кинематической** системе координат рассматривают кинематические углы, образующиеся в процессе резания. Углы определяются положением вектора результирующего движения $W=V+S$ и вектора подачи S .

Статическая и кинематическая системы координат имеют две определенные координатные плоскости: основную плоскость и плоскость резания.

Литература: [1] с. 43...47

Параметры рабочей части инструментов необходимо начинать изучать на примере токарного резца: координатные и секущие плоскости, геометрические параметры. Необходимо изучить определения основных поверхностей и углов на примере прямого проходного резца.

Цельные, составные и сборные конструкции инструментов. Для экономии материала и уменьшения стоимости инструментов используют составные и сборные конструкции.

Различают следующие способы соединения рабочей части и корпуса: неразъемные (сварка, пайка, наклейка, запрессовка, опрессовка, чеканка); разъемные.

Литература: [1] с.180...187.

Режущие элементы в составных и сборных конструкциях (режущие ножи и многогранные неперетачиваемые пластины).

Разновидности многогранных неперетачиваемых пластин (МНП): режущие, опорные, стружколомы. Режущие многогранные неперетачиваемые пластины.

Литература: [1] с. 149...153, с. 183...187; [4] с. 33...47; [5] с. 172.. .181; [6] с. 11...12.

РАЗНОВИДНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ РЕЗЦОВ

Соотношение углов в различных секущих плоскостях и их взаимосвязь при расчетах. Сравнение их с другими видами обработки.

Типы, назначение и технологические возможности токарных резцов общего назначения. Типы, назначение и технологические возможности резцов. Кинематика рабочих движений процессов обработки резцами. Резцы токарные общего назначения быстрорежущие, твердосплавные, минералокерамические и оснащенные сверхтвердыми материалами, цельные, составные и сборные. Особенности конструкции долбежных и строгальных резцов.

Литература: [1], с.33...51; [2] с.32..38; [3] с.39...42; [4] с.6...21.

Конструктивные особенности резцов и методы обработки деталей на строгальных и долбежных станках. Рабочие движения инструментов и их геометрия.

Обратить внимание на особенности конструкции строгального, долбежного, державочных, автоматных и полуавтоматных резцов. У строгальных резцов головка отогнута, чтобы вершина резца расположилась на уровне опорной поверхности державки. Зачем? У долбежных резцов передняя поверхность расположена на торце державки. Резцы фасонные, их назначение, типы, сравнительные преимущества и недостатки, геометрические и конструктивные параметры.

Литература: [1] с. 33...51; [2] с. 57...65; [3] с. 50...59; [4] с. 70...82.

Конструктивные особенности резцов для токарных станков с ЧПУ. Резцы с механическим креплением МНП. Резцы с режущей частью из минералокерамики и сверхтвёрдых материалов. Резцы-вставки. Резцы модульного типа. Номенклатура резцов для токарных станков с ЧПУ. Типовые обрабатываемые поверхности и резцы для их обработки. Комбинированные резцы.

Литература: [1] с. 153.155, с. 188...191; [2] с. 38...54; [3] с. 47; [4] с. 61...67; [5] с. 187.201, с. 203.231; [7] с.96.,115.

При изучении геометрии резцов обратить внимание на то, что вид в плане (вид на переднюю поверхность) всех резцов одинакового назначения одинаковый. На примере резцов проследить за соответствием формы инструментов, их конструкции и назначению.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Сверла. Назначение, типы и элементы конструкции сверл. Геометрические параметры сверл на примере спирального сверла. Сверла спиральные (винтовые) быстрорежущие и твердосплавные.

Литература: [1] с. 191...193; [2] с. 156...167; [3] с. 94...107; [4] с. 92.. 98; [5] с. 237.242; [7] с. 130...134.

Применяемость для станков с ЧПУ спиральных сверл. Сверла ступенчатые. Сверла с механическим креплением МНП.

Литература: [1] с. 200...203; [2] с. 167...170; [3] с. 110...113; [4] с. 106.. .107; [5] с. 242.246, с. 262; [7] с. 135.

Сверла для глубокого сверления (эжекторные, пушечные и ружейные).

Литература: [1] с. 199...201; [2] с. 171...177; [3] с. 113...125; [5] с. 247.. .252; [7] с. 137.

Зенкеры. Назначение и типы зенкеров. Технологические возможности зенкеров. Разновидности зенкеров в зависимости от вида выполняемых работ. Элементы конструкции зенкеров. Геометрические параметры зенкера. Хвостовые и насадные цельные зенкеры. Сборные зенкеры быстрорежущие и твердосплавные. Зенкеры для станков с ЧПУ.

Литература: [1] с. 203...205; [2] с. 178...185; [3] с. 126...136; [4] с. 118.. .124; [5] с.253.254.

Развертки. Назначение, типы и элементы конструкции разверток. Технологические возможности разверток. Геометрические параметры развертки.Развертки хвостовые и насадные, цельные и сборные, быстрорежущие и твердосплавные, с жестким размером и регулируемые. Конические и ручные развертки Развертки для станков с ЧПУ.

Литература: [1] с. 206...217; [2] с. 185...198; [3] с. 137...153; [4] с. 125.. .135.

Расточной инструмент. Назначение, типы и возможности расточных инструментов. Резцы, пластины, блоки, головки, микроборы. Стержневые резцы. Пластинчатые цельные и сборные резцы. Расточные блоки и головки.

Литература: [1] с. 189...191; [2] с. 54.57; [3] с.154...161; [4] с.68...70; [5] с. 254.260; [7] с. 135...136, с. 140.143.

Комбинированные инструменты для обработки отверстий одно-

типные и многотипные, цельные и сборные, быстрорежущие и твердосплавные; область и эффективность их применения.

Литература: [1] с. 146...149; [2] с. 429...436; [3] с. 162...165, [7] с. 79.

Если у сверла отрезать вершину перпендикулярно оси, то получим двузубый зенкер или двузубую развертку. Но у зенкера как минимум три зуба, а у развертки четыре. Почему?

Обычно нормируется подача на зуб (режущий клин) инструмента из условия прочности инструмента или требуемого качества обработанной поверхности. Поэтому чем больше зубьев, тем выше производительность при той же частоте вращения инструмента (скорости резания). Это справедливо для всех многолезвийных (многозубых) инструментов. Число зубьев ограничивается не точностью обработки, хотя и прослеживается некоторая связь, а размещением стружки в канавках инструмента. Чем больше стружки, тем большей должна быть стружечная канавка, а, стало быть, меньше зубьев на теле инструмента одного и того же диаметра. Это подтверждают конструкции сверла, зенкера и развертки.

У одностипных комбинированных инструментов подача и скорость резания приблизительно одинаковые. Хорошо обеспечивается размещение и вывод стружки. Поэтому ими можно вести одновременную обработку нескольких поверхностей, тогда как многотипными - последовательно. Поэтому одностипные комбинированные инструменты производительней многотипных. Известны расточные головки, обрабатывающие одновременно 12 поверхностей. Все насадные инструменты, в том числе зенкеры и развертки, без хвостовиков и поэтому экономичней. Хвостовые конструкции вынужденные. Это инструменты малых диаметров, которые из-за низкой жесткости неработоспособны в насадном исполнении.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК

Принцип работы протяжек и прошивок, как инструментов с конструктивной подачей. Особенности процесса протягивания. Технологические возможности и области эффективного применения протягивания. Типы протяжек. Протяжки для внутреннего и наружного протягивания. Быстрорежущие и твердосплавные протяжки, цельные и сборные, режущие, выравнивающие и деформирующие. Протяжки со свободным выходом стружки.

Схемы резания при протягивании (профильная и генераторная, одинарная и групповая): отличительные особенности, примеры резания припуска, достоинства и недостатки.

Части протяжек и их назначение на примере круглой протяжки групповой схемы резания. Конструктивные параметры и форма зубьев режущей части. Конструктивные параметры и форма зубьев калибрующей и выравнивающей частей.

Шпоночные протяжки. Шлицевые протяжки. Протяжки для наружного протягивания.

Литература: [1] с. 227...234; [2] с. 116...155; [3] с. 60..91; [4] с. 178.. .200.

Обратить внимание на схемы резания (схемы послойного удаления припуска) протяжками разных типов. Уяснить, что групповые схемы резания - прогрессивные, так как способны при той же производительности резать с меньшими силами или при тех же силах резания работать с большей производительностью. Объясняется это тем, что при одинаковой площади сечения среза силы резания меньше, когда срезаемый слой толще, но короче, а припуск (подлежащий удалению слой металла) прежний. Влияние ширины среза на силу резания (необходимо вспомнить теорию резания и объяснить почему).

Увеличить толщину среза и уменьшить ширину, сохраняя ту же площадь среза, в сечении среза каждым зубом протяжки, уменьшаем силу резания каждым зубом. Количество зубьев при этом остается прежним, а сила протягивания меньше. Но сохраняя прежнюю силу резания, увеличиваем площади сечения среза каждым зубом за счет

увеличения толщины, но сохраняя ширины среза уменьшением числа зубьев протяжки. Она становится короче и поэтому производительнее.

КОНСТРУКЦИИ ФРЕЗ

Типы фрез, их назначение и кинематика фрезерования. Фрезы цельной, составной и сборной конструкций. Виды зубьев фрез (острозаточенные и затылованные), типовые формы, поверхности переточки, достоинства и недостатки. Способы крепления режущих элементов. Геометрические параметры цилиндрических фрез.

Литература: [1] с. 211...215; [2] с.67...82; [3] с. 166...171; [4] с. 202.. .208.

Особенности конструкции концевых фрез. Геометрические параметры концевых фрез. Цельные концевые фрезы. Концевые фрезы с МНП.

Литература: [1] с. 222...223; [3] с. 177...181, с. 189.191; [4], с.208.209, 212, 217; [5] с. 291...293; [7] с. 122...128.

Особенности конструкций торцевых фрез. Геометрические параметры торцевых фрез. Торцевые фрезы с МНП.

Литература: [1], с. 217...220; [3] с. 177...181, с. 184.18; [4] с. 209.. .210, с. 213.216; [5] с. 281.290; [7] с. 117...121.

Типы дисковых фрез. Дисковые фрезы с МНП.

Литература: [1] с. 226...227; [3] с. 173...177, с. 191.193; [4] с. 210; [5] с. 291.301; [7] с. 121.122.

Типы и область применения фасонных фрез. Форма зуба и область применения фрез с затылованными зубьями со шлифованным и с нешлифованным профилем Способы затылования.

Литература: [1] с. 224...226; [2] с. 93...107; [3] с. 181...183; [4] с. 224.. .226.

Обратить внимание на то, что базовыми конструкциями являются цилиндрическая фреза и торцевая. Так, например, дисковая паль-

цевая, отрезная, прорезная фреза - это очень короткие цилиндрические. Дисковая двухсторонняя - короткая торцевая и т.д. Хвостовые фрезы - это те же насадные, но малого диаметра.

Особенностью фасонных фрез затылованный зуб. В результате упрощается переточка. Их перетачивают по передней поверхности, плоскости, а не по фасонной задней. При этом профиль фрезы сохраняется. В остальном они хуже фрез с остроконечным зубом: сложнее в изготовлении, допускают меньшее число переточек, малые боковые задние углы.

РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ

Методы обработки зубчатых изделий (метод копирования и метод обкатки), их сущность, кинематика движений инструмента и заготовки, достоинства и недостатки.

Литература: [3] с. 290...291; [3] с. 248...249.

Инструменты, работающие по методу копирования. Дисковые и пальцевые модульные фрезы: конструкция, принцип работы, геометрические параметры, область применения. Зубодолбежные головки и протяжки: конструкция, принцип работы, область применения.

Литература: [1] с. 247...249; [2] с. 233...238; [3] с. 305.316; [4], с.258...262.

Инструменты, работающие по методу обкатки. Зубострогальные гребенки: конструкция, схема работы, область применения.

Зуборезные долбяки: конструкция, типы, схема работы, область применения. Основные конструктивные и геометрические параметры долбяков. Пути совершенствования конструкций долбяков: сборные, составные, ступенчатые, комбинированные долбяки.

Червячные модульные фрезы: конструкция, схема работы, область применения. Основные конструктивные и геометрические

параметры червячных модульных фрез, методы профилирования. Пути совершенствования конструкций червячных фрез: сборные и составные конструкции, фрезы с твердосплавными режущими элементами, фрезы с измененной схемой резания. Способы шлифования затылованных зубьев в сборных конструкциях.

Литература: [1] с. 249...259; [2] с. 239...279; [3] с. 316...358; [4] с. 282, с. 307.312.

Шеверы: назначение, типы, конструкция, область применения. Основные конструктивные элементы и геометрические параметры. Схемы шевингования.

Литература: [1] с. 260...261; [2] с. 279...291; [3] с. 358...373; [4] с. 315.. 321.

Развитие конструкций зуборезных инструментов происходило следующим образом. Сначала - дисковые и пальцевые модульные фрезы, работающие методом копирования (режущий контур фрезы переносит свой профиль на межзубую впадину нарезаемого колеса), метод не точный и малопроизводительный; зуборезная гребенка для зубодолбления колес по методу обкатки, метод точный, но низкая производительность (холостые ходы инструмента); червячная модульная фреза, работает по методу обкатки, выше производительность (нет холостых ходов), но ниже точность; долбяк, работающий по методу обкатки, выше точность, но ниже производительность, чем у червячной фрезы (из-за холостых ходов); шевёр для исправления ошибок фрезерования зубьев, совместно с червячной фрезой обеспечивает высокую точность и производительность более высокую, чем зуборезные долбяки; зуборезная головка для контурного зубодолбления, образует все зубья сразу по методу копирования, но сложная, дорогая и специальная, пригодная для нарезания колес одного и того же модуля и одинакового числа зубьев;

протяжка, самый производительный метод, но инструмент специальный, как и головка для контурного зубодолбления, и недостаточно точный. Исправление ошибок возможно шевингованием.

Аналогично развивались инструменты для нарезания конических

колес: дисковые и пальцевые модульные фрезы зубострогальные резцы, работающие по методу обкатки (холостые ходы) резцовые головки, фактически фрезы, работающие по методу обкатки (без холостых ходов); круговые протяжки, метод копирования; конические червячные фрезы, как достаточно производительные и универсальные.

Понимание конструкции, формы зубьев и параметры зубчатого венца обкатных инструментов всех типов облегчается, если четко представить метод обкатки, обкатав пластилиновую заготовку инструмента зубчатым колесом. В результате получается профиль зубьев инструмента. Осталось повторить пластилиновый образец стальным, закалить, заточить и заставить обкатываться уже по заготовке колеса, а зубьям сообщить движения резания. В результате воспроизводится колесо, использованное для профилирования инструмента. Так можно представить профилирование любого обкатного инструмента для нарезания зубчатых изделий любого профиля: зубчатых колес эвольвентного зацепления, звездочек цепных передач, фрез, шлицевых валов и втулок и др.

Поскольку обкатка производится путем перекатывания инструмента и заготовки по начальным поверхностям, то параметры зубьев инструмента равны параметрам межзубьевых впадин нарезаемых изделий. Так, шаг зубьев инструмента и изделия равны. Толщина зуба инструмента равна ширине межзубьевой впадине изделия. Высота головки зуба инструмента равна высоте головки зуба изделия, а высота ножки зуба инструмента - высоте головки зуба изделия плюс радиальный зазор в паре инструмент - нарезаемое изделие, для исключения резания доньшком межзубьевой впадины инструмента.

Инструменты для нарезания конических колес с прямыми зубьями. Зубострогальные резцы: метод нарезания, схемы нарезания, область применения, основные элементы конструкции, геометрические параметры.

Зацепление конического колеса с производящим плоским, или плосковершинным колесом - теоретическая основа проектирования зубообрабатывающих станков и инструментов, работающих по ме-

тоту обкатки

Дисковые сдвоенные фрезы, круговые протяжки: метод нарезания, схемы нарезания, область применения.

Инструменты для нарезания конических колес с круговыми зубьями. Зуборезные головки: схема нарезания, типы, область применения. Червячные конические фрезы: конструкция, основные геометрические параметры, область применения.

Особенности конструкции и установки инструментов относительно на—резаемой заготовки. Области применения инструментов.

Литература: [2] с. 291...299; [3] с. 388...415.

Примеры деталей с неэвольвентными зубьями. Метод нарезания неэвольвентных зубьев и используемые инструменты.

Червячные шлицевые фрезы: назначение, типы, область применения. Профилирование червячных фрез для нарезания шлицевых валов с прямобочным профилем. Формы и размеры зубьев фрез для нарезания шлицевых валов с центрированием по наружному и внутреннему диаметрам. Конструктивные и геометрические параметры червячных шлицевых фрез.

Долбяки и обкатные резцы: конструкция, область применения.

Литература: [2] с. 300...301; [3] с. 373...387; [4] с. 323...330.

РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЗЬБЫ

Способы образования наружных и внутренних резьб: нарезание, пластическое деформирование, шлифование. Сравнительная характеристика способов и применяемых при этом инструментов. Выбор способов резьбообработки.

Литература: [1], с.103; [2],с.344,345; [3],с.164; [4],с.126.

Резьбовые резцы и гребенки. Назначение, типы, конструкции и кинематика резания.

Литература: [1], с.104...106; [2], с.347...349, 358...361, [3], с.166...169; [4], с.126.

Метчики. Назначение, типы и область применения. Кинематика резания. Особенности конструкции метчиков разного назначения. Бесстружечные метчики.

Литература: [1], с.106...116; [2], с.345...347, 362...368, 376...379; [3], с. 169...177; [4], с.127...137.

Плашки. Назначение, типы, конструкции, область применения, кинематика резания.

Литература: [1], с.106...108; [2], с.349, 350, 368, 369; [3], с.177, 178; [4], с.128...131.

Резьбовые фрезы. Назначение, типы, конструкции, область применения, кинематика резания

Литература: [1], с.119...121; [2], с.350...352, 361, 362; [3], с.178...180; [4], с.139, 140.

Резьбонарезные головки. Назначение, типы, кинематика резания и эффективность применения. Конструкции головок с круглыми гребенками, принцип работы; гребенки к ним и их установка в головке. Особенности конструкции головок с плоскими радиальными и тангенциальными плашками для наружных резьб. Головки для нарезания внутренних резьб.

Литература: [1], с.116...118; [2], с.369...372; [3], с.180...183; [4], с.137...139.

Резьбонакатные инструменты. Способы накатывания резьбы. Сравнительная характеристика и области применения. Конструкции резьбонакатных головок. Резьбонакатные инструменты для специальных накатных станков.

Литература: [1], с.121...123; [2], с.354,355,372...376; [3], с.183...187; [4], с.141...143.

Резьбошлифовальные инструменты. Характеристика и форма шлифовальных кругов, область применения и кинематика рабочих движений.

Литература: [1], с.124; [2], с.355...357.

В основе конструкции резьбонарезных инструментов лежит резьбовой (фасонный стержневой) резец, практически в неизменном виде заложенном в резьбонарезные инструменты разных типов.

Постоянно возрастающий типаж резьбонарезных инструментов является ярким примером развития инструментов в направлении повышения производительности: однозубый резьбовой резец (многопроходное нарезание резьбы) □ многозубая нарезная гребенка (уменьшение числа проходов до одного) □ метчики и плашки, конструкции которых содержат несколько гребенок (резьбу нарезают за один проход) □ резьбонарезные головки (производительность повышается за счет устранения свинчивания инструмента после нарезания резьбы). Нарезание длинных резьб крупного шага: резец □ фреза □ головка для вихревого нарезания.

АБРАЗИВНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Виды абразивных и алмазных инструментов (круги, бруски, шкурки, пасты), область их применения. Кинематика процесса обработки. Виды и характеристики режущих материалов и связок.

Литература: [1] с. 266...268; [2] с. 348...353; [3] с. 434...436.

Шлифовальные круги: конструкции, маркировка, формы, зернистость, типы связок, твердость, структура, маркировка. Способы и инструменты для правки абразивных, алмазных и эльборовых кругов. Техника безопасности при работе с кругами.

Литература: [1] с. 269...271; [2] с. 353...395; [3] с. 436...442.

Для грамотного использования абразивных кругов необходимо представить круг как фрезу, с хаотично расположенными микро-резцами из абразивного материала каждый со своими геометрическими параметрами. Микрорезцы закреплены в связке с определенной прочностью удержания. Каждой связке присуща своя степень прочности удержания зерен. Эта прочность называют твердостью круга.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Классификация систем вспомогательных инструментов в зависимости от способа крепления инструментального блока на станке. Вспомогательные инструменты для токарных станков с ЧПУ, сверлильно-фрезерно-расточных станков с ЧПУ. Агрегатно-модульные конструкции вспомогательного инструмента.

Инструментальные наладки для агрегатных станков и автоматических линий. Назначение, технологические возможности и область эффективного применения комбинированных инструментов.

Инструментальные наладки для станков с ЧПУ: эффективность применения, структура, способы крепления и регулирования. Способы автоматической смены инструмента. Автооператоры.

Функции и задачи инструментального обеспечения.

Инструментальные системы автоматизированного оборудования, как и любые другие материальные системы, представляют множество элементов, находящихся в связях друг с другом, образующих определенную структуру. Данная структура отражает взаимосвязи параметров вспомогательного и режущего инструмента, станка и детали в реальных технологических условиях. Оптимальным является вариант инструментальной системы, которая имеет минимальное число элементов и минимум связей между ними.

Основными параметрами инструментальной системы являются

присоединительные поверхности, предназначенные для базирования и закрепления инструментальных блоков в технологическом оборудовании.

Под **инструментальной оснасткой** понимают комплекс режущих и вспомогательных инструментов.

Понятие **инструментальное обеспечение** включает комплекс мероприятий и технических средств, направленных на рациональное использование станков автоматизированного производства.

В структуру инструментального обеспечения входят: инструменты; оборудование для их проектирования, изготовления, испытания, ремонта и утилизации; транспорт для доставки; склады для хранения; мерители для настройки; датчики для диагностики; устройства для регулирования и т. п.

Литература: [4] с. 368...367; [5] с. 36...41, с. 88...89, с. 121.122,

Значение режущих и вспомогательных инструментов. Требования к **режущим инструментам** для автоматизированного оборудования.

К **режущим инструментам** (РИ), применяемым в условиях автоматизированного производства, предъявляют повышенные требования по сравнению с инструментами, применяемыми на станках с ручным управлением. Однако в связи с тем, что в автоматизированном производстве необходимо рассматривать РИ совместно со вспомогательными инструментами (из-за совместной настройки вне станка, быстросменности и т. д.), для условий такого производства появились новые понятия.

Литература: [1] с. 188; [3] с. 416...418; [4] с. 368...369.

Требования к **вспомогательным инструментам** для автоматизированного оборудования.

Разнообразие типов моделей станков с ЧПУ и применяемых на них режущих инструментов потребовало разработки специальных унифицированных конструкций вспомогательных инструментов для их установки и закрепления на станке.

Вспомогательные инструменты - это различного вида резцедержатели, патроны, оправки, удлинители и переходники, специ-

альные блоки и др. Они позволяют существенно расширить область применения режущих инструментов и обеспечить его эксплуатацию в автоматическом режиме, а за счет унификации - сократить номенклатуру специальных инструментов и осуществить агрегатно-модульный принцип их конструирования.

Любая конструкция вспомогательного инструмента включает две части: *присоединительную* и *хвостовик*.

В присоединительной части устанавливается режущий инструмент, поэтому ее конструктивное оформление должно быть адекватно всем типам и типоразмерам крепежной части режущих инструментов. Конструкция присоединительной части вспомогательного инструмента должна обеспечить правильную установку и надежное закрепление режущего инструмента. Правильная установка гарантирует точность базирования и координирования инструмента в технологической системе металлорежущего станка.

Литература: [3] с. 426...430; [4] с. 368...372; [7] с. 161...162.

Понятие об инструментальных блоках и их компонентах. Примеры инструментальных блоков для станков токарной группы и для сверлильно-фрезерно-расточных станков.

Литература: [3] с. 430...433; [4] с. 372...378; [5] с. 90...92; [7] с. 163.. .168, с. 183.188, с. 197.199, с. 204.216.

Понятие об инструментальной наладке. Требования к инструментальным наладкам.

Инструментальная наладка представляет собой комплекс режущего и вспомогательного инструментов, которые скомпонованы в соответствии с требованиями технологической операции. Чертеж по *инструментальной наладке*, содержащий упрощенное изображение режущего и вспомогательного инструментов, а также пограничных составных частей с необходимыми размерами. В этом документе могут быть приведены данные о работе силовых механизмов изделия и сведения о режимах резания.

Проектирование инструментальных наладок - важный этап разработки технологической операции, так как от качества этой работы

зависит, насколько успешно будет выполняться эта операция. Если хотя бы один из элементов наладки не будет предусмотрен или будет неверно указан, операция не сможет быть осуществлена.

При проектировании наладок было учтено то, что тип производства у нас- производство крупносерийное, учитывала требуемые параметры точности, производительность , удобство работы на станке.

Литература: [7] с. 304...321.

Список литературы

1. Резание металлов и режущий инструмент: учебное пособие для учреждений высшего образования по специальностям "Технология машиностроения", "Технологическое оборудование машиностроительного производства" / Э. М. Дечко, М. М. Дечко. - Минск : Вышэйшая школа, 2020. - 287 с.
2. Режущий инструмент: учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич, М. И. Михайлов. - Минск : Новое знание, 2007. - 399 с. - (Техническое образование)
3. Режущий инструмент: Учебник для вузов/ Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, В.И. Кокарев. - М.: Машиностроение, 2007. - 528 с.
4. Режущий инструмент: учебное пособие / А.А.Рыжкин [и др.]. - Ростов н/Д : Феникс, 2009. - 405 с.
5. Инструментальное обеспечение автоматизированного производства: Учеб для машиностр. спец. вузов / В.А.Гречишников, А.Р.Маслов, Ю.М.Соломенцев и др.; Под общ. ред. Ю.М.Соломенцева. - М.: Высш. шк., 2001. - 271 с.
6. Режущий инструмент. Эксплуатация: учебное пособие / Е. Э. Фельдштейн, М. А. Корниевич. - Минск : Новое знание ; М.: Инфра- М, 2012. - 256 с.
7. Инструментальная оснастка станков с ЧПУ: Справочник/ С.Н. Григорьев, М.В. Кохомский, А.Р. Маслов; Под общ. ред. А.Р. Маслова. - М.: Машиностроение, 2006. - 544 с.

РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Режущий инструмент»

1. Роль и значение режущих инструментов в машиностроении. Дополнительные требования к инструментам для станков ЧПУ и предназначенным для работы в условиях гибкого автоматизированного производства.
2. Определение, назначение и классификация режущих инструментов. Требования к режущим инструментам.
3. Составные части и элементы инструмента.
4. Инструментальные материалы: инструментальные стали.
5. Инструментальные материалы: быстрорежущие стали.
6. Инструментальные материалы: твердые сплавы.
7. Инструментальные материалы: абразивные материалы.
8. Резцы общего назначения. Типы, конструктивные элементы и геометрические параметры этих резцов.
9. Твердосплавные резцы с напайными и механическими закрепленными пластинами. Резцы из сверхтвердых материалов.
10. Методы крепления МНП к державкам резцов, достоинства и недостатки.
11. Резцы для тяжелых работ.
12. Резцы фасонные (круглые, призматические, стержневые). Типы, конструктивные элементы и геометрические параметры.
13. Резцы фасонные. Методика расчета размеров профиля резцов. Искривление профиля обрабатываемой детали. Достоинства и недостатки фасонных резцов и область их применения.
14. Сверла спиральные. Методика выбора и расчета геометрических параметров и исполнительных размеров основных конструктивных элементов сверл.
15. Сверла спиральные. Способы улучшения конструктивных, геометрических и эксплуатационных показателей. Достоинства и недостатки, область их применения.
15. Сверла для глубокого сверления (шнековые, четырехкромочные, эжекторные, кольцевые). Достоинства и недостатки, область их применения.
16. Перовые сверла. Анализ конструкции. Достоинства и недостатки, область их применения.
17. Зенкеры. Классификация зенкеров. Достоинства и недостатки зенкеров.
18. Конструктивные элементы и геометрические параметры, методика их выбора и расчета.
19. Развертки. Классификация. Достоинства и недостатки. Методы крепления на станке.
20. Конструктивные элементы и геометрические параметры, методика их выбора и расчета.
21. Расточные инструменты: резцы, пластины, блоки, головки, конструктивные элементы и геометрические параметры. Достоинства и недостатки, область применения. Способы установки.
22. Назначение, классификация фрез. Фрезы с остrokонечными зубьями.

Типы остроконечных зубьев.

23. Обзор применяемых конструкций фрез: цельные, составные, сборные, цилиндрические торцевые.

24. Обзор применяемых конструкций фрез: дисковые, условные, концевые, фасонные. Наборы фрез.

25. Методика расчета исполнительных размеров основных конструктивных элементов фрез.

26. Достоинства, недостатки и область применения различных конструкций фрез с остроконечными зубьями.

27. Фрезы с затылованными зубьями. Выбор кривой для затылования. Обзор применяемых конструкций фрез.

28. Методика выбора и расчета основных конструктивных элементов фрез.

29. Расчет размеров профиля зубьев фасонных фрез. Достоинства, недостатки и область применения фасонных с затылованными зубьями.

30. Дисковые фрезы для обработки винтовых поверхностей деталей. Методы профилирования дисковых фрез.

31. Методы резбообразования, применяемые инструменты и их эффективность.

32. Резьбовые резцы и гребенки, их конструкция, положение передней поверхности и направление витков гребенки, влияние их на точность профиля нарезаемой резьбы. Достоинства и недостатки.

33. Метчики, их виды и назначения, условия работы и элементы конструкции.

34. Выбор и расчет геометрических параметров и размеров конструктивных элементов метчиков. Степень точности и допуски на резьбу метчиков.

35. Особенности конструкций метчиков различных типов: гаечных, машинных, машинно-ручных, плашечных и маточных, бесканавочных, комплектных, твердосплавных.

36. Особенности конструкций метчиков различных типов: бесканавочных, комплектных, твердосплавных.

37. Распределение работы резания и расчет размеров резьб комплектных метчиков.

38. Метчики сборной конструкции. Метчики бесстружечные (выдавливающие).

39. Плашки круглые, конструктивные элементы и геометрические параметры. Размеры профиля резьбы, достоинства, недостатки, область применения.

40. Фрезы резьбовые, типы, конструктивные элементы и геометрические параметры, особенности конструкции, достоинства, недостатки, область применения.

41. Головки резбонарезные, классификация, назначение, область применения. Конструкция головок с круглыми гребенками для наружных резьб.

42. Конструкция гребенок и их установка в головке, геометрические параметры. Условия правильного образования резьбы детали и работы инструмента.

43. Резьбонакатные инструменты, типы, принцип работы.

44. Протяжки. Назначение, типы, конструктивные элементы и геометрические параметры.

45. Схема резания при протягивании. Методика расчета исполнительных размеров конструктивных элементов протяжек.

46. Особенности конструкции и расчета шлицевых, многогранных шпоночных протяжек.

47. Протяжка для наружного протягивания, особенности, методика расчета. Протяжка с МНП.

48. Деформирующие (упрочняющие) протяжки. Достоинства, недостатки, экономическая целесообразность применения протяжек.

49. Абразивные инструменты. Виды инструментов, область их применения. Характеристика режущих материалов.

50. Шлифовальные круг, конструкция, особенности крепления.

51. Правка, балансировка шлифовальных кругов, техника безопасности при работе с кругами.

52. Хонинговальные головки, принцип работы, достоинства и недостатки различных конструкций головок.

53. Суперфинишные головки, принцип работы, достоинства и недостатки.

54. Проектирование зуборезных инструментов. Инструменты, работающие методом фасонного копирования (деления) фрезы дисковые и пальцевые. Основные принципы работы.

55. Проектирование зуборезных инструментов. Инструменты, работающие методом фасонного копирования (деления) зубодолбежные головки, протяжки. Основные принципы работы.

56. Инструменты, работающие методом огибания (обкатки): зуборезные гребенки, червячные фрезы. Основные принципы работы.

57. Инструменты, работающие методом огибания (обкатки): долбяки, шеверы. Основные принципы работы.

58. Инструменты, работающие методом огибания (обкатки): зуборезные головки (метод зуботочения). Основные принципы работы.

59. Исходный контур колеса и инструментальной рейки. Методика расчета размеров профиля зубьев и основных размеров конструктивных элементов, геометрические параметры, достоинства и недостатки, область применения.

60. Инструменты для образования зубьев конических колес. Зубострогальные резцы - принцип работы, конструкция, основные параметры, геометрия режущих кромок, достоинства, недостатки, область применения.

61. Инструменты для образования зубьев конических колес. Дисковые зуборезные головки для нарезания прямозубых конических колес круговыми зубьями - принцип работы, конструкция, основные параметры, геометрия режущих кромок, достоинства, недостатки, область применения.

62. Червячные фрезы для деталей прямолинейного профиля (червячные шлицевые фрезы). Способы определения профиля зубьев фрезы - графические, аналитические.

63. Червячные шлицевые фрезы с затылованными зубьями.

64. Особенности инструментальной оснастки для станков автоматизированного машиностроения и гибкого автоматизированного производства.

65. Структура и схема инструментальной оснастки. Механизмы автоматической замены инструмента и наладки его рабочей части на размер.

66. Устройства, обеспечивающие получение информации о рабочем состоянии, износе и поломках инструмента.

67. Проблема формирования стружки и отвода ее из рабочей зоны станка. Основные виды вспомогательной оснастки для инструмента.

68. Основные требования, предъявляемые к режущим инструментам при их эксплуатации. Наблюдение за работой инструмента, его износом, ресурсом работоспособности.

69. Общие положения применения САПР и ЭВМ при проектировании режущих инструментов.

ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Кафедра технологии машиностроения

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта по дисциплине
«Режущий инструмент» для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
по теме: «Проектирование специального инструмента»

Брест 2012

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине « Режущий инструмент » для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и соответствующего раздела при дипломном проектировании. В настоящих методических указаниях предлагаются способы расчета и проектирования сложнорежущих и специальных инструментов. Содержание методических указаний соответствует учебной программе по дисциплине «Режущий инструмент». Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения » дневной и заочной форм обучения.

Составители: Левданский А.М., старший преподаватель
Кудрицкий Я.В., старший преподаватель

Содержание

Раздел 1 – Проектирование и расчёт фасонного резца, шаблона и контршаблона.....	4
Раздел 2 – Проектирование и расчёт фасонной протяжки.....	25
Раздел 3 – Проектирование и расчёт круглой протяжки.....	39
Раздел 4 – Проектирование и расчёт червячной фрезы с прямобочным шлицем.....	51
Раздел 5 – Проектирование и расчёт зуборезной фрезы.....	61

Раздел 1 – Проектирование и расчёт фасонного резца, шаблона и контршаблона

В методических указаниях дана краткая последовательность расчета фасонных резцов, ось которых (база крепления) параллельна оси детали.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАСЧЕТА РЕЗЦА

1.1. Вычертить эскиз обрабатываемой детали, указать наименование, марку и механические свойства материала детали.

1.2. На эскизе обозначить узловые точки профиля детали цифрами 1, 2, 3, 4 и т.д. в порядке возрастания диаметров отдельных участков профиля.

1.3. Рассчитать высотные размеры профиля в узловых точках на детали по формулам (1.1):

$$t_2 = \frac{d_2 - d_1}{2}, t_3 = \frac{d_3 - d_1}{2}, t_4 = \frac{d_4 - d_1}{2}, \dots, t_{\max} = \frac{d_{\max} - d_1}{2}; \quad (1.1)$$

где $d_1, d_2, d_3, d_4, \dots, d_{\max}$ — диаметры обработанных поверхностей на детали.

1.4. Выбрать габаритные и конструктивные размеры резца по таблице 1.1 и 1.2, величины переднего γ и заднего α углов резца — по таблице 1.3.

Таблица 1.1 – Размеры круглых фасонных резцов, мм (рисунок 1)

Высота профиля на детали $t_{\max}$	D	d	d_1	d_2	b	l_2
0...6	40	13	20		10	3
6...8	50	22	34	26		
8...10	60			32		
10...12	70			35	17	4
12...15	80			40	20	
15...18	90			45	23	5
18...21	100	27	40	50	25	

Примечание: 1. Размеры L_p определяют по длине детали и ширине дополнительных режущих кромок резца (см. п. 10).

$$l_1 = 0,25 \cdot L_p; l = L_p - l_1; l_3 = 0,25 \cdot l.$$

2. Технические условия:

а) материал резца — сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, твердость — HRC₃ 63...66;

б) размеры профиля резца изготовить по шаблону;

в) маркировать: Р6М5; $\gamma^0 \dots$; $l_2 \dots$; Н...; товарный знак предприятия.

Таблица 1.2 – Размеры призматических фасонных резцов, мм (рисунок 3)

Высота профиля на детали $t_{\max}$	M	A	F	E	d	H
0...4	21,31	15	7	4		75
4...6	29,46	20	10	6		
7...10	34,46	25	15			
11...14	45,77	30	20	10		90
15...20	55,77	40	25			
21...28	83,66	60	40	15		100

Примечание: 1. Размеры L_p определяют по длине детали и ширине дополнительных режущих кромок резца (см. п. 10); $b = t_{\max} + (5 \dots 12)$; размер В определяют конструктивно.

2. Технические условия:

а) материал режущей части резца — сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, твердость — HRC₃ 63...66;

б) размеры профиля резца изготовить по шаблону;

в) маркировать: Р6М5; $\gamma^0 \dots$; $\alpha^0 \dots$; товарный знак предприятия

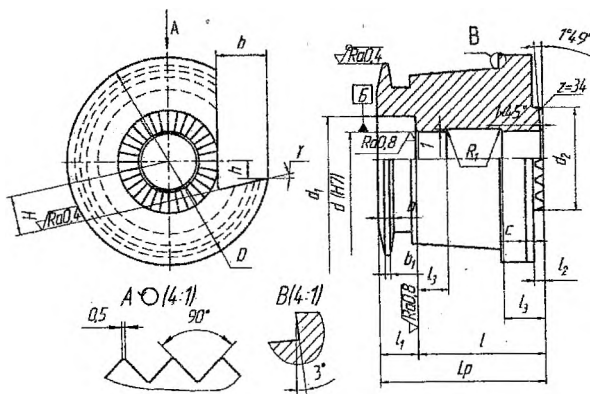


Рисунок 1.1 – Резец фасонный круглый

Рисунок 1.2 – Конструкции круглых фасонных резцов а – цельный резец с хвостовиком; б – насадной резец для консольного крепления с зубьями на торце; в – то же, со штифтом и зубчатой полумуфтой; г – круглый резец для обработки отверстий (с – срез)

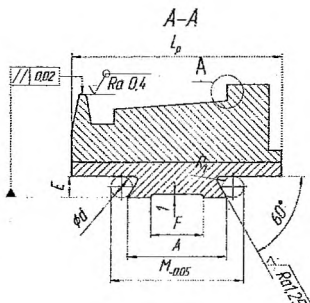
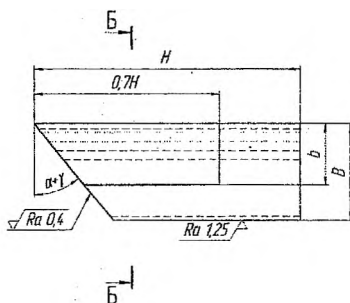
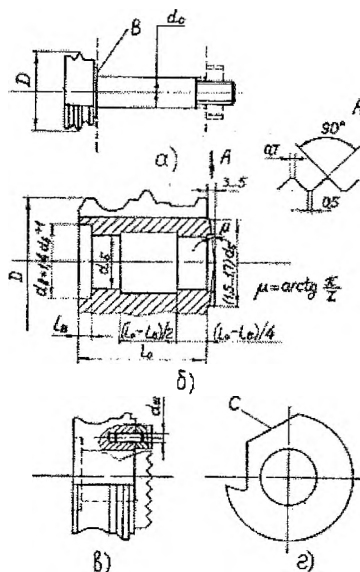


Рисунок 1.3 – Резец фасонный призматический

Таблица 1.3 - Величина передних γ и задних α углов фасонных резцов

Обрабатываемый материал		γ^0	α^0	
Марка	σ_n , МПа		Тип резца	
			круглый	призматический
Сталь	500	25	10...12	12...15
	500...800	20		
	800...1000	12		
	1000...1200	8		
Алюминий, медь	—	20...25		
Бронза, латунь	—	20...25		

1.5. Вычертить эскиз взаимного расположения детали и резца в двух проекциях, за базовую точку установки принять точку 1 на профиле детали (рисунок 1.3, 1.4).

1.6. Рассчитать для круглого фасонного резца высоту заточки резца H и высоту установки резца h (рисунок 1.1) по формулам (1.2) и (1.3):

$$H = R_1 \cdot \sin(\alpha + \gamma), \quad (1.2)$$

где R_1 – радиус наибольшей (габаритной) окружности резца.

$$R_1 = \frac{D}{2},$$

D – по таблице 1.

$$h = R_1 \cdot \sin \alpha. \quad (1.3)$$

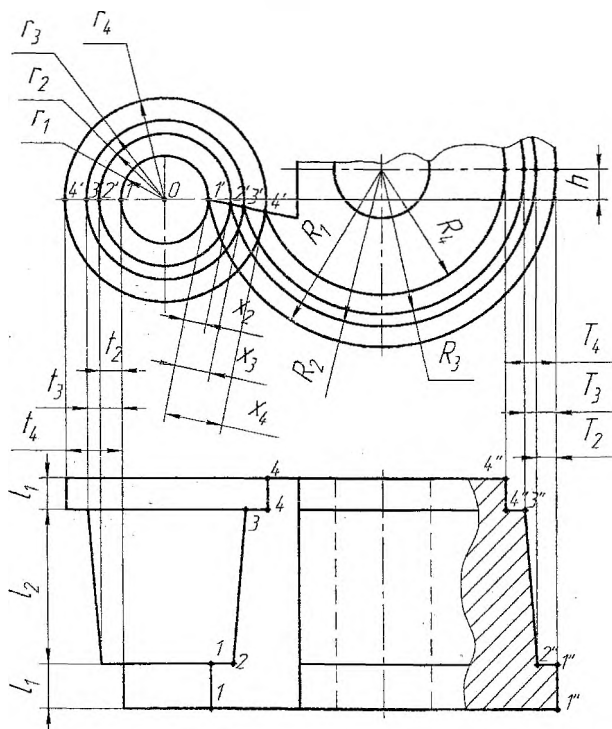


Рисунок 1.4 – Схема взаимного расположения детали и круглого фасонного резца

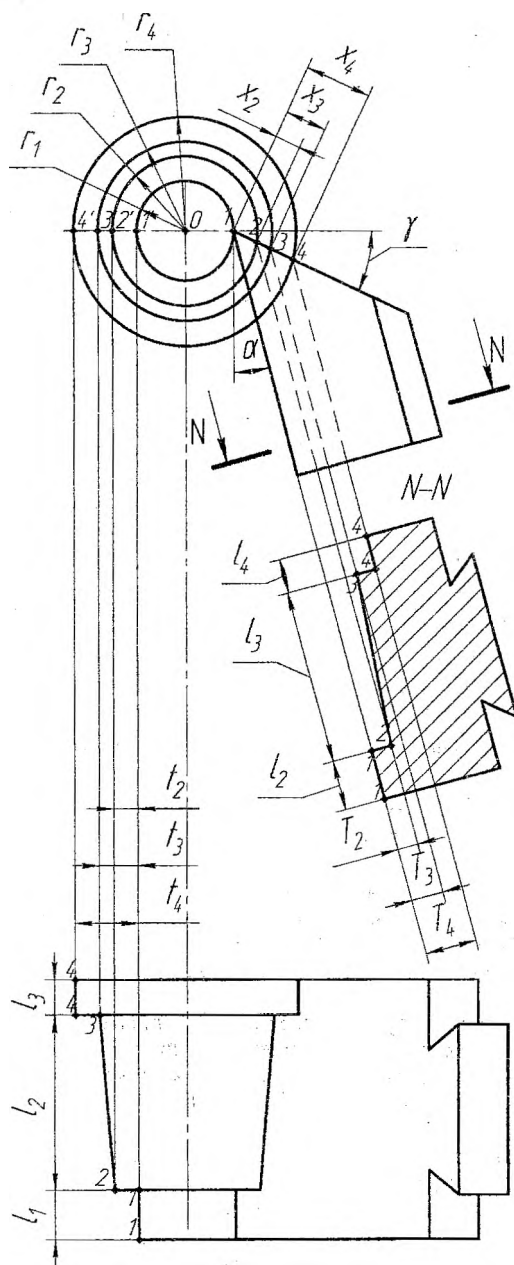


Рисунок 1.5— Схема взаимного расположения детали и призматического фасонного резца

1.7. Рассчитать для каждой узловой точки высотные размеры профиля резца, измеренные вдоль передней поверхности. (см. рисунки 1.4, 1.5).

$$x_2 = \frac{r_2 \cdot \cos(\gamma - \gamma_2) - r_1}{\cos \gamma}, x_3 = \frac{r_3 \cdot \cos(\gamma - \gamma_3) - r_1}{\cos \gamma}, x_4 = \frac{r_4 \cdot \cos(\gamma - \gamma_4) - r_1}{\cos \gamma}, \dots, \\ x_i = \frac{r_i \cdot \cos(\gamma - \gamma_i) - r_1}{\cos \gamma}, \quad (1.4)$$

где $r_1, r_2, r_3, r_4, \dots, r_i$ — радиусы узловых точек на профиле детали;

γ — величина переднего угла в базовой точке 1 (по таблице 1.4);

$\gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \dots, \gamma_i$ — величины передних углов для расчетных точек на профиле режущей кромки резца.

$$\sin \gamma_2 = \frac{r_1}{r_2} \sin \gamma, \sin \gamma_3 = \frac{r_1}{r_3} \sin \gamma, \sin \gamma_4 = \frac{r_1}{r_4} \sin \gamma, \sin \gamma_i = \frac{r_1}{r_i} \sin \gamma. \quad (1.5)$$

1.8. Рассчитать высотные размеры профиля резца, необходимые для его изготовления и контроля.

1.8.1. Круглые резцы — высотные размеры профиля для каждой узловой точки задают в радиальном (осевом) сечении (см. рисунок 1.3).

$$T_2 = R_1 - R_2, T_3 = R_1 - R_3, T_4 = R_1 - R_4, \dots, T_i = R_1 - R_i. \quad (1.6)$$

где $R_1, R_2, R_3, R_4, \dots, R_i$ — радиусы окружностей, проходящих через узловые точки профиля резца.

$$R_2 = \left[R_1^2 + x_2^2 - 2 \cdot R_1 \cdot x_2 \cdot \cos(\alpha + \gamma) \right]^{1/2}; \\ R_3 = \left[R_1^2 + x_3^2 - 2 \cdot R_1 \cdot x_3 \cdot \cos(\alpha + \gamma) \right]^{1/2}; \quad (1.7)$$

$$\dots \dots \dots \\ R_i = \left[R_1^2 + x_i^2 - 2 \cdot R_1 \cdot x_i \cdot \cos(\alpha + \gamma) \right]^{1/2}.$$

1.8.2 Призматические резцы — высотные размеры профиля для каждой узловой точки задают в сечении перпендикулярном задней поверхности резца (см. рисунок 1.5).

$$T_2 = x_2 \cdot \cos(\alpha + \gamma), T_3 = x_3 \cdot \cos(\alpha + \gamma), T_4 = x_4 \cdot \cos(\alpha + \gamma), \dots, T_i = x_i \cdot \cos(\alpha + \gamma) \quad (1.8)$$

Примечание: Для автоматизации расчета высотных размеров профиля резца целесообразно использовать ЭВМ.

1.9. Проверить результаты аналитического расчета величин $T_2, T_3, T_4, \dots, T_i$ по формулам (6) и (8) графическим построением профиля резца. Графическое построение выполнить на листе чертежной бумаги формата А2 в масштабе $M \geq 5:1$.

Последовательность графического построения профиля резца (см. рисунки 1.6 и 1.7).

1) Вычертить деталь в двух проекциях на координатных плоскостях V и Н. Плоскость V — вертикальная, проходит перпендикулярно оси детали, плоскость Н — горизонтальная, совпадает с направлением подачи резца.

2) Обозначить на проекциях детали узловые точки профиля цифрами 1, 2, 3, 4 и т. д. Для построения криволинейного участка профиля (например, 2-4) произвольно задать одну (v_1) или несколько точек на этом профиле.

3) Вычертить на плоскости V контуры передней и задней поверхностей резца. Проекция передней поверхности призматического и круглого резцов — прямая линия 1'Р, проведенная из точки 1' под углом γ к горизонтальной осевой линии детали. Проекция задней поверхности призматического резца — прямые параллельные линии, проведенные под углом α к вертикальной осевой линии детали через точки пересечения линии 1'Р с контурными окружностями профиля детали.

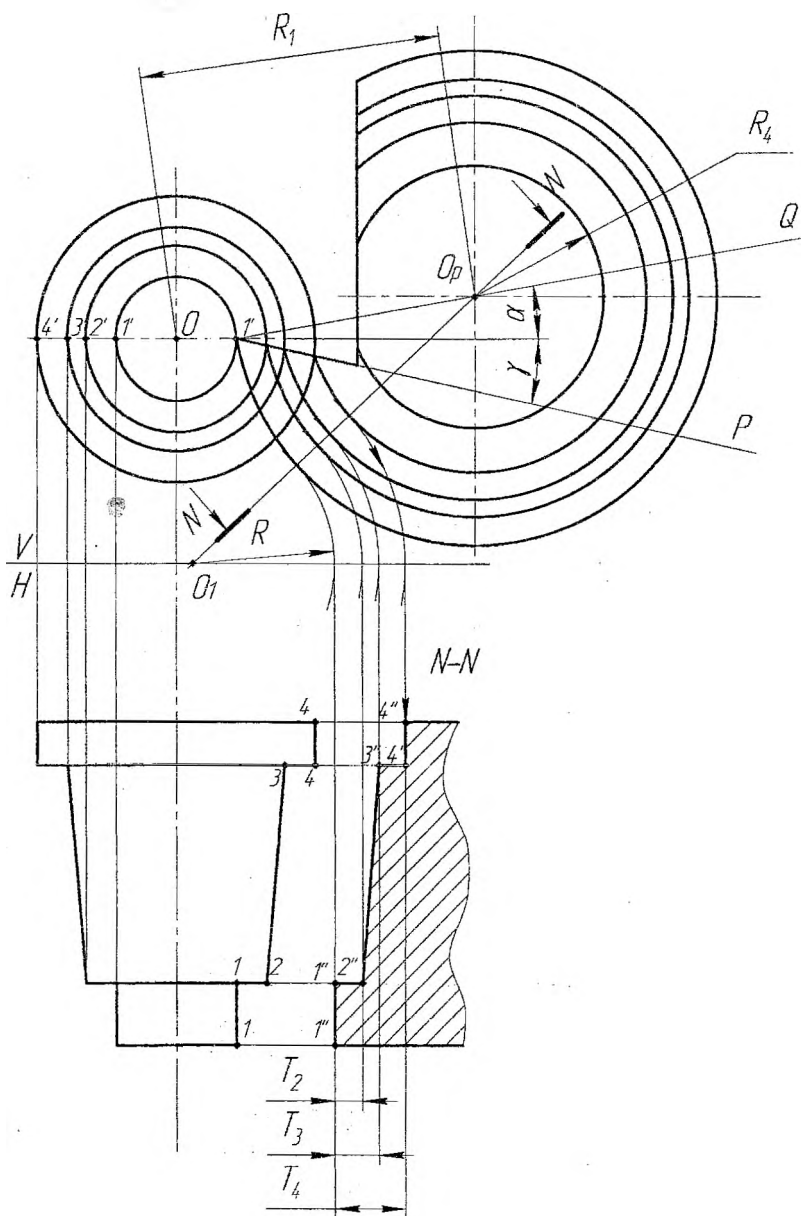


Рисунок 1.6 – Графическое построение профиля круглого резца

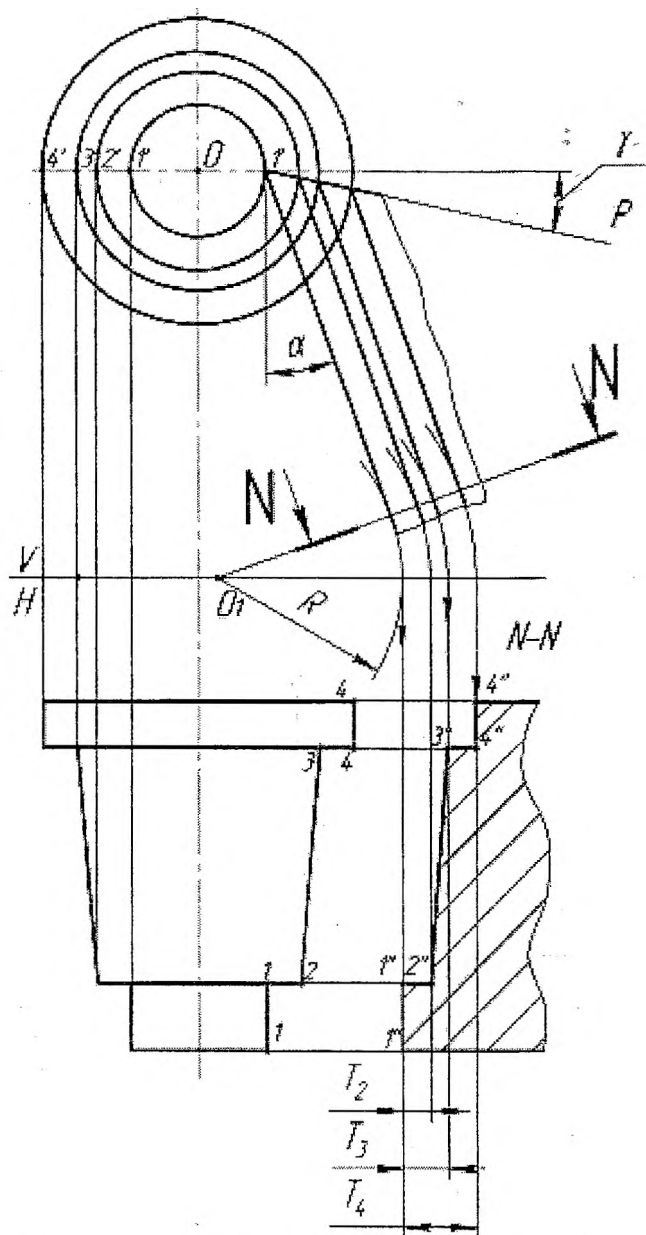


Рисунок 1.7 – Графическое построение профиля призматического реза

Проекция задней поверхности круглого резца окружности радиусов R_1, R_2, R_3, R_4 и т. д., проведенных из центра O_p , лежит на линии из точки I' под углом α к горизонтальной осевой линии детали на расстоянии, равном радиусу R_1 , т. е. $I'Q=R_1$.

4) вычертить на координатной плоскости H профиль резца в нормальном сечении, для чего:

- а) выбрать произвольно центр O_1 пересечения следов плоскостей N и H ;
- б) из центра O_1 провести прямую линию $N-N$, перпендикулярную задней поверхности для призматического резца или радиально направленную для круглого резца;
- в) перенести с помощью циркуля высотные размеры профиля резца из плоскости V на плоскость H .

г) замерить на чертеже высотные размеры каждой узловой точки профиля резца T_2, T_3, T_4 и т.д. и разделить полученные величины на принятый масштаб графического профилирования резца, результаты занести в табл. 4 и сопоставить с результатами аналитического расчета высотных размеров профиля резца.

Таблица 1.4 – Результаты сравнения

Номер узловой точки	Высотные размеры профиля, измеренные от базовой точки 1, мм		
	на детали	на резце	
		аналитический расчет	графическое построение
2	t_2	T_2	T_2
3	t_3	T_3	T_3
4	t_4	T_4	T_4
...	...	...	...

1.10. Определить размеры дополнительных режущих кромок.

Дополнительные режущие кромки (рисунок 1.8,а) подготавливают отрезку детали от прутка. Высота кромок не должна быть больше высоты рабочего профиля резца (необходимо предусмотреть размер C), ширина равна ширине режущей кромки отрезного резца.

$v \geq 4 \dots 8$; размеры: $v_1 \geq 2$; $c_1 = 1,5 \dots 2$; $c_2 = 1 \dots 2$; $f = 2 \dots 5$.

Для уменьшения трения резца о заготовку на участках профиля, перпендикулярных оси детали, затачивают угол, равный 3° , или оставляют фаску, равную 1мм (рисунок 1.8, б, в).

1.11. Разработать чертеж шаблона и контршаблона для проверки профиля резца на просвет. Профиль шаблона (рис.1.9) представляет собой негативный профиль резца. Высотные размеры профиля шаблона равны соответствующим высотным размерам профиля резца. Осевые размеры между узловыми точками профиля шаблона равны соответствующим осевым размерам профиля детали. Для построения профиля шаблона необходимо через узловую базовую точку 1 провести координатную горизонтальную линию, от которой в направлениях, перпендикулярных к ней, отложить высотные размеры профиля резца. Допуск на изготовление высотных размеров профиля шаблона $\pm 0,01$, линейных - $\pm 0,02 \dots 0,03$. При необходимости точного расчета допусков на размеры профиля резца и шаблона рекомендуется использовать методики, приведенные в работах [2], [3].

Ширина шаблона : $L_m = L_p + 2f$, (1.9)

где L_p – ширина резца;

$f = 1 \dots 2$.

Размер m равен высотному размеру дополнительных режущих кромок резца.

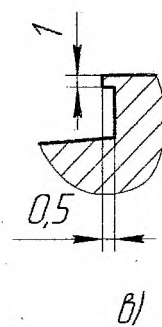
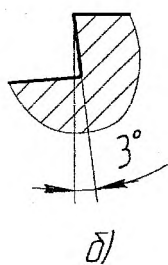
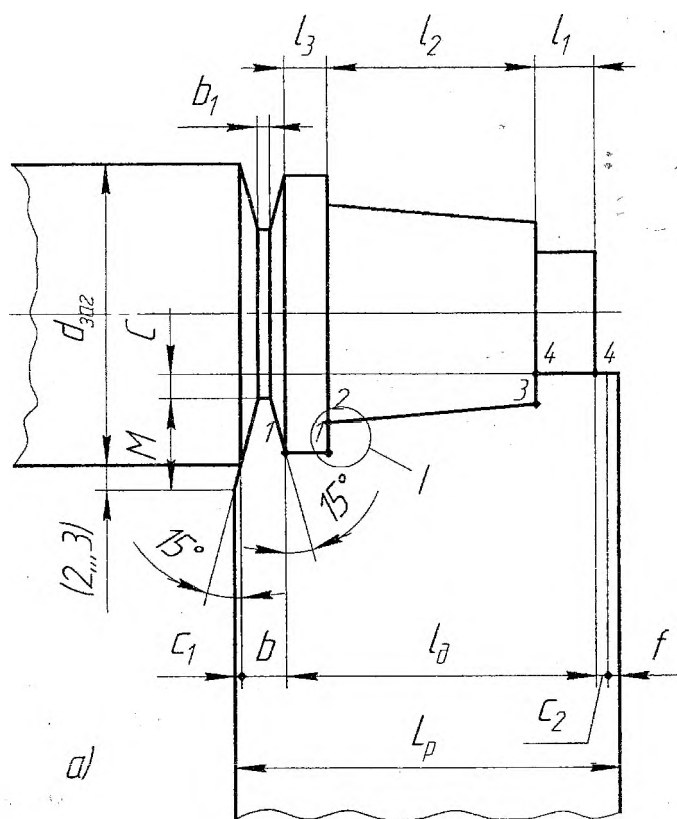


Рисунок 1.8 – Дополнительные режущие кромки фасонных резцов

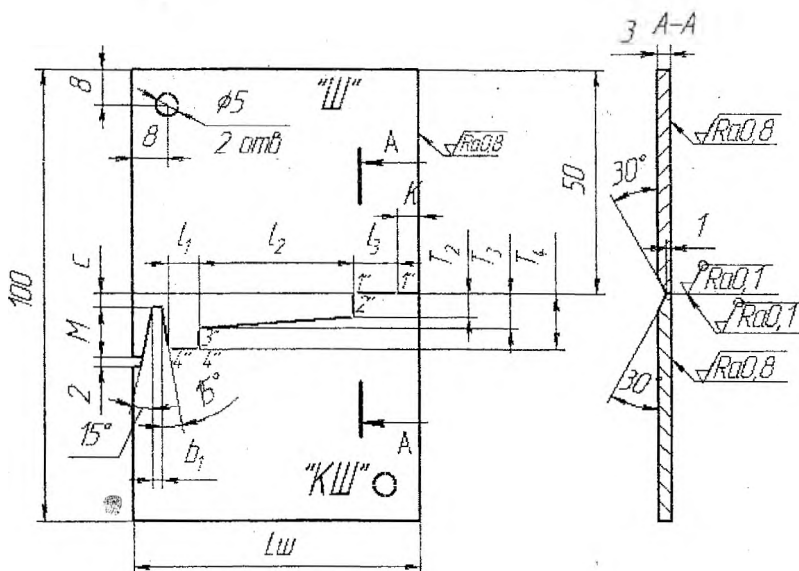


Рисунок 1.9 – Шаблон и контршаблон

1. Материал шаблона и контршаблона – сталь 20 ГОСТ 1051-83, цементировать на глубину 0,1...0,2. Твердость – HRCэ 50...55.
2. Маркировать: «Ш»; «КШ»; № резца; № шаблона; товарный знак предприятия.

Аналитический метод профилирования тангенциальных призматических фасонных резцов

Методика аналитического профилирования тангенциальных фасонных резцов аналогична методике графического профилирования.

Выбирают систему координат xuz . Ось x проводят параллельно оси детали, ось y – параллельно направлению прямолинейно-поступательного движения подачи S резца, а ось z – перпендикулярно к оси детали.

Началом координат является базовая точка C профиля детали, расположенная в осевом сечении xz (рисунок 1.10). При профилировании резца профиль детали считается заданным. Тогда уравнения профиля детали будут:

$$z = f(x); y = 0$$

В процессе обработки цилиндрическая поверхность $И$, описываемая режущей кромкой резца при его прямолинейно-поступательном движении подачи, касается поверхности детали. В рассматриваемом случае, когда направление движения подачи перпендикулярно к оси детали, профиль поверхности $И$ и профиль поверхности D совпадают.

Поэтому в системе xuz в соответствии с заданными значениями углов γ и λ проводим переднюю плоскость P . Уравнение передней плоскости P записывается в таком виде:

$$x \operatorname{tg} \lambda + y + z \operatorname{tg} \gamma = 0 \quad (1.10)$$

Совместное рассмотрение уравнения поверхности $И$ и передней плоскости P дает режущую кромку AB тангенциального фасонного резца:

$$z = f(x), \quad (1.11)$$

$$x \operatorname{tg} \lambda + y + z \operatorname{tg} \gamma = 0.$$

Чтобы определить профиль резца КМ в сечении N , перпендикулярном к образующим AM , BK задней поверхности, введем систему координат x_1, y_1, z_1 . Ось x_1 направим по оси x , ось y_1 направим параллельно образующим задней поверхности резца. Начало координат системы $x_1 y_1 z_1$ совместим с началом координат системы $x y z$.

Запишем формулы преобразования координат:

$$\begin{aligned} x &= x_1; \\ y &= y_1 \cos \alpha + z_1 \sin \alpha; \\ z &= z_1 \cos \alpha - y_1 \sin \alpha. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Уравнения режущей кромки в системе x_1, y_1, z_1 :

$$\begin{aligned} z_1 \cos \alpha - y_1 \sin \alpha &= f(x); \\ x_1 \operatorname{tg} \lambda + y_1 \cos \alpha + z_1 \sin \alpha + f(x_1) \operatorname{tg} \gamma &= 0. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Умножив первое уравнение на $\cos \alpha$, а второе на $\sin \alpha$ и, сложив после преобразования, получим

$$z_1 = f(x_1) (\cos(\alpha + \gamma) / \cos \gamma) - x_1 \operatorname{tg} \lambda \sin \alpha. \quad (1.14)$$

Это уравнение представляет собой уравнение цилиндрической фасонной поверхности, образующие которой идут параллельно оси z_1 и которая включает режущую кромку фасонного тангенциального резца. Рассматриваемое уравнение является уравнением задней поверхности тангенциального призматического фасонного резца. Профиль этой поверхности, т.е. профиль КМ тангенциального резца в сечении, перпендикулярном к образующим задней поверхности:

$$\begin{aligned} y_1 &= \text{const}; \\ z_1 &= f(x_1) (\cos(\alpha + \gamma) / \cos \gamma) - x_1 \operatorname{tg} \lambda \sin \alpha; \end{aligned} \quad (1.15)$$

где $x_1 = x$, $f(x_1) = z$.

По этим формулам, зная координаты x, z узловых точек профиля детали, рассчитывают координаты x_1, z_1 соответствующих узловых точек профиля тангенциального фасонного призматического резца с прямолинейно-поступательным движением подачи.

В общем случае аналитическое профилирование тангенциальных фасонных призматических резцов с прямолинейно-поступательным движением подачи удобно вести по следующим зависимостям:

$$\begin{aligned} l_{pi} &= l_i; \\ t_{pi} &= R_a (\cos(\alpha + \gamma) / \cos \gamma) - l_i \operatorname{tg} \lambda \sin \alpha; \\ \operatorname{tg} \delta &= \operatorname{tg} \lambda \sin \alpha, \end{aligned} \quad (1.16)$$

где λ — угол наклона режущей кромки, измеряемый в сечении, параллельном оси детали и направлению движения подачи S ; δ — угол поворота державки резца, необходимый для коррекции профиля детали из-за дополнительного наклона режущей кромки; l_{pi} — расстояние, измеряемое вдоль оси резца от его базовой точки; t_{pi} — глубина профиля резца в нормальном сечении.

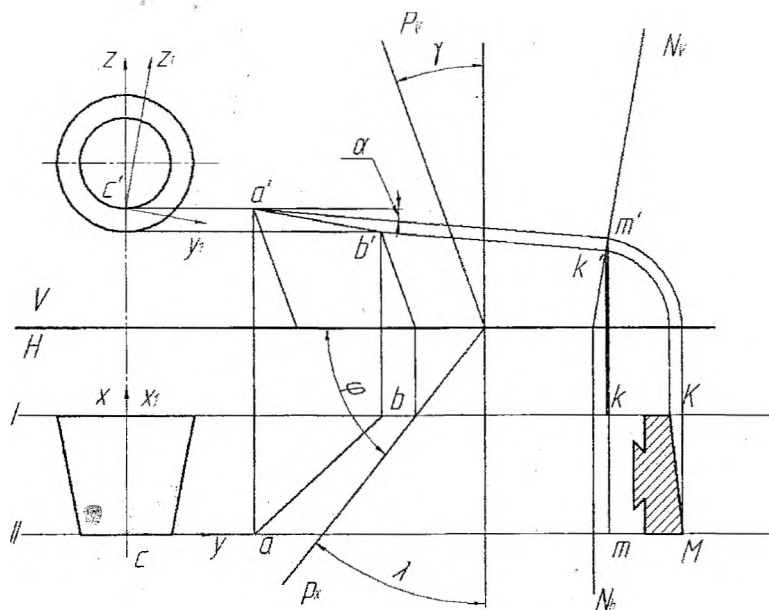


Рисунок 1.10 – Профиль детали в осевом сечении

Задания для проектирования фасонного резца

Рассчитать и спроектировать фасонный резец для изготовления детали, чертёж которой приведен на рисунках 1.10 – 1.63, материал заготовки в таблице 1.5.

Объём работы

1. Пояснительная записка – расчет размеров профиля и конструктивных элементов резца. Все расчеты следует сопровождать ссылками на использованные литературные источники.

2. Графическая часть (1 лист чертежной бумаги формата A1) содержит:

- рабочий чертёж резца (формат A3),
- рабочий чертёж шаблона и контршаблона (формат A3),
- графическое построение профиля резца (формат A2).

Таблица 1.5 – Исходные данные

Номер варианта	Заготовка		Тип резца
	Марка материала прутка	МПа	
1	Сталь А12	500	круглый
2	Сталь А30	600	призматический
3	Сталь А40Г	675	круглый
4	Сталь 20	500	призматический
5	Сталь 45	650	круглый
6	Сталь 50Г	700	призматический
7	Сталь 18ХГТ	981	круглый
8	Медь М2	250	призматический
9	Латунь Л62	380	круглый
10	Алюминий Д6	460	призматический

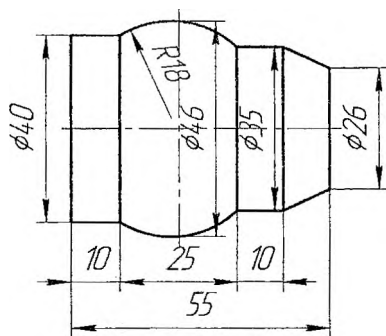


Рисунок 1.10

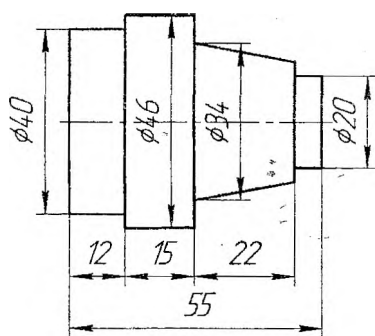


Рисунок 1.11

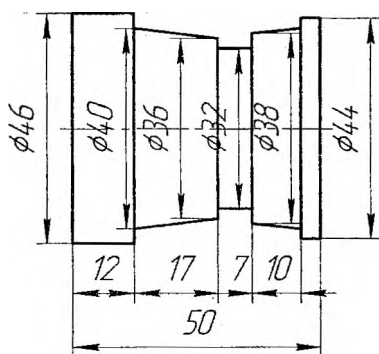


Рисунок 1.12

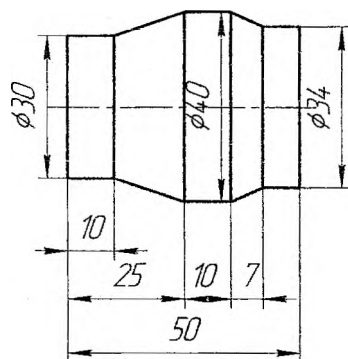


Рисунок 1.13

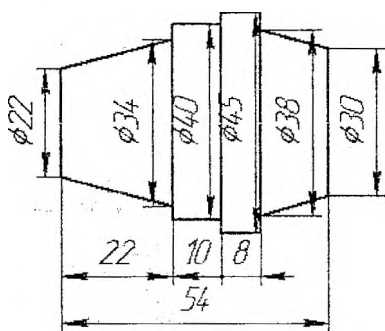


Рисунок 1.14

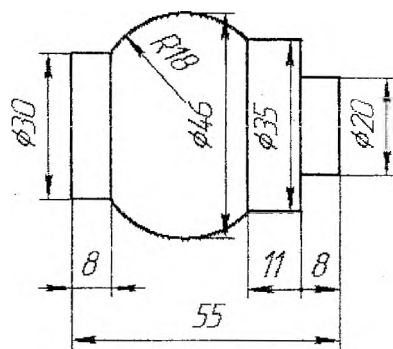


Рисунок 1.15

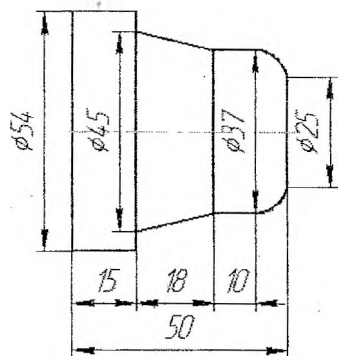


Рисунок 1.16

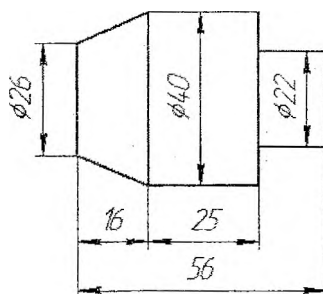


Рисунок 1.17

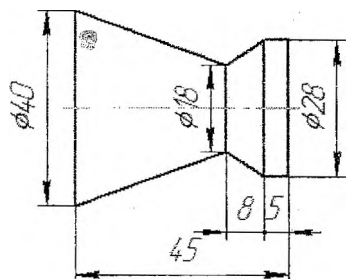


Рисунок 1.18

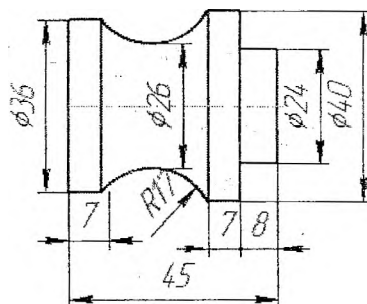


Рисунок 1.19

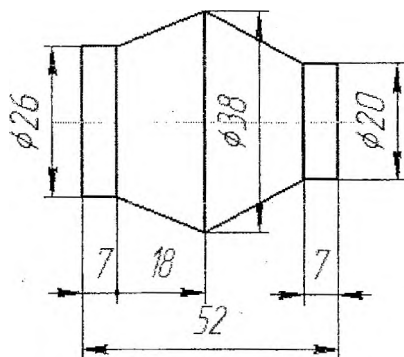


Рисунок 1.20

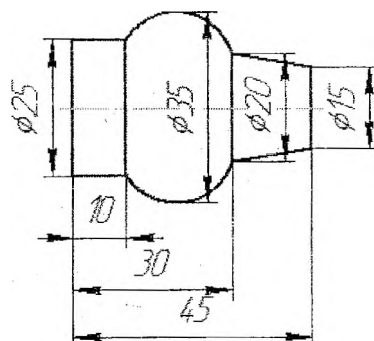


Рисунок 1.21

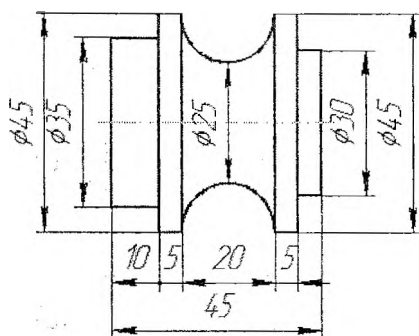


Рисунок 1.22

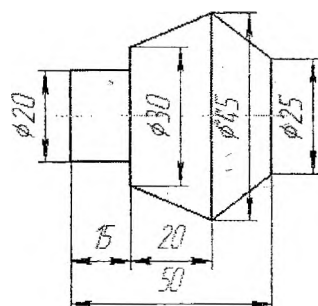


Рисунок 1.23

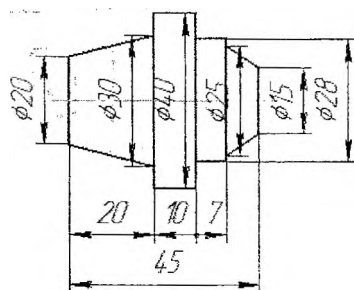


Рисунок 1.24

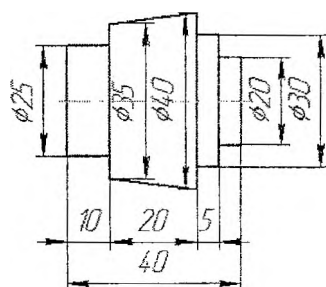


Рисунок 1.25

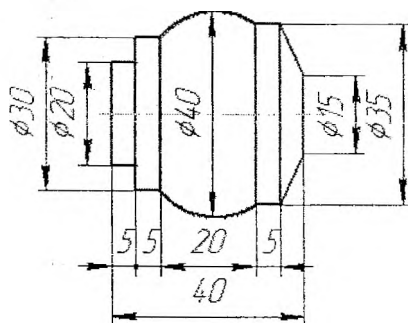


Рисунок 1.26

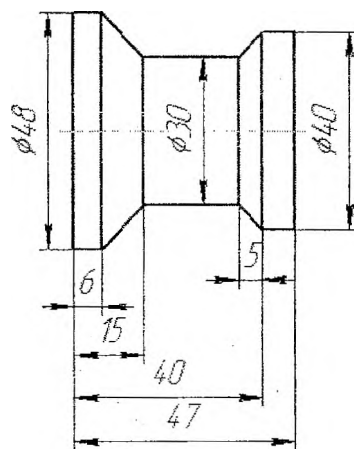


Рисунок 1.27

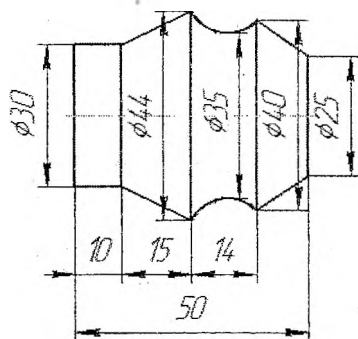


Рисунок 1.28

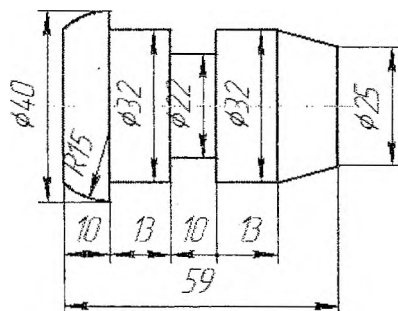


Рисунок 1.29

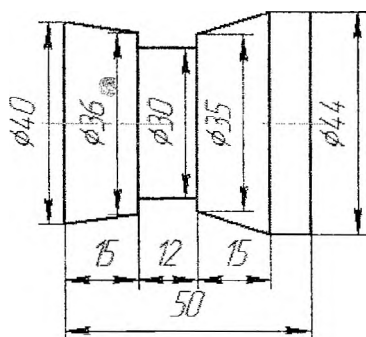


Рисунок 1.30

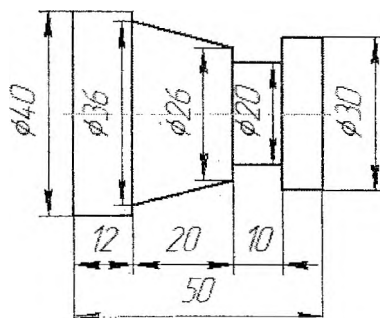


Рисунок 1.31

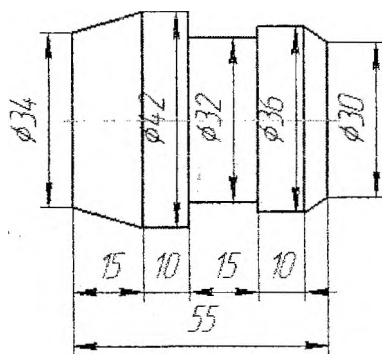


Рисунок 1.32

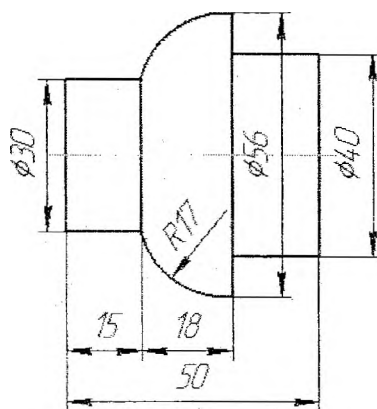


Рисунок 1.33

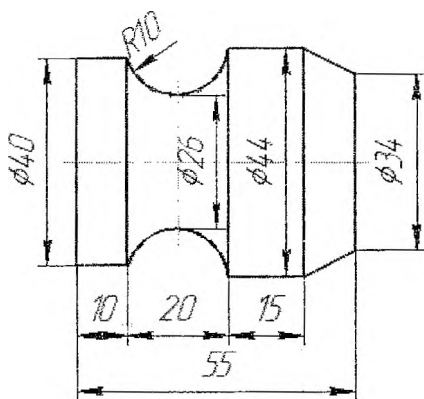


Рисунок 1.34

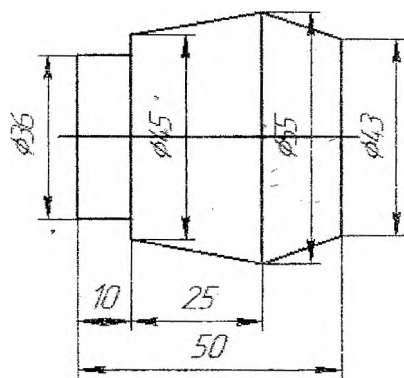


Рисунок 1.35

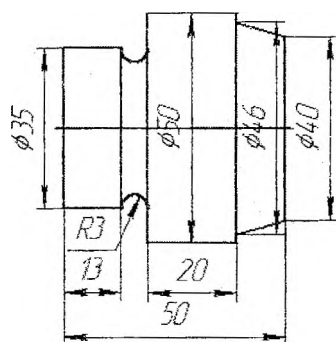


Рисунок 1.36

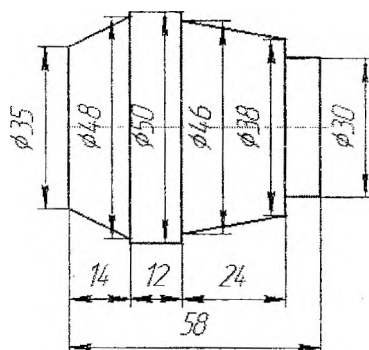


Рисунок 1.37

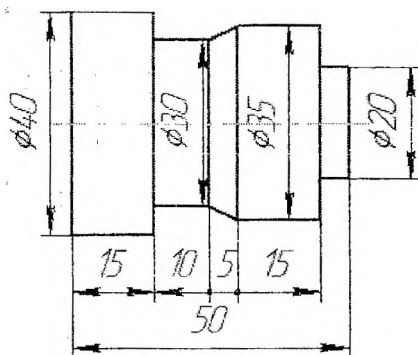


Рисунок 1.38

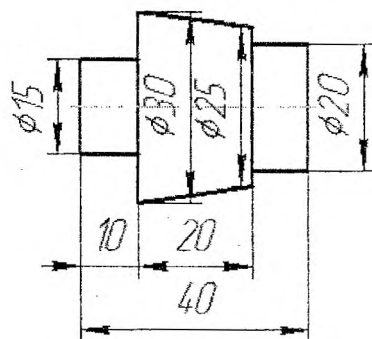


Рисунок 1.39

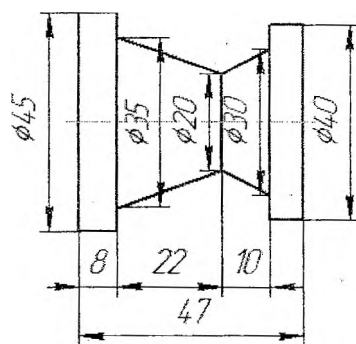


Рисунок 1.40

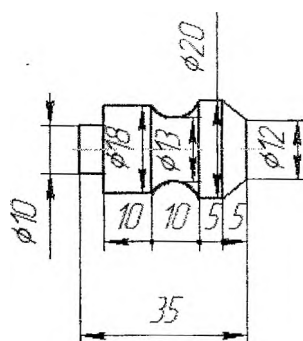


Рисунок 1.41

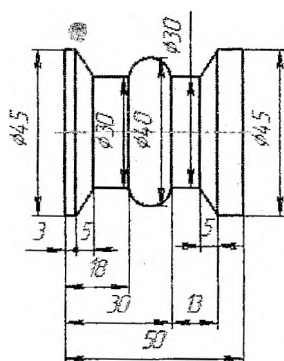


Рисунок 1.42

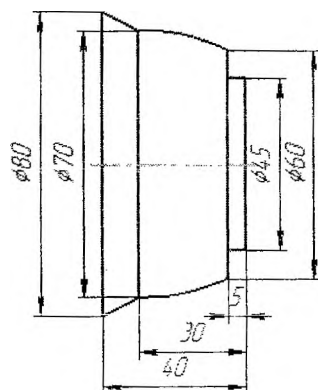


Рисунок 1.43

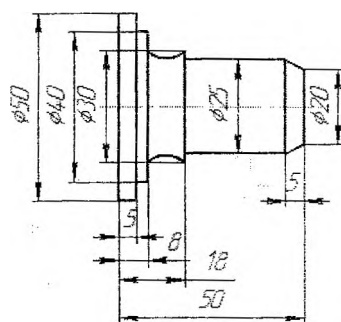


Рисунок 1.44

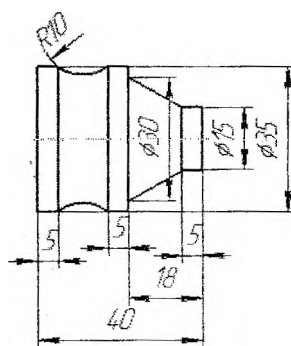


Рисунок 1.45

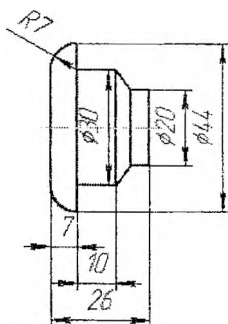


Рисунок 1.46

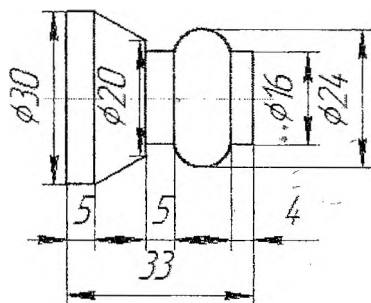


Рисунок 1.47

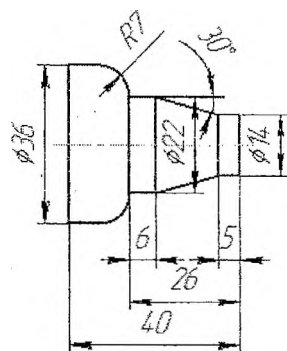


Рисунок 1.48

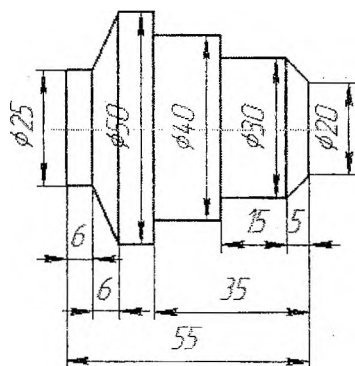


Рисунок 1.49

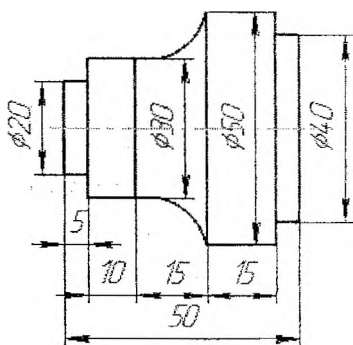


Рисунок 1.50

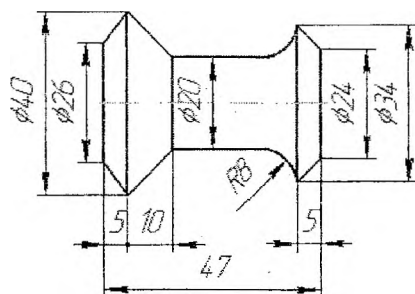


Рисунок 1.51

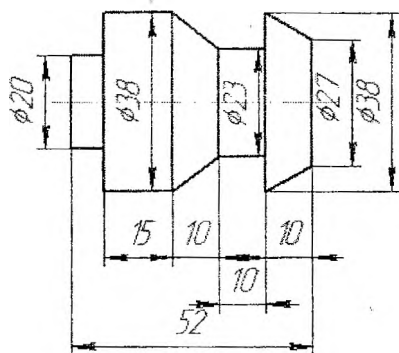


Рисунок 1.52

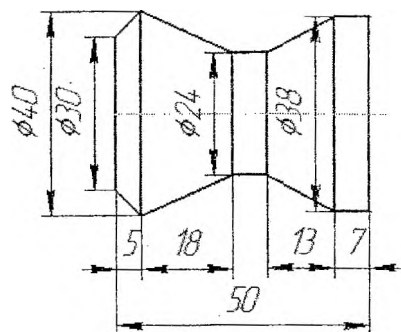


Рисунок 1.53

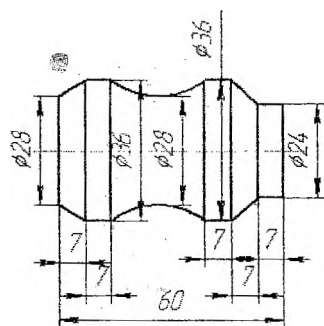


Рисунок 1.54

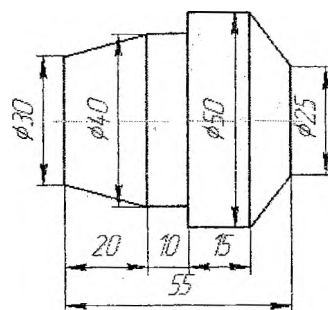


Рисунок 1.55

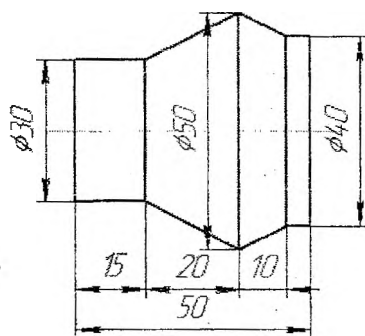


Рисунок 1.56

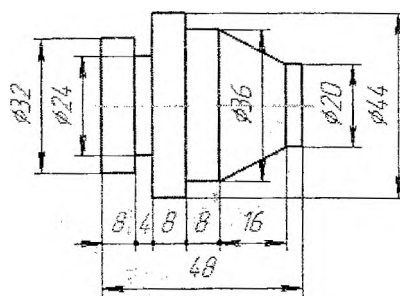


Рисунок 1.57

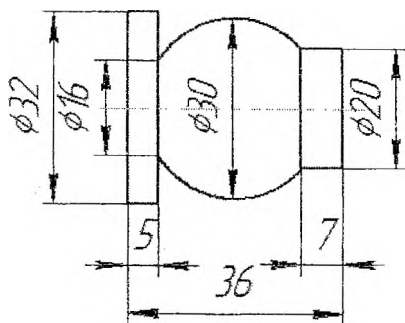


Рисунок 1.58

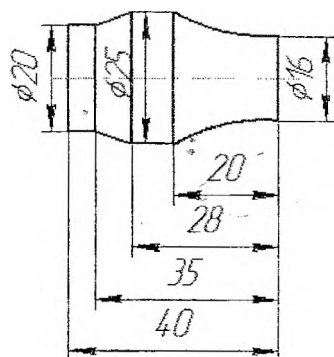


Рисунок 1.59

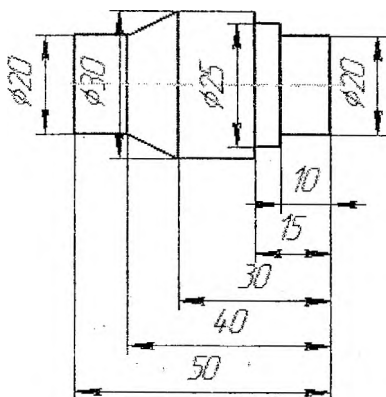


Рисунок 1.60

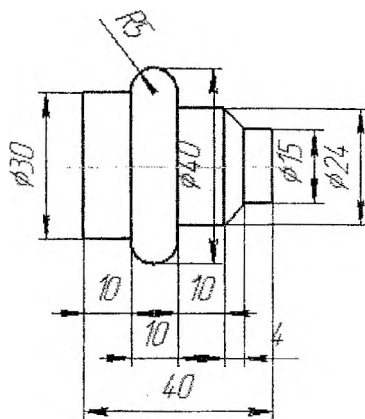


Рисунок 1.61

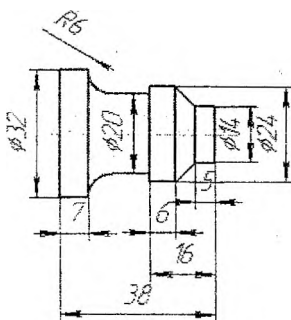


Рисунок 1.62

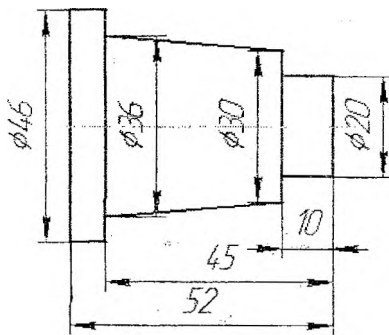


Рисунок 1.63

Раздел 2 – Проектирование и расчёт фасонной протяжки

Изложена методика проектирования протяжек для обработки фасонных отверстий, профиль которых состоит из прямых линий и дуг окружности. Отверстия под протягивание делают круглыми, их диаметр равен диаметру окружности, вписанной в профиль готового отверстия.

РАСЧЁТ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОТЯЖКИ

2.1. Хвостовик и шейка (рисунок 2.1)

Диаметр хвостовика

$$D_1 = d - 0,5, \quad (2.1)$$

где d - минимальный диаметр отверстия под протягивание, мм.

Расчётную величину D_1 округляют до ближайшей меньшей величины, соответствующей ГОСТ 4044-70 (таблица 2.1). Остальные размеры хвостовика и размеры шейки принимают по ГОСТ 4044-70. На шейку наносят маркировку протяжки.

2.2. Переходный конус

Длина конуса, мм	15	20	25...30
Диаметр отверстия под протягивание, мм	≤ 30	30...70	>70

Диаметры конуса: меньший равен диаметру шейки, больший – передней направляющей части.

2.3. Передняя направляющая часть

Диаметр передней направляющей, мм:

$$D_{п.н.} = d \quad (2.2)$$

Предельное отклонение – по е8.

Длина передней направляющей $L_{п.н.}$ равна расстоянию от конца переходного конуса до первого зуба режущей части, т. е. включая длину первой стружечной канавки (рисунок 2.1)

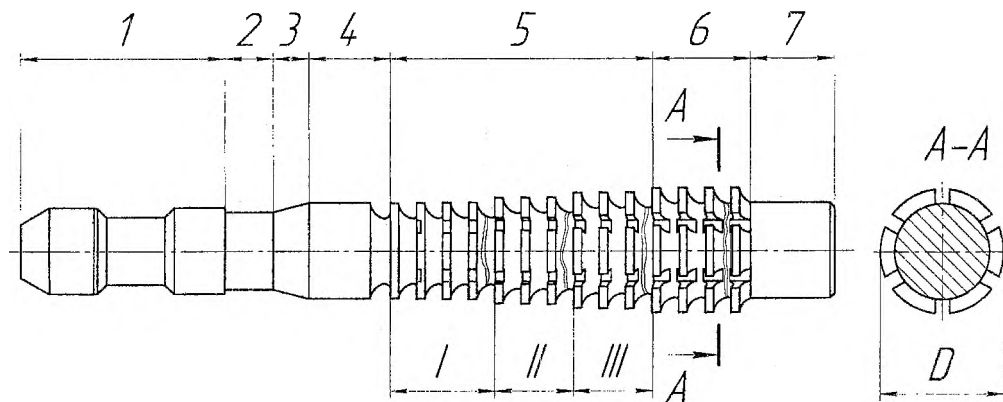
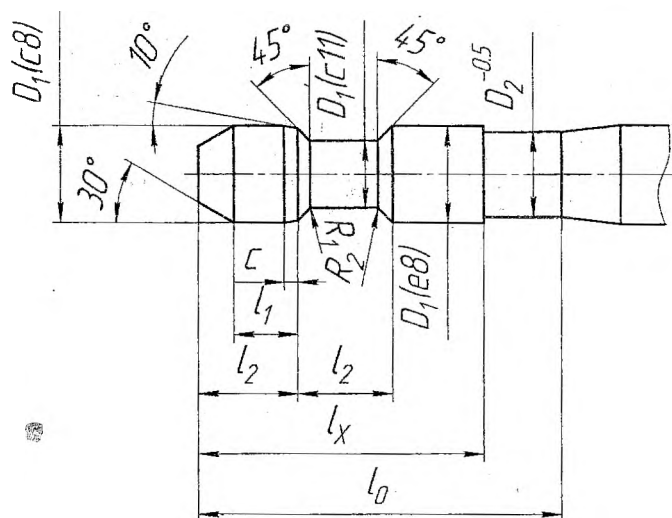


Рисунок 2.1 – Протяжка: 1-хвостовик; 2-шейка; 3-переходный конус; 4-передняя направляющая часть; 5-режущая часть; 6-калибрующая часть; I, II, III-секции режущих зубьев.

Таблица 2.1 – Размеры хвостовиков протяжек (ГОСТ 4044-70)



D_1	D_1'	D_2	l	l_x	l_1	l_2	R	R_2	C	α°
12	8,0	11,5	120	100	12	20	0,2	0,6	0,5	20
14	9,5	13,5					0,3			
16	11,0	15,5								
18	13,0	17,5								
20	15,0	19,5	140	120	16	25	1,0	1,0	30	
22	17,0	21,5								
25	19,0	24,5	160	140	20	32	0,4	1,6		
28	22,0	27,5								
32	25,0	31,5								
36	28,0	35,5								
40	32,0	39,5	180	160	25	40	0,5	2,5		
45	34,0	44,5								
50	38,0	49,5								
56	42,0	55,5								
63	48,0	62,5	210	190	32	50	0,6	4,0		
70	53,0	69,5								
80	60,0	79,5	240	220	32	50	0,8	6,0		2,0
90	70,0	89,5								
100	75,0	99,5								

$$L_{п.н.} = l_0, \text{ при } l_0 / D \leq 1,5, \quad (2.3)$$

$$L_{п.н.} = 0,75l_0, \text{ при } l_0 / D > 1,5,$$

где l_0 - длина протягиваемого отверстия, мм;

D - диаметр отверстия, получаемого после протягивания, мм.

2.4 Режущая часть

2.4.1 Форма и размеры зубьев режущей части

Профиль зуба задают в осевом и нормальном сечении протяжки (рисунок 2.2).

Главные режущие кромки 1 (рисунок 2.2, а) зубьев имеют форму дуг концентрических окружностей, диаметр которых D_1 постоянно увеличивается от первого зуба к последнему. Вспомогательные режущие кромки 2 зубьев имеют прямолинейную форму в зависимости от профиля обрабатываемой детали.

Углы лезвий зубьев протяжки задают в нормальном сечении к главным и вспомогательным режущим кромкам. Величины углов в нормальном сечении по главной режущей кромке приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Величины углов в нормальном сечении

Обрабатываемый материал	Твёрдость ПВ	γ град.	α град.	Предельные отклонения углов по ГОСТ 16492-70	
				$\Delta\gamma$	$\Delta\alpha$
Сталь	<200	16...20	3	+2°	+30'
	200...230	12...15		-1°	
	>230	8...10			

Для уменьшения трения на вспомогательных режущих кромках делают угол, равный 1°, располагающийся позади ленточки шириной 0,8...1 мм.

Зубья с прямолинейной спинкой (рисунок 2.2, б) применяют при протягивании заготовок из хрупких материалов: твёрдая сталь, чугун, бронза и т. д., с криволинейной спинкой (рисунок 2.2, в) – при обработке заготовок из вязкой стали, зубья с удлиненной формой стружечной канавки (рисунок 2.2, г) – для протяжек, у которых по условиям прочности необходимо принимать уменьшенные значения h .

Ориентировочные размеры режущих зубьев и расположенных между ними стружечных канавок могут быть определены следующим соотношением:

$$\begin{aligned} t &= (1,25...1,50) \cdot \sqrt{f_s}; & R &= (0,5...0,55) \cdot h; \\ h &= (0,35...0,60) \cdot t; & R_1 &= (0,65...0,80) \cdot t; \\ c &= (0,30...0,35) \cdot t \end{aligned} \quad (2.4)$$

Диаметр первого зуба протяжки, мм:

$$D_{z1} = D_{п.н}, \quad (2.5)$$

где $D_{п.н}$ – диаметр передней направляющей части, мм.

Диаметр последнего зуба режущей части протяжки

$$D_{п} = D_{к}, \quad (2.6)$$

где $D_{к}$ – диаметр калибрующих зубьев протяжки, мм.

$$D_{к} = (D + \Delta) - p, \quad (2.7)$$

где D – диаметр отверстия, получаемого после протягивания, мм;

Δ – предельное отклонение диаметра D по чертежу, мм;

$p = (0,010...0,015) \text{ мм}$ – величина разбивания отверстия.

Диаметры промежуточных зубьев режущей части протяжки между первым и последним получают последовательным прибавлением к диаметру первого зуба удвоенного значения толщины срезаемого слоя одним зубом $2a$ (подъём на зуб по диаметру), т. е.

$$\text{диаметр второго зуба } D_{z2} = D_{z1} + 2a$$

$$\text{диаметр третьего зуба } D_{z3} = D_{z2} + 2a \text{ и т. д.}$$

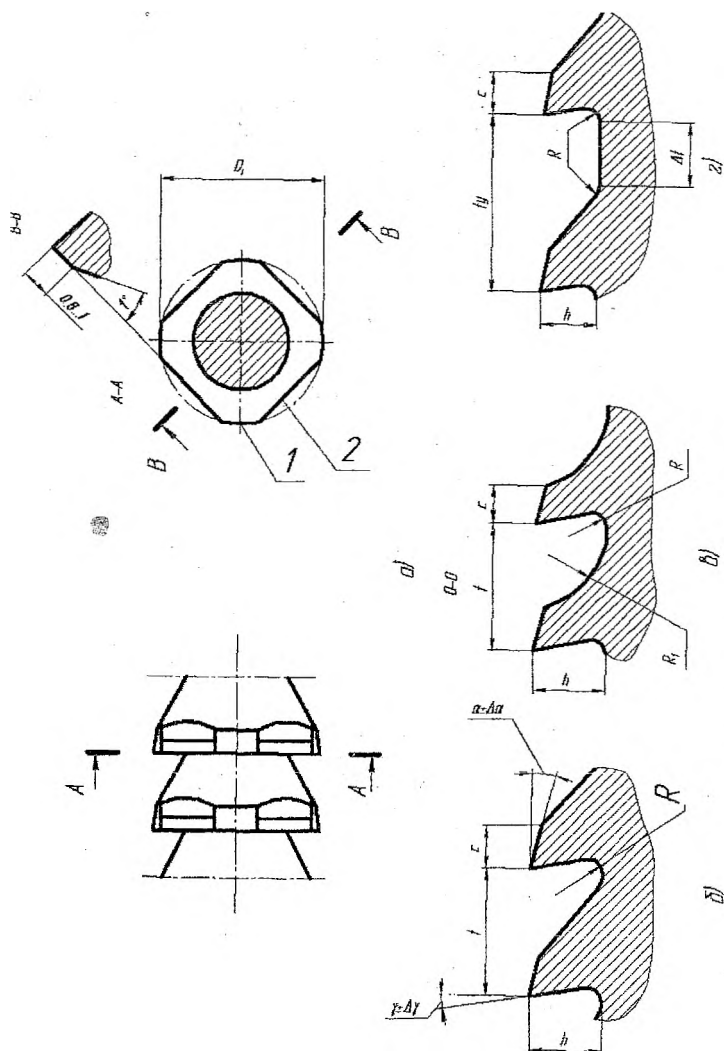


Рисунок 2.2- форма и размеры стержневых коронок на режущей части полаяжки

Предельные отклонения диаметров режущих зубьев, кроме последнего, по ГОСТ 16492-70 не должны превышать величин, указанных в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Подъем на зуб по диаметру $2a$, мм	Предельное отклонение диаметра зуба, мм по ГОСТ 16492-70
$<0,05$	$-0,010$
$0,05 \dots 0,10$	$-0,015$
$>0,10$	$-0,020$

Предельное отклонение диаметра последнего режущего и калибрующих зубьев равно $-0,02$ мм.

2.4.2 Определение толщины срезаемого слоя

Фасонные протяжки срезают припуск на заготовке, как правило, по генераторной схеме резания (рис. 3). Толщина срезаемого слоя a равна разности высот и полуразности диаметров каждой пары смежных режущих зубьев. Ширина срезаемого слоя $\sum b$ равна длине главной режущей кромки зуба протяжки. Режущая кромка первого зуба окружность (см. равенство 5), следовательно $\sum b_1 = \pi \cdot D_{z1}$

Режущие кромки последующих зубьев — дуги concentрических окружностей, поэтому ширина срезаемого слоя одним зубом равна сумме длин дуговых участков главной режущей кромки данного зуба, т.е.:

$$\sum b = b \cdot n, \quad (2.8)$$

где b — длина одного дугового участка на режущей кромке данного зуба;

n — число дуговых участков на режущей кромке зуба.

Длина дуговых участков режущей кромки уменьшается при увеличении диаметра от d до D , т.е. от первого зуба к последнему на режущей части протяжки. Сила резания при протягивании зависит от площади срезаемого слоя $P=f(a \cdot b)$, поэтому для сохранения постоянной силы P за весь период протягивания отверстия пропорционально уменьшению b увеличивают толщину срезаемого слоя a , т.е. стремятся получить постоянной величиной площадь срезаемого слоя $(a \cdot b)$ каждым зубом протяжки.

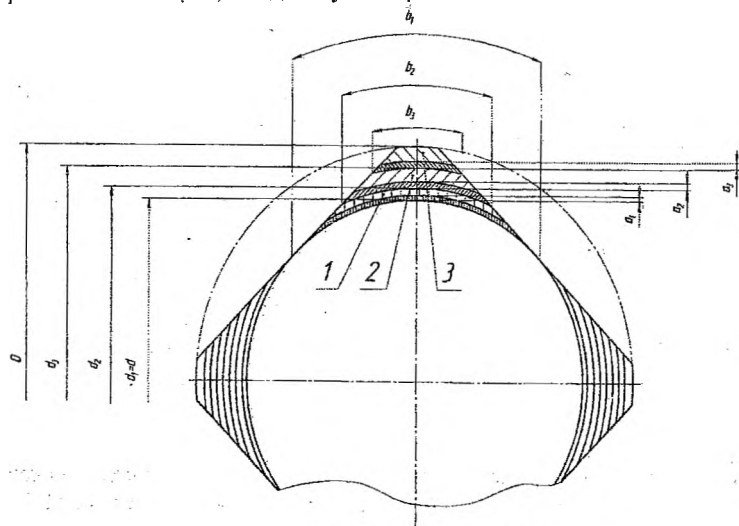


Рисунок 2.3 – Схема резания при протягивании

Последовательность определения толщины срезаемого слоя.

1. Определить общий припуск на протягивание, мм:

$$A = \frac{(D + \Delta) - d}{2}, \quad (2.9)$$

где D — диаметр отверстия, получаемого после протягивания, мм;

Δ — предельное отклонение диаметра D по чертежу, мм.

2. Разделить произвольно величину A на три-четыре ступени и установить диаметры ступеней d_1, d_2, d_3 т. д.

Припуск первой ступени от d_1 до d_2 срезают зубья секции 1 режущей части протяжки. припуск второй ступени от d_2 до d_3 срезают зубья секции номер 2 и т. д.

3. Принять постоянной величину a в пределах каждой ступени, но разной на отдельных ступенях: наименьшая на первой, наибольшая на последней ступени.

4. Определить толщину срезаемого слоя на первой ступени a_1 из условия прочности протяжки по впадине первого зуба.

$$a_1 = \left(\frac{F_1 \cdot [\sigma]_p}{10 \cdot C_p \cdot \sum b_1 \cdot z_k \cdot K_\gamma \cdot K_0} \right)^{1,18}, \quad (2.10)$$

где F_1 - площадь сечения во впадине первого зуба протяжки, мм²

$$F_1 = \frac{\pi \cdot (D_{z1} - 2 \cdot h)^2}{4}, \quad (2.11)$$

где $[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение деформации растяжения в материале режущей части протяжки, МПа.

Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 $[\sigma]_p = 400 \text{ МПа}$, твёрдость – HRCэ 63...66;

$\sum b_1$ - длина режущей кромки первого зуба протяжки, мм;

z_k - число зубьев протяжки участвующих одновременно в резании;

$$z_k = \frac{l_0}{t} + 1, \quad (2.12)$$

где t - шаг зубьев на режущей части протяжки;

C_p, K_γ, K_0 - коэффициенты, принимаемые по таблицам 2.4, 2.5.

Таблица 2.4

Твёрдость НВ	Обрабатываемый материал	
	Сталь углеродистая конструкционная	Сталь легированная конструкционная
<200	212	230
200...230	230	284
>230	284	315

Таблица 2.5

K_γ	1,13	1,0	0,93	0,85
Передний угол γ , град	5	10	15	20

$K_0 = 1$ - обработка с эмульсией, $K_0 = 1,34$ - обработка без СОЖ.

5. Определить толщину срезаемого слоя на второй a_2 и последующих a_i ступенях из условия:

$$a_1 \cdot \sum b_1 = a_2 \cdot \sum b_2 = a_3 \cdot \sum b_3 = \dots = a_i \cdot \sum b_i$$

$$a_2 = \frac{a_1 \cdot \sum b_1}{\sum b_2}; \quad a_3 = \frac{a_1 \cdot \sum b_1}{\sum b_3}; \quad \dots \quad a_i = \frac{a_1 \cdot \sum b_1}{\sum b_i}, \quad (2.13)$$

где $\sum b_i$ - суммарная ширина срезаемого слоя первым зубом каждой ступени.

$$\sum b_i = b_i \cdot n, \quad (2.14)$$

где b_i - длина дугового участка режущей кромки первого зуба каждой ступени (секции), измеряемая на диаметре данной ступени (например, b_2 на второй ступени измеряют на диаметре d_2), мм;

n - число дуговых участков.

6. Проверить возможность размещения стружки в канавке между зубьями при срезании протяжкой максимальной толщины срезаемого слоя $a_{\max}$:

$$h \geq \sqrt{a_{\max} \cdot K_c \cdot l_\theta}, \quad (2.15)$$

где K_c - коэффициент заполнения стружечной канавки, по табл. 2.6

Таблица 2.6

Толщина срезаемого слоя a , мм	Обрабатываемый материал сталь σ_B , МПа		
	400	400...700	700
	K_c		
<0,03	3,5	2,5	3,0
0,03...0,07	4,0	3,0	3,5
>0,07	4,5	3,5	4,0

При несоблюдении условия (2.15) необходимо:

- увеличить h и повторить расчёт по уравнению (2.10) или
- принять удлинённую форму стружечной канавки t , (рисунок 2.2, в)

Размеры удлинённой стружечной канавки определяют с учётом размещения в ней стружки на один рабочий ход зуба. Расчёт ведут в сечении, перпендикулярном к режущей кромке.

$$\frac{f_{KY}}{f_C} \geq K_c, \quad (2.16)$$

где f_{KY} - активная площадь удлинённой стружечной канавки, мм^2 ;

f_C - площадь срезаемого слоя, мм^2 ;

$$f_{K.I} = 0,25 \cdot \pi \cdot h^2 + \Delta t \cdot h; \quad (2.17)$$

$$\Delta t = t_y - t; \quad (2.18)$$

$$f_C = a_{\max} \cdot l_\theta. \quad (2.19)$$

2.4.3 Проверка прочности протяжки на разрыв по шейке хвостовика.

$$\frac{P}{F_X} \leq [\sigma]_X, \quad (2.20)$$

где P - сила резания при протягивании, Н.

$$P = 10 \cdot C_p \cdot a_1^{0,85} \cdot \sum b_1 \cdot z_k \cdot K_\gamma \cdot K_0, \quad (2.21)$$

где C_p, K_γ, K_0 - коэффициенты, принимаемые по таблицам 2.4, 2.5.

$$F_X = \frac{\pi \cdot (D_1')^2}{4}, \quad (2.22)$$

где D_1' - диаметр шейки хвостовика, мм по таблице 2.1;

$[\sigma]_X$ - допускаемое напряжение при деформации растяжения в материале хвостовика, МПа.

Сталь 40 ГОСТ4543-71, $[\sigma]_X = 300 \text{ МПа}$; твёрдость - HRCэ 43...51.

2.4.4 Проверка протяжки по тяговой силе протяжного станка.

$$P \leq 0,9 \cdot Q, \quad (2.23)$$

где Q - номинальная тяговая сила протяжного станка, по таблице 2.7

Таблица 2.7

Модель станка	Номинальная тяговая сила Q, кН	Максимальная длина хода рабочей каретки, мм
7Б54	50	1000
7Б55	100	1250
7Б56	200	1600
7Б57	400	2000
7Б58	800	

2.4.5 Стружкоделительные канавки на режущих зубьях протяжки.

Канавки делают на зубьях, имеющих длину режущей кромки 5...10 мм и размещают их в шахматном порядке (рисунок 2.4).

Количество канавок

$$n_k = b / (5 \dots 10) \quad (2.24)$$

2.5 Калибрующая часть протяжки

Состоит из пяти-семи зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего режущего зуба. Стружечные канавки имеют такую же форму и размеры, как и на режущей части протяжки. Шаг калибрующих зубьев принимают равным шагу режущих зубьев, кроме протяжек, предназначенных для обработки отверстий повышенной точности, у которых $t_k = (0,6 \dots 0,7) \cdot t$.

Вершину калибрующих зубьев снабжают фаской 0,2...0,6 мм, которая предназначена для сохранения диаметральных (поперечных) размеров протяжки при переточках.

Передний угол γ_k принимают равным γ , так как при эксплуатации протяжки в результате переточек затупившихся зубьев происходит постепенный переход калибрующих зубьев в режущие.

Задний угол имеет небольшую величину по сравнению с режущими зубьями $\alpha_k = 1^\circ 30' \pm 15'$. Это вызвано необходимостью обеспечить медленное уменьшение диаметральных размеров зубьев при переточках.

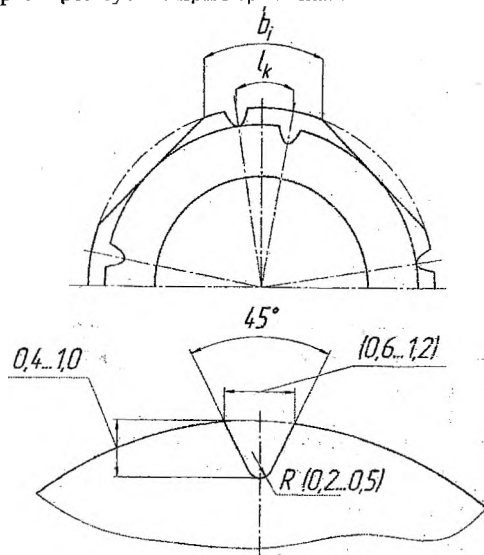


Рисунок 2.4 – Стружкоделительные канавки

2.6. Задняя направляющая часть

Заднюю направляющую часть у гранных и фасонных протяжек выполняют цилиндрической. Диаметр задней направляющей части, мм:

$$D_{3н} = d, \quad (2.25)$$

где d – минимальный диаметр отверстия под протягивание, мм.

Предельное отклонение $D_{3н}$ по f 7.

Длину задней направляющей части принимаем по таблице 2.8.

Таблица 2.8

Длина протягивания l_a , мм						
25	25-30	30-40	40-50	50-70	70-100	100
20	22	25	30	35	40	50

ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТЯЖЕК

Рассчитать и сконструировать протяжку для обработки отверстия, профиль и размеры которого для заданного варианта даны на рисунках 2.5...2.16 и в таблице 2.9

Объём работы

1. Пояснительная записка – расчёт конструктивных элементов протяжки, оформление по стандартам ЕСКД на текстовые документы.

2. Графическая часть – рабочий чертёж протяжки с указанием всех необходимых для изготовления размеров с допусками и шероховатостью поверхностей по ГОСТ 2789-73:

передней и задней на режущих и калибрующих зубьях...Ra 0,2
 ленточки на калибрующих зубьях.....Ra 0,1
 передней и задней направляющих, посадочной
 цилиндрической и конической под кулачки на хвостовике,
 спинке и дне стружечных канавок, рабочего конуса центровых
 отверстий.....Ra 0,8
 остальных поверхностей.....Ra 1,6

Технические требования на чертеже протяжки

1. Материал рабочей части сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, твёрдость – HRCэ 63...66.
2. Материал хвостовика сталь 40Х ГОСТ 4543-71, твёрдость – HRCэ 43...51.
3. Размеры центровых отверстий – по ГОСТ 14034-74, форма В.
4. Радиальное биение зубьев относительно оси протяжки не должно превышать допусков на диаметр зуба.
5. Правила приёмки – по ГОСТ 23726-79.
6. Маркировать: обозначение протяжки, Р6М5, товарный знак предприятия-изготовителя, год изготовления.

Таблица 2.9

Номер варианта	Размеры обрабатываемого отверстия, мм							Материал заготовки	
	d	D			Δ	Id	B		δ
		Рис. 5...14	Рис. 15	Рис. 16					
1	20	26,0	24,7	23,1	0,03	30	4	0,07	Сталь 20 σ _в =412 МПа НВ 156
2	30	32,5	30,9	28,9	0,04		45		
3	25	39,0	37,1	34,6		0,05			60
4	35	45,5	43,3	40,4	75		8		
5	40	52,0	49,4	46,2			85	10	0,09
6	45	58,5	55,6	52,0	0,06			10	
7	50	65,0	61,8	57,7					
8	55	71,5	68,0	63,5					
9	60	78,0	74,2	69,3	0,06	10	0,09		
10	65	84,5	80,3	75,1					

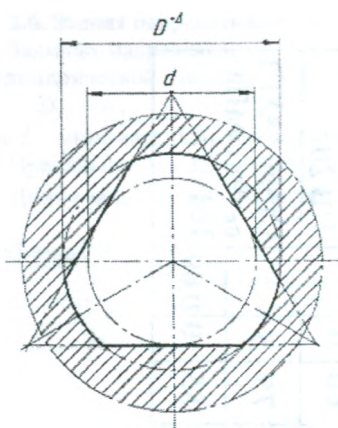


Рисунок 2.5

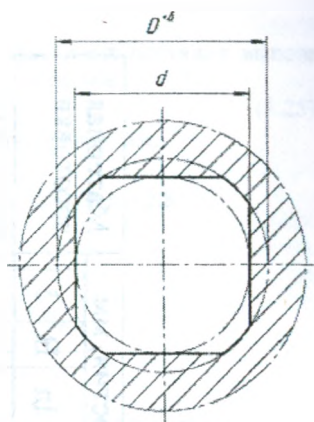


Рисунок 2.6

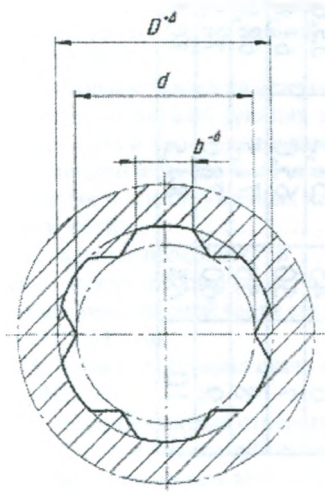


Рисунок 2.7

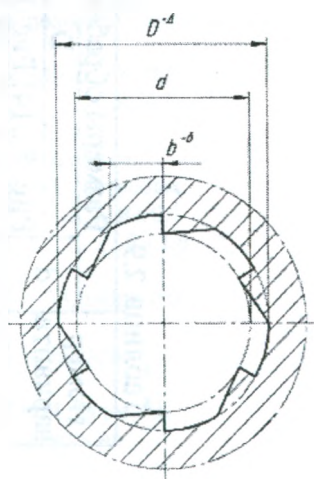


Рисунок 2.8

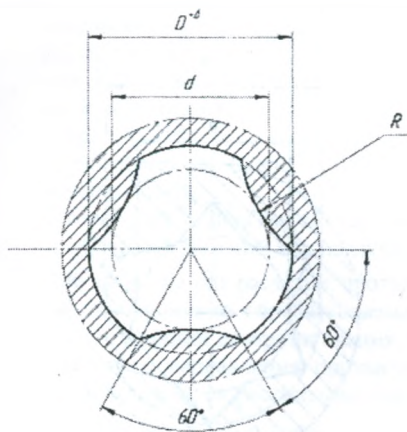


Рисунок 2.9

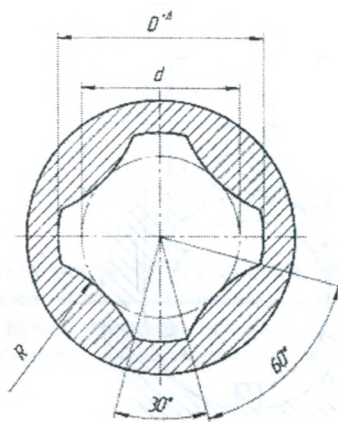


Рисунок 2.10

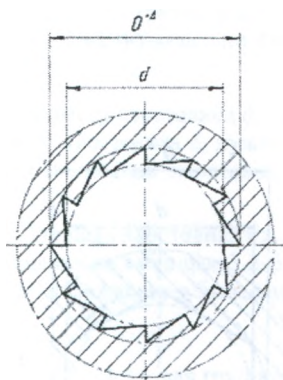


Рисунок 2.11

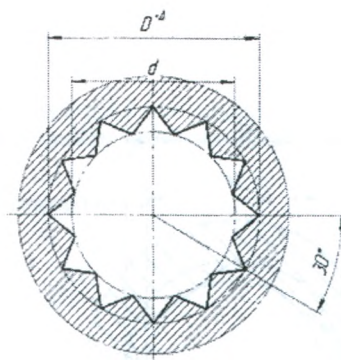


Рисунок 2.12

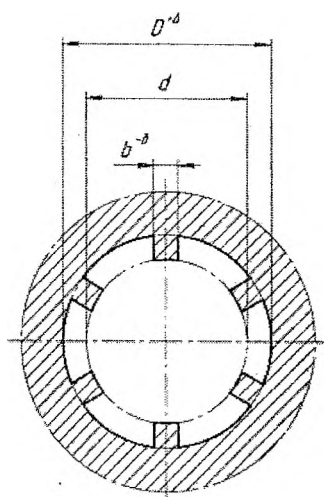


Рисунок 2.13

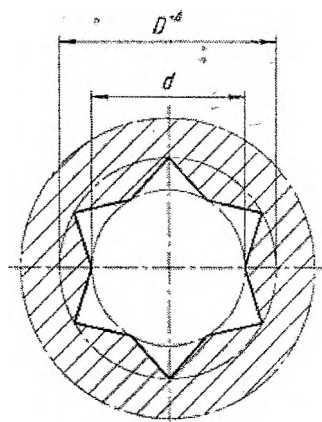


Рисунок 2.14

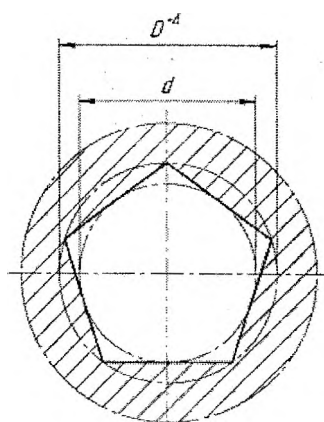


Рисунок 2.15

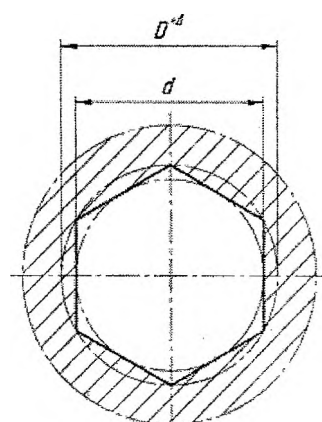


Рисунок 2.16

Раздел 3 – Проектирование и расчёт круглой протяжки

Рассчитать и сконструировать протяжку для обработки отверстия.

Исходные данные:

- диаметр получаемого отверстия D_0 , мм;
- материал заготовки;
- твёрдость HB;
- длина отверстия L , мм;
- модель станка;
- тяговая сила станка P_0 (см. таблицу 3.1);
- наибольший рабочий ход ползуна $l_{\text{пр}}$, мм.

При выполнении расчётов протяжки длину отверстия нужно брать с учётом числа одновременно обрабатываемых деталей; если в исходных данных указан диаметр отверстия до протягивания, то его нужно учитывать при выборе диаметра переднего направления протяжки (взять минимальное значение), если этот диаметр не задан, он рассчитывается.

1. Припуск под протягивание, мм

$$A = 0,005 \cdot D + (0,1 - 0,2) \cdot \sqrt{L} \quad (3.1)$$

2. Диаметры отверстия до протягивания переднего направления $D_{\text{п}}$ и первого зуба протяжки D_{01} , мм

$$D_{01} = D_{\text{п}} = D_0 - A \quad (3.2)$$

3. Расстояние до первого зуба, мм

Расстояние до первого зуба выбирают по паспорту станка; если это расстояние не дано, его рассчитывают по формуле

$$L_1 = 280 + L \quad (3.3)$$

4. Диаметр хвостовика d_1 , мм

Диаметр хвостовика d_1 нужно выбирать по таблицам 3.2 или 3.3, при этом выбирают наибольший хвостовик, который может пройти через отверстие (рисунки 3.1; 3.2)

5. Площадь хвостовика F_x , определяющая его прочность, мм^2 .
выбирается по таблицам 3.2–3.5

6. Шаг режущих зубьев, мм

$$t_p = m \cdot \sqrt{L}, \quad (3.4)$$

где $m=1,25 \dots 1,5$ – для групповой схемы резания

В формуле (3.4) коэффициент m выбран для одинарной схемы резания. Окончательный выбор схемы уточняют в последующих расчётах.

7. Принятый шаг зубьев, мм

Принимается по таблице 3.6

8. Наибольшее число одновременно работающих зубьев

$$z_{\text{max}} = \frac{L}{t_p} + 1, \quad (3.5)$$

При подсчёте $z_{\max}$ дробная часть отбрасывается; если $z_{\max} < 3$, нужно уменьшить шаг t_p или протягивать сразу несколько деталей; если $t_p > L$, то детали нужно жёстко крепить, в противном случае возможны провал деталей между зубьями и поломка протяжки; при обработке прерывистых отверстий нужно выбрать шаг режущих зубьев так, чтобы на каждом пояске работал обязательно один зуб.

9. Глубина стружечной канавки h_K , мм

Выбирается по таблице 3.6.

10. Площадь стружечной канавки F_K , мм²

Выбирается по таблице 3.6

11. Коэффициент заполнения стружечной канавки K

Выбирается по таблице 3.8

12. Подача, допустимая по размещению стружки в канавке, мм/зуб

$$s_{ZK} = F_K / (K \cdot L) \quad (3.6)$$

13. Наибольшее усилие, допустимое хвостовиком, Н

$$P_X = F_X \cdot \sigma_X \quad (3.7)$$

где σ_X - принимается по таблице 3.9

14. Наибольшее усилие, допустимое протяжкой на прочность по первому зубу, Н

$$P_1 = F_1 \cdot \sigma_1 = \pi \cdot (D_{01} - 2h)^2 \cdot \sigma_1 / 4, \quad (3.8)$$

где σ_1 - принимается по таблице 3.9

15. Расчётная сила резания, Н

Расчётное усилие P_r равно наименьшему из P_X , P_1 , $P_c \cdot 0,9$.

16. Подача, допустимая по силе резания, мм/зуб

$$S_{ZP} = \left(\frac{P_r}{C_p \cdot \pi \cdot D_0 \cdot z_{\max}} \right)^{\frac{10}{8}}, \quad (3.9)$$

где C_p - коэффициент, принимаем по таблице 3.7

Если $S_{ZP} \geq S_{ZK}$, следует применять одинарную схему резания; если $S_{ZP} < S_{ZK}$, то необходимо производить расчёт для групповой схемы резания; число зубьев в группе n_r выбирают методом последовательных приближений (для начала $n_r = 2$).

17. Шаг режущих зубьев для групповой схемы резания, мм

$$t_p = m \cdot \sqrt{L}, \quad (3.10)$$

где $m = 1,45 \dots 1,9$ - для групповой схемы резания.

18. Принятый шаг, мм

Выбираем по таблице 3.6

19. Определяем $z_{\max}$ согласно п. 8

20. Определяем h_K

Если $P_r = P_X$, то глубину канавок оставляем прежней.

21. Определяем F_K согласно п. 10

22. Определяем K

Выбираем по таблице 3.8

23. Подача, допустимая по размещению стружки, мм/зуб

$$S_{zk} = F_K / (K \cdot L) \quad (3.11)$$

24. Подача, допустимая по усилию резания, мм/зуб

$$S_{zp} = \left(\frac{P_p \cdot n_d}{C_p \cdot \pi \cdot D_o \cdot z_{\max}} \right)^{\frac{10}{8}} \quad (3.12)$$

25. Примерная длина режущей части при одинарной схеме резания, мм (см. пп. 12,16)

$$l_p = \frac{A \cdot t_p}{2 \cdot S_{z \min}} \quad (3.13)$$

26. Примерная длина режущей части для групповой схемы резания, мм ($S_{z \min}$ наименьшее значение из пп. 23 и 24)

$$l_{pr} = \frac{A \cdot t_p \cdot n_r}{2 \cdot S_{z \min}} \quad (3.14)$$

Принимаем схему резания на основании пп. 25, 26. Групповая схема резания принимается в том случае, если она сокращает длину режущей части.

27. S_{zp} при $n_r=3$ (см. п. 24)

28. Примерная длина режущей части для $n_r=3$

$$l_{pr2} = \frac{3 \cdot A \cdot t_p}{2 \cdot S_{z \min}} \quad (3.15)$$

Аналогично можно проверить целесообразность применения групповой схемы резания с числом зубьев в группе 4, однако при этом подача S_{zp} не должна быть больше S_{zk} .

29. Принимаем значение S_z

30. Принимаем значение n_r

31. Определяем диаметры режущих зубьев с учётом принятых схем резания, чисел зубьев в группе n_r и выбранных подач S_z

Примечание: на последних режущих зубьях подача не должна превышать S_{zk} .

32. Число режущих зубьев z_p

33. Длина режущей части, мм

$$l_p = t_p \cdot (z_p - 1) \quad (3.16)$$

34. Число зубьев калибрующей части z_K

Принимаем по таблице 3.9-3.11

35. Шаг калибрующих зубьев, мм (см. таблицу 3.6)

$$t_K \approx 2 \cdot t_p / 3 \quad (3.17)$$

36. Длина калибрующей части, мм

$$l_K = l_K \cdot z_K \quad (3.18)$$

37. Длина заднего направления протяжки, мм

$$l_3 = L \quad (3.19)$$

38. Общая длина протяжки, мм

$$L_{пр} = l_1 + l_p + l_K + l_3 \quad (3.20)$$

39. Допустимая длина протяжки, мм

$$L_{пр\max} = 40 \cdot D_0 < 2000 \quad (3.21)$$

Если $L_{пр}$ превышает допустимую длину, нужно проектировать комплект протяжек из нескольких штук.

40. Необходимая длина рабочего хода, мм

$$l_{рх} = L + l_p + l_K \quad (3.22)$$

если $l_{рх}$ не должна превышать наибольший рабочий ход ползуна станка, в противном случае нужно проектировать комплект протяжек.

41. Расстояние между стружкоразделительными канавками для чистовых зубьев, мм (см. таблицу 3.10)

$$b = 1,7 \cdot \sqrt{D_0} \quad (3.23)$$

42. Число стружкоразделительных канавок

$$n_c = \pi \cdot D_0 / b \quad (3.24)$$

43. Диаметр $D_{кр}$ круга для шлифования выкружек (рисунок 3.1) выбираем из нормального ряда диаметров 80, 100, 125, 160 мм.

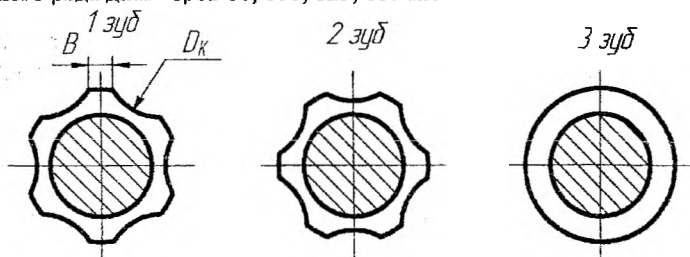


Рисунок 3.1 – Профиль режущих зубьев круглых протяжек с групповой схемой резания

44. Глубина выкружки, мм

$$h_B > (2-5) \cdot s_z \quad (3.25)$$

45. Расстояние между осями круга и протяжки, мм

$$a = \frac{D_0 + D_{кр}}{2} - h_B \quad (3.26)$$

46. Вспомогательный угол θ°

$$\cos \theta = \frac{D_0^2 + 4 \cdot a^2 - D_{кр}^2}{4 \cdot a \cdot D_0} \quad (3.27)$$

47. Число выкружек

$$i = \pi \cdot D_o / (b + \theta \cdot D_o) \quad (3.28)$$

Примечание: угол θ в формулу подставляется в радианах.

48. Фактическая длина режущей кромки, мм

$$b = D_o \cdot \left(\frac{\pi}{i} - \theta \right) \quad (3.29)$$

49. Передний угол γ^*

Выбирается в зависимости от обрабатываемого материала.

50. Угол β_{KP} для заточки угла γ принимаем равным 45° .

51. Наибольший диаметр круга для заточки, мм

$$D_{KP3} = \frac{D_{31} - h_K}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta_K \quad (3.30)$$

52. Наибольший диаметр $D_{D_{max}}$ протягиваемого отверстия, мм

53. Допуск на разбивку p , мм

Принимается равным 0,005 мм.

54. Допуск на изготовление, мм

Принимается равным 1/3 допуска на отверстие.

55. Диаметр калибрующих зубьев

$$D_K = (D + \Delta) - p \quad (3.31)$$

где D - диаметр отверстия, получаемого после протягивания, мм;

Δ - предельное отклонение диаметра D по чертежу, мм.

56. Допуск на диаметр режущих зубьев, мм

Принимается равным 0,01-0,02 мм и не более 0,4 от S_z .

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТЯЖЕК

Таблица 3.1 – Номинальные тяговые силы P и наибольшие длины ходов протяжных станков.

Станок	$P, \text{кН}$	Наибольшая длина хода, мм	Станок	$P, \text{кН}$	Наибольшая длина хода, мм
Горизонтальный:			Вертикальный:		
7510; 7510М	102	1400	7505; 7705А	51	600
7А510	102	1250	7705В	51	800
7520; 7А520	204	1600	7710	102	1350
7530М	306	1800	7А710	102	1200
7540	408	2000	7Б710; 7710В	102	1000
7551	714	2000	7А710Д		
7552	1020	2000	7720		
			7Б720; 7720В	204	1600
			7А720Д	204	1250

Таблица 3.2 — Размеры круглых хвостовиков для протяжек по ГОСТ 4044-70, тип 1 (рис. 3.2, а), мм

d_1 (пред. откл. по е8)	d_3	d_4 (пред. откл. -0,5 -1 мм)	a (пред. откл. по c11)	b_1 (пред. откл. по d9)	l_1	l_2	l_4	l_5	l_6	$\alpha, ^\circ$	r	Площадь по сечению А-А, мм
4	3,8	4	2	3,7								6,6
5	4,8	5	3	4,6								13,2
5,5	5,3	5,5	3,3	5,1	100	16	-	90	80	-	0,2	15,8
6	5,8	6	4	5,6								20,9
7	6,8	7	4,2	6,5						10		23,8
8	7,8	8	5	7,5								35,4
10	9,8	10	6	9,5								61,5
12	11,7	12	8	11,5	120	20	12	110	100	20	0,3	85,2
14	13,7	14	8	13,5								95,1
16	15,7	16	10	15,5								145,0
18	17,7	18	12	17,5								193,0

Таблица 3.3 — Размеры круглых хвостовиков протяжек (рисунок 3.2, б), мм

d_1 (пред. откл. по е8)	d_2 (пред. откл. по c11)	d_3	d_4 (пред.откл. -0,5 -1 мм)	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	b_2 (пред. откл. по е8)	Γ_1	Γ_2	c	a	Площадь по сечению размера d, мм
12	8,0	11,7	12							10,5	0,2			10	50,3
14	9,5	13,7	14	120	20	20	12	110	100	12,5		0,6			70,9
16	11,0	15,7	16							14,0			0,5	20	95,0
18	13,0	17,7	18							16,0					132,7
20	15,0	19,7	20							17,0	0,3				176,7
22	17,0	21,7	22	140	25	25	16	120	120	19,0		1,0			227,0
25	19,0	24,7	25							21,5					283,5
28	22,0	27,6	28							24,0			1,0		380,1
32	25,0	31,6	32	160				140	140	27,5					490,9
36	28,0	35,6	36							31,0	0,4	1,6			615,7
40	32,0	39,5	40		32	32	20			34,5					804,2
45	34,0	44,5	45	180				160	160	39,0		0,5	2,5		907,9
50	38,0	49,5	50							43,5				30	1134,1
56	42,0	55,4	56							48,5					1385,4
63	48,0	62,4	63	210	40	40	25	190	190	55,0	0,6	4,0			1809,6
70	53,0	69,4	70							61,0					2206,2
80	60,0	79,2	80							69,5					2827,4
90	70,0	89,2	90	240	50	50	32	220	220	78,5	0,8	6,0	2,0		3848,4
100	75,0	99,2	100							87,0					4417,9

Таблица 3.4 Размеры плоских хвостовиков для протяжек по ГОСТ 4043-70 (рисунок 3.2, в), мм.

b_1 (пред. откл. по с11)	b_2 (пред. откл. по с11)	H , не более	l_1 , не менее	l_2 , не менее	l_3	Длина зажима l_4	c	K	r_1	r_2	Площадь по сечению размера b_3 , мм ²
4	2,5	7					0,5				22,5
5	3,2	11									35,2
6	4,0	15									60
7	4,5	16	14	20	16	180		0,1	0,2	0,6	62
8	5	18					0,8				90
10	7	22									154
12	8	28			18						224
14	10	30									300
16	12	36									402,5
18	13	40	17	25		200		0,15	0,3	1,0	520
20	15	45			22						675
22	16,5	50									732,5
24	18	55					1,0				900
25	19										950
28	21										1155
32	24		20	30	28	220		0,20	0,2	1,6	1440
36	28										1680
40	32										1920
45	36	60									2160
50	40		28	40	36	250		0,25	0,4	2,5	2400

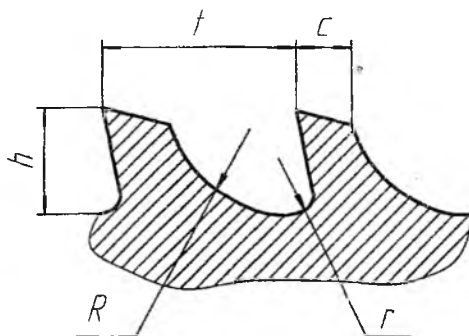
Примечания: 1. Размеры H установлены для хвостовиков плоских протяжек. 2. Допускается выполнять хвостовики без канавок шириной 10 мм. Пред. откл. по с11 размера b_1 к шпоночным протяжкам не относится.

Таблица 3.5 - Размеры плоских хвостовиков для протяжек по ГОСТ 4043-70 (рисунок 3.2, г), мм.

b_1 (пред. откл. по с11)	b_2 (пред. откл. по f7)	b_2 (пред. откл. по с11)	H , не более	l_1 , не менее	l_2 , не менее	l_3	c	K	Площадь по сечению размера b_3 , мм ²
2	3	1,5	4						6
2,5							0,3		12,5
3	4	2,5	5						15
4	6	4	7				0,5		36
5	8	5	11	14	20	16		0,1	55
6		6	15						90
7	10	7	16						112
8	12	8	18				0,8		114
10	15	10	22						220

Примечания: 1. Размеры H установлены для хвостовиков шпоночных протяжек. 2. Допускается выполнять хвостовики без канавок шириной 10 мм.

Таблица 3.6 - Размеры стружечных канавок, мм



t	h _к	C	r	R	F _к , мм ²	t	h _к	C	r	R	F _к , мм ²
4,5	2	1,5	1	2,5	3,14	14	3	4	1,5	10	7,07
6	2	2	1	4	3,14		4		2		12,56
	2,5		1,25		4,91		5		2,5		19,63
	3		1,5		7,07		6		3		28,27
8	2,5	3	1,25	5	4,91	16	4	4,5	2	12	12,56
	3		1,5		7,07		5		2,5		19,63
	4		2		12,56		6		3		28,27
10	3	3	1,5	7	7,07		7		3,5		38,48
	4		2		12,56	18	5	6	2,5	12	19,63
	4		2		12,56		6		3		28,27
12	3	4	1,5	8	7,07		7		3,5		38,48
	4		2		12,56						

Таблица 3.7 - Значения C_p для расчета сил резания при обработке некоторых материалов

Материал	Твердость НВ	C_p , Н/мм ²
Углеродистые стали	До 197	2170
	197...220	2400
	Св. 220	2860
Легированные стали	До 197	2880
	197...220	3110
	Св. 220	3610
Чугун серый	До 180	1850
	Св. 180	2040
Чугун ковкий	Св. 200	1670

Таблица 3.8 - Коэффициент K заполнения стружечной канавки

Обрабатываемый материал	Схема резания	
	одинарная	групповая
Сталь	4	3
Чугун	2,5	2

Таблица 3.9 - Допускаемое напряжение на растяжение, МПа

Материал протяжки – сталь	Часть протяжки	
	хвостовая σ_x	режущая σ_r
Углеродистая качественная	250	-
Инструментальная легированная	250	300
Быстрорежущая диаметром, мм:		
до 15	300	450
св. 15	300	400

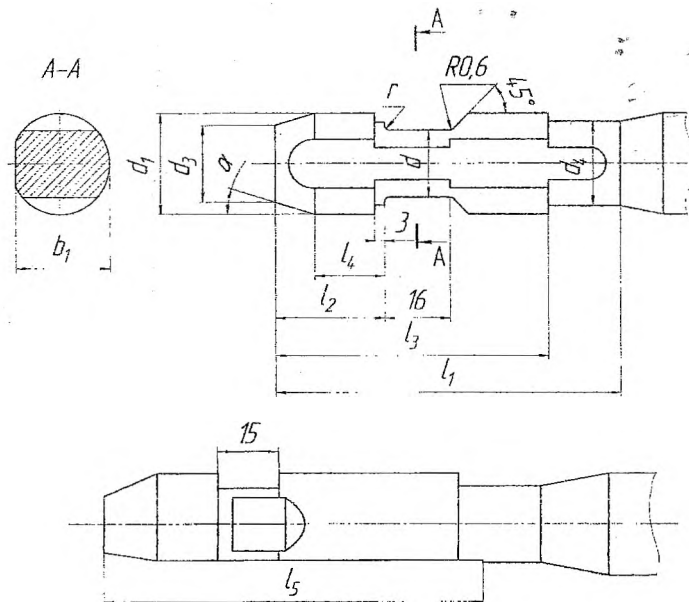
Таблица 3.10 - Предельные подачи, при которых стружка свертывается в спиральный валик при ширине b режущей кромки

Предельные подачи, мм/зуб					Ширина режущей кромки b , мм
$h_k=3$	$h_k=4$	$h_k=5$	$h_k=6$	$h_k=7$	
0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	3
0,1	0,15	0,2	0,3	0,3	До $1,2\sqrt{D}$
0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	До $1,7\sqrt{D}$

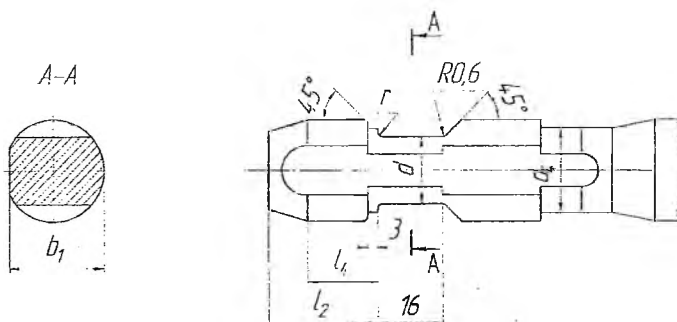
Таблица 3.11 - Число калибрующих зубьев протяжки

Квалитет точности	Z_K
6	8
7	7
8	6
9	5
10	4
Св. 10	2...3

Тип 1 Исполнение 1



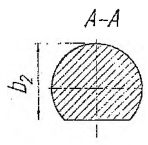
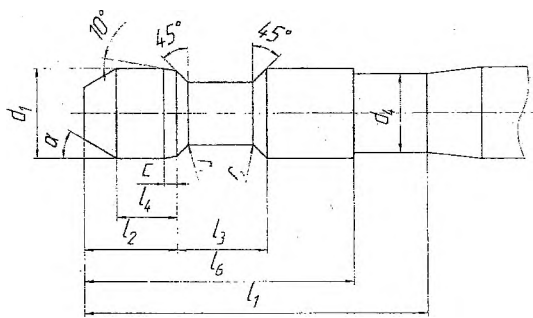
Исполнение 2



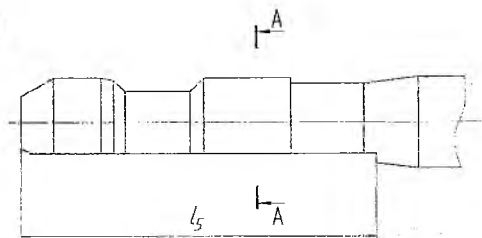
a/

Рисунок 3.2

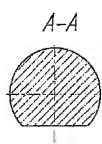
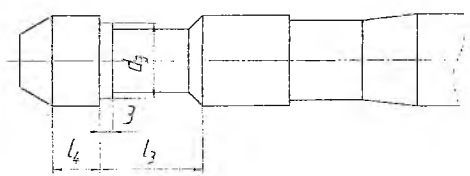
Тип 2 Исполнение 1



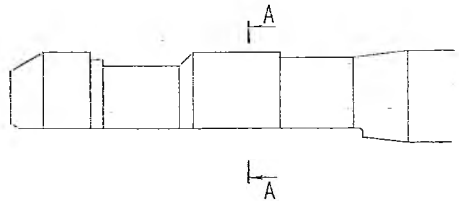
Исполнение 2



Исполнение 3



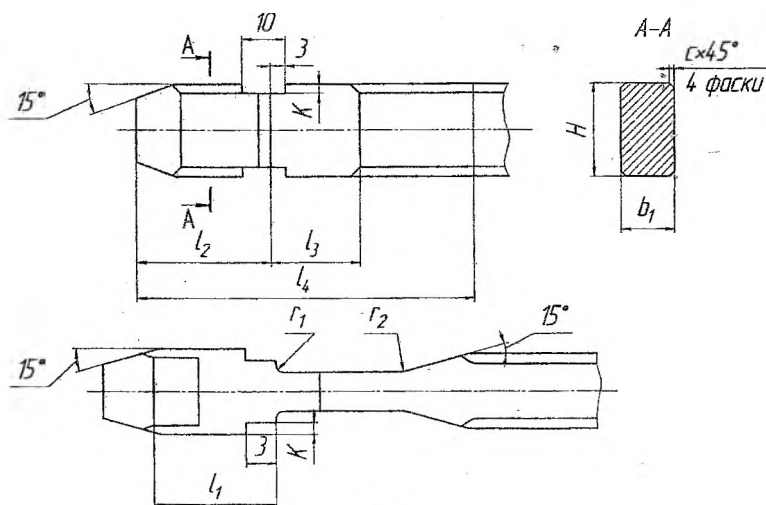
Исполнение 4



δ/

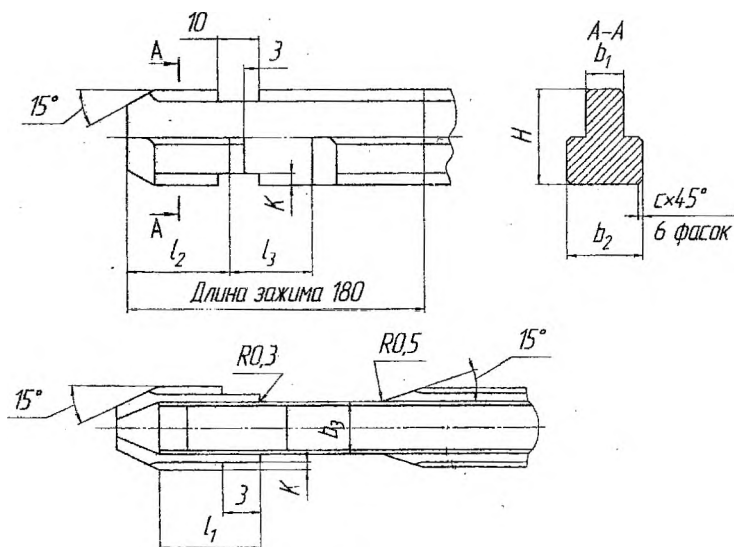
Рисунок 3.2

Тун 1



В)

Тун 2



2/

Рисунок 3.2

Раздел 4 – Проектирование и расчёт червячной фрезы с прямобочным шлицем

Исходные данные.

Исходные данные для проектирования фрез принимают из таблицы 4.1 в соответствии с вариантом задания. Форма торцевого сечения вала зависит от системы центрирования шлицевого соединения (см. рисунок 4.1). Расчетными размерами нарезаемого вала является среднее от предельных размеров с учетом допусков на изготовление.

4.1 Расчетные размеры вала

4.1.1 Наружный диаметр (точность расчета 0,01 мм).

$$D_p = D_{\max} - 2 \cdot f_{\min}, \quad (4.1)$$

где $D_{\max}$ – максимальная величина наружного диаметра вала, мм;

$f_{\min}$ – минимальная (номинальная) величина фаски, мм.

Если $f = 0$, то $D_p = D_{\max}$.

4.1.2 Внутренний диаметр (точность расчета 0,001 мм).

а) без учета припуска под шлифование вала (для окончательных фрез):

$$d_p = d_{\min} + 0,25 \Delta d, \quad (4.2)$$

где $d_{\min}$ – минимальная величина внутреннего диаметра, мм;

Δd – допуск на внутренний диаметр, мм;

б) с учетом припуска под шлифование вала (промежуточные фрезы):

$$d_p = d_{\text{ном}} + P, \quad (4.3)$$

где $d_{\text{ном}}$ – номинальный внутренний диаметр;

P – припуск под шлифование (см. таблицу 4.2).

1.3 Ширина шлица (точность расчета 0,001 мм):

а) без учета припуска под шлифование вала:

$$b = b_{\min} + 0,25 \Delta b, \quad (4.4)$$

где $b_{\min}$ – минимальная ширина шлица, мм;

Δb – допуск на ширину шлица, мм;

б) с учетом припуска:

$$b_p = b_{\text{ном}} + P, \quad (4.5)$$

где $b_{\text{ном}}$ – номинальная ширина шлица, мм;

P – припуск на шлифование, мм.

1.4 Диаметр начальной окружности с фаской на сторонах шлица.

$$D_H = \sqrt{D_p^2 - 0,75 \cdot b_p^2} \quad (4.6)$$

При отсутствии фаски

$$D_H = \sqrt{D_{\max}^2 - 0,75 \cdot b_p^2} \quad (4.7)$$

Результат округлить до четной десятой доли миллиметра. Следует учитывать, что отклонение от расчетного значения D_H в меньшую сторону приводит к срезанию боковой стороны шлица, прилегающей к наружному диаметру вала; отклонение в большую сторону — к увеличению переходной кривой на боковой стороне шлица, прилегающей к внутреннему диаметру вала.

4.2 Конструктивные элементы фрезы

4.2.1 Определение профиля боковой стороны зубьев фрезы аналитическим методом.

Профиль боковой стороны зуба фрезы представляет собой кривую, огибающую ряд последовательных положений профиля шлицевого вала при качении начальной окружности вала по начальной прямой фрезы.

На практике теоретическую кривую заменяют одной или двумя дугами окружности.

Одной дугой заменяют при высоте профиля шлицевого вала $h \leq 3,5$ мм и двумя, когда $h > 3,5$ мм или $h > 0,06 \cdot D_H$ (точность расчета 0,001 мм)

$$h = \frac{D_H - d_p}{2} \quad (4.8)$$

Для нахождения радиуса одной заменяющей окружности R_o и координат (x_o, y_o) центра этой окружности необходимо иметь координаты трех узловых точек профиля фрезы (см. рисунок 4.2): т.О с координатами $x=0, y=0$ расположена на начальной прямой в точке пересечения ее с кривой профиля; т.1 — посередине профиля; т.2 — у вершины профиля зуба. Зная координаты т.1 и т.2, найдем x_o, y_o, R_o . Координаты центра заменяющей окружности (точность расчета 0,001 мм).

$$x_o = \frac{x_1^2 - 2 \cdot y_o \cdot y_1 + y_1^2}{2 \cdot x_1}, \quad y_o = \frac{x_1 \cdot (x_2^2 + y_2^2) - x_2 \cdot (x_1^2 + y_1^2)}{2 \cdot (x_1 y_2 - x_2 y_1)} \quad (4.9)$$

Радиус заменяющей окружности:

$$R_o = \sqrt{x_o^2 + y_o^2} \quad (4.10)$$

Ординаты т.1 и т.2 принимают:

$$y_1 = (0,4 \dots 0,5) \cdot h, \quad y_2 = 0,9 \cdot h \quad (4.11)$$

Абсциссы т.1 и т.2 из формул:

$$x_1 = R_H \left[\underset{(\alpha_1)}{(\alpha_1 - \gamma_H)} - \cos \alpha_1 \underset{(\alpha_2)}{(\sin \alpha_1 - \sin \gamma_H)} \right], \quad (4.12)$$

где R_H — радиус начальной окружности вала, мм;

α_1, α_2 — углы обката т.1 и т.2 соответственно (угловые параметры), рад.

$$\sin \alpha_1 = \frac{\sin \gamma_H}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_H}{2} \right)^2 + \frac{y_1}{R_H}}, \quad (4.13)$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{\sin \gamma_H}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sin \gamma_H}{2} \right)^2 + \frac{y_2}{R_H}},$$

где γ_H — угол шлица в точке на D_H , рад.

$$\sin \gamma_H = \frac{b_p}{D_H} \quad (4.14)$$

Точность расчета всех угловых параметров 1".

Чтобы проверить точность замены кривой бокового профиля зуба фрезы дугой окружности, определяют величину отклонений дуги от теоретической кривой в двух точках a и b , расположенных между точками 0, 1, 2 (см. рисунок 4.2).

Максимальная погрешность замены в точках a и b (точность расчета 0,001):

$$\begin{aligned} \Delta a &= Fa - R_o, \\ \Delta b &= Fb - R_o, \end{aligned} \quad (4.15)$$

где F_a, F_b — радиусы точек a и b ,

$$F_a = \sqrt{(x_a - x_o)^2 + (y_a - y_o)^2} \quad (4.16)$$

$$F_b = \sqrt{(x_b - x_o)^2 + (y_b - y_o)^2}$$

где x_a, x_b, y_a, y_b — координаты точек a и b ;

$$x_a = R_H [(\alpha_a - \gamma_H) - \cos \alpha_a (\sin \alpha_a - \sin \gamma_H)]; \quad (4.17)$$

$$x_b = R_H [(\alpha_b - \gamma_H) - \cos \alpha_b (\sin \alpha_b - \sin \gamma_H)].$$

Здесь $\alpha_a, \alpha_b, \gamma_H$ — в радианах (1 градус = 0,017453 рад),

$$y_a = R_H \cdot \sin \alpha_a \cdot (\sin \alpha_a - \sin \gamma_H) \quad (4.18)$$

$$y_b = R_H \cdot \sin \alpha_b \cdot (\sin \alpha_b - \sin \gamma_H)$$

Точность расчета 0,001

Углы обката точек a и b в радианах:

$$\alpha_k = A + \sqrt{A^2 + B} \quad (4.19)$$

$$\alpha_d = A - \sqrt{A^2 + B}$$

Точность расчета 0,00001

$$A = \frac{R_H + \gamma_H + x_o}{2 \cdot (R_H + y_o / 3)} \quad (4.20)$$

$$B = \frac{y_o}{R_H + y_o / 3}$$

Здесь γ_H в радианах, y_o — подставляют в формулу со своим знаком (обычно с минусом).

Погрешность считается допустимой, если $(\Delta a + \Delta b) \leq \frac{2}{3} \cdot \Delta b$, (4.21)

где $(\Delta a + \Delta b)$ — погрешность замены из формулы (4.15) по абсолютному значению.

Δb — допуск на ширину шлица, когда инструмент окончательный, и припуск на обработку, когда промежуточный (мм).

Когда условие не выполняется, необходимо расчет произвести заново приняв другие значения ординаты (4.11). Если и в этом случае отклонение превышает допустимое, то профиль заменяется дугами двух окружностей.

4.2.2 Толщина зуба фрезы по начальной прямой (рисунок 4.3):

$$s_H = D_H \cdot \left(\frac{\pi}{n} - \gamma_H \right) \quad (4.22)$$

где n — число шлицев вала (4,6,8,10,12,14,16,20);

γ_H — в радианах.

4.2.3 Шаг зуба в нормальном сечении:

$$t_H = \frac{\pi}{n} \cdot D_n \quad (4.23)$$

4.2.4 Смещение уступа от начальной прямой:

$$t_H = bp^2 / (8 \cdot D_H) \quad (4.24)$$

4.2.5 Угол уступа (фаски):

n	4...6	16...20
ψ	35°	45...50°

Ширина $c = 2f$, высота $h_2 = c \cdot \operatorname{tg} \psi$ (4.25)

4.2.6 Размеры канавки для выхода шлифовального круга при затыловании канавки:

радиус $r = 1 \dots 2$ мм;
 ширина $l \approx t_H - (S_H + 2 \cdot C)$;
 глубина $h_3 = 1,5 \dots 3$ мм. (4.26)

4.2.7 Высота шлифованной части зуба фрезы:

$$h_w = h + h_1 + h_2 \quad (4.27)$$

4.2.8 Общая высота профиля зуба:

$$h_o = h_w + h_3 \quad (4.28)$$

4.2.9 Размеры зуба фрезы с "усиками" (рисунок 4.4):

Одним из недостатков метода нарезания червячными шлицевыми фрезами является наличие переходной кривой у основания шлицев. Когда наличие её недопустимо, используют фрезы с усиками на вершине профиля. Так, фрезы с "усиком" применяют для обработки шлицевых валов внутреннего центрирования (рисунок 4.1). Основные размеры зуба: смотри пункты 4.2.1...4.2.8.

4.2.10 Дополнительно рассчитываются:

Высота усика:

$$h_y = y_{\max} - h, \quad (4.29)$$

где $y_{\max}$ — максимальная высота профиля зуба (высшая точка профиля).

$$y_{\max} = R_H \cdot \sin \alpha_{\max} \cdot (\sin \alpha_{\max} - \sin \gamma_H), \quad (4.30)$$

где R_H — радиус начальной окружности вала, мм;

$\alpha_{\max}$ — угол обката высшей точки профиля.

$$\cos \alpha_{\max} = \frac{d_p}{D_H} \cdot \cos \gamma_d, \quad (4.31)$$

где d_p — расчетный внутренний диаметр вала, мм;

D_H — диаметр начальной окружности вала, мм;

γ_d — угол профиля шлица в точке, расположенной на

$$\sin \gamma_d = \frac{b_p}{d_p}, \quad (4.32)$$

где b_p — расчетная ширина шлица, мм.

4.2.11 Высота шлифованной части зуба

$$h_w = y_{\max} + h_1 + h_2, \quad (4.33)$$

где h_1 – по пункту 2.4;

h_2 – по пункту 2.5;

$$f_y \approx (0,07 \cdot S_H - 0,2) \text{ мм}.$$

Не допускается: $f_y < 0,3 \text{ мм}$

Рекомендуется: $f_y \approx 0,7 \dots 2 \text{ мм}$

4.3 Геометрия фрезы

4.3.1 Передний угол: $\gamma = 0^\circ$ – для чистового инструмента, для чернового допускается: $\gamma = 5^\circ \dots 7^\circ$.

4.3.2 Задний угол на вершине зуба: $\alpha_\delta = 8 \dots 14^\circ$

Шаг между выбираемыми углами 30° .

На боковых сторонах профиля задний угол α_δ определяется из формулы:

$$\operatorname{tg} \alpha_\delta = \operatorname{tg} \alpha_b \cdot \sin \alpha_n, \quad (4.34)$$

где $\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{y_0}{x_0}$, а значение угла α_δ должно быть $\alpha_\delta \geq 1^\circ 30'$

При невыполнении условия необходимо увеличить α_b .

4.4 Расчет конструктивных и габаритных размеров фрезы (рисунок 4.5)

4.4.1 Число заходов – преимущественно однозаходные.

4.4.2 Угол подъема витков по среднему диаметру $\tau = 6^\circ$.

При увеличении τ увеличивается погрешность профиля боковой стороны шлица. Направление витков правое. Направление передней поверхности зубьев левое.

4.4.3 Ориентировочный наружный диаметр, мм:

$$D_{\text{ев}} = \frac{D_H}{n \cdot \sin \tau} + 2h_w \quad (4.35)$$

Значение округляется в большую сторону до величины кратной пяти.

4.4.4 Число зубьев фрезы:

при: $D_{\text{ев}} = 50 \dots 85 \rightarrow Z_{\min} = 12$

$D_{\text{ев}} > 85 \rightarrow Z_{\min} = 14$

От допуска на ширину шлица Δb :

$b > 0,1 \rightarrow Z_{\min} = 12$

$b \leq 0,1 \rightarrow Z_{\min} = 14$

4.4.5 Величина затылования:

$$K = (D_{\text{ев}} / Z) \cdot (\pi \cdot \operatorname{tg} \alpha_b) \quad (4.36)$$

$$K_1 = (1,2 \dots 1,7) \cdot K \quad (4.37)$$

затем до ближайшего стандартного значения. Шаг $0,5 \text{ мм}$.

4.4.6 Размеры канавки для выхода стружки, мм:

$$r_2 = 1,25 \dots 2,5$$
$$H = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + 1 \quad (4.38)$$

Точность 0,1 мм.

Угол канавки Θ° – 22; 25; 30

4.4.7 Длина шлифованной части задней поверхности зубьев фрезы, мм:

$$l_m \geq \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2} \right) \frac{\pi \cdot D_{\text{шл}}}{Z} \quad (4.39)$$

4.4.8 Шаг витков фрезы в осевом сечении, мм:

$$t_0 = \frac{t_n}{\cos \tau} \quad (4.40)$$

4.4.9 Длина наружной части фрезы, мм:

$$l_p = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (D_{\text{шл}} - h)} + (2 \dots 0,5) \cdot t_0 \quad (4.41)$$

4.4.10 Общая длина фрезы. Точность расчета 0,5 мм.

$$L = l_p + 2l_\delta, \quad (4.42)$$

где l_δ – длина буртика фрезы, мм.

$$L = (2 \dots 3) \cdot t_0$$

$$l_\delta = 2 \dots 5 \text{ мм.}$$

4.4.11 Диаметр цилиндрической части буртиков, мм:

$$d_\delta = D_{\text{шл}} - 2H - (3 \dots 5) \quad (4.43)$$

4.4.12 Средний расчетный диаметр, мм:

$$D_i = D_{\text{шл}} - 2H - 0,5 \cdot K \quad (4.44)$$

4.4.13 Угол наклона стружечной канавки:

$$\sin \omega = \frac{t_n}{\pi \cdot D_i} \quad (4.45)$$

4.4.14 Шаг стружечной канавки, мм:

$$T = \pi \cdot D_i \cdot \operatorname{ctg} \omega \quad (4.46)$$

4.4.15 Диаметр отверстия фрезы, мм:

$$d_0 \approx 0,625 (D_{\text{шл}} - 2H) \quad (4.47)$$

Затем выбрать ближайшие стандартные: 8; 10; 13; 16; 19; 22; 27; 32; 40...

При центрировании по наружному диаметру D (исполнение 2) $d = d_1$. Точность валов по диаметру – f7, g6, h6, js6, n6, e8; для b – e8, h8, e9.

Исполнение 1 – базирование по внутреннему диаметру (используется, когда втулка очень твердая).

Исполнение 2 – наиболее технологично и широко распространенное. Исполнение 3 – базирование по ширине шлица (для валов, работающих с знакопеременными нагрузками).

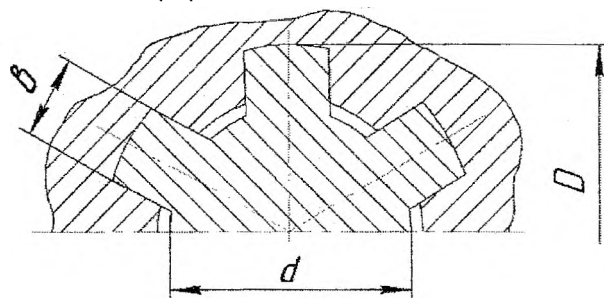
Пример обозначения шлицевого соединения: D-8*36*40H8/e8*7D9/h8

Исходными данными для проектирования фрезы являются: размеры шлицевого вала [вид центрирования, вид инструмента (окончательный, промежуточный)].

Таблица 4.1 – Размеры профиля шлицевого вала, мм

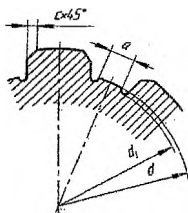
	$z \cdot d \cdot D$	b	dl	a	f	f	r
N	z -шлицов		min.	min.	ном.	откл.	max
Легкая серия							
1	6*23*26	6	22.1	3.54	0.3	+0.2	0.2
2	6*26*30	6	24.6	3.85	0.3	+0.2	0.2
3	6*28*32	7	26.7	4.03	0.3	+0.2	0.2
4	8*32*36	6	30.4	2.71	0.4	+0.2	0.3
5	8*36*40	7	34.5	34.5	0.4	+0.2	0.3
6	8*42*46	8	40.4	5.03	0.4	+0.2	0.3
7	8*46*50	9	44.6	5.75	0.4	+0.2	0.3
8	8*52*58	10	49.7	4.89	0.5	+0.3	0.5
9	8*56*62	10	53.6	6.38	0.5	+0.3	0.5
10	8*62*68	12	59.8	7.31	0.5	+0.3	0.5
11	10*72*78	12	69.6	5.45	0.5	+0.3	0.5
12	10*82*88	12	79.3	8.62	0.5	+0.3	0.5
13	10*92*98	14	89.4	10.08	0.5	+0.3	0.5
Средняя серия							
14	6*11*14	3	9.9	-	0.3	+0.2	0.2
15	6*13*16	3.5	12.0	-	0.3	+0.2	0.2
16	6*16*20	4	14.5	-	0.3	+0.2	0.2
17	6*18*22	5	16.7	-	0.3	+0.2	0.2
18	6*21*25	5	19.5	1.95	0.3	+0.2	0.2
19	6*23*28	6	21.3	1.34	0.3	+0.2	0.2
20	6*26*32	6	23.4	1.65	0.4	+0.2	0.3
21	6*28*34	7	25.9	1.70	0.4	+0.2	0.3
22	8*32*38	6	29.4	-	0.4	+0.2	0.3
23	8*36*42	7	33.5	1.02	0.4	+0.2	0.3
24	8*42*48	8	39.5	2.75	0.4	+0.2	0.3
Тяжелая серия							
25	10*16*20	2.5	14.1	-	0.3	+0.2	0.2
26	10*18*23	3	15.6	-	0.3	+0.2	0.2
27	10*21*26	3	18.5	-	0.3	+0.2	0.2
28	10*23*29	4	20.3	-	0.3	+0.2	0.2
29	10*26*32	4	23.0	-	0.4	+0.2	0.2
30	10*28*35	4	24.4	-	0.4	+0.2	0.2

Профиль шлицевого соединения

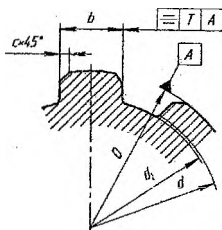


Исполнения шлицевых валов по ГОСТ 1139—80

Исполнение 1



Исполнение 2



Исполнение 3

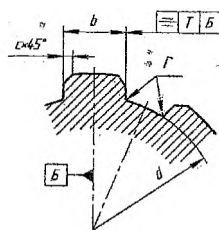


Таблица 4.2 – Припуск на последующую обработку в зависимости от диаметра.

$d_{ном}$, мм	$R_{ном}$ (на $\varnothing$ или ширину шлица)
до 30	0,30
30... 50	0,35
50... 80	0,45
80... 120	0,50

при центрировании по наружному $\varnothing$: $f7, g6, h6, js6, n6, e8$ вал.
($d=d1$)

для b — $e8, h8, e9$.

Обозначение вала $D-8*36*40e8*7h8$,

где 8 — число шлицев;

36 — внутренний диаметр d , мм;

40e8 — наружный диаметр с отклонением, мм;

7h8 — ширина шлица с отклонением, мм.

Пример задания

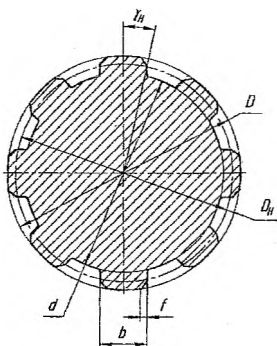
Рассчитать червячную фрезу для обработки шлицевого вала

$D-8*36*40e8*7h8$

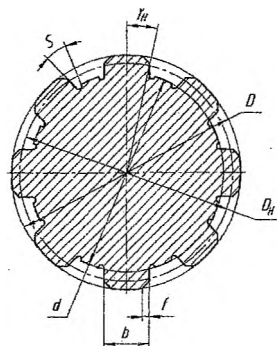
инструмент окончательный.

Вал шлицевой (4:1)

а) при центрировании по
наружному диаметру;
б) при центрировании по
внутреннему диаметру.
Рисунок 4.1 – Профиль
торцового сечения
шлицевого вала.



а)



б)

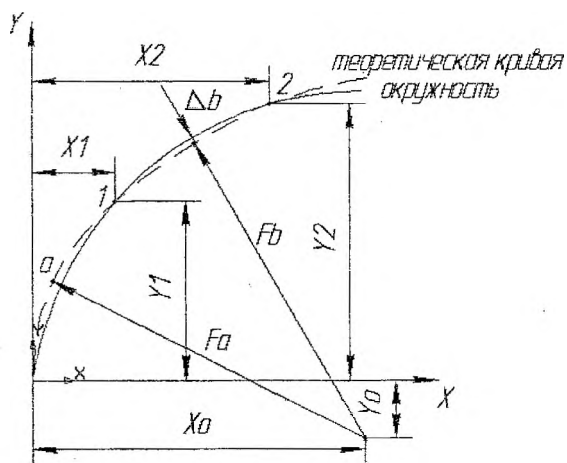


Рисунок 4.2

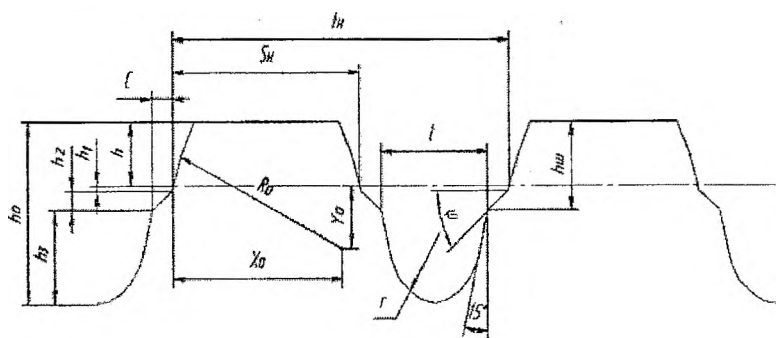


Рисунок 4.3

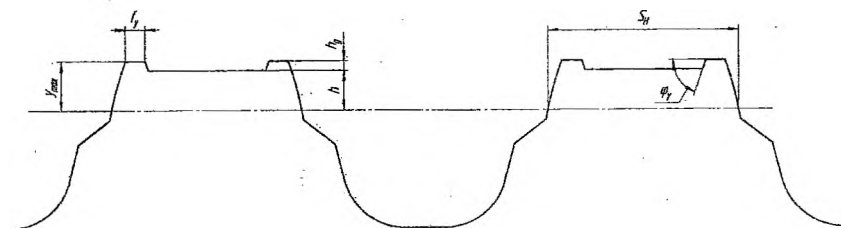
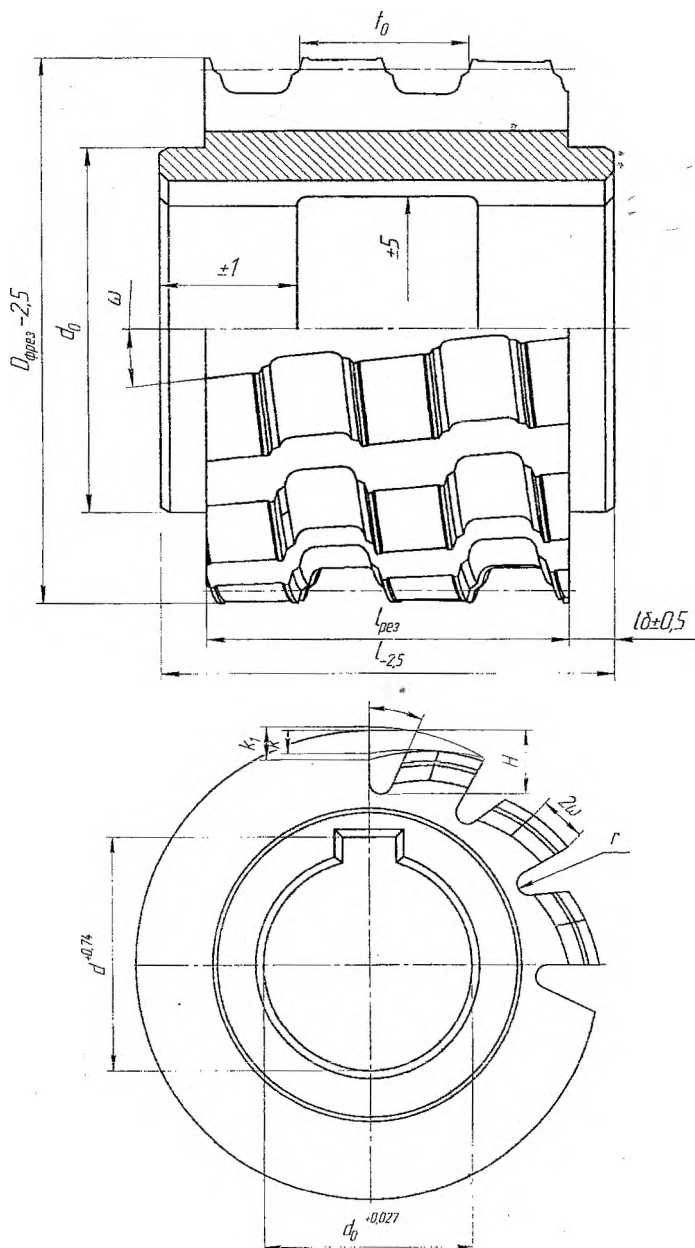


Рисунок 4.4



Рисцнок 4.5 – Чертеж червячной фрезы с основными размерами и отклонениями.
Шпоночную канавку выбрать по ГОСТ

Раздел 5 – Проектирование и расчёт зуборезной фрезы

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРЯЖЕННЫХ УЧАСТКОВ ПРОФИЛЕЙ ЗУБЬЕВ ЭВОЛЬВЕНТНЫХ КОЛЕС И ИНСТРУМЕНТОВ

При проектировании зуборезных инструментов приходится решать задачи, связанные не только с обеспечением точности обработки эвольвентных участков зубьев, но и с получением требуемых размеров других их участков: срезов при вершинах зубьев и соответствующих им фланков на зубьях инструмента, закруглений у ножек и соответствующих им закруглений при вершинах зубьев инструмента и др. Особенно это относится к инструментам с различного рода конструктивными и технологическими модификациями профиля зубьев. В связи с этим часто возникает необходимость в определении сопряженных участков профилей зубьев инструментальной рейки и колеса. Размеры этих участков находятся из схемы зацепления рейки с колесом в торцовом сечении (рисунок 5.1). Зуб колеса показан в двух положениях, соответствующих началу и концу зацепления его с рейкой.

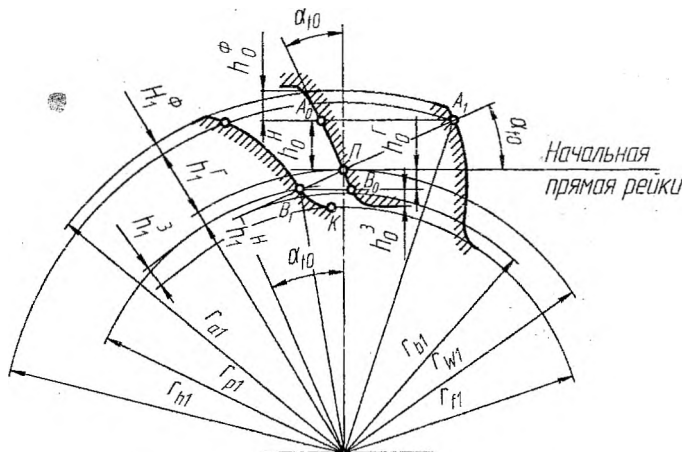


Рисунок 5.1 - Схема зацепления рейки с колесом

Профиль рейки построен так, что линия A_0B_0 проходит через полюс зацепления P . Линия A_1B_1 — активная часть линии зацепления. На профиле зуба инструмента должен быть участок $A_0B_0 = h_0' + h_0''$, необходимый для обработки эвольвентного участка $h_0' + h_0''$ зуба колеса, закругление h_0' при вершине и утолщение высотой h_0'' у основания ножки зуба. Эти участки должны быть сопряженными с соответствующими участками профиля зуба колеса. Примем угол α_0 профиля инструментальной рейки в торцовом сечении отличным от угла α_1 профиля нарезаемого колеса. При этом радиус начального цилиндра обработки колеса

$$r_{a0} = r_1 \frac{\cos \alpha_{t1}}{\cos \alpha_{t0}} \quad (5.1)$$

Зависимость между активной высотой h_0' головки зуба колеса и активной высотой h_0'' ножки зуба рейки получается из ΔOPA_1 :

$$OA_1^2 = OP^2 + PA_1^2 - 2OP \cdot PA_1 \cos\left(\frac{\pi}{2} + \alpha_{t1}\right)$$

Учитывая, что $OA_1 = r_{w1} + h_1^r$, $OP = r_{w1}$ и $PA_1 = h_0^H \csc \alpha_{i0}$, имеем $2r_{w1}h_1^r + (h_1^r)^2 = (h_0^H)^2 \csc^2 \alpha_{i0} + 2r_{w1}h_0^H$

Решая это уравнение относительно h_0^H или h_1^r , получаем

$$h_0^H = \sin \alpha_{i0} \left[\sqrt{r_{w1}^2 \sin^2 \alpha_{i0} + 2r_{w1}h_1^r + (h_1^r)^2} - r_{w1} \sin \alpha_{i0} \right] \quad (5.2)$$

$$h_1^r = \sqrt{r_{w1}^2 + 2r_{w1}h_0^H + (h_0^H)^2 \csc^2 \alpha_{i0}} - r_{w1} \quad (5.3)$$

Закругление ножки зуба колеса начинается в точке B_1 , сопряженной с точкой B_0 начала скругленного участка при вершине зуба рейки. Точка B_1 определяет высоту h_1^H эвольвентной части ножки зуба колеса. Из ΔOB_1I , в котором $OB_1 = r_{w1} - h_1^H$ и $B_1I = h_0^r \csc \alpha_{i0}$, получаем

$$(h_1^H)^2 - 2r_{w1}h_1^H = (h_0^r)^2 \csc^2 \alpha_{i0} - 2r_{w1}h_1^r$$

откуда

$$h_1^r = \sin \alpha_{i0} \left[r_{w1} \sin \alpha_{i0} - \sqrt{r_{w1}^2 \sin^2 \alpha_{i0} - 2r_{w1}h_1^H + (h_1^H)^2} \right] \quad (5.4)$$

$$h_1^H = r_{w1} - \sqrt{r_{w1}^2 - 2r_{w1}h_0^r + (h_0^r)^2 \csc^2 \alpha_{i0}} \quad (5.5)$$

Эта формула определяет размеры эвольвентного профиля на ножке зуба, получающегося при обработке инструментом. Следовательно, можно определить и размеры переходных кривых, образующихся у основания зубьев,

$$h_{II, KP} = h_{f1} - h_1^H \quad (5.6)$$

Из формул (3) и (5) получают выражения для вычисления радиусов окружностей, проходящих через верхние и нижние точки активных профилей зубьев колеса:

$$r_{h1} = r_{w1} + h_1^r = \sqrt{r_{w1}^2 + 2r_{w1}h_0^H + (h_0^H)^2 \csc^2 \alpha_{i0}} \quad (5.7)$$

$$r_{p1} = r_{w1} - h_1^H = \sqrt{r_{w1}^2 - 2r_{w1}h_0^r + (h_0^r)^2 \csc^2 \alpha_{i0}} \quad (5.8)$$

Для пары колес сопряженные участки профилей их зубьев находят через соответствующие им сопряженные точки профиля, которые определяют следующим образом. Если на профиле зуба колеса Z_2 задана произвольная точка E , характеризующая радиусом r_e , проходящей через нее окружности, то радиус окружности, проходящей через сопряженную с ней точку K профиля зуба парного колеса Z_1

$$r_K = \sqrt{r_{B1}^2 + (\alpha_{w12} \sin \alpha_{w12} - r_{B2} \operatorname{tg} \alpha_{e2})^2}; \quad (5.9)$$

$$\cos \alpha_{e2} = r_{B2} / r_{e2} = mZ_2 \cos \alpha_{i2} / 2r_{e2},$$

где расстояние $\alpha_{w12} = \frac{m(Z_1 + Z_2)}{2} \frac{\cos \alpha_i}{\cos \alpha_{w12}}$, а угол α_{w12} определяют по формуле

$$\operatorname{inv} \alpha_{w12} = \operatorname{inv} \alpha_{i1} + 2 \frac{X_1 + X_2}{Z_1 + Z_2} \operatorname{tg} \alpha_i \text{ или } \operatorname{inv} \alpha_{w12} = \operatorname{inv} \alpha_i + 2 \frac{S_1 + S_2 - \pi m}{m(Z_1 + Z_2)}$$

Во избежание интерференции колес при их зацеплении необходимо, чтобы

$$r_{p12} \geq r_{p10} \quad (5.10)$$

где r_{p12} и r_{p10} — радиусы окружностей нижних точек активного профиля колеса Z_1 при зацеплении его с колесом Z , и обрабатывающим инструментом Z_0 . Их рассчитывают по формуле (5.9), в которой для расчета r_{p10} надо вместо r_{B2} , α_{e2} , α_{w12} и α_{i12} принять параметры r_{B0} , α_{i0} , α_{w10} и α_{i10} , относящиеся к инструменту Z_0 и зацеплению его с колесом Z_1 , а значение углов α_e давления эвольвенты следует принимать для точек профиля на окружностях радиусов r_{a0} и r_{a1} вершин зубьев соответственно колеса Z , или инструмента Z_0 .

ЧЕРВЯЧНЫЕ ЗУБОРЕЗНЫЕ ФРЕЗЫ

Червячные фрезы применяют для черновой и чистовой обработки цилиндрических зубчатых колес наружного зацепления с прямым, винтовым и шевронным зубьями, червячных колес и колес внутреннего зацепления. Червячные фрезы для цилиндрических колес согласно ГОСТ 9324—80Е изготавливают трех типов и четырех классов точности:

тип I — фрезы цельные прецизионные класса точности AA модулей $m=1\div 10$ мм; тип II — фрезы цельные общего назначения классов точности A , B , C и D с $m=1\div 12$ мм; тип III — фрезы сборные общего назначения классов точности A , B , C и D с $m=8\div 25$ мм.

Этими фрезами обрабатывают колеса 7—11-й степеней точности (ГОСТ 1643—81). Размеры фрез $m=0,1\div 1$ мм классов точности AA , A и B регламентируются ГОСТ 10331—81.

Червячные фрезы могут работать с осевой, радиальной, диагональной и тангенциальной подачами. В последнем случае конструкция фрезы снабжается режущей частью длиной, равной двум осевым шагам фрезы, и с углом конуса $20\div 30^\circ$. По способу крепления фрезы делаются насадными и хвостовыми. Проектирование фрез заключается в назначении размеров конструктивных элементов, расчете размеров профиля их зубьев и выборе геометрических параметров и производится в следующей последовательности.

Выбор угла профиля и числа заходов фрезы. Зубчатые колеса могут быть нарезаны червячными фрезами с углом профиля $\alpha_{п0}$ как равным, так и отличным от угла $\alpha_{п1}$ профиля зубьев колес. Иначе, червячные фрезы проектируют на основе червяков, определяемых инструментальными рейками, как совпадающими по углу профиля с исходным контуром колес, так и отличными от него. При этом необходимым условием правильности обработки колес фрезами является равенство их основных шагов в нормальном сечении:

$$P_{п0} = P_{п0} \cos \alpha_{п0} = \pi m \cos \alpha_{п0} = P_{п1} = \pi m_{п1} \cos \alpha_{п1} \quad (5.11)$$

Для обеспечения правильной обработки колес нормальный шаг зубьев фрезы

$$P_{п0} = \pi m_{п1} \cos \alpha_{п1} / \cos \alpha_{п0} = \pi m_{п1} K_K, \quad (5.12)$$

$$\text{где } K_K = \cos \alpha_{п1} / \cos \alpha_{п0} \quad (5.13)$$

Наиболее часто угол $\alpha_{п0}$ принимают равным $\alpha_{п1}$. В этом случае значение коэффициента K_K , входящего в формулу (5.12) и последующие другие, равно единице, и фрезы получают обычных конструкций. На практике иногда с целью повышения качества обработки применяют скорректированные червячные фрезы, у которых $K_K \neq 1$, или с $\alpha_{п0} < \alpha_{п1}$. Это способствует повышению точности обработки, увеличению длины активной части линии профилирования, числа профилирующих кромок, производящих окончательную обработку профиля зубьев, что создает условия для увеличения числа заходов фрезы и повышения производительности зубофрезерования. Коэффициент K_K следует принимать как можно меньше. Однако с уменьшением $\alpha_{п0}$ у затылованных фрез уменьшаются задние углы на боковых кромках, поэтому принимать $\alpha_{п0} < 10\div 12^\circ$ не рекомендуется.

У острозаточенных фрез значение $\alpha_{п0\text{мин}}$ не лимитируется величинами задних боковых углов. При выборе же K_K надо иметь в виду, что у колес, у которых $r_{f1} < r_{B1}$, при обработке может подрезаться профиль зубьев. Во избежание этого минимально допустимый угол профиля принимается как $\cos \alpha_{п0\text{мин}} = r_{f1} / r_{B1}$. Кроме этого,

окончательное значение $\alpha_{н0\text{мин}}$ должно приниматься из условия $r_{w1} \geq r_{f1}$. В противном случае уменьшается площадь при вершине зубьев фрезы. Поскольку фрезы с $K_K \neq 1$ являются специальными, применение их эффективно только в массовом производстве.

Число заходов фрез Z_{10} выбирается в зависимости от их служебного назначения. Для фрез, применяемых при чистовом фрезеровании, обычно $Z_{10} = 1$. При отсутствии повышенных требований к точности обработки в целях увеличения производительности червячные фрезы делают многозаходными. При этом для уменьшения погрешностей обработки Z_{10} принимается четным при нечетном числе Z_1 зубьев обрабатываемого колеса, и наоборот.

Размеры зубьев фрезы в нормальном сечении к ее виткам. Профильный угол червяка фрезы $\alpha_{п0}$ выбирают по рекомендациям, приведенным выше, шаг зубьев $P_{п0}$ в нормальном сечении — по формуле (5.12). Ход зубьев по нормали $P_{z0} = P_{п0} Z_{10}$. Толщина зуба в нормальном сечении $S_{п0} = P_{п0} - (S_{пн} + \Delta S_{п})$, где $\Delta S_{п}$ — припуск под последующую обработку зубьев колеса (при чистовой обработке $\Delta S_{п} = 0$).

Высота головки зуба фрезы $h_{a0} = h_{f1} = r_{w1} - r_{f1}$

Высота ножки зуба

$$h_{f0} = h_{a1} + c'm_{п} = (r_{a1} - r_{f1}) + (0,25 + 0,3)m_{п}$$

Полная высота зуба

$$h_0 = h_f + c'm_{п} = (r_{a1} - r_{f1}) + (0,25 + 0,3)m_{п}$$

Радиусы закруглений головки и ножки зубьев

$$\rho_{a0} = 0,25m_{п}; \quad \rho_{f0} = 0,3m_{п}$$

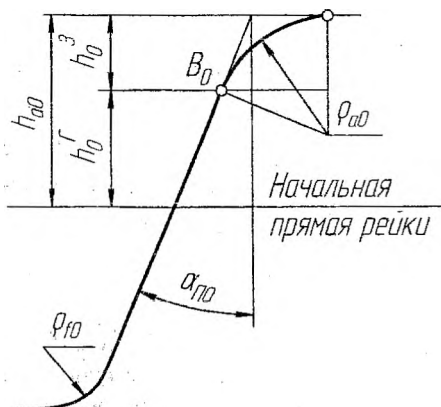


Рисунок 5.2 - Схема для определения радиуса закругления головки зуба рейки

В случае жесткого допуска на размеры галтелей у основания зубьев обрабатываемых колес радиус закругления головки зуба (рисунок 5.2)

$$\rho_{a0} = (h_{a0} - h'_0) / (1 - \sin \alpha_{п0})$$

Этой зависимостью пользуются, если $\rho_{a0} > 0,25m_{п}$. Стойкость зубьев фрез при этом увеличивается.

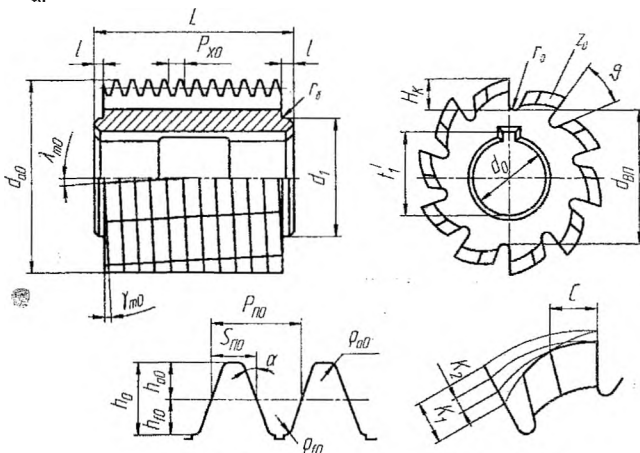
Определение размеров модифицированных участков зубьев фрезы (фланков, усиков и др.) проводится согласно рекомендациям, приведенным выше. Смещение средней прямой рейки фрезы относительно ее начальной прямой $\Delta_1 = (h_{f0} - h_{a0})/2$. Толщина зуба фрезы по средней прямой в нормальном сечении к ее виткам

$$S_{нн\text{изр}} = S_{п0} + 2\Delta_1 \operatorname{tg} \alpha_{п0}$$

Выбор геометрических и конструктивных параметров фрез. Задний угол при вершине зуба обычно $\alpha_{\text{в}} = 9 \div 15^\circ$. Задний угол на боковых сторонах зубьев в нормальном сечении (рисунок 5.3)

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{вн}} = \frac{r_{\text{вн}}}{r_i} \operatorname{tg} \alpha_{\text{в}} \sin \alpha_{\text{п}0},$$

где r_i — радиус окружности, проходящей через точку, в которой определяется угол $\alpha_{\text{вн}}$.



C — ширина шлифованного участка зуба фрезы.

Рисунок 5.3 - Конструктивные элементы червячной фрезы

Минимальное значение $\alpha_{\text{вн}} = 2^\circ$. Передний угол γ у чистовых фрез при некорректированном профиле их зубьев обычно принимается $\gamma = 0$. При $\gamma \neq 0$ у фрез, предназначенных для точной обработки, профиль их зубьев необходимо корректировать специальными расчетами. Диаметр посадочного отверстия фрезы $d_0 = 14,21 h_0^{0,373}$ — для фрез общего назначения, $d_0 = 18,65 h_0^{0,404}$ — для прецизионных фрез.

Для многозаходных фрез рассчитанный по этим формулам d_0 надо увеличить по крайней мере на одну ступень относительно ближайшего большего значения его из нормального ряда d_0 . Это вызвано необходимостью обеспечения достаточной жесткости и виброустойчивости оправки фрезы, которая вследствие многозаходности фрезы является более нагруженной. Возможность назначения большего d_0 у многозаходных фрез обусловлена также и увеличенными значениями их наружных диаметров, принимаемыми для увеличения общего числа зубьев фрезы с целью компенсации уменьшения числа профилирующих резцов.

Диаметр $d_{\text{вн}}$ окружности впадин между зубьями фрезы в целях достаточной прочности должен быть не менее $d_{\text{вн}} = 1,75 d_0$. Полная высота зуба фрезы или глубина стружечной канавки: у фрез с нешлифованным профилем зубьев $H_r = h_0 + K + r_0$, у фрез со шлифованным профилем зубьев

$$H_K = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + r_0,$$

где $K_1 = \frac{\pi d_0}{Z_0} \operatorname{tg} \alpha_{\text{в}}; K_1 = (1,2 \div 1,5) K; r_0$ — радиус закругления дна стружечной канавки (для фрез средних модулей $r_0 = 0,5 \div 2$ мм).

Так как наружный диаметр d_{a0} является неизвестным, то для расчета H_K можно воспользоваться следующими ориентировочными значениями K , имеющими место у стандартных фрез общего назначения:

m , мм	K	m , мм	K
1 — 1,25.....	2,5	8.....	7,0
1,5 — 2,75.....	3,0	9.....	8,0
3 — 3,5.....	4,0	10.....	8,5
3,75 — 4,5.....	4,5	11.....	9,0
5.....	5,0	12.....	9,5
5,5 — 6.....	6,0	14.....	10,5
6,5 — 7.....	6,5		

После окончательного выбора d_{a0} надо уточнить значения K и K_1 расчетом по приведенным формулам с последующим округлением до ближайшего значения из нормального ряда кулачков. Наружный диаметр фрезы $d_{a0} \geq d_{вп} + 2H$. Наружный диаметр многозаходных фрез принимают больше, чем у однозаходных, с целью увеличения числа их зубьев. При окончательном назначении d_{a0} , а также общей длины фрезы и диаметра d_0 значения их надо согласовать с размерами посадочных мест зубофрезерных станков по паспортным данным или по таблице 5.1.

Число зубьев (стружечных канавок) для фрез с $\gamma = 0$ и $Z_{10} = 1$

$$Z_0 = \frac{0,967r_{вп}}{h_0^{0,452}} = \frac{0,4835d_{вп}}{h_0^{0,452}}$$

Рекомендуется Z_0 выбирать в зависимости от модуля и типа фрезы (таблица 5.2).

У сборных фрез $Z_0 = 8$ или 10. Число зубьев $Z_0 = 360^\circ/\varphi$, $\cos\varphi = 1 - 4,5 \frac{m_H h_a}{d_{a0}}$, при этом Z_0 округляется до целого числа. Угол ψ стружечной канавки выбирают в зависимости от Z_0 :

Z_0	ψ°
12.....	18
10 — 9.....	22
8.....	25 или 30

Диаметр начального цилиндра фрезы в исходном (расчетном) сечении $d_{m0} = d_{a0} - 2h_{a0} - 0,3K$. Угол подъема витков фрезы на начальном цилиндре в расчетном сечении, необходимый для определения угла установки фрезы относительно обрабатываемого колеса, считается с точностью до $1'$: $\sin \gamma_{m0} = P_{ZH} / \pi d_{m0} = P_{H0} Z_{10} / \pi d_{m0}$.

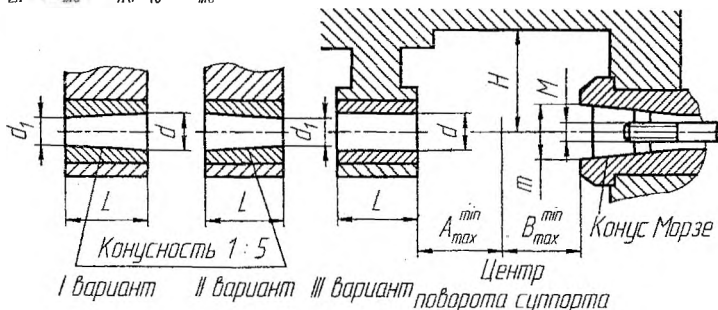


Рисунок 5.4 — Размеры заднего подшипника и конца шпинделя суппорты зубофрезерных станков

Таблица 5.1 - Посадочные размеры суппорта зубофрезерных станков, мм (рисунок 5.4)

Станок	Вариант заднего подшипника	d	L	M	Конус Морзе N	m	$\frac{A_{\min}}{A_{\max}}$	$\frac{B_{\min}}{B_{\max}}$	H	$d_{\text{отмн}}$
5A301	I	13A	30	10	2	18	65/70	28/33	30	50
5325	I	22,27,32,40	95	20	5	48	42/68	64/94	192	155
5A326	I	27,32,40	95	20	5	48	120/170	98/123	105	160
5Д32	I	22,27,32	65	16	4	32	62/102	85/135	80	120
532	I	22,27,32	65	14	4	51,3	65/135	20/105	68	120
5327	I	27,32,40	95	18	5	48	120/170	98/123	215	200
5310	II	27	47	12	3	25	50/70	25/58	—	—
5353	II	60,80	160	30	Метрический 80	80	140/340	150/350	—	360
5330	II	40,50,60	—	—	6	108	30/290	62,5/322,5	—	270
533	II	32,40,50	—	24	6	65	—	—	—	200
5332	II	40,50,60	190	—	6	76	30/290	—	—	270
5301	III	13A	39	10	2	12	27/40	62,5/322,5	26	50
5B31	III	45	90	—	5	48	—	—	—	135
5B32	III	22,27,32	76	14	4	32,5	40/30	34/39	64,5	120
5321	III	27,32,40	120	16	5	48	50/120	0/64	—	150
5B31Б	III	22,27,32	90	18	5	48	—	60/120	—	135
5320	III	34	60	—	3	25	—	0/125	—	90
5355M	III	60,80,100	283	—	Метрический 100	100	—	0/64	—	400

Ход витков фрезы считается с точностью до 0,001 мм: $P_{Z0} = P_{ZП} / \cos \gamma_{m0}$. Шаг витков фрезы $P_{X0} = P_{П0} / \cos \gamma_{m0}$.

Выбирают угол λ_{m0} наклона стружечных канавок (обычно $\lambda_{m0} = \gamma_{m0}$) и определяют шаг стружечных канавок с точностью до 1 мм: $P_z = \pi d_{m0} \operatorname{ctg} \lambda_{m0}$. Окончательно P_z принимают согласно имеющемуся набору сменных колес. Для колес с правым направлением зубьев и прямозубых предпочтительнее применять фрезы с правым направлением витков.

Диаметр выточки в отверстии фрезы $d_{\text{выт}} = 1,05 d_0$. Диаметр буртиков фрезы $d_i = d_{o0} - 2H_K - (1+2)$ мм.

Таблица 5.2 – Рекомендуемые числа зубьев фрез

Фреза			
прецизионная		общего назначения	
m, мм	Z_0	m	Z_0
1 — 1,75	16	1 — 2,75	12
2 — 5,5	14	3 — 6	10
6 — 10	12	6,5 — 14	9
		16 — 20	8

Длина буртиков $l = 4 \div 6$ мм в зависимости от модуля.

Угол установки оси фрезы по отношению к торцу колеса $\psi = \beta_{\text{в1}} \mp \gamma_{m0}$, где знак «—» принимается при одноименном направлении зубьев колеса и витков фрезы, а «+» — при разноименном. Рабочая длина $l_{\text{р}}$ фрезы выбирается с учетом активной части линии профилирования и требуемого числа осевых передвижек фрезы при эксплуатации. Если осевые передвижки фрезы не предполагаются, то наименьшая длина

$$L_{\text{р}} = \frac{2(r_{a1} \sin \alpha_{a1} - r_{w1} \sin \alpha_{w1}) \cos \alpha_{w0} \cos \psi}{\cos \beta_{w1}} + 2P_{X0}$$

Угол давления эвольвенты в точке P

$$\cos \varphi = r_{B0} / r_n, \quad (5.17)$$

где r_n — радиус окружности, проходящей через точку P , а радиус

$$r_{B0} = m / (2 \cos \gamma_{m0} \operatorname{tg} \gamma_{m0}) \quad (5.18)$$

Для фрез с $\alpha_{n0} = \alpha_n$ ($K_K = 1$), предназначенных для нарезания нефланкированных колес, смещение точки P середины участка BC с начального цилиндра фрезы незначительно и поэтому $r_n = r_{m0}$. В этом случае угол φ равен профильному углу α_0 инструментальной рейки в сечении, перпендикулярном к оси фрезы, и формула (.....) приводится к виду:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{\text{черб}} = \operatorname{ctg} \alpha_{n0} \cos \gamma_{m0} \quad (5.19)$$

Таким образом, формулу (5.19) надо применять при проектировании фрез с $K_K = 1$ с немодифицированным профилем, т. е. без фланков. В других случаях, когда смещение средней точки профилирующего участка зуба фрезы относительно ее начального цилиндра является значительным, при профилировании следует пользоваться формулой (5.15) с определением угла φ по формуле (5.17). При этом радиус

$$r_B = r_{m0} - \Delta = r_{m0} - \frac{h_0^H - h_0^F}{2}, \quad (5.20)$$

где h_0^F и h_0^H — высоты активных участков соответственно головки и ножки зуба фрезы, определяемые по формулам (5.4) и (5.2).

Высота эвольвентного участка ножки зуба колеса и высота эвольвентного участка головки зуба колеса $h_1^H = r_{w1} - r_{p1}$; $h_1^F = r_{n1} - r_{w1}$, где r_{p1} — радиус окружности, проходящей через точку начала эвольвентного профиля у ножки зуба колеса (например, через точку сопряжения галтели у ножки зуба с эвольвентным профилем); r_{n1} — радиус окружности, проходящей через начальную точку эвольвентного профиля у головки зуба колеса; при отсутствии среза или закругления у головки зуба колеса $r_{n1} = r_{a1}$.

Если $h_1^H < 0$, т. е. $r_{w1} < r_{p1}$ то h_0^F следует определять по формуле (2), принимая в последней $h_1^F = |h_1^H|$, а к величине h_0^F приписывать знак минус. Входящие в формулу (5.20) h_0^H и h_0^F надо принимать с учетом их знака.

Углы профиля зубьев червячных фрез в их осевом сечении делают разными для обеих сторон зубьев:

$$\operatorname{ctg} \alpha_{0\text{ПР.ЛБ}} = \operatorname{ctg} \alpha_{\text{черб}} \mp \frac{KZ_0}{P_z}, \quad (5.21)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha_{0\text{ЛБВ}} = \operatorname{ctg} \alpha_{\text{черб}} \pm \frac{KZ_0}{P_z},$$

где верхние знаки перед вторым членом в этих формулах принимаются для фрез правозаходных, а нижние — для фрез левозаходных.

Чертеж фрезы оформляют в двух проекциях с изображением профиля зубьев в нормальном к виткам сечении и указанием характеристики фрезы: направления витков, числа заходов Z_{10} , числа стружечных канавок Z_0 , шага витков по оси P_{x0} , направления и шага стружечных канавок.

Таблица 5.3 - Шероховатость поверхностей фрез, мкм

Наименование поверхности	Класс точности							
	AA		A		B		C	D
	m, мм							
	От 1 до 10	Св. 10 до 25	От 1 до 10	Св. 10 до 25	От 1 до 10	Св. 10 до 25	От 1 до 10	Св. 10 до 25
Посадочное отверстие фрезы, R_a	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4 — 0,8	0,8 *	0,8	1,6
Передняя поверхность фрезы, R_z	1,6	1,6	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Задняя боковая по- верхность зуба, R_z	1,6	3,2	1,6	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Задняя поверхность по вершинам зуба, R_z	1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Цилиндрическая по- верхность буртика, R_z	1,6	3,2	1,6	3,2	3,2	6,3	6,3	6,3
Торец буртика, R_a	0,4	0,8	0,4	0,8	0,8	1,6	1,6	1,6

Таблица 5.4 - Допуски червячных однозаходных фрез, мкм

m, мм	Класс точности				
	AA	A	B	C	D
Радиальное биение буртиков f_y					
Св. 2 до 3,5	5	5	8	12	25
» 3,5 » 6	5	6	10	16	32
» 6 » 10	5	8	12	20	40
» 10 » 16	6	10	16	20	40
Торцовое биение буртиков f_t					
» 2 » 3,5	3	4	5	10	16
» 3,5 » 6	4	5	6	12	20
» 6 » 10	5	6	8	16	25
Радиальное биение по вершинам зубьев f_{rdo}					
» 2 » 3,5	16	25	40	63	100
» 3,5 » 6	20	32	50	80	125
» 6 » 10	25	40	63	100	160
» 10 » 16	32	50	80	125	200
Профиль передней поверхности f_r					
» 2 » 3,5	16	25	40	80	125
» 3,5 » 6	20	32	50	100	160
» 6 » 10	25	40	63	125	200
» 10 » 16	32	50	80	160	250
Разность соседних окружных шагов f_{ko}					
» 2 » 3,5	16	25	40	80	125
» 3,5 » 6	20	32	50	100	160
» 6 » 10	35	40	63	125	200
» 10 » 16	32	50	80	160	250
Направление стружечных канавок f_x					
» 2 » 3,5	±63	±80	±100	±125	±160
» 3,5 » 6	±63	±80	±100	±125	±160
» 6 » 10	±63	±80	±100	±125	±160
» 10 » 16	±50	±70	±100	±125	±160
Толщина зуба T_{so}					
» 2 » 3,5	-20	-32	-40	-63	-100
» 3,5 » 6	-25	-40	-50	-80	-125
» 6 » 10	-32	-50	-63	-100	-160
» 10 » 16	-40	-63	-80	-125	-200
Профиль зуба f_{to}					
» 2 » 3,5	6	10	16	25	50
» 3,5 » 6	8	12	20	32	63
» 6 » 10	10	16	25	40	80
» 10 » 16	12	20	32	50	100

Продолжение таблицы 5.4

m, мм	Класс точности				
	AA	A	B	C	D
Осевая шаг фрезы f_{mn}					
» 2 » 3,5	—	—	±10	±14	±25
» 3,5 » 6	—	—	±12	±18	±32
» 6 » 10	—	—	±14	±22	±40
» 10 » 16	—	—	±16	±25	±50
Накопленное отклонение шага на длине любых трех шагов f_{p3z}					
» 2 » 3,5	—	—	±16	±22	±40
» 3,5 » 6	—	—	±20	±25	±50
» 6 » 10	—	—	±25	±32	±63
» 10 » 16	—	—	±25	±40	±80
Винтовая линия фрезы от зуба к зубу f_{h1o}					
Св. 2 до 3,5	5	8	12	20	—
» 3,5 » 6	6	10	16	25	—
» 6 » 10	8	12	20	32	—
» 10 » 16	10	16	25	40	—
Винтовая линия фрезы на одном обороте f_{h0}					
» 2 » 3,5	8	12	18	32	—
» 3,5 » 6	10	14	22	40	—
» 6 » 10	12	20	32	50	—
» 10 » 16	16	25	40	63	—
Винтовая линия фрезы на трех оборотах f_{h3o}					
» 2 » 3,5	10	16	28	50	—
» 3,5 » 6	14	20	32	63	—
» 6 » 10	16	32	50	80	—
» 10 » 16	25	40	63	100	—

Цельные фрезы и рейки к сборным фрезам изготовляют из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265—73 с твердостью рабочей части HRC_{Σ} 63 ... 66. Твердость рабочей части фрез, изготовленных из быстрорежущей стали, должна быть HRC_{Σ} 64 ... 68. Шероховатость поверхностей фрез должна быть не более приведенной в таблице 5.3.

Допуски на изготовление червячных фрез следует назначать по ГОСТ 9324—80. Для фрез $m = (2+16)$ они приведены в таблице 5.4. Отверстия изготовляются с точностью H5 для фрез классов точности AA и A, H6 — для классов B и C и H7 — для класса D. На торце фрезы наносят маркировку, в которой указывают товарный знак завода-изготовителя, обозначение фрезы, модуль, угол профиля, класс точности, угол подъема витков, шаг стружечной канавки, букву Л (для левозаходных фрез), марку стали, год выпуска.

В целях экономии инструментального материала, возможности применения твердого сплава, улучшения технологичности фрезы с $m > 6$ мм делают сборных конструкций. В ГОСТ 9324—80 не регламентируются конструкции сборных фрез и приводятся лишь основные их размеры. Сборные фрезы делают со вставными гребенками или со вставными зубьями, закрепленными механически, приклеиванием и др. Для размещения деталей крепления в корпусе фрезы число зубьев приходится уменьшать, а диаметр фрезы увеличивать. Пазы под ножи в корпусе выполняют прямолинейными и наклонно к оси фрезы. Задние поверхности чаще всего получают резбобшлифованием, круглым и плоским шлифованием. Передняя поверхность зубьев фрез затачивается в собранном виде.

Приложения

Пример расчета червячной модульной фрезы

Исходные данные:

Наружный диаметр вала, $D_1=152\text{мм}$;

Модуль $m=4\text{мм}$;

Число зубьев $z_1=36$;

Делительный диаметр $d_1=144\text{мм}$;

Угол профиля исходного контура $\alpha=20^\circ$;

Степень точности 9-B

Исходя из вышеперечисленных параметров шестерни, основные размеры червячной фрезы принимаем по ГОСТ 10331-81, ГОСТ 15127-83, ГОСТ 6637-80, ГОСТ 9324-80 или справочной литературе :

Наружный диаметр фрезы $d_{a0}=125\text{мм}$;

Диаметр посадочного отверстия $d=50\text{мм}$;

Общая длина фрезы $L=125\text{мм}$;

Средний расчётный диаметр $d_{m0}=113,24\text{мм}$;

Диаметр буртика фрезы $d_6=80\text{мм}$;

Число зубьев фрезы $z_0=14$;

Величина затылования $K=6\text{мм}$;

Шаг стружечной канавки $P_x=10058\text{мм}$;

Угол подъёма витков фрезы $\gamma_{m0}=2^\circ 01'$.

Размеры профиля зубьев червячной фрезы определим по справочной литературе:

Толщина зуба фрезы в нормальном сечении $S_{n0}=6,45\text{мм}$;

Высота зуба фрезы $h_0=10\text{мм}$;

Высота головки зуба фрезы $h_{a0}=5\text{мм}$;

Шаг зуба в нормальном сечении $P_{n0}=12,566\text{мм}$;

Шаг зуба в осевом сечении $P_{x0}=12,574\text{мм}$;

Определим недостающие параметры фрезы.

λ_{m0} – угол наклона канавок $\lambda_{m0}=\gamma_{m0}=2,01^\circ$

Размеры канавки для выхода шлифовального круга при затыловании канавки:

радиусы закруглений головки и ножки зуба фрезы:

$r_{a0}=0,25m=0,25 \cdot 4=1\text{мм}$;

$r_{a01}=0,3m=0,3 \cdot 4=1,2\text{мм}$;

ширина $l = P_{n0} - S_{n0} = 7,854 - 3,927 = 3,927 \text{ мм}$

Геометрия фрезы: передний угол: $\gamma=0^\circ$.

Задний угол на вершине зуба $\alpha_s = 8 \dots 12 = 10^\circ$.

На боковых сторонах профиля задний угол α_s равен:

$$\operatorname{tg} \alpha_s = \operatorname{tg} \alpha_s \cdot \sin \alpha = \operatorname{tg} 10^\circ \cdot \sin 20^\circ = 0,0603 \Rightarrow \angle \alpha_s = 3,45^\circ$$

$$\alpha_s = 3,45^\circ \geq 3^\circ - \text{условие выполняется.}$$

Расчёт конструктивных и габаритных размеров фрезы

Число заходов – однозаходная.

Направление передней поверхности зубьев левое.

Направление витков – правое.

Величина затупивания

$$K1=(1,2...1,5) \cdot K=(1,2...1,5) \cdot 6=7,2...9 \text{ мм.}, \text{ принимаем } K1=8 \text{ мм}$$

Размеры канавки для выхода стружки.

$$r2=1,25...2,5=2,5 \text{ мм}$$

$$H = h_0 + \frac{k + k_1}{2} + 1 = 10 + \frac{6+8}{2} + 1 \approx 18 \text{ мм}$$

$$\theta=22^\circ$$

Длина шлифованной части задней поверхности зубьев фрезы:

$$l_{ш} \geq \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\pi \cdot d_{ад}}{Z_0} = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\pi \cdot 125}{14} = 9,35...14$$

принимаем $l_{ш} = 10 \text{ мм}$

Длина шлифованной части диаметра посадочного отверстия фрезы принимается 1/3...1/4 от общей длины фрезы.

Размеры шпоночного паза принимаем согласно ГОСТ 9472-83.

Пример расчета круглой протяжки для протягивания отверстия в размер 30^{+0,045}

Расчёт конструктивных элементов протяжки.

Исходные данные:

Диаметр отверстия под протягивание: $d=28,86 \text{ мм}$.

Диаметр отверстия, получаемого после протягивания: $D=30 \text{ мм}$.

Припуск максимальный – 1,14 мм.

Предельное отклонение диаметра D по чертежу детали:

$$\Delta=+0,045 \text{ мм (8 квалитет)}.$$

Длина протягиваемого отверстия: $l_g=105 \text{ мм}$.

Материал заготовки: сталь 45; $\sigma_B=610 \text{ МПа}$; $H_B=197-241$.

Хвостовик и шейка

Диаметр хвостовика:

$$D_1=d-0,5=28,86-0,5=28,36 \text{ мм},$$

где d - минимальный диаметр отверстия под протягивание, мм

Расчётную величину D_1 округляют до ближайшей меньшей величины. соответствующей ГОСТ 4044-70. Остальные размеры хвостовика и размеры шейки принимают по ГОСТ 4044-70.

$D_1=28,36 \text{ мм}$; $D'_1=22$; $D_2=27,5 \text{ мм}$; $l_0=160 \text{ мм}$; $l_x=140 \text{ мм}$; $l_1=16 \text{ мм}$; $l_2=25 \text{ мм}$; $R_1=0,3 \text{ мм}$; $R_2=1 \text{ мм}$; $c=1 \text{ мм}$; $\alpha=30^\circ$.

Так как у нас диаметр отверстия под протягивание d в интервале 30...70, , то длину конуса принимаем: $l_{пер.кон.}=20 \text{ мм}$

Диаметры конуса: меньший равен диаметру шейки, больший – передней направляющей части.

Площадь сечения хвостовика:

$$F_x = \frac{\pi \cdot (D_1)^2}{4},$$

где D_1 - диаметр вала хвостовика, мм

$$F_x = \frac{\pi \cdot (22)^2}{4} = 378 \text{ мм}^2.$$

Передняя направляющая часть.

Диаметр передней направляющей $D_{п.н.}=d=28,86$ мм

Предельное отклонение $D_{п.н.}$ по е8

Длина передней направляющей $L_{п.н.}$ равна расстоянию от конца переходного конуса до первого зуба режущей части, т.е. включая длину стружечной канавки.

$$L_{п.н.}=0.75lg=78.75=80 \text{ мм} \quad \text{т.к.} \quad \frac{lg}{D} = \frac{105}{30} = 3,5 > 1.5$$

Режущая часть

Форма и размеры зубьев

Режущие кромки зубьев имеют форму окружностей, диаметр которых D_i постоянно увеличивается от первого зуба к последнему. Величины углов в нормальном сечении по главной режущей кромке для стали 45

$$\gamma=15^\circ \quad \alpha=3^\circ$$

Предельные отклонения углов по ГОСТ 16492-70

$$\Delta\gamma=+2^\circ -1^\circ \quad \Delta\alpha=+30^\circ$$

Размеры режущих зубьев и расположенных между ними стружечных канавок могут быть определены по таблице 8.6[5]

$$\text{при } t = (1,25 \dots 1,5) \cdot \sqrt{lg} = (1,25 \dots 1,5) \cdot \sqrt{105} = (12,8 \dots 15,4) \text{ мм}$$

Принимаем $t=14$ мм.

$$\text{Принимаем } h=5 \text{ мм, } c=4 \text{ мм, } R=2,5 \text{ мм, } R_1=10 \text{ мм, } F_k=19,63 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Количество зубьев в работе } Z_k = \frac{lg}{t} + 1 = \frac{105}{14} + 1 = 8,5$$

Принимаем $Z_k=8$.

K_c - коэффициент заполнения стружечной канавки, $K_c=4$ - по таблице 8.8[5] при одинарной схеме.

Диаметр первого зуба протяжки:

$$D_{z1}=D_{п.н.}=28,86 \text{ мм}$$

Диаметр последнего зуба режущей части протяжки

$$D_{п1}=D_k,$$

где D_k - диаметр калибрующих зубьев протяжки, мм.

$$D_k=(D+\Delta)-p=30,045-0,005=30,04 \text{ мм,}$$

где $p=0,005$ мм - величина разбивания отверстия.

Диаметр промежуточных зубьев режущей части протяжки между первым и последним получают последовательным прибавлением к диаметру первого зуба удвоенного значения толщины срезаемого слоя одним зубом.

Предельные отклонения диаметров режущих и калибрующих зубьев по ГОСТ 16492-70 не должны превышать следующих величин: $1/3$ от допуска отверстия, но не более $0,4S_z$. Где S_z - принятая подача на зуб.

S_{zk} - допустимая по заполнению стружечной канавки подача на зуб:

$$S_{zk}=F_k/kL$$

$$S_{zk}=19.63/4*105=0,0467 \text{ мм на зуб.}$$

Наибольшее усилие, допустимое хвостовиком,

$$P_x = F_x[\sigma]_x,$$

где $[\sigma]_x$ - допускаемое напряжение при деформации растяжения.

Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, по таблице 8.9[5] $[\sigma]_x=250$ МПа для сварной протяжки, твердость - HRC₃ 43...51.

Получаем: $P_x=250*378=94500$ Н.

Наибольшее усилие, допустимое по впадине первого зуба

$$P_1 = F_1[\sigma]_1 = 3,14*(D-2h)^2*\sigma_1/4$$

$$P_1=3,14(28,86-2*5)^2*400/4=111689 \text{ Н,}$$

где $\sigma_1=400$ МПа- допускаемое при деформации напряжение в материале режущей части протяжки по табл.8.9 для стали Р6М5, при твердости HRC₃ 63...66.

Расчетная сила резания принимается равной наименьшему из значений $P = (P_1, P_2, P_0 \cdot 0,9)$, где P_0 - номинальная тяговая сила протяжного станка.

Выбираем станок: вертикально - протяжной (точность, наличие нет прогиба протяжки, габариты меньше, чем у горизонтального) станок, модели 7710 с максимальной длиной рабочего хода каретки 1350 мм и номинальной тяговой силой $Q=102$ кН.

Получаем:

$$P_0 \cdot 0,9 = 102 \cdot 0,9 = 91800 \text{ Н, которые и являются наименьшей.}$$

Определим $S_{\text{пр}}$ - допустимую подачу на зуб по расчетной силе резания:

$$S_{\text{пр}} = \left(\frac{P}{C_r \cdot n \cdot D_{\text{з.к}}^{1,8}} \right)^{1,18}$$

где $C_r = 2170 \text{ Н/мм}$ (для стали 45), тогда:

$$S_{\text{пр}} = (91800 / (2170 \cdot 3,14 \cdot 10,045^2))^{1,18} = 0,027 \text{ мм на зуб,}$$

для удобства изготовления окончательно $S_{\text{пр}} = 0,025$ мм на зуб.

$S_{\text{гр}} \geq S_{\text{з.к}}$ - принимают одинарную схему, наоборот - групповую.

Групповая имеет достоинства: лучшее стружкоотвращение, короче протяжка, но дороже в изготовлении.

В данном случае схема одинарная, и длина протяжки незначительная.

Количество режущих зубьев $Z_{\text{пр}} = 25$ (последний $D_{\text{з.к}} = 10,04$ мм).

Стружкоделительные канавки на режущих зубьях протяжки.

Канавки делают на зубьях, имеющих длину режущей кромки (5...10) мм, и размещают их в шахматном порядке.

Количество канавок:

$$n_k = \frac{n \cdot D}{l_k}$$

где l_k - расстояние между канавками.

$$n_k = (3,14 \cdot 30) / (5 \dots 10) = 10 \dots 19, \text{ принимаем } 12 \text{ канавок на зубе.}$$

Калибрующая часть протяжки

Состоит из 6 зубьев одинакового диаметра, равного диаметру последнего режущего зуба, что рекомендуется для изготовления отверстия по 8 качеству. Стружечные канавки имеют такую же форму и размеры, как и на режущей части протяжки. Шаг калибрующих зубьев принимают равным шагу режущих зубьев.

Вершину калибрующих зубьев снабжают фаской 0,2 мм, которая предназначена для сохранения диаметральных размеров протяжки при переточках.

Передний угол γ_k принимают равным γ , так как при эксплуатации протяжки в результате переточек затупившихся зубьев происходит постепенный переход калибрующих зубьев в режущие.

Задний угол имеет небольшую величину $\epsilon_{\text{з}} = 1^\circ 30' \dots 15'$ по сравнению с режущими зубьями. Это вызвано необходимостью обеспечить медленное уменьшение диаметральных размеров зубьев при переточках.

Задняя направляющая часть.

Заднюю направляющую часть протяжки выполняем цилиндрической. Диаметр задней направляющей части:

$$D_{\text{з.н.}} = d = 30 \text{ мм}$$

Предельное отклонение: $D_{\text{з.н.}}$ по 17.

Длину задней направляющей части принимаем:

$$L_{\text{з.н.}} = 80 \text{ мм}$$

$$\text{Длина протяжки: } L = 31 \cdot 14 + 180 + 2 \cdot 80 + 140 = 914 \text{ мм по IT 17}$$

Допустимая длина протяжки: $L = 40$ диаметров $40 \cdot 30 = 1200 \text{ мм}$, что больше расчетной, следовательно, условие выполняется.

Учебное издание

Составители:

*Левданский Алексей Маратович
Кудрицкий Ярослав Владимирович*

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для выполнения курсового проекта по дисциплине
«Режущий инструмент» для студентов специальности
1-36 01 01 «Технология машиностроения»
по теме: **«Проектирование специального инструмента»**

Ответственный за выпуск: Левданский А.М.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная верстка: Боровикова Е.А.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 17.02.2012 г. Формат 60х84 1/16. Гарнитура «Таймс». Усл. п. л. 4,4. Уч. изд. л. 4,75. Тираж 30 экз.
Заказ № 249. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет»
224017, г.Брест, ул. Московская, 26/7

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

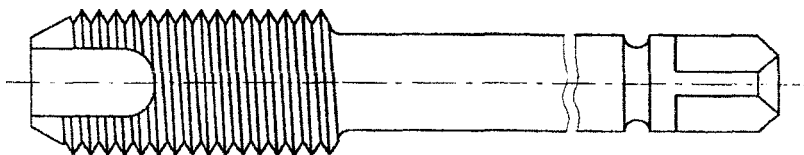
КАФЕДРА «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

к лабораторно-практическим занятиям
по дисциплине

«Режущий инструмент»

для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»



Брест 2007

УДК 621.9

Методические указания предназначены для выполнения лабораторно – практических работ по дисциплине «Режущий инструмент» для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения». Дается область применения и достоинства проектируемых инструментов, способов их измерения и расчёта. Содержание работ соответствует учебной программе по дисциплине «Режущий инструмент». Методические указания предназначены для студентов специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» дневной и заочной форм обучения.

Составитель: А.М. Левданский, ст. преподаватель

Рецензент: С.С. Меркушевич, начальник конструкторско-технологического бюро
ОАО «Брестсельмаш».

1. ИССЛЕДОВАНИЕ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ

Режущая часть резца любой конструкции ограничена передней и задними (главной и вспомогательной) поверхностями, в результате пересечения которых образуются главная и вспомогательная режущие кромки.

Переднюю поверхность у цельных и составных резцов, в зависимости от условий обработки, назначения и марки инструментального материала выполняют в виде плоскости, уступа, лунки, ломаной поверхности, что обеспечивает лучшие условия для ломания и завивания стружки и способствует безопасности рабочего. Формообразование передних и задних поверхностей этих резцов осуществляют затачиванием шлифовальными кругами.

Основные преимущества сборных резцов с многогранными неперетачиваемыми пластинами по отношению к цельным и паяным конструкциям:

1 Повышение прочности лезвия из-за отсутствия внутренних напряжений, возникающих при пайке.

2 Повышение надежности и долговечности, так как опорная поверхность под пластиной в корпусе резца имеет высокую твердость. В этом случае в корпусе может быть использовано до 100 пластин. Для увеличения долговечности корпуса под режущей пластиной устанавливают опорную твердосплавную пластину, в результате корпус может выдержать до 150 пластин.

3 Как следствие экономия конструкционной стали, из-за многократного использования корпуса резца.

4 Отсутствие операции затачивания резцов. После изнашивания достаточно либо повернуть пластину, либо заменить полностью изношенную.

5 Большинство типоразмеров пластин имеют фасонную форму передней поверхности, обеспечивающую ломание или завивание стружки. Для пластин с плоской передней поверхностью предусмотрены многогранные пластины-стружколомы, которые применяют в тех случаях, когда диаметр вписанной окружности пластины равен 6,35 или 9,525 мм.

6 Изношенные пластины перерабатывают, извлекая вольфрам и другие дорогостоящие элементы.

У сборных резцов с механическим креплением многогранных пластинок форму передней поверхности получают прессованием при изготовлении пластинок. Формы и конструктивные особенности некоторых типов пластинок приведены в табл.1. Пластины изготавливают как с задними углами, так и без них. При использовании последних (табл.1.) требуемые значения задних углов обеспечиваются конструктивно, за счет специальной установки пластины в державке резца. Конструкция узла крепления многогранной пластины во многом определяет работоспособность резцов. Наиболее распространенные схемы крепления многогранных пластинок показаны на рисунке 1.1.

Крепление пластинки плоским клином имеет ряд недостатков, обусловленных неудовлетворительной схемой приложения сил зажима, направленных навстречу действующей силе резания, и неопределенностью ее базирования на опорной поверхности.

В значительной степени исключить недостатки крепления плоским клином позволяют конструкции резцов, в которых пластинки закрепляют с помощью углового рычага, качающегося штифта и косой тяги. Во всех этих конструкциях сила зажима пластинки по направлению совпадает с силой резания, что улучшает условия базирования и повышает надежность крепления пластинки.

Повышенной надежностью обладает конструкция крепления пластинки с помощью прихвата, расположенного над ней и обеспечивающего прижим пластинки к опорной поверхности гнезда державки. К недостаткам конструкции следует отнести громоздкость узла крепления.

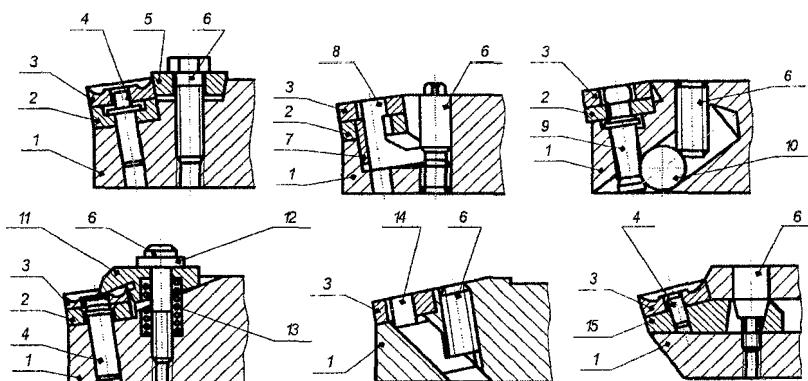


Рисунок 1.1 - Схемы узлов крепления многогранных пластинок:

а - плоским клином; б - угловым рычагом; в - качающимся штифтом, г - прихватом сверху; д - косой тягой; е - подвижной опорой; 1 - корпус; 2 - подкладка; 3 - пластинка; 4 - штифт; 5 - клин; 6 - винт; 7 - втулка; 8 - рычаг; 9 - качающийся штифт; 10 - шарик; 11 - прихват; 12 - шайба; 13 - пружина; 14 - цапфа; 15 - подвижная опора.

Для расточных резцов используют более компактные крепления многогранных пластинок, например, с подвижной опорой, что позволяет использовать их для обработки отверстий диаметром свыше 20 мм.

Все типы резцов, несмотря на многообразие их конструктивного оформления и специфические особенности, имеют общие геометрические параметры (рисунок 1.2).

На режущей кромке резцов с плоской передней углом γ_{ϕ} (рисунок 1.2). У твердосплавных резцов угол фаски γ_{ϕ} , как правило, принимают $0...-10^{\circ}$; у резцов из быстрорежущей стали $0...+8^{\circ}$. При отсутствии фаски кромку резца рекомендуется притуплять. Для конкретных условий эксплуатации углы резания выбирают по справочной литературе. Наиболее употребляемые пределы значений углов и их допустимые отклонения приведены в табл.1.2.

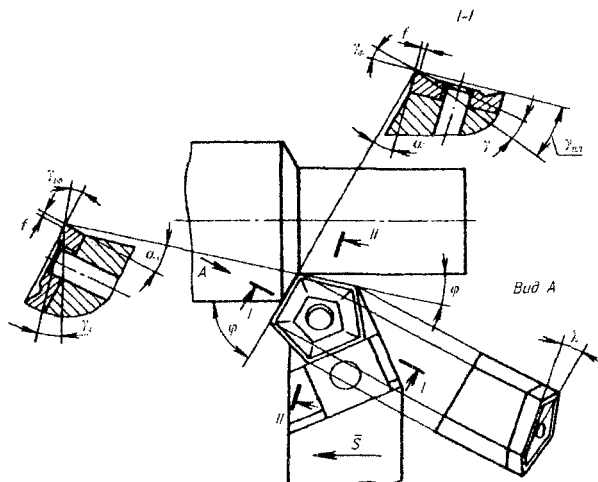
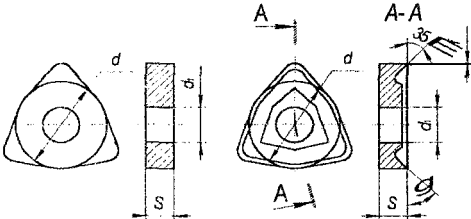
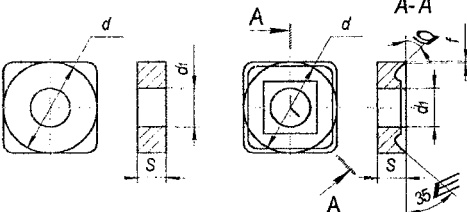
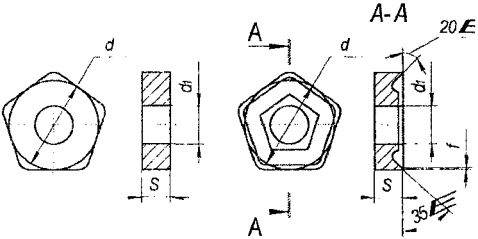
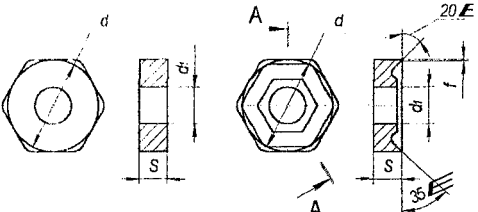


Рисунок 1.2 - Геометрические параметры резца.

Таблица 1.1 - Схемы крепления многогранных пластинок.

Многогранные пластинки с $\alpha=0$	d1	d2	S
	мм		
	9,525 12,7 15,875 19,05	3,81 5,16 6,35 7,93	3,18 4,76 4,76 6,35
			
	15,875 19,05 22,2	6,35 7,93 7,93	4,76 4,76 6,35
			

Примечание. У пластинок с $d=9,525\text{мм}$ $\gamma=25^\circ$, у остальных $\gamma=20^\circ$.

Полный ресурс работы резца определяется числом его периодов стойкости. Средние значения допускаемого износа режущей части резцов даны в справочной литературе.

Восстановление режущей способности у цельных и составных резцов при их затуплении производится затачиванием, которое обеспечивает также и формообразование режущей части инструментов. У резцов с механическим креплением многогранных пластинок число периодов стойкости определяется числом рабочих вершин пластинки.

Таблица 1.2 - Допустимые отклонения значений углов резца.

Параметры резца	Углы, °					
	α	α	γ	λ	φ	φ_1
Углы резца: твердосплавного из быстрорежущей стали.	6...15	1...15	-20...+16 5...30	-20...+20	30...100	0...45
Допускаемые отклонения углов	1	$\pm 0,5$ при $\alpha_1 < 2$ ± 1 при $\alpha_1 > 2$	± 1	± 1	± 2	$\pm 0,5$ при $\varphi_1 < 2$; ± 1 при $\varphi_1 = 2...5$; ± 2 при $\varphi_1 > 5$

Схемы установки резца в двухповоротных тисках при формообразовании передней, главной задней и вспомогательной задней поверхностей показаны на рисунк 1.3, 1.4 и 1.5.

Углы поворота тисков при обработке:

передней поверхности (углы γ_1' и γ_2)

$$tg \gamma_2 = tg \gamma \sin \varphi + tg \lambda \cos \varphi, \quad (1.1)$$

$$tg \gamma_1' = \frac{\sin(\gamma_2 - \lambda')}{\cos \lambda'} ctg \varphi, \quad (1.2)$$

где

$$tg \lambda' = tg \lambda / \cos \varphi \quad (1.3)$$

углы главной задней поверхности (углы α_2 и φ')

$$ctg \alpha_2 = ctg \alpha \sin \varphi + tg \lambda \cos \varphi \quad (1.4)$$

$$tg \varphi' = \frac{tg \varphi \cos \lambda'}{\cos(\lambda' + \alpha_2)} \quad (1.5)$$

$$ctg \alpha_2' = ctg \alpha_1 \sin \varphi_1 - tg \lambda_1 \cos \varphi_1 \quad (1.6)$$

$$tg \varphi_1' = \frac{tg \varphi_1 \cos \lambda_1'}{\cos(\alpha_2' - \lambda_1')} \quad (1.7)$$

где

$$tg \lambda_1' = tg \lambda_1 / \cos \varphi_1 \quad (1.8)$$

$$tg \lambda' = tg \gamma \sin(\varphi + \varphi_1) + tg \lambda \cos(\varphi + \varphi_1) \quad (1.9)$$

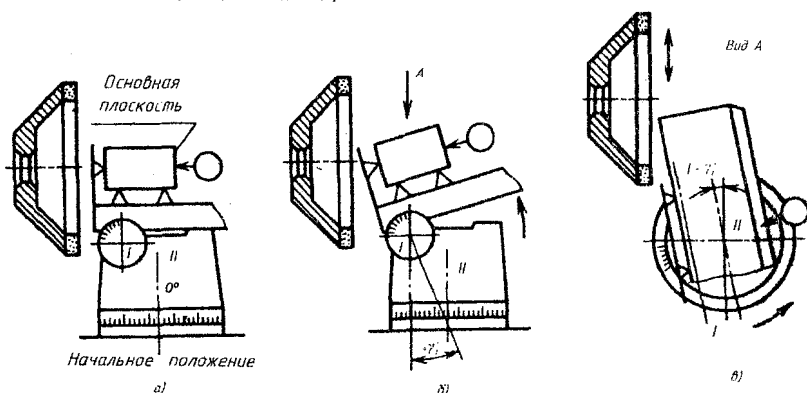


Рисунок 1.3 - Настройка тисков для заточки передней поверхности резца.
а) - начальное положение; б) - поворот на угол γ_2 ; в) - поворот на угол γ_1'

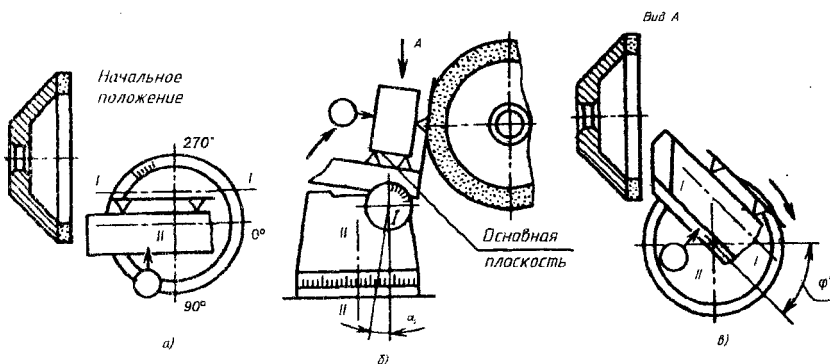


Рисунок 1.4 - Настройка тисков для заточки главной задней поверхности резца.
 а) – начальное положение; б) – поворот на угол α_2 ; в) – поворот на угол ϕ'

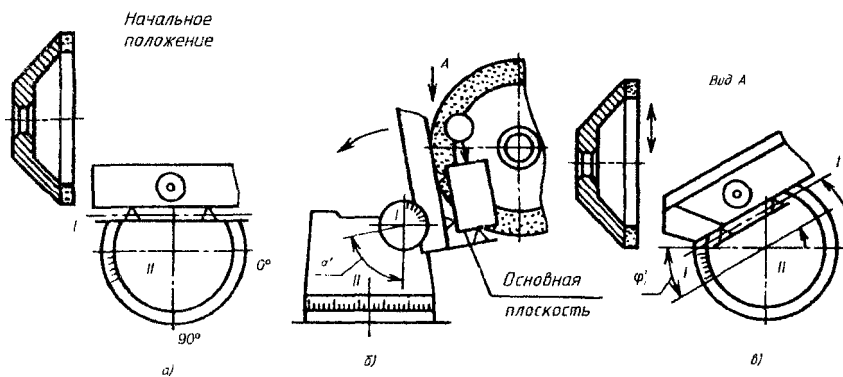


Рисунок 1.5 - Настройка тисков для заточки вспомогательной задней поверхности резца.
 а) – начальное положение; б) – поворот на угол α_1' ; в) – поворот на угол ϕ_1'

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Исследование способов задания геометрии сборного резца с механическим креплением многогранных пластинок

Цель и задачи работы: изучение способа установки в державке резца многогранных пластинок, не имеющих задних углов в статическом положении.

В работе необходимо обосновать выбор исходных конструктивных и геометрических параметров резца, выполнить теоретический расчет элементов ориентации многогранной пластинки в корпусе инструмента, определить основные параметры настройки приспособления для выполнения операции формообразования опорной поверхности гнезда под пластинку, произвести практическую проверку и анализ полученных геометрических параметров резца.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы. Практическую часть лабораторной работы выполняют на универсально-заточном или вертикально-фрезерном станках.

В качестве объекта исследования используют проходные токарные резцы с механическим креплением многогранных пластинок. Для снижения трудоемкости механической обработки опорной поверхности под пластинку рекомендуется применять макет державки из легкообрабатываемого материала (алюминия, дерева).

Формообразование основных элементов гнезда под пластинку выполняют в двух или трех поворотных тисках с использованием специальной державки.

Контроль полученных геометрических параметров режущей части выполняется с помощью настольного угломера для контроля углов резца в плане, настольного или инклинометрического угломера конструкции ВНИИ.

Методика выполнения работы

1. В соответствии с заданными условиями обработки выбирают форму многогранной пластинки. Число граней пластинки

$$n = 360 / (\varphi + \varphi_1), \quad (1.10)$$

где φ и φ_1 - соответственно главный и вспомогательный углы резца в плане.

В случаях когда число граней получается дробным, его округляют до целого числа. При этом сохраняют заданное значение главного угла в плане φ , а фактическое значение вспомогательного угла в плане φ_1 определяют расчетом, используя формулу (1.10).

При выборе многогранной пластинки необходимо пользоваться приведенными рекомендациями (см. табл. 1.1) и справочной литературой.

2. Для создания задних углов на главной α и вспомогательной α_1 режущих кромках резца пластинка (если она не имеет задних углов) должна быть установлена в державке с наклоном в сторону вершины резца. В резце с многогранными пластинками нельзя задавать независимо друг от друга все шесть основных геометрических параметров режущей части (углы φ , φ_1 , α , α_1 , λ) как в цельных резцах, так как они связаны как с формой пластинки, так и между собой.

Геометрические параметры резца с многогранной пластинкой определяются углами φ , α и α_1 , значения которых могут быть заданы независимо друг от друга. Значения углов φ_1 , λ , γ будут производными от этих углов, числа граней и формы пластинки.

На практике пользуются приближенными выражениями для определения ориентации многогранной пластинки без задних углов. Схема ее установки показана на рисунке 1.6. После выбора числа граней пластинки (формула (1.10)) по заданным углам (φ и φ_1) и

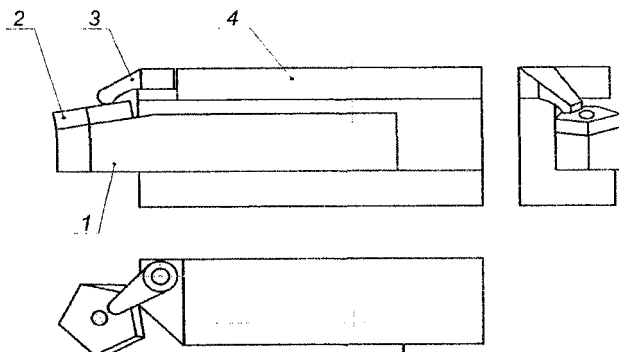


Рисунок 1.7 - Схема закрепления многогранной пластинки на макете державки резца:
1 – державка; 2 – пластинка; 3 – прихват; 4 – обойма.

Для этой цели опорную плоскость гнезда под пластинку задают двумя прямыми, расположенными в поперечном сечении корпуса под углом ω_2 и в продольном сечении под углом ω_1 (см. рисунок 1.6). Углы ω_2 и ω_1 определяют по формулам:

$$\operatorname{tg} \omega_1 = (\operatorname{tg} \alpha / \cos \lambda) \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi \quad (1.16)$$

$$\operatorname{tg} \omega_2 = (\operatorname{tg} \alpha / \cos \lambda) \sin \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi \quad (1.17)$$

Угол λ определяют по формуле (1.14).

При фрезеровании (рисунок 1.8) державку резца устанавливают основной плоскостью на опорную поверхность тисков, и после двух последовательных поворотов вокруг горизонтальной оси, параллельной направлению подачи, на угол ω_1 и горизонтальной оси, перпендикулярной к направлению подачи, на угол ω_2 , опорная поверхность гнезда под пластинку займет положение, параллельное плоскости фрезерования.

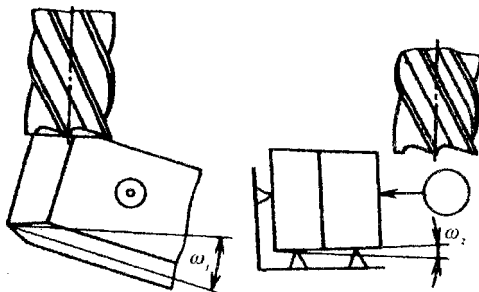


Рисунок 1.8 - Установка державки при фрезеровании опорной поверхности гнезда под пластинку.

Настройку приспособления при шлифовании опорной поверхности под пластинку на заточном станке (рисунок 1.9) выполняют относительно вертикального положения основной плоскости резца. Установку угла ω_1 производят по шкале лимба горизонтальной оси, параллельной направлению подачи, а угла ω_2 - по шкале оси, перпендикулярной основанию стола станка. Поверхность шлифуют торцом круга.

4. После обработки опорной поверхности державку устанавливают в обойме (рисунок 1.7) и на ней закрепляют многогранную пластинку.

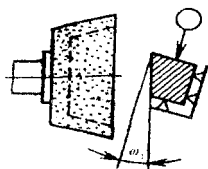
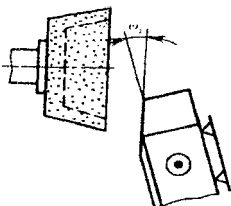


Рисунок 1.9 - Установка державки резца при шлифовании опорной поверхности гнезда под пластинку на универсально - заточном станке.



Ориентацию пластинки в державке производят по главному углу в плане φ (рисунок 1.10, а). После закрепления пластинки измеряют, как показано на рисунке 1.10, и анализируют величины фактических значений геометрических параметров резца α , α_1 , φ , λ , γ . При их отклонениях, превышающих допустимые значения (см. табл.1.2), проверяют расчеты и работу повторяют.

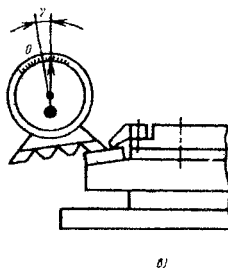
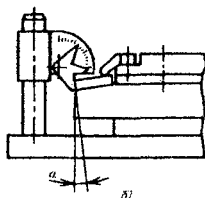
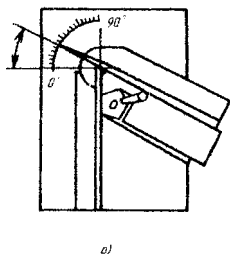


Рисунок 1.10 - Схемы контроля геометрических параметров резца:
а) углов в плане с помощью специального угломера; б) задних углов с помощью настольного прибора; в) переднего угла с помощью маятникового угломера.

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку задания, обоснование выбора формы многогранной пластинки и геометрических параметров резца, эскиз режущей части резца и пластинки, расчет геометрических параметров резца и расположения опорной поверхности гнезда под пластинку, схему обработки опорной поверхности, анализ полученных данных и заключение по работе.

Вопросы для контроля

1. Определите форму твердосплавной пластинки для резца с углами в плане: $\varphi = 60^\circ$ и $\varphi_1 = 12^\circ$.

Варианты ответов:

- 1) трехгранная; 2) четырехгранная; 3) пятигранная; 4) шестигранная; 5) круглая.

2. Укажите, каким образом у резцов с механическим креплением многогранных пластинок без задних углов обеспечивается получение главного заднего угла.

Варианты ответов:

- 1) затачиванием; 2) установкой вершины резца ниже оси заготовки; 3) поворотом пластинки вокруг оси штифта; 4) специальной геометрией опорной поверхности гнезда под пластинку на державке резца; 5) иным образом.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Исследование методов крепления многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) и конструктивных особенностей резцов с механическим креплением.

Цель: Изучение конструктивных особенностей резцов с многогранными твердосплавными пластинами, а также достоинств и недостатков различных способов установки в державке резца многогранных сменных пластинок.

Оборудование и объекты изучения: различные конструкции резцов, штангенциркули, угломеры, ключи крепежные, прихват фрезерный, индикаторная стойка.

Содержание работы: необходимо описать достоинства и недостатки предложенных для изучения преподавателем конструкций сборных резцов. Проанализировать область их применения. Выполнить эскизы резцов. На стенде (рисунок 1.1) измерить возможные погрешности у резцов при повороте пластины на новую грань, результаты измерений представить в виде таблицы. Сделать выводы основанные на рекомендациях к области применения данной конструкции резца.

Пример описания достоинств и недостатков некоторых распространенных способов установки пластины в державке резца:

Крепление прихватом сверху (рисунок 1.11). Применяют для пластин без отверстий, в том числе из керамических материалов. Пластины устанавливают в закрытый боковой паз (это увеличивает точность установки) и базируют по опорной и боковым поверхностям. При этом обеспечивается высокая точность базирования и высокая надежность крепления. На резцах для обработки заготовок из стали можно применять стружколом. Данную конструкцию можно применять как на универсальном оборудовании, так и на станках с ЧПУ при условии использования пластин повышенной точности. Пластин повышенной точности в сочетании с креплением, обеспечивающим точную установку пластин при их повороте, или замене позволяют избежать повторной настройки резца на размер. Конструкция резца не трудоемка, и учитывая небольшой размер передней поверхности рекомендуется к применению на чистовых операциях.

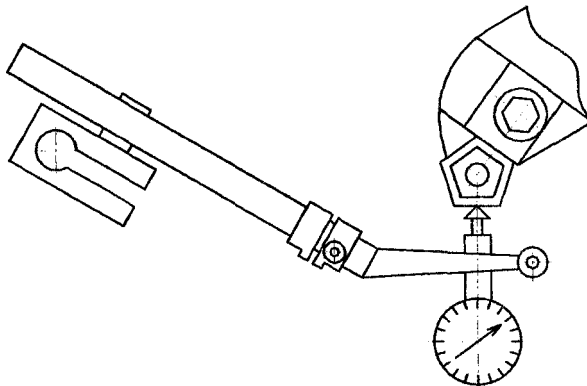


Рисунок 1.11 – Схема измерения установочных размеров

Установочный размер – размер, на который устанавливается резец при наладке вне станка.

Результаты измерений заносим в таблицу.

Таблица 1.3 Образец протокола измерений установочных размеров

Измерение	1	2	3	Среднее суммарное отклонение
Резец				
L-образный рычаг (трехгранная МНП)				
Модернизированный клин (четырёхгранная МНП)				
Прихватом сверху (четырёхгранная МНП)				

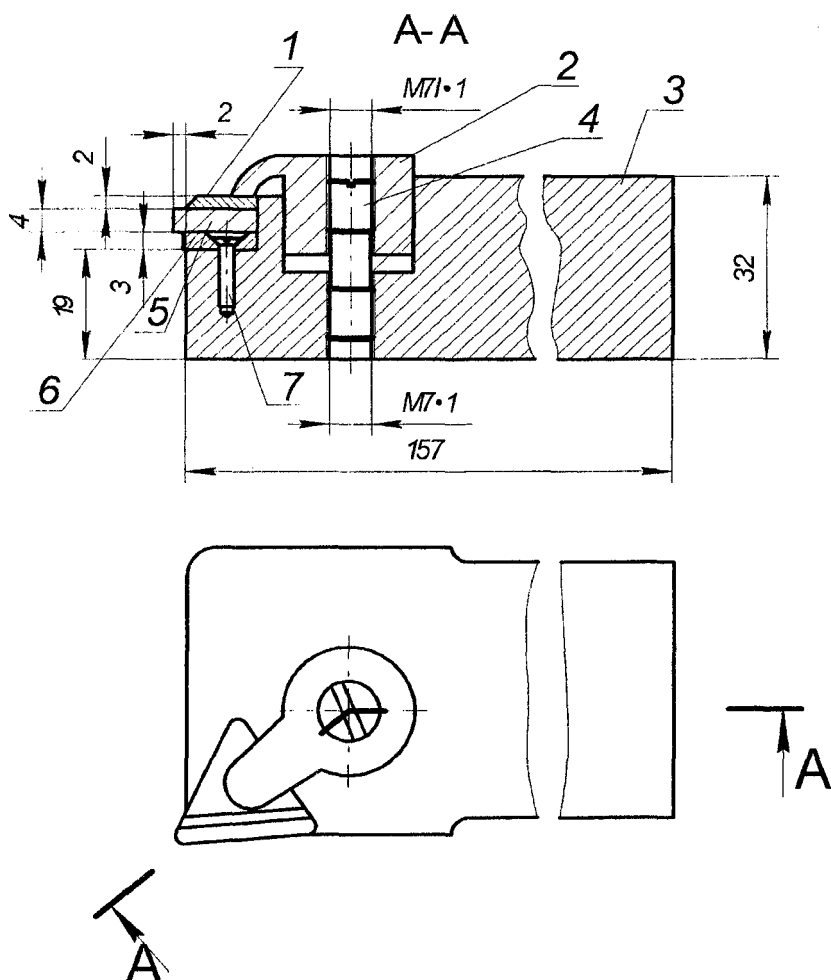


Рисунок 1.12 – Пример выполнения эскиза резца с МНП:
 1 – накладной стружколом; 2 – прихват; 3 – корпус; 4 – винт; 5 – МНП;
 6 – нижняя опорная пластина; 7 – винт.

II. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ

Из широкой номенклатуры режущих инструментов, применяемых для обработки отверстий, спиральные сверла являются наиболее распространенным видом. Спиральные сверла – основной инструмент для образования отверстий в сплошном материале (рисунок 2.1).

Геометрия режущей части сверла (рисунок 2.2) характеризуется углами: передним γ , задним α , режущей части 2φ , наклона поперечной режущей кромки ψ , наклона винтовой стружечной канавки ω . Значения этих углов и конструктивные элементы сверла выбираются в зависимости от назначения инструмента и условий обработки.

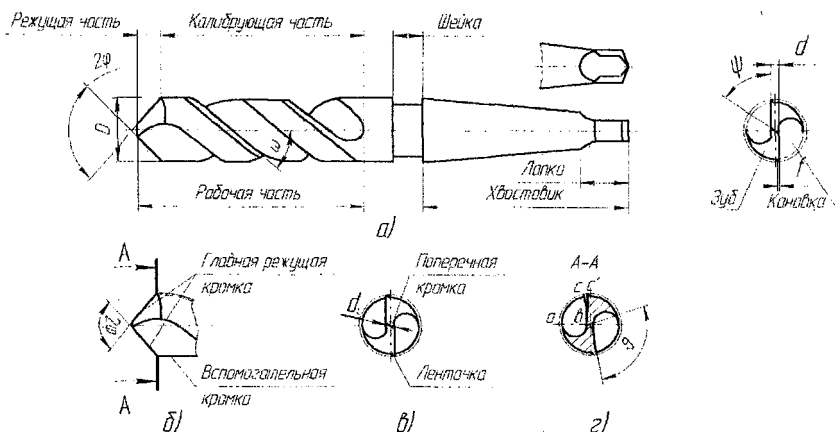


Рисунок 2.1- Спиральное сверло

Сверло имеет сложную геометрию передних и задних углов, которые переменны для различных точек режущих кромок. В цилиндрическом сечении радиусом R_x передний угол:

$$\operatorname{tg} \gamma_{\omega} = \operatorname{tg} \omega_x = \frac{R_x}{R} \operatorname{tg} \omega, \quad (2.1)$$

где ω_x – угол наклона винтовой канавки на цилиндре радиусом R_x .

При известном шаге T стружечной канавки:

$$\operatorname{tg} \omega_x = \frac{2\pi R_x}{T} \quad (2.2)$$

Нормальный передний угол γ_n на периферии сверла:

$$\operatorname{tg} \gamma_n = \frac{\operatorname{tg} \omega}{\sin \varphi} \quad (2.3)$$

Нормальный задний угол α_n на периферии сверла:

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha_0 \cdot \sin \varphi \quad (2.4)$$

На эксплуатационные показатели спиральных сверл в большой степени влияет их жесткость, которая во многом зависит от формы поперечного сечения стружечных канавок. Стружечные канавки сверла образуют передние поверхности, которые в пересечении с его задними поверхностями формируют главные режущие кромки. Сверла могут иметь задние поверхности различных форм. Наиболее часто на практике применяют коническую, винтовую, одно- и двухплоскостную форму задних поверхностей.

The diagram illustrates the geometry of a rectangular block with a circular hole. The top view shows a rectangle with a circular hole of diameter ϕ . The side view shows the block's height H and the hole's position relative to the base. The distance from the hole's center to the front edge is K . The angle between the hole's centerline and the front edge is α . The angle between the hole's centerline and the side edge is β . The coordinate system has x and y axes.

Винтовая форма задней поверхности обеспечивает по сравнению с конической более рациональное распределение задних углов, а поперечная кромка получается более выпуклой, что способствует лучшему самоцентрированию сверла в работе. Двухплоскостная форма обеспечивает хорошее центрирование сверла при врезании и рекомендуется для сверл, применяемых на станках с ЧПУ. Одноплоскостную форму применяют для мелких сверл.

Fig. 1. Diagrams of the forces acting on the contact surface of the rollers.

15

Таблица 2.1 – Оптимальный износ и стачивание свёрл.

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал					
	Легкие сплавы		Серый чугун, бронза		Сталь, ковкий чугун	
	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм
До 6 мм	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	1,0
Св. 6 до 10	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	1,1
Св. 10 до 15	0,6	0,9	0,7	1,0	0,9	1,3
Св. 15 до 20	0,7	1,0	0,8	1,2	1,0	1,5
Св. 20 до 25	0,8	1,2	0,9	1,4	1,2	1,7
Св. 25	0,9	1,4	1,0	1,6	1,4	2,0

Допустимое стачивание M для коротких сверл из быстрорежущей стали принимается $(0,5 - 0,7)L$, а для длинных – $0,7L$, где L – длина рабочей части сверла.

Для сверл, оснащенных твердым сплавом:

$$M = b - 0,4D, \quad (2.5)$$

где b – длина пластинки, мм; D – диаметр сверла, мм.

Число возможных повторных заточек сверла

$$n = \frac{M}{q}, \quad (2.6)$$

где q – величина стачивания за одну повторную заточку.

Параметр шероховатости задних поверхностей и поверхностей ленточек сверл из быстрорежущей стали не должен превышать $Ra = 0,63$ мкм (для сверл точного исполнения) и $Ra = 1,25$ мкм (для сверл общего назначения).

Осевое биение режущих кромок, измеренное по их середине, не должно превышать:

- 0,05/0,12 мм – для сверл диаметром до 6 мм,
- 0,10/0,18 мм – диаметром 6 – 10 мм,
- 0,20/0,30 мм – диаметром свыше 10 мм.

В числителе приведено осевое биение для сверл точного исполнения, в знаменателе – для сверл общего назначения.

Радиальное биение (мм) режущих кромок и ленточек не должно превышать значений, приведенных в таблице 2.3

Главные режущие кромки должны быть симметрично расположены относительно оси сверла, их длина должна быть одинакова.

Таблица 2.2 – Значения радиального биения режущих кромок и ленточек.

Диаметр сверла, мм	Сверла с цилиндрическим хвостовиком				Сверло с коническим хвостовиком	
	Короткая серия		Средняя и длинная серии		точного исполнения	общего назначения
	точного исполнения	общего назначения	точного исполнения	общего назначения		
3-10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,08	0,12
Св. 10	0,06	0,08	0,08	0,12	0,12	0,16

Отклонения угла при вершине сверла 2ϕ не должны превышать $\pm 2^\circ$, задних углов $\alpha - \pm 1^\circ$, угла поперечной кромки $\psi - \pm 5^\circ$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Исследование формообразования винтовых стружечных канавок спиральных сверл

Цель и задачи работы: изучение и исследование взаимосвязи факторов, влияющих на формирование профиля стружечных канавок сверл. В задачи работы входит освоение методики построения поперечного профиля сверла по заданным параметрам режущей части, практическое получение стружечных канавок, проверка соответствия полученного фактического профиля теоретическому, исследование причин отклонений профиля.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы. Практическую часть лабораторной работы выполняют на универсально-фрезерном станке с применением универсальных делительных головок Н-100, Н-135 или Н-160 с характеристикой 40.

Для выполнения работы используют заготовки сверл диаметром 25–30 мм и длиной 150 мм, инструментальный микроскоп, штангенрейсмус, дисковые острогнанные фрезы для фрезерования канавок сверл.

Методика выполнения работы

1. По заданному диаметру сверла D , диаметру сердцевины d_c , углу при вершине 2φ и углу наклона стружечных канавок ω строят торцовое сечение (поперечный профиль) стружечных канавок.

Для построения торцового сечения сверла на режущей кромке задают несколько точек (их число зависит от размера сверла и требуемой точности построения профиля), положение которых определяется радиусом r_i и углом μ_i (рисунок 2.5). Винтовое проектирование этих точек на плоскость OXY определяет профиль канавки в торцовом сечении.

Например, если радиус окружности, на которой лежит выбранная точка режущей кромки, равен r_3 , то

$$\sin \mu_3 = \frac{r_c}{r_3}, \quad (2.7)$$

где r_c – радиус сердцевины сверла.

Ордината и абсцисса каждой выбранной точки

$$y_3 = \frac{r_c}{\operatorname{tg} \mu_3}, \quad (2.8)$$

$$z_3 = y_3 \cdot \operatorname{ctg} \varphi, \quad (2.9)$$

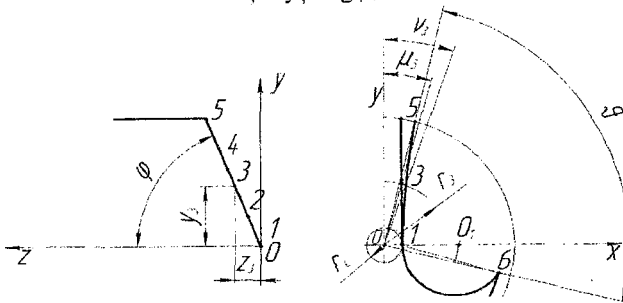


Рисунок 2.5 - Метод построения торцового сечения спирального сверла

Угол поворота при винтовом проецировании, определяющий положение точки для торцового сечения на заданном радиусе,

$$v_3 = \frac{z_3}{p} + \mu_3, \quad (2.10)$$

где $p = T/2\pi$ – параметр винтовой поверхности (T – шаг винтовой канавки).

Для определения координат рабочего участка торцового сечения составляют таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Данные для построения торцового сечения сверла на режущей кромке.

Номер точки	Расчетные значения координат точек				
	r	μ	y	Z	v
1					
2					
3					
4					
...					

По данным таблицы в масштабе 10:1 вычерчивают расчетный теоретический профиль канавки, обеспечивающий прямолинейные режущие кромки сверла.

Профиль нерабочего участка стружечной канавки в торцовом сечении строят следующим образом. Через точки 0 и 5 (рисунок 2.5, б) проводят прямую, от которой откладывают угол $v = 90 - 92^\circ$. Отрезок 1–6 делят пополам и из его середины восстанавливают перпендикуляр до пересечения с осью ОХ.

Профиль нерабочего участка канавки получают, проведя окружность с центром в точке О1 через точки 1 и 6.

2. Выбирают дисковую острозаточенную фрезу с профилем зубьев, соответствующим параметрам данного сверла. Из-за винтовой поверхности стружечной канавки осевой профиль фрезы не совпадает с торцовым профилем сверла. Профиль фрезы определяют аналитическими, графическими или графоаналитическими способами.

Форма получаемой стружечной канавки зависит не только от профиля фрезы, но и от ее расположения относительно заготовки. Положение фрезы определяется углом ее

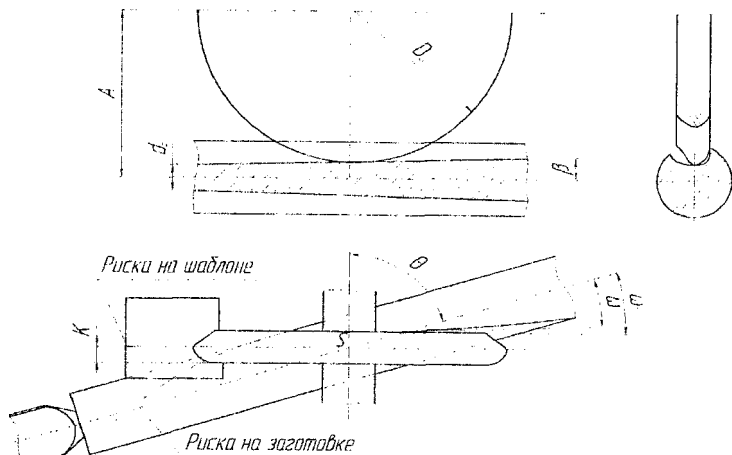


Рисунок 2.6 - Взаимное расположение заготовки сверла и канавочной фрезы при образовании стружечных канавок (шаблон условно показан в плоскости, параллельной оси заготовки)

установки к оси сверла и расстоянием K от базового торца фрезы до точки скрещивания S осей сверла и оправки фрезы (рисунок 2.6). Величину K обычно устанавливают с помощью шаблона.

3. Фрезеруют стружечные канавки на заготовке сверла. Для получения на сверле утолщения сердцевинки по направлению к хвостовику на столе закрепляют чугунную плиту, наклоненную с помощью клиньев на угол β относительно плоскости стола:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\Delta d_c}{200}, \quad (2.11)$$

где Δd_c – утолщение сердцевинки;

$\Delta d_c = 1,4 - 1,8$ мм на 100 мм длины.

К плите приворачивают болтами делительную головку и заднюю бабку. В лабораторных условиях наклон оси заготовки можно получить подъемом центра задней бабки на необходимую величину.

Для получения винтового движения заготовки шпиндель делительной головки связывают с помощью гитары с ходовым винтом продольного перемещения стола.

Стол фрезерного станка поворачивают на угол ω_1 (рисунок 2.7):

$$\omega_i = \omega + 1 \dots 2, \quad (2.12)$$

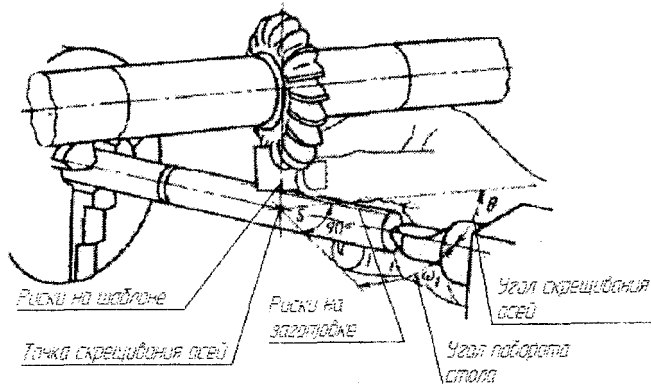


Рисунок 2.7 - Схема установки канавочной фрезы

Для правых винтовых канавок стол поворачивают против часовой стрелки (если смотреть на стол сверху), для левых – по часовой.

На цилиндрической поверхности заготовки сверла вблизи торца рабочей части по высоте оси заготовки штангенрейсмусом наносят горизонтальную риску. После этого заготовку поворачивают вокруг оси с помощью делительной головки на 90° так, чтобы риска оказалась сверху заготовки.

Затем устанавливают заготовку относительно фрезы в исходное положение. Для этого шаблон, охватывающий зуб фрезы, удерживают в прижатом к зубу положении, а заготовку перемещениями стола станка подводят к шаблону так, чтобы риска на шаблоне совпала с риской на заготовке (рисунок 2.7). Производят фрезерование двух канавок.

4. Контроль профиля канавок в торцовом сечении сверла проводят либо на заготовках длиной 15 – 20 мм, либо на отфрезерованных при данной настройке станка коротких валиках, которые устанавливают при обработке вместо заготовки в центрах станка. Валик может быть сделан из легкообрабатываемого материала.

Параметры профиля канавок в торцовом сечении после фрезерования определяют по координатам на инструментальном микроскопе. Полученные данные заносят в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Параметры профиля канавок.

Точка	Первая канавка		Вторая канавка	
	X	Y	X	Y
1				
2				
3				
...				
n				

По данным таблицы на чертежах теоретического профиля сверла наносят фактический профиль, полученный при фрезеровании. Сравнивая их форму, оценивают возможность получения прямолинейных режущих кромок при фактическом профиле канавки.

Содержание отчета

В отчете по работе должны быть приведены: формулировка задания, исходные данные, расчет и построение торцового сечения заданного сверла, выбор канавочной фрезы и схема ее установки, необходимые данные для настройки станка и режимы обработки, результаты контроля полученного профиля канавок сверла в торцовом сечении, сравнение заданного и полученного профилей, их анализ и заключение по работе.

Вопросы для контроля

1. Что определяет форму поперечного сечения канавок сверла?

Варианты ответов:

1) угол в плане, диаметр сердцевин, задний угол; 2) угол наклона канавок, диаметр сердцевин, угол в плане; 3) передние и задние углы; 4) угол наклона поперечной режущей кромки; 5) шаг стружечных канавок и задний угол.

2. На какой угол поворачивают стол универсального горизонтально-фрезерного станка при фрезеровании канавок сверл с углом наклона 25°?

Варианты ответов:

1) 23°; 2) 25°; 3) 26°; 4) 64°; 5) 66°.

Дополнительный вариант выполнения лабораторной работы

Погрешности установки и деформации системы станок – приспособление – инструмент – заготовка при фрезеровании приводят к погрешностям формообразования профиля винтовых канавок. Основные из них можно проанализировать, изменяя отдельные параметры настройки.

Отклонения угла поворота стола ω_1 и расстояния K от расчетных значений влияют на подрез профиля на участке b_c в рабочей точке с (см. рисунок 2.7) форму режущей кромки и угол канавки α .

Выполняя работу по исследованию влияния параметров установки на указанные характеристики профиля, стружечные канавки фрезеруют:

а) с заданными параметрами установки;

б) с углами поворота стола $\omega'_1 = \omega_1 + 5^\circ$ и $\omega''_1 = \omega_1 - 5^\circ$;

в) с расстояниями $K' = K + 0,15D$ и $K'' = K - 0,15D$, где D – диаметр заготовки.

Определив координаты профиля канавки на инструментальном микроскопе для каждого варианта и построив в увеличенном масштабе совмещенные профили, делают анализ влияния изменения параметров установки на результаты фрезерования. Анализ должен содержать контроль профиля стружечных канавок и определение формы и положения режущей кромки сверла, а также оценку изменения жесткости и прочности сверла, расчет площади канавки для размещения стружки и другие вопросы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Изучение и исследование формообразования режущей части спиральных сверл

Цель и задачи работы: изучение конструкции спирального сверла и методов формообразования его задней поверхности. В задачи работы входит изучение кинематики образования конических и винтовых задних поверхностей сверл на различном оборудовании, получение заданных параметров и исследование их взаимосвязи, сравнение форм задних поверхностей сверл, определение числа периодов стойкости, контроль точности и геометрии сверла.

Необходимое оборудование и приборы. Работу можно выполнять на станках для затачивания сверл модели ЗБ653 (для образования конических задних поверхностей), ЗБ65М или ЗГ653 (для образования винтовых задних поверхностей), а также на других подобных станках. Для выполнения работы требуются: спиральные сверла диаметром 20 – 30 мм, шпиндельная головка со шкалой углов поворота сверла, индикатор часового типа со стойкой, универсальный угломер.

Методика выполнения работы

1. Выбирают два одинаковых спиральных сверла, одно из которых предназначено для образования конической формы задних поверхностей, а второе – для винтовой. Задают исходные геометрические параметры: задний угол α , угол при вершине 2ϕ .

2. Осуществляют формообразование конических задних поверхностей первого сверла. По заданным параметрам (углам α и 2ϕ) для выбранного сверла производят наладку станка ЗБ653. При обработке на этом станке ось конуса, образующего заднюю поверхность (см. рисунок 2.8) наклонена по отношению к оси сверла под углом $\delta = 45^\circ$, а вершина конуса расположена выше вершины сверла и смещена относительно ее на расстояние $H = (1,8 \div 1,9)D$. В торцевой плоскости вершина сверла смещена на расстояние K , от значения которого зависит значение заднего угла. Если $K = 0$, то задние углы на всей длине режущей кромки будут отрицательными. Если K равно радиусу сердцевины сверла, то задние углы на всей

длине режущей кромки будут равны нулю. В обоих случаях резание сверлом будет невозможно, поэтому расстояние K выбирают обычно $(0,5 \div 0,7)D$. Значение задних углов будет тем больше, чем больше величина смещения K . Значение задних углов на длине режущей кромки будет переменное, наименьшее значение находится на периферийной части сверла ($\alpha = 8 \div 9^\circ$), наибольшее – на участке, прилегающем к сердцевине сверла ($\alpha = 20 \div 25^\circ$).

Для обработки задних поверхностей в сверлодержателе (рисунок 2.8) устанавливают сменную подвижную

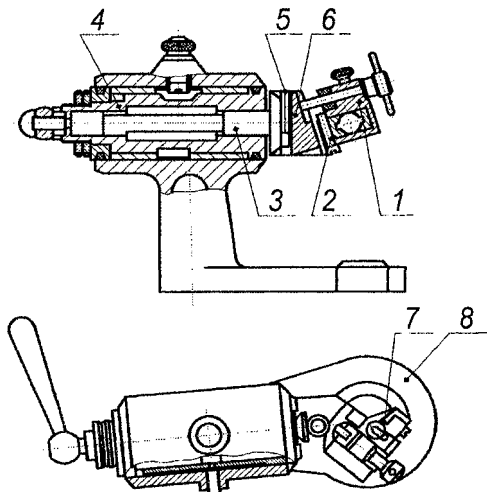


Рисунок 2.8 - Сверлодержатель станка для заточки спиральных сверл ЗБ653

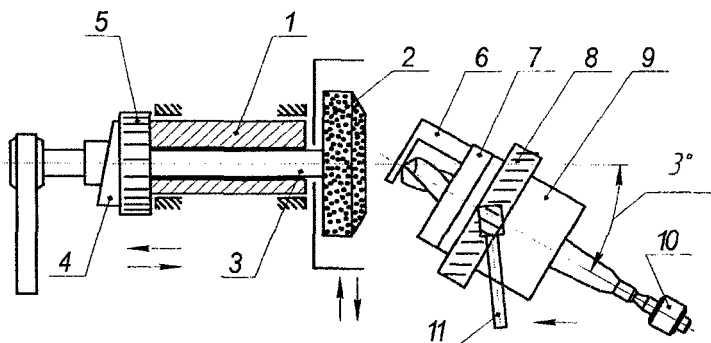


Рисунок 2.9 - Схема формообразования задней поверхности сверла на станке 3659М

губку, соответствующую диаметру данного сверла. Губку фиксируют скобой 1 с помощью винта 2. Продольный упор 8 устанавливают на шкале, нанесенной на держателе, в соответствии с диаметром обрабатываемого инструмента. Сверлодержатель разворачивают на шпинделе в соответствии с заданным углом при вершине сверла.

Сверло устанавливают в призму и ориентируют по продольному 8 и боковому 7 упорам. Коническую заднюю поверхность образуют качением сверлодержателя вместе со сверлом при вращении оси 3 во втулке 4. Режимы обработки даны в приведенных выше общих рекомендациях. Для обработки используют шлифовальный круг ПП125×16×32 24A25HC17K5.

В том случае, если угол наклона перемычки не соответствует заданному, для его увеличения боковой упор 7 необходимо приподнять, а для уменьшения – опустить.

Регулировку значения заднего угла производят перемещением в вертикальном направлении держателя 6 по торцу паза оси 3 с помощью установочного винта 5. При необходимости увеличения заднего угла держатель, перемещается вниз, для уменьшения – вверх.

3. Формообразуют винтовые задние поверхности второго сверла. Винтовая форма задних поверхностей может быть получена с использованием различных сочетаний движений сверла и шлифовального круга на различном оборудовании, в частности, на станках 3659М и 3Г653.

А. При обработке винтовых задних поверхностей сверла на станке 3659М (рисунок 2.9) для образования заданных геометрических параметров служат пять движений:

1. Возвратно-поступательное движение гильзы 1 шпиндельной бабки и шлифовального круга 2 в направлении, параллельном его оси, осуществляемое с помощью кулачков 4, расположенных на торце гильзы 1 и служащих для образования задних поверхностей.

2. Планетарное движение шпинделя с кругом в плоскости, перпендикулярной к его оси, обеспечивающее перемещение рабочей поверхности шлифовального круга вдоль режущей кромки сверла, а также в вертикальном направлении. При этом образуется заострение поперечной режущей кромки сверла. Планетарное движение шлифовального круга осуществляется за счет эксцентричного расположения оси 3 шпинделя шлифовального круга по отношению к оси гильзы 1 при вращении последней в подшипниках шпиндельной бабки. Вращение гильзы осуществляется через шестерню 5.

3. Вращение патрона с зажатым инструментом вокруг его оси, кинематически связанное (через передачу 8 – 11) с вращением гильзы, планетарным движением гильзы и планетарным движением круга.

4. Перемещение к кругу на величину подачи патрона 7 с обрабатываемым инструментом.

5. Вращение шлифовального круга вокруг своей оси с заданной скоростью резания.

Первые три движения связаны между собой кинематически и служат для формообразования задней поверхности на инструменте. Кроме того, первое движение обеспечивает равномерный характер изнашивания круга.

Перед обработкой производят установку сверла. Каретку станка, несущую патрон и сверло, разворачивают около вертикальной оси по шкале на требуемый угол при вершине сверла 2φ . Сверло в патроне устанавливают по специальной откидной упорке 6, закрепленной шарнирно на торце патрона. При настройке упорку устанавливают перпендикулярно торцу патрона. Для установки сверла в корпусе упорки предусмотрена подвижная планка, перемещающаяся по шкале. Планку устанавливают относительно шкалы с помощью винта на размер, равный диаметру сердцевины затачиваемого сверла. Закрепленное сверло упирают вершиной во внутреннюю поверхность упорки, а режущую кромку устанавливают на поверхность планки. С помощью такой установки обеспечивают постоянный заданный вылет сверла и заданную угловую ориентацию в патроне, при которых формообразующие движения круга будут согласованы с расположением зубьев сверла. После окончания установки упорку ставят на прежнее место. Шлифование производят кругом ПВ 300×200×75 25A40HMC27K5, на торце которого заправлен конечный участок с углом 156° . Ось сверла наклонена в вертикальной плоскости под углом 3° к оси круга. Обработку осуществляют в полуавтоматическом режиме в соответствии с инструкцией к станку.

Задние углы сверла в нормальном α_n и осевом α_0 сечениях:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{2k \cdot \cos 12^\circ}{\pi p \cdot \sin \varphi \cdot \cos \tau}, \quad (2.13)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{2k \cdot \cos 12^\circ}{\pi p}, \quad (2.14)$$

где k – одно из трех положений кулачков, указанных на станине станка;

p – расстояние от оси сверла до точки, для которой определяется задний угол;

$\tau = 3^\circ$ – угол наклона оси сверла к горизонтальной плоскости.

Задаваясь величиной заднего угла α_n или α_0 , определяют ход кулачка, округляя его до величины, указанной на станине станка.

Б. При обработке на станке-полуавтомате ЗГ 653 формообразование винтовой поверхности обеспечивается следующими движениями (рисунок 10): вращением шлифовального круга вокруг своей оси; осцилляцией круга вдоль своей оси; вращением затачиваемого инструмента; качанием инструмента перпендикулярно своей оси (осцилляцией); возвратно-поступательным движением затачиваемого инструмента вдоль своей оси; перемещением шлифовальной бабки на обрабатываемый инструмент перпендикулярно оси шпинделя шлифовального круга.

Настройку затачиваемого сверла, заключающуюся в установке его вылета и угловой ориентации, производят в ориентирующем устройстве в соответствии с инструкцией к станку. Затем устанавливают время выхаживания, величину снимаемого припуска, направление винтовой канавки и обрабатывают заднюю поверхность сверла.

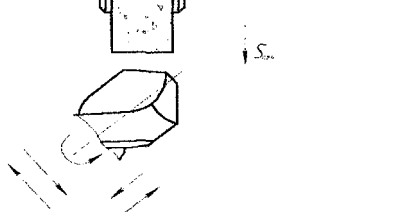


Рисунок 2.10 - Схема формообразования задней поверхности сверла на станке ЗГ 653

4. Производят контроль задних углов, осевого биения режущих кромок, угла при вершине и угла наклона поперечной режущей кромки сверл с конической и винтовой формой задних поверхностей.

Контроль угла при вершине сверла 2φ и угла наклона поперечной режущей кромки ψ осуществляют универсальным угломером (рисунок 2.11) или шаблоном (рисунок 2.12).

Задний угол и биение режущих кромок контролируют с помощью индикатора при вращении сверла, устанавливаемого в шпиндельную головку, с фиксированием угла поворота шпинделя.

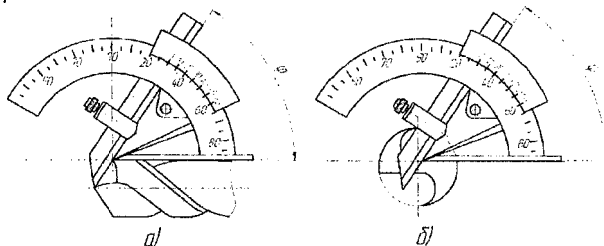


Рисунок 2.11 – Контроль геометрических параметров спиральных сверл с помощью универсального угломера: а) угла в плане φ ; б) угла наклона поперечной режущей кромки ψ .

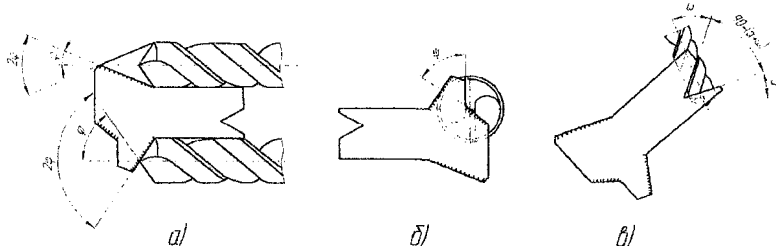


Рисунок 2.12 – Контроль геометрических параметров спирального сверла с помощью комбинированного шаблона: а) угла при вершине; б) угла наклона поперечной кромки; в) угла заострения.

При контроле заднего угла в нормальном сечении измерительную ножку индикатора устанавливают с натягом вблизи режущей кромки в точке М на расстоянии ρ от оси сверла (рисунок 3.5). Ось ножки располагают перпендикулярно к задней поверхности сверла. В положении I шкалу индикатора ставят на нуль. На заднем торце шпинделя имеется лимб отсчета углов поворота сверла. В установленном положении записывается показание лимба. Затем сверло поворачивают вокруг его оси на угол $\eta = 8-10^\circ$ в положение II и фиксируют величину a . После поворота сверла на угол η ножка индикатора займет положение в точке М2.

Задний нормальный угол

$$\operatorname{tg} \alpha_n = \frac{a \cdot 180}{\pi \rho \eta}, \quad (2.15)$$

Задний угол в цилиндрическом сечении

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\sin \varphi} \quad (2.16)$$

Задний угол контролируют в трех – четырех точках на режущей кромке для сверл с конической и винтовой формой задних поверхностей. На основе полученных данных строят график зависимости $\alpha=f(\rho)$ для каждого сверла.

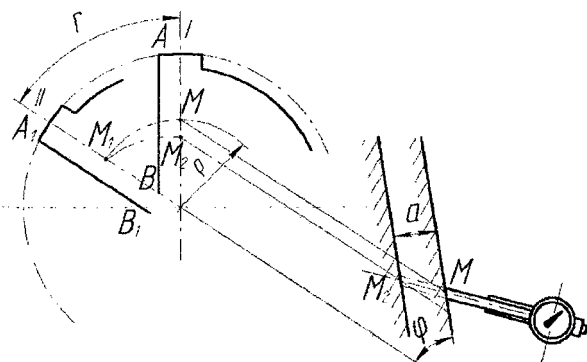


Рисунок 2.13 - Схема контроля заднего угла сверла

5. Рассчитывают число периодов стойкости сверл, принимая их износ равным критерию затупления (см. таблицу 2.6).

Таблица 2.6 – Оптимальный износ и стачивание сверл.

Диаметр сверла, мм	Обрабатываемый материал					
	Легкие сплавы		Серый чугун, бронза		Сталь, ковкий чугун	
	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм	Износ μ_z , мм	Стачивание q , мм
До 6 мм	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	1,0
Св. 6 до 10	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	1,1
Св. 10 до 15	0,6	0,9	0,7	1,0	0,9	1,3
Св. 15 до 20	0,7	1,0	0,8	1,2	1,0	1,5
Св. 20 до 25	0,8	1,2	0,9	1,4	1,2	1,7
Св. 25	0,9	1,4	1,0	1,6	1,4	2,0

6. На основании полученных данных анализируют особенности геометрии сверл с конической и винтовой формой задних поверхностей. По биению и отклонениям углов определяют точность сверл и их соответствие техническим требованиям.

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку цели и задач работы, исходные данные, эскиз режущей части сверла, схемы формообразования конических и винтовых задних поверхностей, расчетные и установочные данные, результаты контроля, график изменения задних углов, результаты анализа и заключение по выполненной работе.

Вопросы для контроля

1. На каком расстоянии от оси сверла находятся главные режущие кромки, если диаметр сердцевинки сверла $d_c = 2,8$ мм?

Варианты ответов:

1) 0,4; 2) 0,6; 3) 0,8; 4) 1,4; 5) 1,6.

2. По какой поверхности затачивают спиральные сверла?

Варианты ответов:

1) по задней; 2) по спинке зуба; 3) по передней; 4) по уголкам; 5) по передней и задней.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Исследование конструкций спиральных сверл

Цель работы:

1. Изучить конструкцию и геометрию спирального сверла.
2. Приобрести навыки измерения конструктивных элементов и основных углов сверла.

Назначение спиральных сверл

Спиральное сверло представляет собой многолезвийный режущий инструмент, предназначенный для образования отверстий в сплошном материале или для увеличения (рассверливания) диаметра предварительно изготовленного (сверлением, литьем, ковкой, штамповкой и др.) отверстия.

При сверлении получают 5-4 класс точности поверхности отверстий.

Процесс сверления отверстий осуществляется при двух совместных движениях:

- а) вращательном сверла или детали (иногда одновременно детали и сверла);
- б) поступательном сверла вдоль оси обрабатываемого отверстия.

Конструктивные элементы спирального сверла

Сверло состоит из двух основных частей: рабочая часть и крепежная часть (рисунок 2.14).

I. РАБОЧАЯ ЧАСТЬ включает в себя режущую и направляющую части.

а) Режущая часть сверла (заборный конус) выполняет основную работу резания.

б) Направляющая часть обеспечивает направление сверла в отверстии при сверлении.

II. КРЕПЕЖНАЯ ЧАСТЬ предназначена для закрепления сверла и для передачи крутящего момента от шпинделя станка.

Она состоит из конического хвостовика и лапки или цилиндрического хвостовика и поводка (рисунок 2.14).

Конический хвостовик служит для установки и закрепления сверла в коническом отверстии шпинделя станка. (При не совпадении размеров конуса хвостовика с размерами отверстия в шпинделе станка применяют переходные конические втулки).

Лапка является упором при выбивании сверла из шпинделя станка.

Цилиндрический хвостовик предназначен для закрепления сверла в специальном патроне, укрепленном на шпинделе станка.

Поводок исключает поворот сверла в патроне.

Промежуточную часть между рабочей и крепежной называют шейкой. Она служит для выхода шлифовального круга при шлифовании сверла.

Основные элементы рабочей части сверла (рисунок 2.14, 2.15).

Передняя поверхность (рисунок 2.15, I) - часть поверхности винтовой канавки, по которой сходит стружка.

Задняя поверхность (рисунок 2.15, II) - торцовая поверхность зуба сверла. Задняя поверхность, в зависимости от способа заточки, может быть конической, винтовой, цилиндрической или плоской.

Ленточка (рисунок 2.14, 2.15) - узкая полоска на зубе сверла, расположенная вдоль винтовой канавки, служит для направления сверла и уменьшения трения сверла об обрабатываемую поверхность.

Спинка (затылок) зуба (рисунок 2.15, III).

Сердцевина (диаметр d_s , рисунок 2.15)

Режущие лезвия сверла:

а) главное режущее лезвие - линия пересечения передней и задней поверхностей, у сверла два главных режущих лезвия (2-3 и 4-5, рисунок 2.15);

б) поперечное режущее лезвие (перемычка) – линия пересечения обеих задних поверхностей (3 - 4, рисунок 2.15);

в) вспомогательное режущее лезвие – пересечение передней поверхности с поверхностью ленточки. У сверла два вспомогательных лезвия (по числу ленточек, 2-1; 5-6, рисунок 2.15);

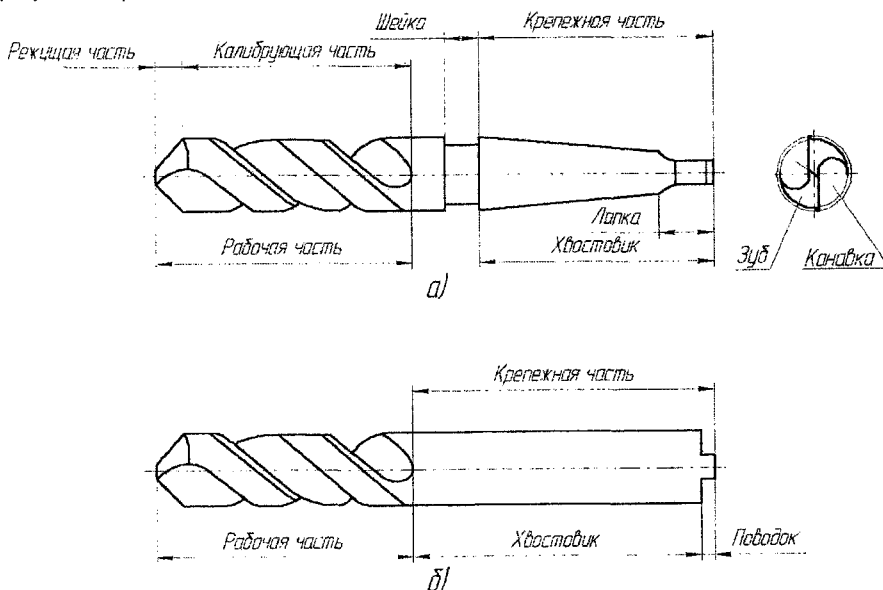


Рисунок 2.14 - Основные элементы рабочей части сверла.

Углы рабочей части сверла (рисунок 2.15)

Угол наклона винтовой канавки ω - между направлением оси сверла и касательной к ленточке.

В зависимости от диаметра сверла $\omega = 18-30^\circ$, меньшие значения угла ω соответствуют меньшим диаметрам сверла.

Угол наклона поперечного режущего лезвия ψ – между проекциями поперечного и главного режущего лезвия на плоскость, перпендикулярную оси сверла. Угол ψ обычно равен 55° .

Угол при вершине сверла 2ϕ между главными режущими лезвиями. У сверл, предназначенных для сверления стали и чугуна $2\phi = 116 - 120^\circ$.

Передний угол γ – между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке режущего лезвия и нормалью в той же точке к поверхности вращения главного режущего лезвия вокруг оси сверла.

Угол γ рассматривается в плоскости N-N, перпендикулярной к главному режущему лезвию. В каждой точке режущего лезвия угол γ является величиной переменной. Наибольшее значение угол γ имеет на периферии сверла, где в плоскости, параллельной оси сверла он равен углу наклона винтовой канавки (в т. 2 и в т. 5 $\gamma_2 = \gamma_5 = \omega$).

Задний угол α – между касательной к задней поверхности в рассматриваемой точке режущего лезвия и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла. Угол α рассматривается в плоскости 0-0, параллельной оси сверла.

Величина угла α , так же как и угла γ , переменна в каждой точке режущего лезвия. В отличие от угла γ , наибольшие значения α находятся в точках лезвия, расположенных у сердцевин ($\alpha = 20^\circ - 27^\circ$), наименьшие значения – на периферии ($\alpha = 8^\circ - 14^\circ$) сверла.

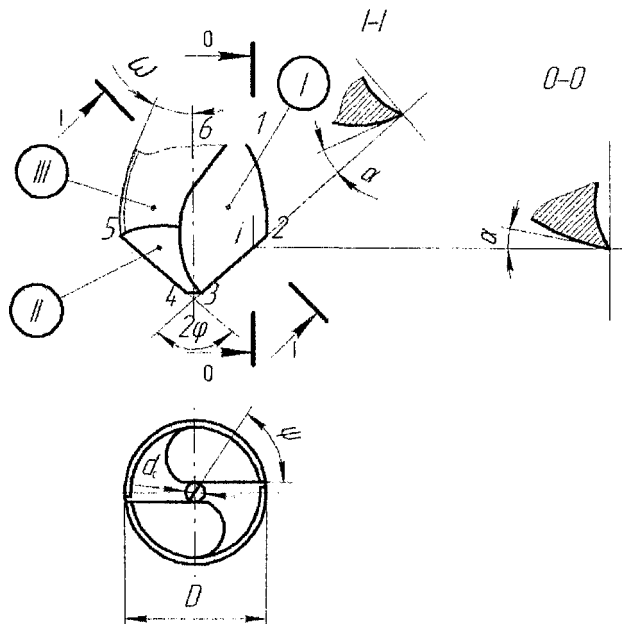


Рисунок 2.15 – Углы рабочей части сверла.

Измерение конструктивных элементов и углов сверла

1. Диаметр сверла (D) измеряют штангенциркулем или микрометром между ленточками непосредственно вблизи режущей части.

Измеряют также диаметр сверла около хвостовика (D_1) с целью определения угла обратного конуса φ_1

Угол φ_1 определяют по формуле:

$$\varphi_1 = \arctg \left(\frac{D - D_1}{2 \cdot l} \right); \quad (2.17)$$

где $(D - D_1)/2$ – полуразность диаметров сверла, измеряемых на расстоянии l от вершины (для упрощения расчетов значение l выбирают равным 100 мм).

2. Длину всего сверла (L) и рабочей части (L_p) измеряют линейкой или штангенциркулем.

3. Диаметр сердцевин (d_c) измеряют кронциркулем непосредственно у самой вершины сверла, а также около хвостовика (d_c'). Для увеличения прочности сверла $d_c' > d_c$.

4. Угол наклона винтовой канавки ω измеряют по отпечатку, полученному при прокатывании сверла по листу бумаги через копировальную бумагу.

Значения "а" и "в" получают непосредственно замером на бумаге, для простоты подсчета следует брать $v = 100 \text{ мм}$.

$$\omega = \arctg \left(\frac{a}{\hat{a}} \right) \quad (2.18)$$

5. Угол наклона поперечного режущего лезвия ψ измеряют универсальным угломером или по отпечатку на листе бумаги главного и поперечного режущих лезвий.

6. Угол при вершине сверла 2ϕ измеряют универсальным угломером.

7. Задний угол α измеряется в различных точках режущего лезвия на специальном приборе.

Прибор состоит из плиты 1, на которой укреплен патрон 2 с лимбом 3. Индикатор 4, установленный на суппорте 5, имеет возможность перемещаться в горизонтальной плоскости по двум взаимно перпендикулярным направлениям при помощи маховиков 6 и 7.

Для измерения угла α сверло 8 устанавливают в патроне 2. Штифт индикатора 4 выводят на ось сверла при помощи маховика 7. Задавшись определенным диаметром, например d_1 (рисунок 2.16), перемещают штифт индикатора на величину $d_1/2$ от оси сверла при помощи маховика 7 (отсчет величины $d_1/2$ ведется по лимбу маховика 7). Затем при помощи маховика 6 подводят штифт индикатора до контакта с главным режущим лезвием в точке 1 (рисунок 2.16) и дают небольшое натяжение индикатору.

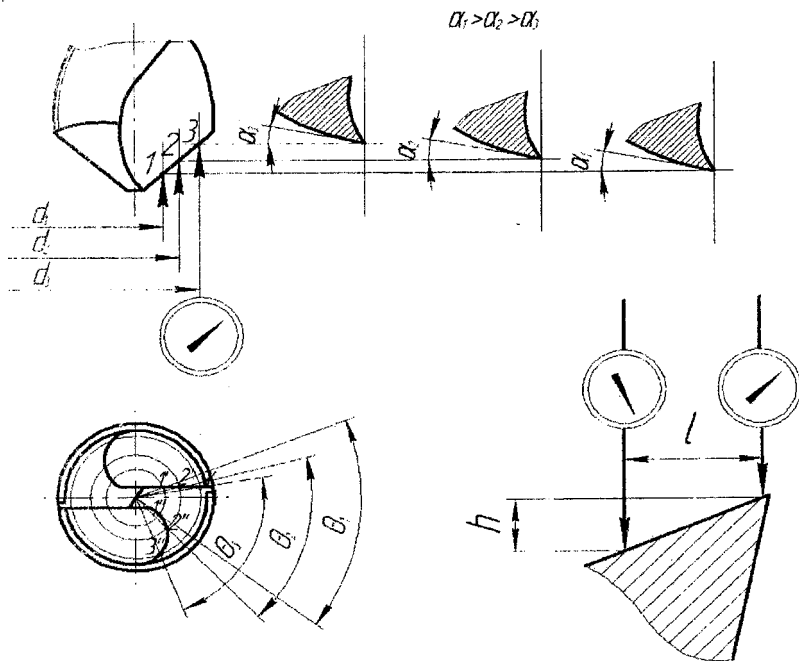


Рисунок 2.16 – Углы рабочей части сверла.

При повороте сверла на угол θ_1 (величина θ_1 фиксируется по лимбу 3) регистрируют по индикатору 4 величину падения затылки h_1 .

По данным опыта подсчитывают длину дуги l_1 , соответствующей повороту сверла на угол θ_1 :

$$l_1 = \frac{\pi \cdot d \cdot \theta_1}{360}; \quad (2.18)$$

где l_1 - длина дуги на диаметре d_1 ;

θ_1 - угол поворота сверла при контакте штифта индикатора в точке 1.

Задний угол сверла в т. 1 режущего лезвия может быть приближенно определен по формуле:

$$\alpha_1 = \arctg\left(\frac{h_1}{l_1}\right); \quad (2.19)$$

где h_1 - показания индикатора при повороте сверла на угол θ_1 .

Аналогично поступают при измерении заднего угла в других точках режущего лезвия сверла (например, 2, 3, ...).

В общем случае для любой точки i на главном режущем лезвии угол α_i может быть определен по формуле:

$$\alpha_i = \arctg \frac{360 \cdot h_i}{\pi \cdot d_i \cdot \theta_i} \quad (2.20)$$

Передний угол γ в различных точках лезвия подсчитывают по формуле:

$$\gamma_i = \arctg \frac{d_i \cdot \operatorname{tg} \omega}{D \cdot \sin \varphi_i}; \quad (2.21)$$

где d_i - диаметр сверла, на котором расположена точка i ;

D - наружный диаметр сверла.

Порядок проведения работы

Изучить конструктивные элементы и геометрию сверла.

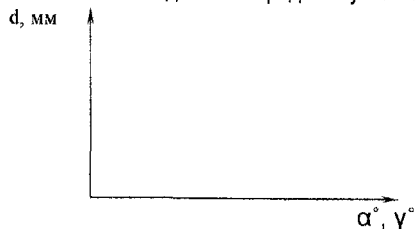
Начертить в отчете эскиз сверла и эскиз геометрии сверла (рисунок 2.14,а и рисунок 27).

Произвести обмер спирального сверла. Результаты обмера занести в таблицу следующей формы.

Таблица 2.7 – Результаты обмера спирального сверла.

Конструктивные элементы сверла									
Диаметр, мм		Длина, мм				Диаметр сердцевины, мм			
D	D_1	L	L_p			d_c	d_c'		
Углы сверла									
$2\varphi^\circ$	ω°	ψ°	φ_1°	$d(1,2,3...), \text{мм}$	$\theta^\circ(1,2...)$	$h(1,2...), \text{мм}$	$\alpha^\circ=f(d)$	$\gamma^\circ=f(d)$	

Построить графики зависимости заднего и переднего углов от диаметра сверла.



III. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЗЕНКЕРОВ И РАЗВЕРТОК

Зенкеры и развертки относятся к режущим инструментам для получистовой и чистой обработки отверстий, которые предварительно получены в детали тем или иным способом.

Зенкеры применяют для обработки отверстий с допусками Н11, Н12. В зависимости от назначения и условий обработки зенкеры имеют различные конструкции. На рисунок 4.1 показан хвостовой зенкер из быстрорежущей стали, имеющий винтовые передние и задние поверхности. Главный угол в плане у зенкера $\varphi = 60^\circ$. Для повышения стойкости при обработке стали зенкер часто снабжают переходной кромкой, расположенной под углом 30° . Передний и задний углы зенкера задают в точке, наиболее удаленной от оси зенкера. Передний угол для обработки стали и чугуна $\gamma = 6-12^\circ$, для обработки цветных металлов и сплавов $\gamma = 20-30^\circ$. Задний угол зенкера $\alpha = 6-10^\circ$. Твердосплавные зенкеры имеют обычно двухплоскостную форму задней поверхности.

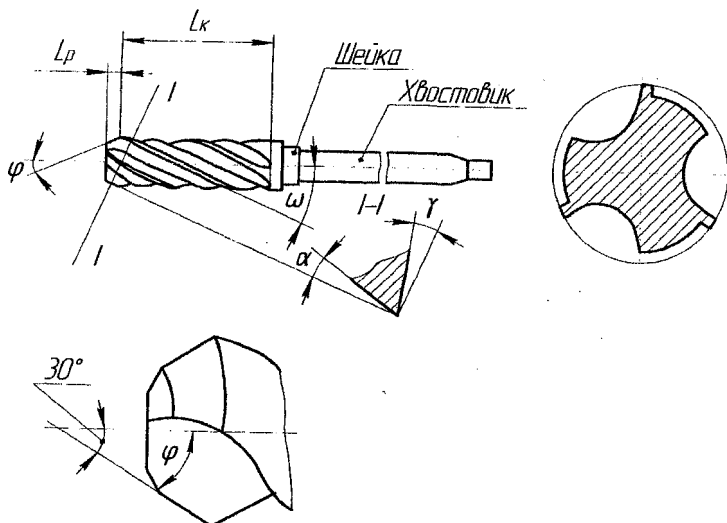


Рисунок 3.1 - Зенкер с коническим хвостовиком.

Характер изнашивания зенкеров зависит от обрабатываемого материала. При обработке деталей из чугуна для зенкеров из инструментальной стали лимитирующим является износ μ_γ по уголкам. При обработке деталей из стали лимитирующим износом является износ по ленточке μ_n (рисунок 3.2)

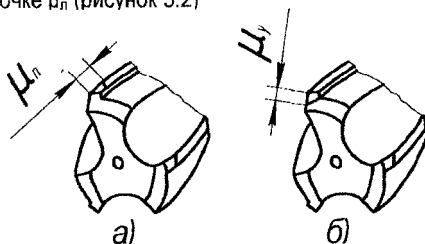


Рисунок 3.2— Характер лимитирующего износа зенкеров:
а – при обработке стали; б – при обработке чугуна.

Средние величины износа зенкоров при обработке стали $\mu_d = 1,0-1,2$ мм, а при обработке чугуна $\mu_y = 0,8-1,5$ мм. Твердосплавные зенкеры изнашиваются главным образом по задней поверхности и уголкам. Допустимые величины износа по задней поверхности для зенкоров диаметром до 20 мм $\mu_z = 1,0$ мм; св. 20 до 40 мм $\mu_z = 1,2$ мм; св. 40 до 60 мм $\mu_z = 1,4$ мм; св. 60 мм $\mu_z = 1,6$ мм.

Для восстановления режущей способности зенкеры необходимо затачивать по задней поверхности перьев (зубьев). При затачивании снимается весь затупленный участок и для полной гарантии качества заточки – дополнительный слой толщиной 0,2 мм.

Развертки (рисунок 3.3) предназначены для чистовой обработки отверстий после сверления, зенкования или растачивания и обеспечивают допуски Н6 – Н11 и параметры шероховатости поверхности $R_a = 2,5-0,16$ мм. Передний угол у разверток обычно $\gamma = 0^\circ$, а задний угол $\alpha = 6-10^\circ$. Главный угол в плане у машинных разверток выбирается в пределах от 5 до 45° , наиболее распространен $\gamma = 15^\circ$, у ручных разверток $\gamma = 1-1,5^\circ$.

При изготовлении разверток окончательное формообразование режущих и калибрующих частей проводят заточкой по передней и задней поверхностям. В процессе резания развертка изнашивается по задней поверхности в месте перехода режущей части в калибрующую (рисунок 3.4). Допустимая величина износа у быстрорежущих разверток $\mu_z = 0,3-0,8$ мм, у твердосплавных разверток $\mu_z = 0,1-0,3$ мм.

При восстановлении режущих свойств разверток обычно их затачивают по задней поверхности.

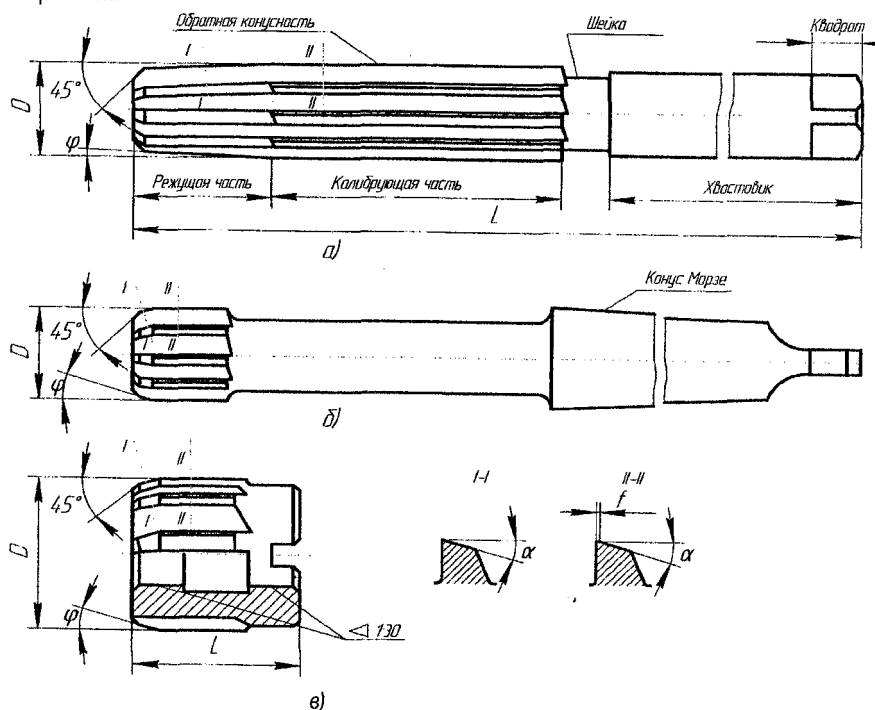


Рисунок 3.3 - Развертки: а – ручная; б – машинная хвостовая; в – машинная насадная

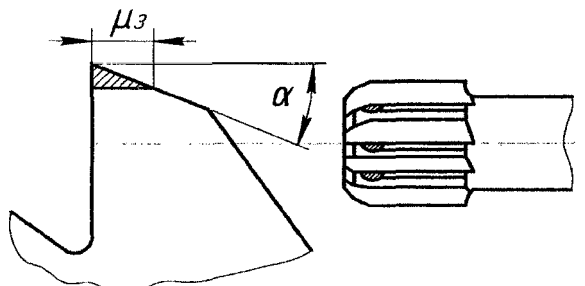


Рисунок 3.4 - Характер изнашивания разверток.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Изучение формообразования и исследование геометрических параметров режущей части зенкеров

Цель и задачи работы: практическое изучение основных конструктивных параметров зенкеров. В задачи работы входят изучение методов и средств формирования и контроля винтовых задних поверхностей зенкеров и исследование их геометрических параметров.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы. Лабораторную работу выполняют на универсально-заточном станке с использованием шлифовального круга соответствующей характеристики. Для выполнения работы требуются зенкеры диаметром 20-30 мм, специальное приспособление для затачивания винтовых задних поверхностей с набором кулачков к нему, специальное приспособление для контроля, стойка с индикатором, штангенциркуль.

Методика выполнения работы

1. Для формообразования винтовой задней поверхности и получения необходимых задних углов зенкер устанавливают и закрепляют в шпинделе специальное приспособления (рисунок 3.5).

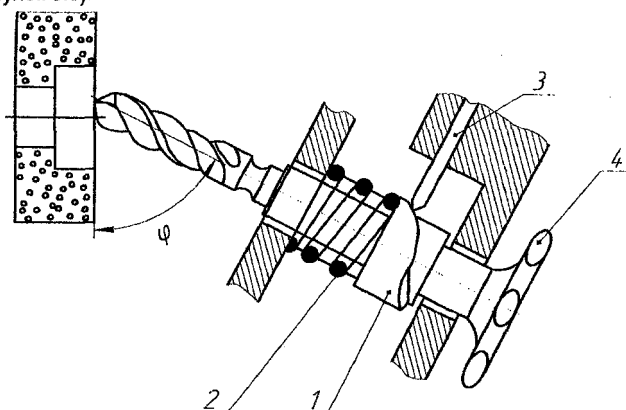


Рисунок 3.5 – Схема формообразования винтовых задних поверхностей зенкера

Зенкер, установленный в этом приспособлении, совершает относительно шлифовального круга винтовое движение, создаваемое кулачком 1, имеющим торцовую винтовую поверхность определенного шага.

При повороте маховичка 4 зенкер начинает вращаться. Упор 3, закрепленный в корпусе приспособления, скользя по винтовой поверхности кулачка, заставляет зенкер, преодолевая сопротивление пружины 2, перемещаться в осевом направлении. В результате сочетания этих движений (вращательного и поступательного) задние поверхности зенкера приобретают винтовую форму.

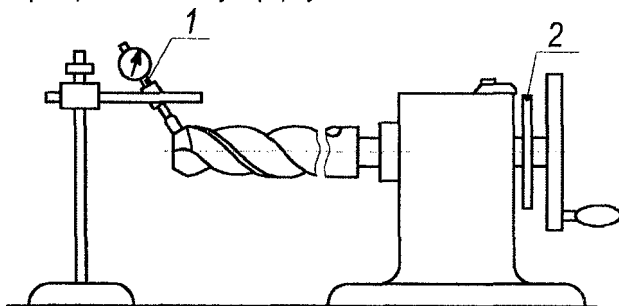


Рисунок 3.6 – Схема измерения заднего угла зенкера:
1 – индикатор; 2 – диск для отсчета угла поворота

Приспособление снабжено комплектом сменных кулачков. Шаги винтовых поверхностей кулачков равны 5, 7, 9, 13 и 17 мм. Кулачки позволяют после затачивания получать необходимые задние углы у зенкеров с различными диаметрами.

2. Необходимый шаг винтовой поверхности кулачка, мм,

$$P = \pi \cdot D \cdot \operatorname{tg} \alpha_0, \quad (3.1)$$

где D – диаметр зенкера; α_0 – задний угол зенкера в осевом сечении.

По полученному результату выбирают кулачок с шагом винтовой поверхности, наиболее близким к расчетному и устанавливают его в приспособлении. Если задний угол зенкера α_n задан в нормальном сечении, то находят его значение в осевом сечении по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\sin \varphi_0} \quad (3.2)$$

3. Зенкер устанавливают относительно круга (рисунок 3.1), закрепляют стол станка от продольного перемещения и затачивают зубья. Деление на зуб производят с помощью делительного диска приспособления. Поперечную подачу осуществляют поперечным перемещением стола. Обработку ведут на режимах и с применением кругов, указанных в общих рекомендациях.

4. Исходя из выбранной допустимой величины износа и размеров зенкера, определяют число периодов его стойкости. Величина допустимого стачивания хвостовых зенкеров равна 0,7 от длины рабочей части. Число периодов стойкости у хвостовых и насадных зенкеров определяют так же, как и у сверл, а у твердосплавных – как у торцовых твердосплавных фрез.

5. После образования задних поверхностей измеряют задние углы, биение главных режущих кромок и главный угол в плане.

Для измерения заднего угла зенкер закрепляют в приспособлении для контроля, затем перпендикулярно к его задней поверхности устанавливают с натягом измерительный наконечник индикатора (рисунок 3.6). Точку контакта измерительного наконечника располагают как можно ближе к режущей кромке зенкера. В этом положении зенкер поворачивают вокруг оси на угол $\tau = 10 - 15^\circ$, отмечая показания a индикатора. Задний угол зенкера в осевом сечении

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{a}{\rho \cdot \tau \cdot \sin \varphi \cdot 0,01745}, \quad (3.3)$$

где a – показание индикатора, мм;

ρ – радиус, мм, определяющий сечение, в котором измеряется задний угол;

τ – угол поворота зенкера, $^\circ$;

φ – главный угол в плане, $^\circ$.

Допустимое отклонение заднего угла от заданного значения $\pm 2^\circ$.

С целью изучения характера изменения задних углов их значения определяют в трех-четырех точках режущей кромки. По полученным данным строят график, по оси ординат которого откладывают величины радиусов точек, в которых измерялся задний угол, а по оси абсцисс – измеренные задние углы.

Главный угол в плане измеряют универсальным угломером.

Биение режущих кромок, измеренное перпендикулярно к ним, не должно превышать: для зенкеров диаметром до 18 мм – 0,05 мм; св. 18 до 30 мм – 0,06 мм; св. 30 мм – 0,07 мм.

6. Проводят анализ полученных значений углов и биения режущих кромок. Дают заключение о соответствии зенкера предъявляемым техническим требованиям.

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку задания, схему формообразования винтовых задних поверхностей, расчет шага кулачка, режимы обработки с расчетом периодов стойкости, схему измерения задних углов и расчет их полученных значений, график изменения задних углов вдоль режущей кромки, анализ полученных результатов и заключение о соответствии обработанного зенкера техническим требованиям.

Вопросы для контроля

Каким образом изменяются геометрические параметры, если поставить в приспособление кулачок с шагом винтовой поверхности больше расчетного?

Варианты ответов:

1) φ увеличится, α увеличится; 2) φ не изменится, α увеличится; 3) φ уменьшится, α увеличится; 4) φ уменьшится, α не изменится; 5) φ не изменится, α уменьшится.

Какая форма задней поверхности образуется у зенкера при затачивании его в приспособлении со сменными кулачками?

Варианты ответов:

1) эвольвентная; 2) архимедова; 3) коническая; 4) винтовая; 5) цилиндрическая.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

Исследование формообразования режущей части разверток

Цель и задачи работы: изучение конструктивных элементов и формообразования режущей части разверток. В задачи работы входит практическое освоение методов формообразования режущих и калибрующих частей у машинных или ручных разверток с прямым зубом для получения заданных значений геометрических параметров и необходимого качества рабочих поверхностей.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы. Работу выполняют на универсально-заточном станке. Объектом исследования являются машинные или ручные развертки с прямым зубом диаметром 15—50 мм.

Для выполнения работы требуется шлифовальный круг соответствующей характеристики, центровые бабки с центрами, упорка, центрирующее приспособление, штангенрейсмус, штангенциркуль, поводок, шаблон-центроискатель для установки развертки при формообразовании передней поверхности.

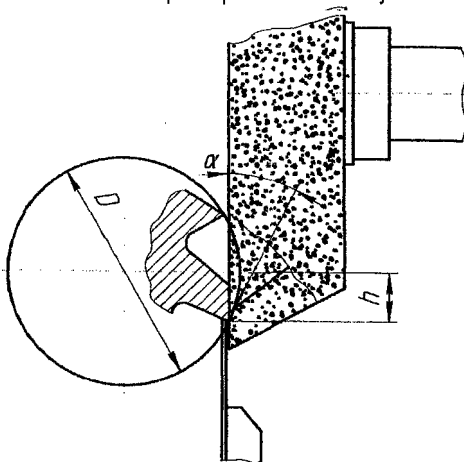
Для контроля разверток требуется прибор для определения биения, индикатор с точностью 0,01 мм с плоским наконечником, прибор для контроля геометрических параметров режущей части многолезвийного инструмента (УР-2), универсальный угломер, эталоны для определения шероховатости поверхностей.

Методика выполнения работы

А. Формообразование задних поверхностей развертки

1. Выбирают характеристику шлифовального круга и режимы обработки для образования задних поверхностей конкретного инструмента в соответствии с приведенными выше общими рекомендациями.

2. При формообразовании задней поверхности зубьев на режущей части развертки стол станка поворачивают на величину главного угла в плане ϕ . При формообразовании задней поверхности зубьев на калибрующей части стол ставят в нулевое положение. Для получения требуемого заднего угла α режущую кромку затачиваемого зуба располагают ниже оси развертки на величину



$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha \quad (3.4)$$

где D - диаметр развертки (рисунок 3.7)

Развертку устанавливают в необходимое положение с помощью упорки, к которой прижимают переднюю поверхность обрабатываемого зуба. Упорка показана на рисунок 3.9.

Установку упорки производят с помощью штангенрейсмуса, высоту ножи H_{yc} которого, определяют по формуле 3.5:

Рисунок 3.7 Установка развертки для образования заднего угла.

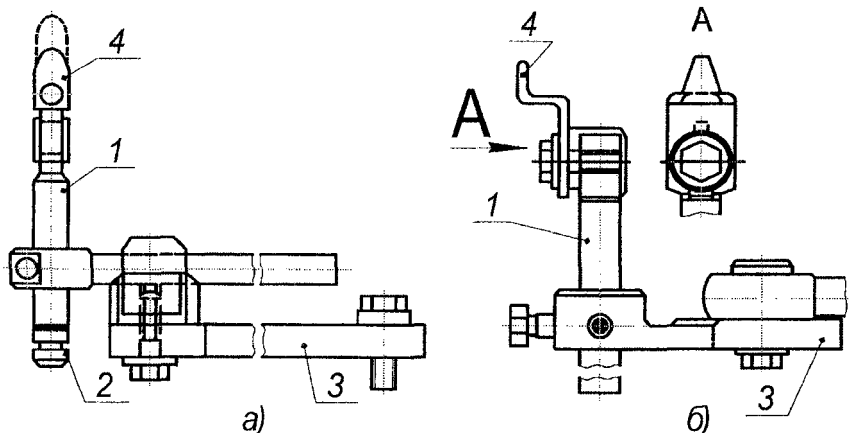


Рисунок 3.8 - Упорки: а – микрометрическая; б – жесткая; 1 – стержень упорки; 2 – винт микрометрической подачи; 3 – державка; 4 – опорная пластина

$$H_{yc} = h_{из} - \left(\frac{D_0}{2} + h \right), \quad (3.5)$$

где $h_{из}$ – расстояние от поверхности стола станка до верхней точки оправки или цилиндрического хвостовика;

D_0 – диаметр контрольной оправки или цилиндрического хвостовика.

3. Определяют толщину слоя Δ , снимаемого за одну переточку в зависимости от износа μ_z по задней поверхности и заданного значения заднего угла (рисунок 3.10, а):

$$\Delta = \mu_z \cdot \sin \alpha + (0,05 \dots 0,1) \text{ мм}. \quad (3.6)$$

Расчетное число переточек (рисунок 3.10, б)

$$n = \frac{M}{q} = \frac{l_k}{3q}, \quad (3.7)$$

Величина стачивания за одну переточку

$$q = \frac{\Delta}{\sin \varphi}, \quad (3.8)$$

Из-за изнашивания калибрующей части развертки на практике выдерживают три-пять переточек по задней поверхности. Установка разверток при формообразовании задней поверхности на калибрующей части та же, что и при формообразовании режущей части, только без разворота стола станка.

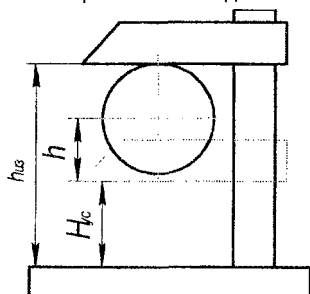


Рисунок 3.9 - Способ установки упорки для образования заднего угла развертки с помощью штангенрейсмуса.

4. Производят контроль режущих элементов развертки, полученных в процессе их окончательного формообразования.

Радиальное биение режущих зубьев должно быть не более 0,03 мм, калибрующих – не более 0,01-0,02 мм. Отклонения величин передних, задних углов и угла режущей части от заданных значений не должны превышать $\pm 2^\circ$.

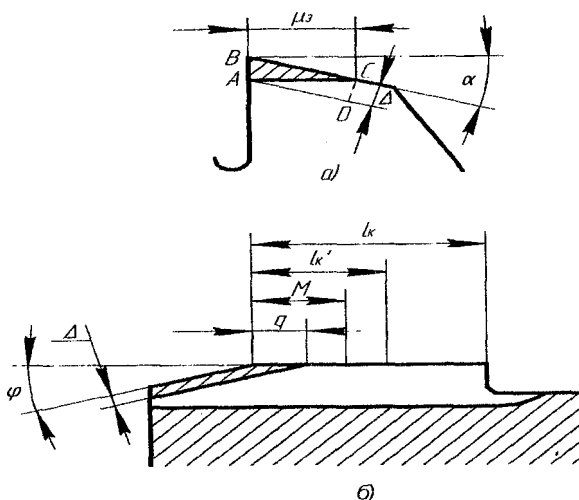


Рисунок 3.10 – Схема к определению периодов стойкости развертки:
а – толщина снимаемого слоя; б – допустимая величина стачивания.

Радиальное биение контролируют индикатором при установке развертки в центрах. Значения передних и задних углов проверяют приборы для контроля геометрических параметров режущей части многолезвийного инструмента (рисунок 3.11)

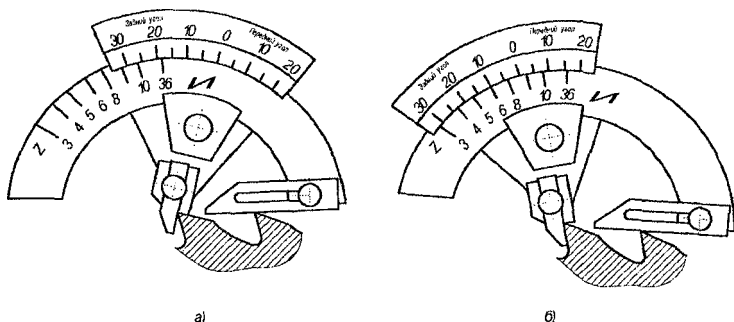


Рисунок 3.11 - Определение геометрических параметров с помощью прибора для контроля углов многолезвийного инструмента: а – заднего угла; б – переднего угла

Главный угол в плане режущей части контролируют универсальным угломером, параметры шероховатости – сравнением заточенных поверхностей с эталоном.

5. Анализируют полученные результаты. Делают заключение о соответствии развертки предъявляемым техническим требованиям. При получении недопустимых отклонений анализируют их причины и лабораторную работу повторяют.

Б. Формообразование передней поверхности развертки

1. Формообразование передней поверхности развертки производят при ее изготовлении и в процессе эксплуатации обычно не повторяют.

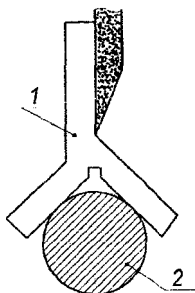


Рисунок 3.12 – Установка шлифовального круга при формообразовании передней поверхности развертки:

1 – шаблон-центроискатель; 2 – цилиндрическая часть развертки

2. Окончательное формообразование передней поверхности разверток с прямым зубом производят торцом тарельчатого или чашечного шлифовального круга, характеристики которого выбирают в соответствии с приведенными выше общими рекомендациями. При $\gamma = 0^\circ$ установку круга в необходимое положение по отношению к обрабатываемой развертке производят с помощью шаблона-центроискателя. Развертку устанавливают в центрах бабок станка, шаблон-центроискатель ставят на шейку развертки и по его стороне, проходящей через ось развертки, устанавливают торец абразивного круга (рисунок 3.6).

При $\gamma > 0^\circ$ после установки круга по центроискателю стол станка смещают на величину

$$h = \frac{D}{2} \sin \gamma, \quad (3.9)$$

Формообразование передней поверхности винтовых зубьев производят конической поверхностью тарельчатого круга формы 1Т. Шпиндельную головку станка при этом разворачивают на угол наклона винтовых зубьев.

Затем выполняют работу по формообразованию задних поверхностей зубьев, как было указано выше.

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку задания, краткие характеристики изучаемого инструмента, оборудования и приборов; характеристику шлифовального круга и режимы обработки; эскиз установки и расчетные данные для формообразования заданных поверхностей; определение слоя, снимаемого при переточке и число периодов стойкости; схему контроля развертки (для соответствующей поверхности) и данные, полученные при контроле; заключение о соответствии развертки техническим требованиям.

Вопросы для контроля

Укажите наиболее рациональный способ заточки развертки после ее затупления.

Варианты ответов:

1) по передней поверхности; 2) по задней поверхности на режущей части; 3) по задней поверхности на калибрующей части; 4) по передней и задней поверхностям на калибрующей части; 5) по задней поверхности на режущей и калибрующей части.

Как установить упорку по отношению к линии центров станка для получения заднего угла?

Варианты ответов:

1) поднять выше центра; 2) опустить ниже центра; 3) установить по центру; 4) развернуть на угол α в горизонтальной плоскости; 5) развернуть на угол α в вертикальной плоскости.

IV. ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ МЕТЧИКОВ

Метчик – режущий инструмент, применяемый для нарезания внутренней резьбы в различных деталях. По своему служебному назначению метчики делятся на ручные, машинно-ручные, гаечные с прямыми и изогнутыми хвостовиками и целый ряд других конструкций. Метчиками нарезают резьбу со степенями точности 4Н5Н, 5Н6Н, 6Н, 7Н.

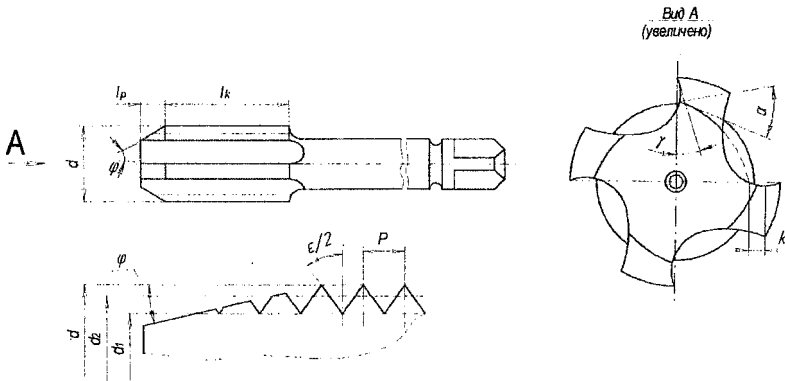


Рисунок 4.1 – Машинно-ручной метчик

Режущая часть метчика представляет собой коническую поверхность с витками резьбы, профиль которых постепенно увеличивается до полной высоты на калибрующей части (рисунок 4.1).

Главный угол в плане ϕ метчика зависит от назначения инструмента, толщины среза a_z , числа перьев z и шага резьбы P . Угол ϕ можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{(a_z \cdot z)}{P} \quad (4.1)$$

Передний угол метчиков выбирают в зависимости от обрабатываемого материала от 0 до 25°; для стали средней твердости угол $\gamma = 10^\circ$. Задний угол на режущей части обычно 6-10°. Его получают с помощью затылования режущей части шлифовальным кругом.

Метчики для метрической резьбы изготавливают классов точности 1, 2, 3 и 4. В зависимости от степени точности устанавливают допуски на наружный, средний и внутренний диаметры резьбы метчика, шаг и половину угла профиля резьбы.

Для уменьшения усилий при резбонарезании, повышения качества получаемой резьбы, а также при нарезании резьбы в глухих отверстиях применяют комплекты метчиков, состоящие из двух или трех штук.

Наиболее изнашивается у метчиков задняя поверхность перьев в зоне перехода режущей части в калибрующую (рисунок 4.2). За критерий износа принимается такая величина, превышение которой вызывает ухудшение качества нарезаемой резьбы, главным образом, увеличение параметра шероховатости ее поверхности.

Допустимый износ по передней и задней поверхностям метчиков приведен в таблице 4.1.

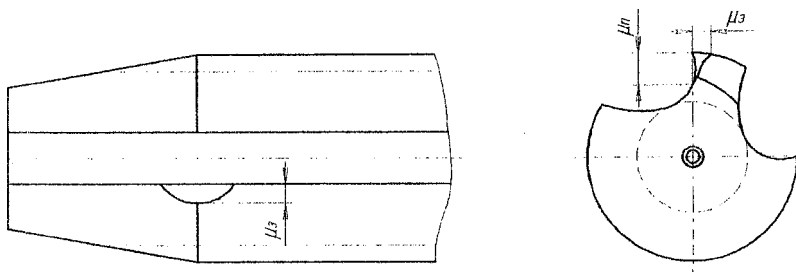


Рисунок 4.2 – Характер изнашивания метчиков

Таблица 4.1 - Допустимый износ по передней и задней поверхностям метчиков.

Основные размеры метчиков					Допустимый износ по поверхностям, мм	
Номинальный диаметр резьбы, мм	Шаг резьбы, мм	Длина калибрующей части, мм	Число перьев	Ширина пера, мм	μ_z	μ_n
6	1	17	3	2,3	0,25	0,17
8	1,25	21,5	3	3,1	0,25	0,17
10	1,5	20,5	3	3,7	0,3	0,2
12	1,75	25	3	4,9	0,3	0,2
14	2	29	4	5,5	0,4	0,25
16	2	29	4	4,6	0,4	0,25
20	2,5	32,5	4	5,9	0,4	0,25
24	3	36	4	7,0	0,5	0,3
27	3	36	4	7,9	0,5	0,3
30	3,5	39,5	4	9,0	0,5	0,3

Число переточек метчика по задней поверхности:

$$n_z = \frac{M}{q} = \frac{(l_k - 3P)}{q}, \quad (4.2)$$

где M – величина допускаемого стачивания;

q – величина стачивания за одну повторную заточку;

l_k – длина калибрующей части;

P – шаг резьбы.

Величина стачивания q за одну переточку зависит от величины износа μ_p

$$q = \frac{\Delta}{\sin \varphi}, \quad (4.3)$$

где φ – главный угол в плане метчика;

$$\Delta = \mu_n + (0,05 - 0,1) \text{ мм.}$$

Число переточек метчика по передней поверхности :

$$n_1 = \frac{M_1}{q_1} = \frac{(0,5 - 0,7)B}{q_1}, \quad (4.4)$$

где B – ширина пера метчика;

q_1 – величина стачивания за одну переточку;

$$q_1 = \mu_z + (0,05 - 0,1) \text{ мм.} \quad (4.5)$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Изучение конструкции и геометрических параметров метчиков

Цель работы:

1. Изучить конструкцию и геометрию метчиков;
2. Выбрать и обосновать конструкцию метчика;
3. Приобрести навыки измерения конструктивных элементов и основных углов метчика.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Назначение метчиков.

Метчик – резьбонарезной инструмент, применяемый для нарезания правых и левых резьб в сквозных и глухих отверстиях малых и средних диаметров.

По назначению метчики делят на: машинные; машинно-ручные; гаечные; плашечные для конической резьбы; специальные.

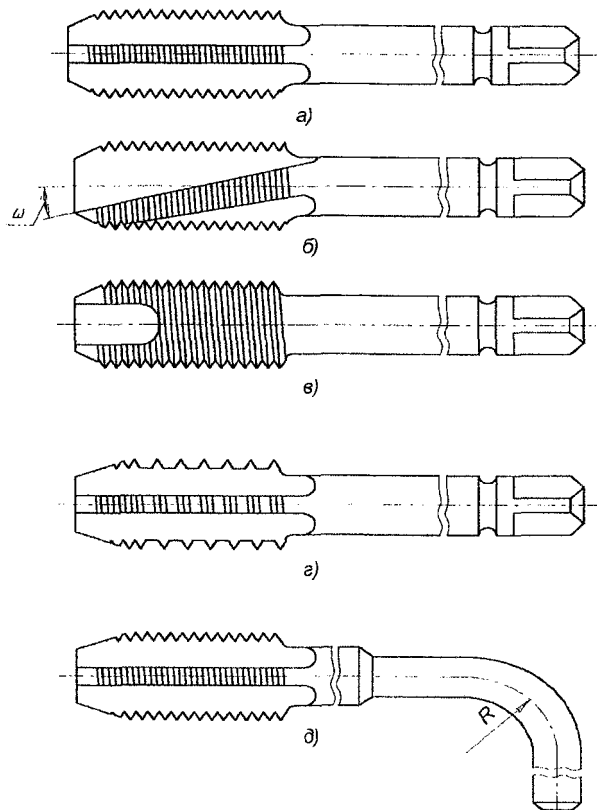


Рисунок 4.3 – Виды метчиков: а) метчик с прямыми стружечными канавками; б) метчик машинно-ручной с винтовыми канавками; в) метчик с укороченными стружечными канавками; г) метчик с вырезанной ниткой; д) гаечный метчик с изогнутым хвостовиком.

Различают следующие кинематические схемы нарезания резьбы:

1) С реверсированием работают машинно-ручные метчики на универсальном оборудовании, когда необходимо вывинчивание метчика из отверстия (например резьбонарезание в глухом отверстии);

2) С непрерывным вращением производится на гайконарезных автоматах метчиками с изогнутыми хвостовиками (рисунок 4.3,д), (по мере заполнения хвостовика гайка сходит с него в накопитель);

3) С периодическим вращением работают гаечные метчики с прямыми удлиненными хвостовиками, и при заполнении хвостовика гайками процесс резьбонарезания прекращается для их изъятия.

Резьбы с шагом до 3 мм экономически предпочтительней нарезать за один проход инструмента.

Для уменьшения усилий, повышения качества резьбы, а также при работе в глухих отверстиях применяют комплекты метчиков из 2-3 шт.

В машиностроении, из-за технологичности, наибольшее распространение получили метчики с прямыми стружечными канавками (рисунок 4.3,а). Метчики с винтовыми канавками применяют для вязких материалов (облегчается вывод стружки) и при работе с прерывистой поверхностью (рисунок 4.3,б).

Метчики с укороченными канавками («бесканавочные») применяют для нарезания резьбы в деталях, штампованных из листа, в сквозных отверстиях длиной до $1,6d$ и при нарезании резьбы в деталях с косым торцом со стороны выхода метчика (рисунок 4.3,в). Достоинства бесканавочных метчиков: высокая прочность, хорошее центрирование и базирование в отверстии. Их недостатки: более высокий крутящий момент, затруднен подвод СОЖ.

Метчики с вырезанной ниткой применяют при работе с вязкими материалами, (рисунок 4.3,г). Имеют достоинства: лучше условия стружкообразования, уменьшается сила трения, облегчается доступ СОЖ в зону резания.

Конструкция метчиков.

Метчик состоит из двух основных частей: рабочей и крепежной (рисунок 4.5).

1. Рабочая часть состоит из режущей и направляющей частей. Формирование впадины резьбового профиля может происходить по генераторной, профильной или прогрессивной схеме. Основная схема – генераторная, а другие используются в специальном инструменте.

а) Режущая часть (заборный конус) метчика формирует резьбовой профиль у крепежных резьб по генераторной схеме, срезая стружку определенного вида и сечения и одинаковой толщины a_z (рисунок 4.4). Задается a_z углом φ . С уменьшением угла φ стойкость метчиков увеличивается, но увеличивается крутящий момент M_p .

На практике колебания угла φ незначительны, обычно его принимают постоянным для различных значений метчиков одного вида. Так, у гаечных метчиков угол φ равен $3^\circ 30'$ для диаметров резьбы 2-30 мм.

На величину угла φ и длину режущей части оказывают влияние конструктивные особенности обрабатываемого отверстия, так, если отверстие глухое, то сбеги резьбы определит длину режущей части метчика.

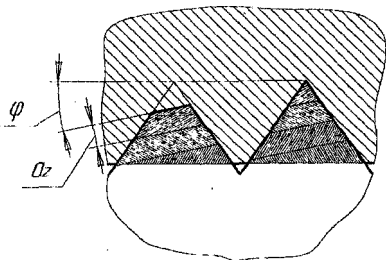


Рисунок 4.4 - Генераторная схема работы метчика

Рекомендуемая толщина срезаемого слоя az в пределах:
 для чугуна 0,04-0,07 мм.;
 для стали 0,03-0,05 мм.;
 для труднообрабатываемых материалов 0,025-0,03 мм.

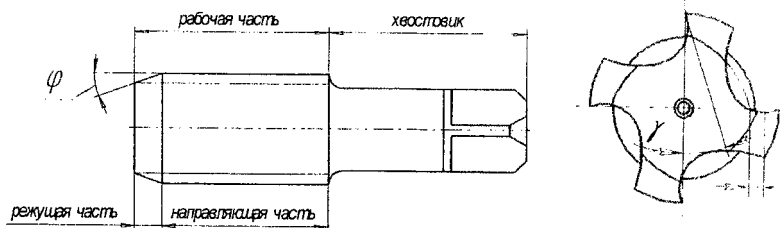


Рисунок 4.5 – Метчик ручной

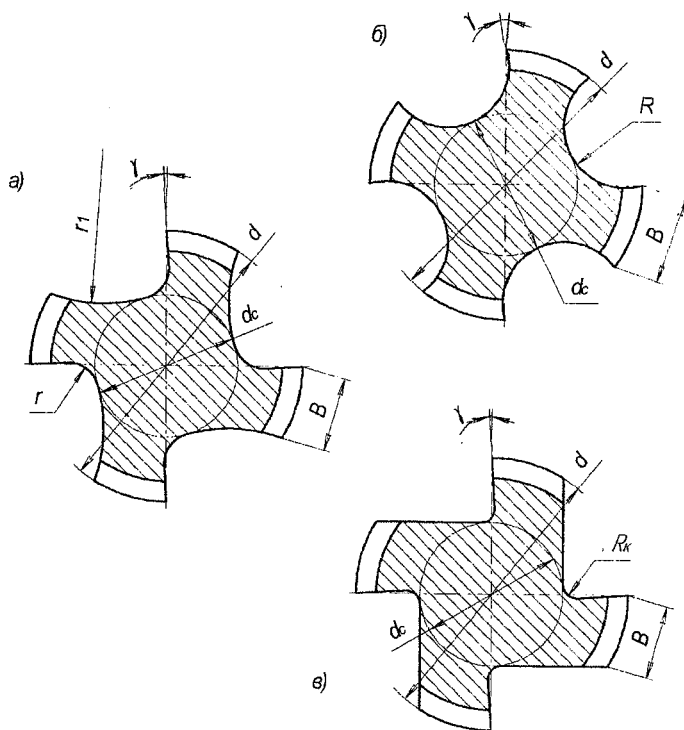


Рисунок 4.6 – Профили стружечных канавок:
 а) двухрадиусный; б) однорадиусный; в) прямолинейный.

б) Направляющая (калибрующая) часть обеспечивает направление и самоподачу метчика в отверстие, является резервом для переточек, калибрует профиль резьбы. Минимальная длина направляющей части l_{2min} 0,5 диаметра резьбы.

Длина направляющей части определяется из формулы:

$$l_2 = l_{2 \min} + i \Delta l_2, \quad (4.6)$$

где i – число переточек;

Δl_2 – величина, стачиваемая при одной переточке.

На направляющей части метчика, в целях уменьшения трения между метчиком и нарезаемой резьбой изготавливается обратная конусность. Падение диаметра в общем случае равно 0,05-0,1 мм на 100 мм условной длины.

Наибольший износ у метчиков происходит по задней поверхности перьев в зоне перехода режущей части в направляющую.

Передний угол γ метчика выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и приведен в таблице 4.3. Задний угол на режущей части метчика получается при радиальном затыловании по наружному диаметру. Величина заднего угла α зависит от обрабатываемого материала, вида отверстий, а также от вида и размеров метчика (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Зависимость величины заднего угла α от обрабатываемого материала, вида отверстий, а также от вида и размеров метчика.

Материал заготовки	$\gamma, ^\circ$	Вид метчика	$\alpha, ^\circ$
Сталь $\sigma < 600$ МПа	15		
$600 < \sigma < 900$ МПа	10	машинные	8-10
$\sigma > 900$ МПа	5	ручные	6-8
Чугун	5	гаечные и машинные со шлифованным профилем	8-12
Бронза	0	калибровочные	3-4
Латунь	10	для легких сплавов	4-8
Алюминий и его сплавы	20-30		

По направляющей части угол α , как правило равен 0.

Стружечные канавки метчиков различны по своему профилю и количеству. Количество стружечных канавок зависит от вида инструмента, обрабатываемого материала и размеров резьбы.

К профилю стружечных канавок предъявляются следующие основные требования:

- обеспечение лучшего отвода стружки, ее свободного размещения;
- сохранение прочности рабочей части метчика;
- сохранение устойчивого центрирования;
- обеспечение простоты и технологичности конструкции метчика.

Типовые профили стружечных канавок изображены на рисунке 3.

2. Крепежная часть (хвостовая) служит для крепления метчиков в патроне станка и передачи крутящего момента от шпинделя к станку. Хвостовая часть имеет различные конструктивные решения в зависимости от вида метчика. Диаметр хвостовика изготавливают меньше внутреннего диаметра резьбы на 0,25-1,5 мм для свободного прохода хвостовика метчика через сквозное отверстие детали.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию и геометрию метчика.
2. Обосновать конструкцию и вычертить эскиз заданного инструмента.
3. Провести измерения, результаты свести в таблицу.
4. Сделать выводы по работе.
5. Отчет должен содержать: содержание задания; перечень необходимого оборудования и приспособлений; обоснование конструкции и эскиз метчика; таблицу с результатами произведенных измерений; заключение по работе.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №9

Исследование точности и распределения нагрузки метчиков в комплекте

Цель и задачи работы: изучение и исследование элементов резьбы комплекта машинно-ручных метчиков со шлифованным профилем по ГОСТ 17039-71, их точности и распределения нагрузки.

На основании полученных результатов измерений определяют степень точности метчиков, сравнивая полученные при измерении результаты с допусками на резьбу метчиков по ГОСТ 16925-71 и исполнительными размерами метчиков по ГОСТ 17039-71, устанавливают, для резьбы какой степени точности они предназначены, рассчитывают распределение нагрузки между метчиками комплекта, толщину слоя, снимаемого одним зубом режущей части метчика, и вычерчивают эскиз рабочей части метчика с нанесением всех найденных размеров.

Необходимое оборудование, инструменты и приборы. Работу выполняют с использованием большого или малого инструментальных микроскопов (БМИ и ММИ). В промышленности для измерения элементов резьбы применяют также и другие средства измерения, которые в данной лабораторной работе не используются, так как инструментальный микроскоп обеспечивает измерение всех необходимых параметров.

Объектами исследований являются машинно-ручные метчики диаметрами 8 – 24 мм в комплекте из двух или трех штук, со шлифованным профилем, с четным или нечетным числом перьев.

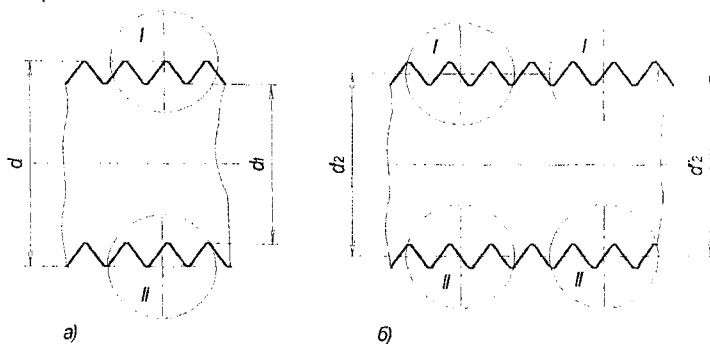


Рисунок 4.7 – Схема измерения диаметров резьбы метчика:

а) наружного и внутреннего; б) среднего

Методика выполнения работы

1. Для измерения наружного, внутреннего и среднего диаметров резьбы метчика на инструментальном микроскопе метчик устанавливают в центрах на накладном столике микроскопа. Измерения выполняют в соответствии с инструкцией к прибору. Величины наружного d , внутреннего d_1 и среднего d_2 диаметров определяют по разнице показаний лимба микроскопического винта микроскопа для двух положений I и II окулярной сетки (рисунок 4.7).

2. При измерении шага резьбы P окулярную сетку располагают относительно профиля резьбы так, как показано на рисунке 4.8. Разница отсчетов для положений I и II сетки даст величину шага. Измерения проводят для двух сторон профиля и принимают среднее значение.

3. Измерение угла профиля резьбы метчика производят отдельно по двум его половинам для того, чтобы проверить не только правильность самого угла, но и перпендикулярность биссектрисы угла к оси резьбы. Отсчеты проводят с помощью окуляра угловой окулярной головки (рисунок 4.9). Угол профиля проверяют в начале и конце калибрующей части.

Все измерения проводят 2-3 раза, за истинное значение принимают среднее арифметическое из полученных значений.

Сравнивают полученные значения измеренных элементов резьбы для чистового метчика с данными ГОСТ 17039-71* на исполнительные размеры метчиков и ГОСТ 16925-71* на допуски резьбы метчиков. Определяют степень точности данного комплекта метчиков.

4. Диаметр режущей части на торце d_r , ее длина l_p и угол конуса φ определяют измерением на инструментальном микроскопе координат двух точек, в начале и конце режущей части (рисунок 4.10) и последующим расчетом значений:

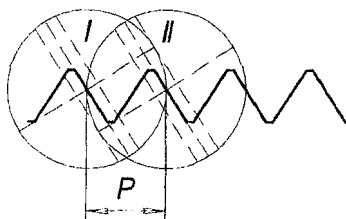


Рисунок 4.8 – Схема измерения шага резьбы

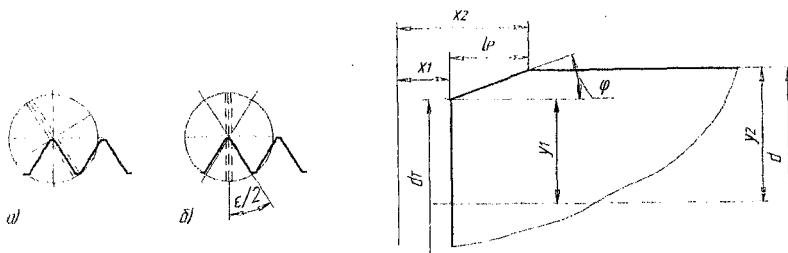


Рисунок 4.9 – Схема измерения угла профиля резьбы: а) начальное положение шкалы окулярной головки; б) конечное положение шкалы.

Рисунок 4.10 – Схема измерения режущей части метчика

$$d_0 = d - 2l_p \operatorname{tg} \varphi = d - 2(x_2 - x_1) \operatorname{tg} \varphi, \quad (4.7)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}, \quad (4.8)$$

откуда

$$\varphi = \operatorname{arctg} \left| \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \right|, \quad (4.9)$$

Угол конуса режущей части можно также измерить непосредственно с помощью окулярной головки микроскопа.

Обратную конусность у метчиков по наружному, среднему и внутреннему диаметрам определяют соответственно как разность значений наружных, средних и внутренних диаметров в начале и конце калибрующей части. Она должна быть в пределах 0,05-0,10 мм на 100 мм длины.

Величину затылования резьбы на калибрующей части по наружному и среднему диаметрам измеряют на ширине пера метчика. Измерение проводят на двух-трех витках по длине метчика. За истинный размер берут среднее арифметическое из полученных значений.

5. На основании выполненных измерений делают расчет распределения нагрузки между метчиками в комплекте.

Нагрузка на каждый метчик в комплекте определяется вырезаемой им частью площади обрабатываемого профиля резьбы, считая от диаметра отверстия d_c , просверленного под резьбу (рисунок 4.11, а).

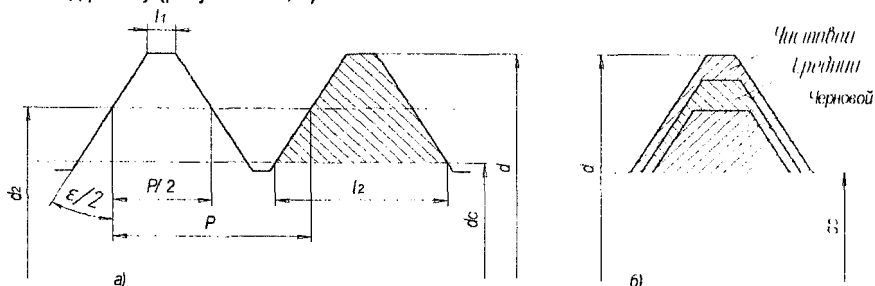


Рисунок 4.11— Схема определения нагрузки метчиков:
а) расчетные размеры профиля; б) распределение нагрузки.

Площадь рабочего профиля резьбы каждого метчика комплекта:

$$S = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot \frac{d - d_c}{2}, \quad (4.10)$$

где l_1 и l_2 — ширина профиля резьбы метчика соответственно на диаметрах d и d_c ;

d_c — диаметр отверстия под нарезание резьбы.

Диаметр отверстия под резьбу d_c выбирают по таблице 4.4

Таблица 4.4 — Значения диаметров отверстия под резьбу.

d, мм	P, мм	Диаметр отверстия под резьбу d_c , мм, со степенью точности		Диаметр сверла $d_{св}$, мм
		4H5H; 5H; 6H; 5H6H; 7H	6G; 7G	
8	1,25	6,70	6,75	6,80
9		7,70	7,75	7,80
10	1,5	8,43	8,50	8,50
11		9,43	9,50	9,50
12	1,75	10,20	10,25	10,20
14	2	11,90	11,95	12,00
16		13,90	13,95	14,00
18	2,5	15,35	15,40	15,50
20		17,35	17,40	17,50
22		19,35	19,40	19,50
24		20,85	20,90	21,00

Ширина вершины профиля резбы:

$$l_1 = \frac{P}{2} - 2 \cdot (d - d_2) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \quad (4.11)$$

Ширина основания профиля резбы:

$$l_2 = \frac{P}{2} - 2 \cdot (d_2 - d_c) \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varepsilon}{2}\right) \quad (4.12)$$

Распределение нагрузки между метчиками комплекта определяют следующим образом (рисунок 6.12, б):

$$\frac{S_{\text{черн}}}{S_{\text{чист}}} \cdot 100\% \quad (4.13)$$

для среднего метчика:

$$\frac{S_{\text{сред}} - S_{\text{черн}}}{S_{\text{чист}}} \cdot 100\% \quad (4.14)$$

для чистового метчика:

$$\frac{S_{\text{чист}} - S_{\text{сред}}}{S_{\text{чист}}} \cdot 100\% \quad (4.15)$$

где $S_{\text{черн}}$, $S_{\text{сред}}$, $S_{\text{чист}}$ – площадь рабочего профиля резбы черного, среднего и чистового метчиков.

Полученные значения нагрузок сравнивают с их рекомендуемым распределением, приведенным в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Рекомендуемые значения нагрузок.

Метчик в комплекте	Распределение нагрузки, %, в комплектах из метчиков	
	из трех	из двух
Черновой	56 – 60	75
Средний	28 – 30	-
Чистовой	16 – 10	25

Рассчитывают толщину среза, снимаемого одной режущей кромкой метчика (рисунок 4.12). Толщину среза a_z измеряют в направлении перпендикулярном к оси метчика.

Толщина снимаемой стружки на всей длине режущей части метчика одинакова:

$$a_z = \left(\frac{P}{Z}\right) \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (4.16)$$

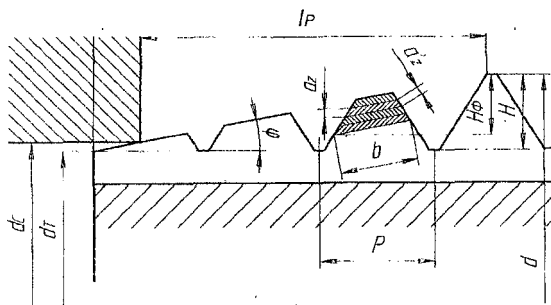


Рисунок 4.12 – Схема расчета толщины среза при работе метчика

Пользуясь этой формулой, определяют для всех метчиков комплекта толщину снимаемого слоя каждым зубом и делают заключение о том, могут ли исследуемые метчики обеспечить нарезание резьбы с требуемым параметром шероховатости поверхности ($R_z = 20$ мкм, $R_a = 2,5$ мкм). Такие параметры шероховатости обеспечиваются при толщине среза $a_z = 0,02 - 0,12$ мм.

7. Результаты измерений и расчетов заносят в протокол согласно таблице 4.5 и оформляют чертеж метчика (рисунок 4.13).

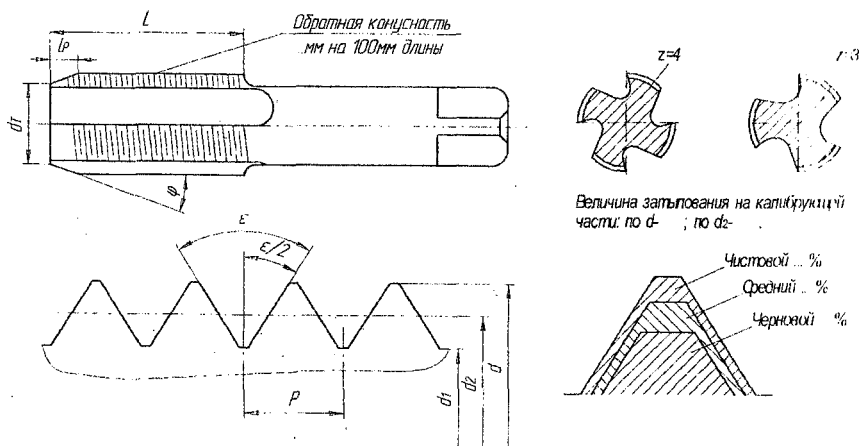


Рисунок 4.13 – Оформление материалов к отчету по лабораторной работе

Таблица 4.5 – Протокол результатов исследования.

Метчик	d	d_2	d_1	ϕ	l	Отклонение шага	Распределение нагрузки, %	Толщина снимаемой стружки
Черновой								
Средний								
Чистовой								

Полученные данные анализируют и определяют соответствие требованиям по рассмотренным параметрам.

Содержание отчета

В отчете приводят следующие данные:

Формулировку задания и характеристику комплекта метчиков, подлежащих измерению (тип, диаметр и шаг метчиков в комплекте).

Краткую характеристику оборудования, используемого для измерений.

Результаты каждого измерения контролируемых элементов резьбы, расчет среднего значения из полученных результатов, сравнение с допусками, предусмотренными ГОСТами, определение класса точности метчика.

Расчет площади профиля резьбы, снимаемой каждым метчиком комплекта, определение площади, снимаемой каждым метчиком в процентах (нагрузки).

Протокол результатов исследования (см. таблицу 6.4) и чертеж метчика (см. рисунок 6.14).

Заключение о точности и работоспособности метчика.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Проектирование фасонной дисковой фрезы

Фрезы классифицируют: по назначению (для плоскостей, пазов, фасонных поверхностей, зубьев, ...); по способу крепления (хвостовые, насадные); по конструкции (цельные, сборные); по способу получения задней поверхности (острозаточенные, затылованные).

Цель затылования – получение положительного заднего угла и обеспечение неизменности параметров профиля при переточках по передней поверхности. В качестве кривой затылования используют спираль Архимеда, которая является наиболее технологичной для изготовления за счет двух простых движений её образующих: вращения заготовки фрезы и поступательного движения затыловочного резца на токарно-затыловочных станках. Фасонные фрезы широко используются для обработки разнообразных профилей. Они имеют простую конструкцию и технологичны при изготовлении, а эксплуатируются без специального оборудования.

Дисковые фрезы с затылованными зубьями рассчитывают аналитическим и графическим методами. Первый наиболее точный и поэтому основной, а второй более наглядный (проверочный).

Аналитический расчет конструктивных параметров производится в следующей последовательности. Диаметр посадочного отверстия определяется из условия обеспечения достаточной прочности и жесткости фрезы по формуле:

$$D_0 = 5.28h^{0.48}b^{0.15} \quad (1.1)$$

где h и b – соответственно максимальные глубина и ширина профиля обрабатываемой детали.

Полученные результаты округляют в большую сторону до ближайшего значения из нормального ряда диаметров (ГОСТ 9472 - 90): 8, 10, 13, 16, 19, 22, 27, 32, 40, 50, 60, 70, 80, 100 (мм).

Приближенное значение наружного диаметра из формулы: $d_a = 2.5d_0$ (1.2)

Высота профиля зуба фрезы $h_1 = h + (1 \dots 3)$ мм.

Число зубьев фрезы z : $z = \pi * d_a / (A * h_k)$, (1.3)

где A – коэффициент, равный 1.8...2.5 для черновых фрез, 1.3...1.8 – для чистовых.

Полученный результат округляют до целого числа. Число зубьев целесообразно выбирать четным.

Значение переднего угла γ выбирают положительным в зависимости от обрабатываемого материала детали, что способствует улучшению процесса резания. При этом для чистового фрезерования необходим коррекционный расчет размеров профиля фрезы. Обычные фасонные фрезы делают с $\gamma = 0$. Значение заднего угла выбирают в пределах 8...150, в точке при вершине профиля фрезы задний угол α обычно берут равным 10...150 – для сталей и чугунов; 200 – для цветных сплавов.

Задние углы α_n в сечениях, нормальных к боковым сторонам профиля фрезы, определяют для любой точки I_p профиля фрезы по формуле

$$\operatorname{tg}^* \alpha_n = \frac{R}{R_i} \operatorname{tg} \alpha_n \sin \tau \quad (1.4)$$

где t – угол между касательной к профилю фрезы в рассматриваемой точке I_p и плоскостью, перпендикулярной к ее оси;

R_i – радиус рассматриваемой точки; R – наружный радиус фрезы.

$$\text{Величина затылования: } k = \frac{\pi * d_a}{z} * \operatorname{tg} \alpha_n \quad (1.5)$$

Значение k округляют до ближайшего из ряда 1,5; 2; 2,5 и т.д. через 0,5мм. Центральный угол канавки, необходимый для выхода затыльничного инструмента:

$$\psi_1 = 360^\circ / 6 \cdot z, \text{ если } h_1 < 15\text{мм} \quad (1.6)$$

$$\psi_1 = 360^\circ / 4 \cdot z, \text{ если } h_1 > 15\text{мм} \quad (1.7)$$

Радиус закругления дна впадины между зубьями фрезы

$$r = \left(\frac{d_a}{2} - h_1 - k \right) \sin \psi / 2 \quad (1.8)$$

Высота зуба фрезы $H = h_1 + k + r$. Толщина фрезы $m = (0,3/0,5) d_0$; здесь меньший коэффициент принимается для большего диаметра.

Уточненный наружный диаметр фрезы: $d_a = d_0 + 2m + 2H$ (1.9)

Фасонные фрезы изготавливают с $d_a = 40 \dots 120$ мм через каждые 5мм и $d_a = 120 \dots 230$ мм через 10-15мм. Ширина фрезы $B = b + (0,5/1)$ мм. Угол впадины θ выбирают равным 18, 22, 25 или 300. Окончательные значения конструктивных параметров проверяют прочерчиванием фрезы.

Если передний угол $\gamma = 0$, то профиль зубьев в плоскости передней поверхности совпадает с профилем осевого сечения исходной инструментальной поверхности фрезы. При $\gamma \neq 0$ высотные размеры профиля фрезы необходимо корректировать, размеры профиля вдоль оси не изменяются. При этом высотные размеры h_{in} профиля зуба в плоскости передней поверхности, необходимые для контроля:

$$m = R \sin \gamma \quad (1.10) \quad R_i = R - h_i \quad (1.11)$$

$$\gamma_i = \arcsin m / R_i \quad (1.12) \quad N = R \cos \gamma \quad (1.13)$$

$$n_i = R \cos \gamma_i \quad (1.14) \quad h_{in} = N - n_i \quad (1.15)$$

Высотные размеры h_p профиля зуба в осевом сечении фрезы, нужные для ее изготовления:

$$m = R \sin \gamma' \quad (1.16) \quad R_i = R - h_i \quad (1.17)$$

$$\gamma_i = \arcsin m / R_i \quad (1.18) \quad \psi_1 = \gamma_1 - \gamma \quad (1.19)$$

$$\Delta h_i = \frac{kz}{360} \psi_i^0 \quad (1.20) \quad h_{ip} = h_i - \Delta h_i \quad (1.21)$$

По рассчитанным конструктивным параметрам оформляют рабочий чертеж фрезы, а также прочерчивают профили зубьев в осевом сечении и по передней поверхности с указанием их размеров и допусков на них.

Возможно несовпадение базовых участков фрезы и детали. Тогда производят постановку высотных размеров профиля фрезы от вновь выбранной базы. То же делается на профиле детали, после чего делается расчет полей допусков.

После расчета конструкции фрезы рассчитывают скорость и мощность резания, динамические характеристики шпиндельного узла (прецессионные отклонения оси шпинделя), виброустойчивость шпиндельного узла с оправкой.

Таблица 1.1 - Выбор инструментального материала

Обрабатываемый материал	Характер обработки	
	черновая	чистовая
Сталь конструкционная	T5K10, P6M5	T15K6, P6M5
Сталь коррозионностойкая	BK8, P6M5K5	BK6, P9K5
Чугуны	BK8, P6M5	BK6, P6M5
Цветные сплавы	BK8, P6M5	P6M5

Задания: рисунки 1.3...1.7

Графическое построение – рисунок 1.1. Пример чертежа фрезы – рисунок 1.2.

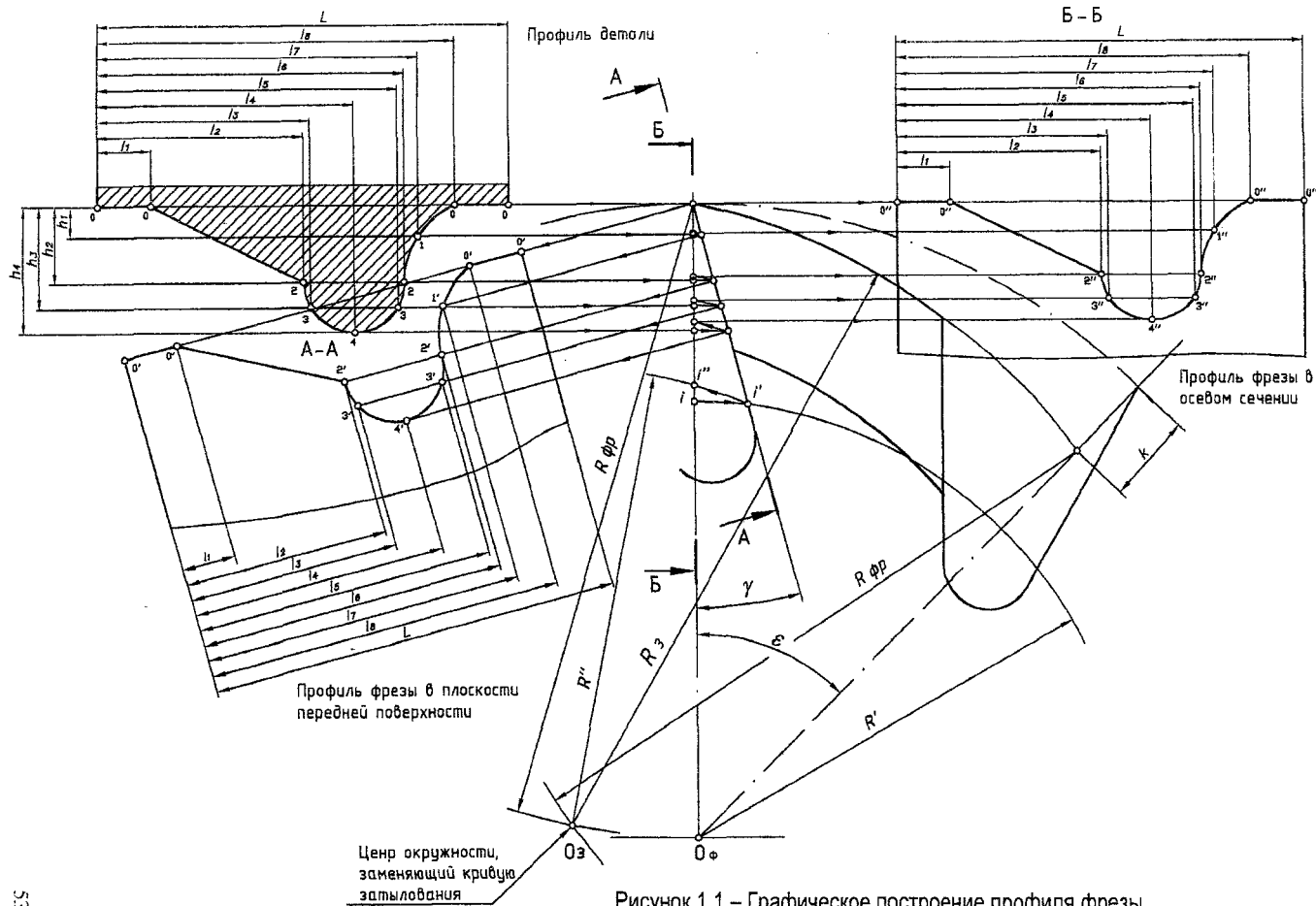


Рисунок 1.1 – Графическое построение профиля фрезы

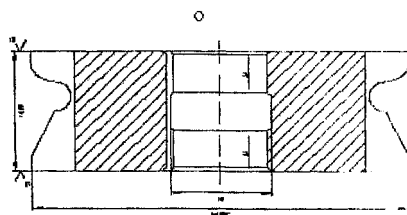
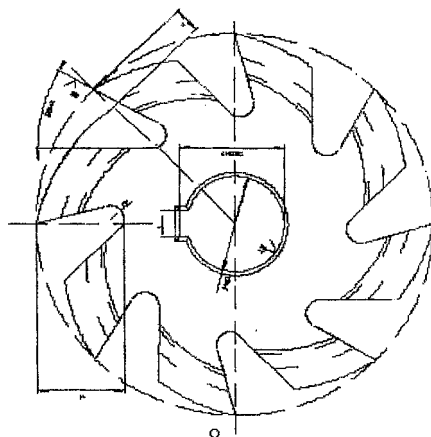


Рисунок 1.2 – Пример чертежа фрезы

Приложение

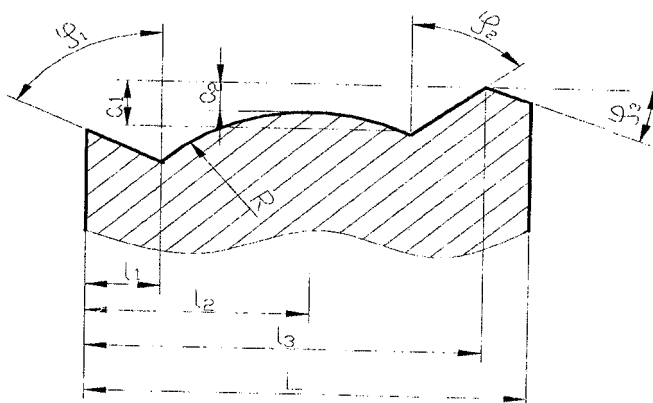


Рисунок 1.3

№ вар	L	l_1	l_2	l_3	R	a_1	a_2	φ_1	φ_2	φ_3
1	51,17	16,62	26,93	43,99	12,75	2,6	7,24	81	45	13
2	50,59	8,57	25,76	45,43	23,15	4,13	6,46	63	50	22
3	45,52	8,05	18,59	37,61	15,21	5,86	6,85	61	63	45
4	52,14	14,34	25,39	45,53	21,29	1,22	5,38	81	55	19
5	46,53	11,53	22,25	40,01	16,65	3,32	4,72	65	67	41
6	43,99	10,2	20,37	37,2	18,63	2,74	4,69	79	61	25
7	27,6	8,72	14,93	25,75	7,78	0,97	3,96	75	50	67
8	34,16	6,24	14,19	27,93	15,32	2,45	4,24	64	57	34
9	46,03	13,05	23,59	38,31	14,11	2,91	7,29	77	32	40
10	51,2	12,47	23,4	40,63	12,94	1,13	3,52	77	71	17

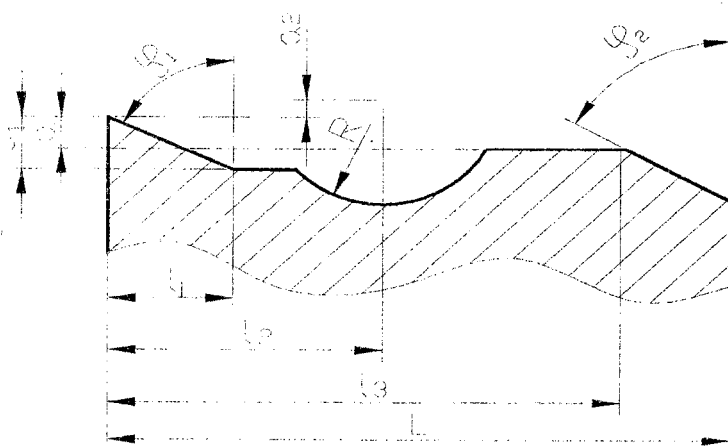


Рисунок 1.4

№ вар	L	l_1	l_2	l_3	R	a	a_1	a_2	φ_1	φ_2
1	76,58	19,07	36,32	68,16	14,25	3,33	6,35	2,72	720	620
2	95,63	23,4	44,87	89,49	15,5	1,17	5,97	0,69	760	500
3	103,38	25,29	48,5	96,74	16,76	1,26	6,45	0,75	760	500
4	56,3	11,33	24,79	46,29	10,56	3,18	5,31	1,77	650	610
5	117,68	23,68	57,35	108,48	22,51	5,25	9,9	4,3	670	390
6	61,19	11,35	27,51	51,38	11,72	3,53	5,89	1,96	630	580
7	77,24	16,2	31,67	59,09	13,48	4,06	6,77	2,26	670	690
8	75,4	24,02	37,97	70,91	16,17	4,87	8,13	2,71	710	220
9	111,9	8,85	49,36	92,18	21,03	6,33	10,57	3,52	400	770
10	98,37	29,75	48,17	91,13	18,91	4,41	8,31	3,61	740	340

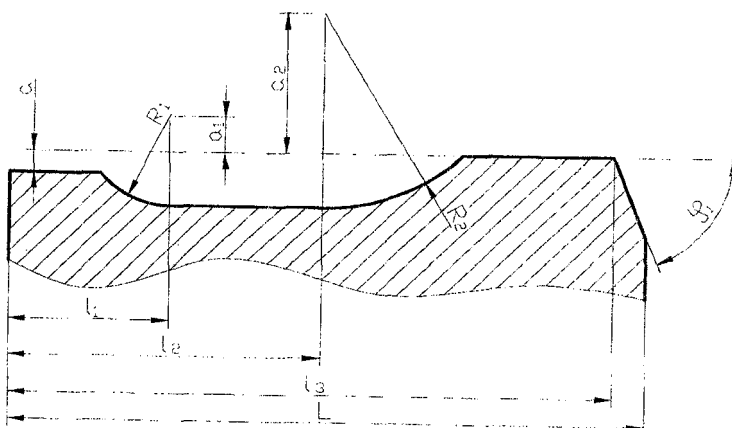


Рисунок 1.5

№ вар	L	l ₁	l ₂	l ₃	R ₁	R ₂	a	a ₁	a ₂	φ ₁
1	90,53	21,75	41,78	80,46	12,4	19,43	3,02	4,98	19,43	270
2	107,65	25,02	48,05	92,53	14,26	31	3,47	5,73	22,35	110
3	105,65	27,52	52,86	101,78	15,69	34,1	3,82	6,3	24,59	560
4	100,06	24,49	47,04	90,59	13,96	30,34	3,4	5,61	21,88	240
5	122,58	31,84	61,15	117,76	18,15	39,45	4,41	7,29	28,45	760
6	82,24	21,33	40,97	78,9	12,16	26,43	2,96	4,89	19,06	560
7	121,16	30,5	58,59	112,83	17,39	37,8	4,23	6,99	27,25	210
8	107,83	27,15	52,15	100,42	15,48	33,64	3,76	6,22	24,26	250
9	121,97	31,22	59,97	115,48	17,8	38,68	4,33	7,15	27,89	470
10	94,97	24,35	46,78	90,07	13,88	30,17	3,38	5,58	21,76	680

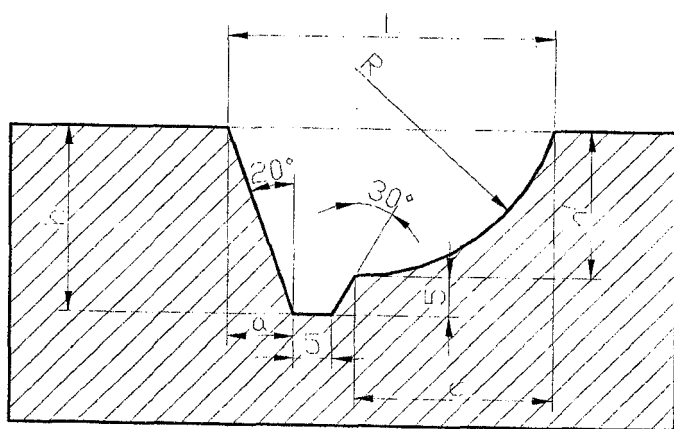


Рисунок 1.6

№ вар	R	h'	h	c	a	l
1	22,61	16,12	21,12	21,66	7,69	37,23
2	24,87	17,73	22,73	23,82	8,27	39,89
3	27,36	19,5	24,5	26,21	8,92	43,01
4	30,1	21,45	26,45	28,83	9,63	46,34
5	33,11	23,6	28,6	31,71	10,41	50,01
6	34,76	24,78	29,78	33,3	10,84	52,02
7	39,97	28,49	33,49	38,29	12,19	58,37
8	26,38	18,81	23,81	25,27	8,66	41,82
9	22,95	16,36	21,36	21,99	7,77	37,65
10	37,87	27	32	36,28	11,65	55,81

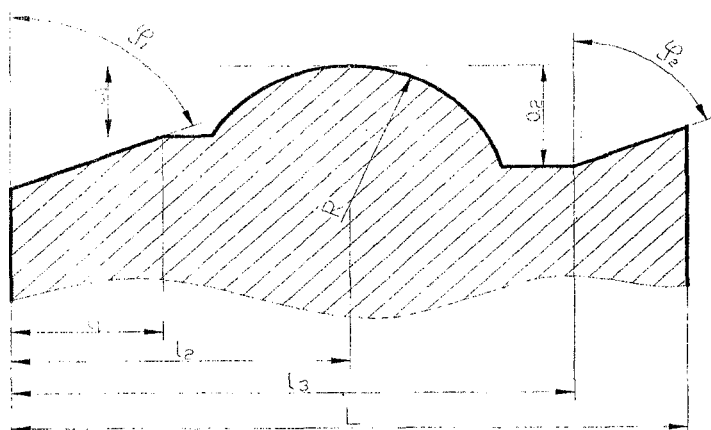


Рисунок 1.7

№ вар	L	l ₁	l ₂	l ₃	R	a ₁	a ₂	φ ₁	φ ₂
1	78,16	11,46	42,34	70,36	19,74	10,04	14,49	570	540
2	74,59	5,56	38,11	63,33	17,77	9,03	13,04	400	650
3	67,13	7,21	34,3	56,99	15,99	8,13	11,73	480	770
4	54,35	7,68	30,87	51,29	14,39	7,32	10,56	530	540
5	81,53	11,53	46,3	76,94	21,58	10,98	15,84	590	670
6	89,68	12,68	50,93	84,63	23,74	12,07	17,43	670	800
7	40,36	5,71	22,92	38,09	10,68	5,43	7,84	630	740
8	50,71	6,44	27,5	45,7	12,82	6,52	9,41	530	810
9	55,78	9,4	30,25	50,27	14,1	7,17	10,35	600	670
10	90,78	20,4	45,38	75,41	21,16	10,76	15,53	690	690

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Выбор шлифовальных кругов

1 Функциональные свойства металлорежущего инструмента (качество и точность получаемых после обработки поверхностей, производительность инструмента и его стойкость) зависят в основном от способности материала режущей части инструмента сопротивляться изнашиванию и разрушению, соответствия геометрических параметров инструмента условиям его работы, а также качества и точности поверхностей, образующих режущие кромки инструмента.

Способность инструментального материала сопротивляться изнашиванию и разрушению зависит от правильности его выбора, зависящего от условий работы, а также от правильности выполнения при изготовлении инструмента таких процессов, как термическая обработка, сварка, пайка, упрочнение и т.п. Работоспособность твердосплавных инструментов с механическим креплением пластинок во многом зависит и от выбранного способа крепления режущих элементов.

Режущие кромки инструмента не только срезают припуск с обрабатываемой заготовки, но и образуют форму ее поверхности. Конфигурация режущих кромок получается в результате пересечения передних и задних поверхностей инструмента и зависит от пространственной формы последних. Формообразование режущих кромок является одной из основных задач проектирования и изготовления режущих инструментов. Причем для сложных инструментов, имеющих фасонные и винтовые передние и задние поверхности, точное формообразование режущих кромок затруднительно.

Геометрические параметры, точность и качество режущей части инструмента, указанные на чертеже и в технических требованиях, обеспечиваются при окончательном формообразовании выбором требуемого оборудования, оснастки, характеристик шлифовальных кругов, режимов обработки и установкой инструмента на станке в необходимое положение. Заточкой обеспечивают не только режущие свойства инструмента, но и запрограммированную форму режущей части. Изучение и практическое освоение этого процесса является также эффективным средством для понимания основных принципов конструирования режущих инструментов.

Геометрические и точностные параметры у инструментов с многогранными твердосплавными пластинками обеспечиваются за счет формы, точности изготовления и установки пластинок в корпусе инструмента.

В процессе эксплуатации режущие свойства изношенных инструментов восстанавливаются заточкой. Инструменты с многогранными пластинками переточке не подвергаются. Восстановление режущих свойств этих инструментов осуществляют поворотом или сменой многогранных пластинок. Окончательное формообразование режущей части инструмента производят на универсально-заточных или специальных станках шлифовальными кругами. Типы используемых станков приведены в описаниях ниже приведенных лабораторных работ, а их модели и технические характеристики - в книге [1].

Шлифовальные круги, используемые для окончательного формообразования режущих кромок инструментов, характеризуются следующими основными признаками: видом абразивного материала, зернистостью, типом связки, твердостью, структурой, формой и размерами. В качестве абразивного материала для заточки и доводки режущих инструментов из углеродистых, легированных и быстрорежущих сталей применяют материалы на основе кристаллической окиси алюминия Al_2O_3 : электрокорунд нормальный (16А...12А), электрокорунд белый (25А...22А), монокорунд (45А...43А), электрокорунд титанистый (37А), электрокорунд хромистый (34А, 33А, 32А), электрокорунд хромтитанистый (92А, 91А). Электрокорунд белый рационально применять для чистовой обработки.

Для предварительной черновой заточки твердосплавных инструментов с большими припусками применяют круги из карбида кремния SiC (карбид кремния зеленый – 64С).

Зернистость по ГОСТ 3647-80 определяет размер зерен. Классификация шлифовальных материалов и обозначение зернистости приведены в табл. 2.1 Размеры шлифзерна и шлифпорошков выражаются в сотых долях миллиметра, микропорошков и тонких микропорошков – в микрометрах.

В зависимости от процентного содержания зерен основной фракции номер зернистости абразивных кругов дополнительно обозначается буквенным индексом. Для заточки применяют круги с индексом П, содержащие 55-50 % зерен основной фракции, и Н, содержащие 45-40 %.

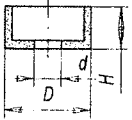
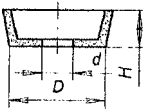
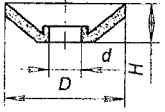
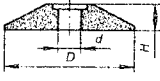
Таблица 2.1 – Классификация шлифовальных материалов и обозначение зернистости

Группа шлифовального материала	Обозначение зернистости (номера зернистости)
Шлифзерно	200, 160, 125, 100, 80, 63, 50, 40, 32, 25, 20, 16
Шлифпорошки	12, 10, 8, 6, 5, 4, 3
Микропорошки	M63, M50, M40, M28, M20, M14
Тонкие микропорошки	M10, M7, M3, M2, M1

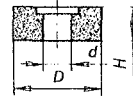
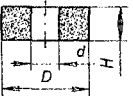
Для заточки режущего инструмента преимущественно применяют круги следующих зернистостей: для предварительной заточки – 63, 50, 40, для окончательной 25, 20, 16, для доводки – от 12- 10 и ниже.

Связка является связующим (цементирующим) веществом для соединения абразивных зерен в одно целое.

Таблица 2.2 – Формы и размеры абразивных кругов.

Круг			Размеры круга, мм			Основное назначение
Тип	Наименование		Диаметр круга D	Высота H	Диаметр отверстия d	
ЧЦ	Чашечные цилиндрические		100	50	20	Для обработки задних поверхностей острозаточенных фрез, разверток, зенкоров; передних и задних поверхностей резцов
			125	63	32; 51	
			150	80	32; 51	
			200	63	32; 51	
			250	100	76; 127	
						150
ЧК	Чашечные конические		100	25; 40	20	То же
			125	40; 45	32	
			150	40; 50	32	
Т 1Т	Тарельчатые		100	10	20	Для обработки передних поверхностей фрез, разверток, метчиков, протяжек
			125	13	32	
			150	16	32	
			100	10	20	
			150	16	32	
ЗП	С коническим профилем		100	6	20	Для обработки передних поверхностей инструментов с винтовыми канавками и др.
			125	8	32	
			150	8	32	

Продолжение таблицы 2.2

ПВ	С выточкой		150	25;32	32	Для заточки сверл, резцов
			200	40;63	76	
			300	40;50	127	
				63		
ПП	Прямого профиля		125	20	32	Для заточки резцов, протяжек, затылования метчиков, шлифования поверхности долбяков и др.
			150	20;25	32	
			25;32;40	25;32	32	
			200		32	

Для изготовления абразивных кругов применяют керамическую К, бакелитовую Б, и вулканитовую В связки. Для заточки и доводки режущего инструмента главным образом применяют круги на керамической К и бакелитовой В связках.

За твердость абразивного инструмента принимают сопротивление связки вырыванию абразивных зерен в процессе его работы. Степени твердости абразивных инструментов, применяемых при заточке, приведены ниже.

Таблица 2.3 – Характеристики кругов.

Твердость инструмента	Степень твердости
Мягкий	M1,M2,M3
Средне-мягкий	CM1,CM2
Средний	C1,C2
Средне-твердый	CT1,CT2, CT3
Твердый	T1,T2

Структура характеризует соотношение объемов шлифовального материала, связки и пор в абразивном инструменте. Абразивные круги имеют 12 номеров структуры и делятся на три группы: закрытые или плотные (1-4), средние (5-8), и открытые (9-12). Структуры 5-7 рекомендуются для заточки инструмента, изготовленного из стали, структуры 8-10 из твердого сплава.

Формы и размеры абразивных кругов, рекомендуемые для заточки основных видов инструментов, по ГОСТ 2424-83, приведены в табл. 2.2.

Выбор характеристик кругов приведен в табл. 2.3.

При маркировке на поверхность абразивного круга несмываемой краской наносят марку завода-изготовителя, абразивный материал, зернистость, индекс, указывающий содержание зерен основной фракции, твердость круга, связку, структуру, форму круга, наружный, диаметр, высоту, диаметр посадочного отверстия, максимальную окружную скорость при работе круга. Например, ЧА324А25НСММ26К55 ПП90×16×20×23 м/с.

Для чистовой заточки и доводки твердосплавных инструментов, а также заточки твердосплавных инструментов, имеющих малые припуски на заточку, рекомендуется использовать алмазные круги.

Рекомендации по выбору форм алмазных кругов для заточки и доводки твердосплавных инструментов приведены в табл. 2.4.

Таблица 2.4 – Рекомендации по выбору форм алмазных кругов.

Форма круга	Круг	Область применения
1	2	3
1А1	Плоский прямого профиля	Заточка и доводка передней поверхности у резцов. Круглое наружное шлифование инструментов

Продолжение таблицы 2.4.

1	2	3
A8	Плоский прямого профиля без корпуса	Обработка цилиндрических и плоских поверхностей
6A2	Плоский с выточкой	Заточка и доводка резцов на специальных станках для заточки резцов
9A3	Плоский с двусторонней выточкой	
12A2 с углом 45	Чашечный конический с углом 45	Заточка и доводка передних и задних поверхностей резцов, задних поверхностей сверл, зенкеров, разверток, концевых, цилиндрических, торцовых фрез и т.д.
12A2 с углом 20	Тарельчатый с коническим углом 20	Заточка и доводка передней поверхности фрез, разверток, зенкеров, протяжек и т.п.
12R4	Тарельчатый	
12V5 с углом 20	Тарельчатый с углом 20	Заточка и доводка передней и задней поверхностей многолезвийного инструмента с винтовым зубом-концевых и цилиндрических фрез, зенкеров и т.п.
12D9	Тарельчатый	Заточка и доводка червячных фрез

Рекомендации по выбору зернистости и связи алмазных кругов в зависимости от требований к параметрам шероховатости обработанной поверхности при заточке твердосплавного инструмента даны в табл. 2.5.

Таблица 2.5 – Рекомендации по выбору зернистости и связи алмазных кругов.

Обработка	Параметр шероховатости Ra, мкм	Связка	Зернистость
1	2	3	4
Заточка твердосплавных пластинок	0,32-0,63	Металлическая М1, М5, МО13, МВ1	АС4, АС6, 200/160-100/80
	0,16-0,32	Органическая Б1, Б156, ТО2	АС2 160/125-63/50
Заточка твердосплавных пластинок совместно с державкой	0,63-1,25	Керамическая К1	АС4 250/200-125/100
Образование стружколомающих лунок, порожков, канавок	0,08-0,16	Металлическая М1, М5, МВ1	АС6 М60/40- М14/10
Доводка твердосплавных пластинок	0,08-0,16	Органическая Б1, КБ	АС2 63/50-АСМ 60/40

Круги на органической связке применяют 50 и 100 %-ой концентрации, круги на металлической связке – 100 %-ой концентрации.

При маркировке на корпусе алмазного круга с наружным диаметром 60 мм и более наносятся: товарный знак предприятия-изготовителя, обозначение круга, марка и зернистость алмазного порошка, концентрация алмазов в алмазном слое, марка связки, номер круга по системе нумерации предприятия-изготовителя.

Например, ТЗАИ АЧК 125×10×3×32:

АС2 100/63 Б1 100 % 1200

На корпусах кругов с наружным диаметром до 60 мм проставляется только номер

круга и товарный знак завода-изготовителя. Полностью маркируют эти круги на бирках.

Для чистовой заточки и доводки режущих инструментов из быстрорежущих и инструментальных сталей, кроме кругов из электрокорунда, применяют эльборовые круги.

Для чистовой заточки и доводки инструментов из инструментальных сталей применяют круги из эльбора на керамической (С10) и органической (Б1.КБ, Б156) связках. Для доводки рекомендуется в основном применять круги на органической связке.

Форму кругов из эльбора выбирают по ГОСТ 17123-79.

Режимы резания при заточке и доводке выбирают с условием, что на обработанной поверхности не должно получаться прожигов, трещин, микротрещин и других дефектов; скорость круга не должна превышать максимальной скорости, допускаемой механической прочностью абразивного круга; в результате обработки должны обеспечиваться заданные параметры шероховатости обработанных поверхностей и необходимое качество режущихлезвий.

Рекомендуемые режимы при заточке и доводке кругами из электрокорунда и карбида кремния приведены в табл.2.6

Рекомендуемые режимы резания при заточке и доводке твердосплавного режущего инструмента алмазными кругами приведены в табл. 2.7.

Рекомендации по режимам заточки и доводки режущих инструментов кругами из эльбора приведены в табл. 2.8.

Таблица 2.6 – Рекомендуемые режимы при заточке и доводке кругами из электрокорунда и карбида кремния.

Материал режущей части инструмента	Обработка	Материал круга	Скорость круга, м/с	Продольная подача, м/мин	Поперечная подача, мм/дв.ход
Быстрорежущая и инструментальная стали	Заточка	Электрокорунд	20-25	3-6	0,03-0,05
	Доводка			1-2,5	0,005-0,01
Твердый сплав: ВК ТК	Заточка	Карбид кремния	11-18	2-5	0,02-0,04
			10-12	2-5	0,02-0,05

Шлифовальные круги крепят на специальных оправках. Для предохранения кругов от повреждений и для более равномерного зажима абразивные круги закрепляют между двумя картонными прокладками толщиной 1-2 мм. При креплении кругов металлическим корпусом прокладок не применяют. При установке шлифовального круга диаметром свыше 100 мм оправка вместе со шлифовальным кругом должна быть отбалансирована грузами, расположенными в кольцевых канавках, на торце фланца оправки. Для защиты работающего от травм, которые могут быть вызваны разрывом круга, необходимо применять защитные устройства - кожухи, ограждающие круг.

Таблица 2.7 – Рекомендуемые режимы резания при заточке и доводке твердосплавного режущего инструмента алмазными кругами

Операция	Связка круга	Режимы резания		
		Скорость круга, м/с	Поперечная подача, мм/дв.ход	Продольная подача, м/мин
Заточка по пластинке из твердого сплава	Органическая	25-30	0,01-0,02	1,0-2,0
	Металлическая	16-22	0,05-0,08	2,0-3,0
Заточка совместно с державкой	Керамическая	25-40	0,03-0,05	0,5-1,5
Доводка	Органическая	25-30	0,005-0,01	0,5-1,5

Таблица 2.8 – Рекомендации по режимам заточки и доводки режущих инструментов кругами из эльбора

Связка	Скорость круга, м/с	Подача	
		продольная, м/мин	Поперечная, мм/дв.ход
Органическая	20-30	0,5-1,5	0,01-0,03
Керамическая	35-40	1-2	0,03-0,08

Правку шлифовальных кругов производят для придания кругу требуемой геометрической формы, для устранения биения и восстановления его режущей способности.

После выбора, закрепления и правки шлифовального круга, установки и настройки положения обрабатываемого инструмента в приспособлении, установленном на столе станка, а также наладки станка включают станок и производят пробное касание вращающимся кругом обрабатываемой поверхности зуба инструмента. При работе на универсально-заточных станках предварительно устанавливают упоры, ограничивающие зону продольного перемещения стола.

При обработке многолезвийного инструмента (разверток, метчиков, фрез и т.п.) осуществляют пробный проход всех зубьев инструмента с целью определения наиболее выступающего зуба, с которого и следует начинать обработку. Затем перемещают стол в поперечном направлении на величину выбранной поперечной подачи и обрабатывают все зубья инструмента. Каждый зуб обрабатывают при двойном возвратно-поступательном перемещении стола. Следующую подачу на глубину резания осуществляют после полного оборота инструмента. На универсально-заточных станках съем припуска производят при продольных возвратно-поступательных перемещениях стола. Обработку заканчивают выхаживанием без поперечной подачи. Последовательность обработки зависит от вида обрабатываемого инструмента, типа станка, способа формообразования, конструкции приспособления и т.д. В каждом конкретном случае при выполнении лабораторной работы необходимо использовать рекомендации, приводимые в руководствах по эксплуатации применяемого оборудования.

Контроль точности заданных геометрических параметров, нормы и расположения режущих кромок инструментов производят различными измерительными приборами и инструментами, описанными ниже.

Таблица 2. 9 – Рекомендуемые характеристики круга

Инструмент	Затачиваемые поверхности	Материал инструмента	Характеристика круга				
			Тип	Марка шлифовального материала	Зернистость	Степень твердости	Связка
Резец	Передние и задние	Быстрорежущая сталь	ЧК	16А-12А 25А-22А	63-40	С1-СМ2	К
		Твердый сплав	ЧЦ	64С-62С	40-25	М3-М2	К,Б
Сверло	Задние	Быстрорежущая и инструментальная стали	ПВ	16А-12А 25А-23А	40-25	СМ1-СМ2	К
Зенкер, развертка, фреза	Задние	Быстрорежущие и инструментальные стали	ЧК ЧЦ	24А-23А	40-25	СМ1-СМ2	К
Развертка, фреза, метчик, протяжка	Передние	Быстрорежущая и инструментальные стали	4Т 1Т	16А-14А 24А-23А	40-25	СМ1-СМ2	К
Червячная фреза	Передние	Быстрорежущая сталь	Т 1Т		25	СМ1-СМ2	К
Метчик	Задние (заточенные)	Быстрорежущая и легированная инструментальные стали	ПП	16А-14А 24А-23А	25-16	СМ1-СМ2	К

Учебное издание

Составитель: Левданский Алексей Маратович

СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ

к лабораторно-практическим занятиям
по дисциплине

«Режущий инструмент»

для студентов специальности 1-36 01 01
«Технология машиностроения»

Ответственный за выпуск: Левданский А.М.

Редактор: Строкач Т.В.

Компьютерная вёрстка: Кармаш Е.Л.

Корректор: Никитчик Е.В.

Подписано к печати 31.05. 2007. Формат 60х84 1/16. Бумага «Снегурочка». Усл. п. л. 3,72.
Уч. изд. 4. Тираж 100 экз. Заказ №549. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267