

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор УО «ВГТУ»

_____ С.И.Малашенков

_____ 20__ г.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Методические указания к лабораторным работам

для студентов специальности

1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного
производства» дневной формы обучения

РЕКОМЕНДОВАНО

Редакционно-издательским советом

УО «ВГТУ»

_____ 20__ г.

Протокол № _____

Витебск

2013

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам
для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое
оборудование машиностроительного производства»

Витебск
2013

УДК 621.01

Инструментальные системы : методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Витебск : Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2011.

Составители: ст. преп. Фирсов А.С.,
асс. Жерносек С.В.

В методических указаниях изложены содержание и методика выполнения лабораторных работ по курсу «Инструментальные системы».

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения с полным и сокращенным сроком обучения специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

Одобрено кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства» УО «ВГТУ»

« 27 » июня 2011 г. Протокол № 16

Рецензент: к.т.н., ст. преп. Путеев Н.В.

Редактор: ст. преп. Климентьев А.Л.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» « ____ » _____ 2011 г. Протокол № _____.

Ответственный за выпуск : Герасимова О.С.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати	Формат	Уч.-изд. лист.
Печать ризографическая.	Тираж экз.	Заказ №
		Цена

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».
Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 года.

210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Лабораторная работа № 1 Изучение инструментальных материалов.....	4
2 Лабораторная работа № 2 Изучение конструкции и геометрии резцов.....	6
3 Лабораторная работа № 3 Инструменты для обработки отверстий.....	16
4 Лабораторная работа № 4 Исследование окончательного формообразования зубьев острозато- ченных фрез	26
5 Лабораторная работа № 5 Изучение конструкции и геометрии протяжек	31
6 Лабораторная работа № 6 Изучение конструкции геометрии метчиков.....	40
Рекомендуемая литература.....	45

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

Изучение инструментальных материалов

1.1 Цель работы: изучение инструментальных материалов по внешнему виду. Изучение основных параметров инструментальных материалов по справочной литературе.

1.2 Оборудование и инструмент

- 1) инструментальные материалы различных видов;
- 2) измерительная линейка, штангенциркуль;
- 3) аналитические весы.

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Последовательно описать все выданные материалы, дополняя описание эскизом. При описании материала указать:

- а) название инструмента;
- б) агрегатное состояние — твёрдое тело, порошок, паста;
- в) цвет;
- г) способность оставлять царапины друг на друге у нескольких пар неабразивных материалов;
- д) плотность;
- е) величину зёрен абразива (визуально);
- ж) форму режущей части;
- з) метод крепления к державке;
- и) другие характерные признаки.

1.3.2 Выписать вариант задания из таблицы П. 1 приложения. Номер варианта задаётся преподавателем.

1.3.3 По справочной литературе установить свойства инструментальных материалов заданных марок. Заполнить таблицу П.2 согласно варианту задания.

1.3.4 Письменно ответить на контрольные вопросы.

1.4 Основные сведения об инструментальных материалах

Инструментальными являются материалы, основное назначение которых, — оснащение рабочей части инструментов.

К основным свойствам, по которым определяется качество инструментальных материалов и область их применения, относятся высокая твёрдость, высокая износостойкость, высокая теплостойкость и высокая механическая прочность.

Материалы, применяемые для изготовления режущего инструмента, делятся на группы:

- 1) инструментальные стали (углеродистые стали, легированные стали, быстрорежущие стали);
- 2) металлокерамические твёрдые сплавы;
- 3) минералокерамические материалы;
- 4) сверхтвёрдые материалы;

5) абразивные материалы.

В углеродистых инструментальных сталях основным элементом, определяющим физико-механические и режущие свойства, является углерод. Чем выше содержание углерода, тем большую твёрдость получит сталь после закалки и тем больше её износостойкость, но при этом ухудшается пластичность и способность коваться. Инструментальные углеродистые стали обозначаются буквой *У*, за ней следует цифра, характеризующая массовое содержание углерода в стали, умноженное на 10. Так, в стали марки *У10* массовое содержание углерода составляет 1 %. Буква *А* в конце соответствует высококачественным сталям с пониженным массовым содержанием примесей.

Углеродистая инструментальная сталь характеризуется плотностью $\rho = 780 \text{ кг / м}^3$, твёрдостью после закалки и отпуска $62 - 64 \text{ HRC}$, теплоустойчивостью $200 \dots 250 \text{ }^\circ\text{C}$ и пределом прочности на изгиб около 2000 МПа, на сжатие — 4000 МПа. Инструменты, изготовленные из углеродистой инструментальной стали, имеют скорость резания $10 \dots 12 \text{ м / мин}$. Это в основном слесарные ручные инструменты — зубила, пилы, напильники, керны, отвертки и т. д.

Легированные инструментальные стали обладают более высокими режущими свойствами за счёт введения в их состав добавок легирующих элементов. Они обозначаются цифрой, характеризующей массовое содержание углерода в десятых долях процента (если цифра отсутствует, содержание углерода до 1 %), за которой следуют буквы, соответствующие легирующим элементам (*Г* — марганец, *Х* — хром, *С* — кремний, *М* — молибден, *Ф* — ванадий, *В* — вольфрам, *К* — кобальт, *А* — азот, *Т* — титан, *Ц* — цирконий), и цифры, обозначающие содержание элемента в процентах. Легированные стали характеризуются свойствами не на много превышающими свойства углеродистых сталей: твёрдостью после закалки и отпуска $53 \dots 66 \text{ HRC}$, теплоустойчивостью — $200 \dots 250 \text{ }^\circ\text{C}$, пределом прочности на изгиб около 2700 МПа, скоростью резания — $12 \dots 16 \text{ м / мин}$. Легированные стали применяются для изготовления метчиков, долбежных и строгальных резцов, плашек, калибров, резьбонакатного инструмента, штампов холодной и горячей штамповки и т. д.

Быстрорежущие стали имеют более широкое применение в инструментальном производстве по сравнению с легированными. Режущие свойства этих сталей определяются объёмом основных карбидообразующих элементов — кобальта, азота. Эти стали обладают твёрдостью $63 \dots 66 \text{ HRC}$, теплоустойчивостью до $650 \text{ }^\circ\text{C}$, пределом прочности на изгиб — до 3700 МПа, пределом прочности на сжатие — 4000 МПа, допускают скорость резания $30 \dots 40 \text{ м / мин}$. Быстрорежущие стали применяются для всех видов режущего инструмента при обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей.

Твёрдые сплавы являются керамическими материалами и содержат смесь зёрен карбидов, нитридов, карбонитридов тугоплавких металлов и связывающего материала. Стандартные марки твёрдых сплавов выполнены на

основе карбидов вольфрама, титана, тантала. В качестве связки используется кобальт. Твердые сплавы обладают твёрдостью 87...92 *HRA*, плотностью 1200 кг / м³, пределом прочности на изгиб 1000 – 1700 МПа, пределом прочности на сжатие до 5000 МПа, теплостойкостью 800 – 900 °С, допускаемой скоростью резания 150...300 м / мин.

Для обработки резанием применяется четыре группы сплавов:

1) вольфрамокобальтовые — *BK3* (97 % *WC*+3 % *Co*), *BK4*, *BK6*, *BK6M*, *BK6 – OM* и др.

Применяются в основном для черновой и чистовой обработки чугунов, цветных металлов и их сплавов;

2) титановольфрамокобальтовые — *T5K10* (85 % *WC*+5 % *TiC*+10 % *Co*), *T15K6*, *T30K4* и др. Применяются для обработки закалённых и незакалённых групп сталей;

3) титанотанталовольфрамокобальтовые — *TT7K12* (7 % *TiC*, *TaC*+81 % *WC*+12 % *Co*), *TT8K6*, *TT20K9* и др. Применяются для обработки высокопрочных и труднообрабатываемых материалов, а также при тяжёлых условиях обработки;

4) безвольфрамовые на основе карбидов титана — *TH20* (на основе *TiC*), *KHT16* (на основе *TiCN*) и др. Применяются как материалы, не содержащие дефицитных элементов, при обработке сталей и чугунов на средних и лёгких режимах.

Минералокерамические инструментальные материалы обладают высокой твёрдостью (до 96 *HRA*), тепло- и износостойкостью. Их основой является глинозём *Al₂O₃* (оксидная керамика *ЦМ – 322* до 96 % *Al₂O₃*) или смесь *Al₂O₃* с карбидами, нитридами и др. соединителями (керметы *ВОК60* — *Al₂O₃* + *WC*, кортинит — *Al₂O₃* + *TiN*). Оксидная керамика обладает плотностью 360 кг/м, пределом прочности при изгибе 350 МПа, пределом прочности при сжатии 1500 МПа, теплостойкостью 1200 °С. Она предназначена для чистовой и получистовой обработки закалённых (до 50 *HRC*) сталей, чугунов и цветных металлов при работе без ударов. Керметы обладают плотностью 470 кг / м³, пределом прочности на изгиб до 750 МПа, пределом прочности на сжатие до 2500 МПа, теплостойкостью 1100 °С. Они применяются при получистовой и чистовой обработке сталей и чугунов, в том числе в условиях прерывистого резания. Инструменты, оснащённые минералокерамическими материалами, могут работать со скоростью резания до 500 м / мин.

Сверхтвёрдые материалы (*СТМ*) подразделяются на материалы с основой в виде кубического нитрида бора (*КНБ*) и материалы на основе синтетических алмазов. *СТМ* на основе *КНБ*: композит 01 (состав *КНБ*), композит 05 (состав *КНБ*+*Al₂O₃*) имеют плотность 345 кг / м³, микротвёрдость 78 – 95 ГПа, предел прочности при изгибе 700 МПа, предел прочности при сжатии до 1500 МПа, теплостойкость 1400 °С. *СТМ* на основе синтетических алмазов (*АСВ*, *АСПК*) имеют плотность 356 кг/м³, микротвёрдость 100 ГПа, предел прочности при изгибе 300 МПа, предел прочности при сжатии до 2000 МПа, теплостойкость 800 °С. *СТМ* на основе *КНБ* могут работать со скоростью ре-

зания до 2000 м/мин. Они применяются для чистовой и получистовой обработки закалённых сталей и чугунов, для обработки цветных металлов и пластмасс, а также для обработки твёрдых сплавов.

Рубин или качественный термоторунд представляет модификацию α — Al_2O_3 с небольшими примесями хрома ($97\% Al_2O_3 + 1,2\% Cr_2C_3$).

Лейкосапфир представляет собой синтетический монокристалл в виде α – модификации, который почти не содержит примесей, и имеет более высокие механические свойства, чем рубин. Лейкосапфир обладает более низкой микротвёрдостью по сравнению с алмазом, но превосходит его по таким физико-механическим характеристикам, как предел прочности на изгиб и теплостойкость.

Абразивные материалы делятся на естественные и искусственные. К естественным относятся кварц, наждак, корунд и др., а к искусственным — электрокорунд, карбид бора, окись хрома, карбид кремния и др. Наиболее широко в промышленности применяются искусственные абразивы.

Электрокорунд состоит из кристаллической окиси алюминия и обладает плотностью 4000 кг / м^3 . Он более вязок и прочен по сравнению с другими искусственными абразивами (предел прочности на изгиб 100 МПа). Различают несколько видов электрокорунда:

- 1) электрокорунд нормальный ($12A...16A$) с содержанием $93...96\% Al_2O_3$, имеет микротвёрдость 20 ГПа и теплостойкость $1700^\circ C$;
- 2) электрокорунд белый ($22A...25A$) с содержанием $98...99\% Al_2O_3$, имеет микротвёрдость 21 ГПа и теплостойкость $1800^\circ C$;
- 3) электрокорунд легированный хромистый ($34A$) и титанистый ($37A$) имеет повышенную режущую способность, микротвёрдость 22 ГПа и теплостойкость $1850^\circ C$;
- 4) электрокорунд циркониевый ($38A$) состоит из корунда и окиси циркония, имеет микротвёрдость 23 ГПа и теплостойкость $2000^\circ C$;
- 5) монокорунд ($43A...45A$) содержит $97...98\% Al_2O_3$, имеет микротвёрдость 23,5 ГПа, теплостойкость $1800^\circ C$.

Электрокорунд применяется для шлифования сталей и заточки быстрорежущего инструмента.

Карбид кремния (карборунд) — химическое соединение кремния с углеродом (SiC) (обладает плотностью 3200 кг/м^3 , микротвёрдостью 35 ГПа, теплостойкостью $1400^\circ C$, сопротивление на изгиб составляет 200 МПа). Выпускается в виде зелёного ($62C...64C$) и чёрного ($52C...54C$) карбидов идентичных химических составов и примесей. Зелёный карбид кремния содержит их меньше и обладает за счёт этого большей абразивной способностью. Он применяется для обработки чугуна, цветных материалов и их сплавов, а также титановых титанотанталовых твёрдых сплавов. Чёрный карбид кремния более хрупок и применяется для обработки чугуна, цветных металлов и вольфрамовых твёрдых сплавов.

Карбид бора состоит из $84...33\%$ кристаллического карбида бора (B_4C) и примесей бора, оксида бора, графита и др. Он обладает микротвёр-

достью 44 ГПа и теплостойкостью до 800 °С, плотностью 2500 кг / м³. Отличается высокой хрупкостью, из-за чего его выпускают в виде шлифматериалов для обработки свободными зёрнами твёрдых сплавов и чугунов.

1.5 Контрольные вопросы

1. На какие основные группы делятся инструментальные материалы?
2. Назовите область применения безвольфрамовых твёрдых сплавов.
3. Какими свойствами отличаются оксидная минералокерамика и керметы?
4. Какими свойствами отличаются *СТМ* на основе *КНБ* и *СТМ* на основе синтетических алмазов?
5. Какие виды электрокорунда вы знаете? Чем они отличаются?
6. Почему карбид бора выпускается только в виде шлифматериалов для обработки свободными зёрнами?
7. Какие группы инструментальных сталей вы знаете? Для каких инструментов они применяются?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

Изучение конструкции и геометрии резцов

2.1 Цель работы: ознакомиться с конструкцией и геометрией сборных и фасонных токарных резцов. Получить экспериментальные данные по фактическим значениям конструктивных и геометрических параметров

2.2 Оборудование и инструмент

1. Резцы сборные проходные — 4.
2. Резцы фасонные — 4.
3. Штангенциркуль — 4.
4. Металлическая линейка — 4.
5. Универсальный угломер — 4.
6. Штангенрейсмус — 4.
7. Центровые бабки — 4.
8. Оправки — 4.

2.3 Порядок выполнения работы

1. Сформулировать и записать цель работы.
2. Зарисовать эскиз твердосплавной пластины, которой оснащен резец (в двух проекциях). Замерить конструктивные параметры пластины и проставить их значения на эскизе.

3. Зарисовать эскиз сборного резца.

4. Измерить геометрию резца и его конструктивные параметры и проставить их значения на эскизе.

5. По измеренным углам α , α_1 рассчитать параметры ориентации твердосплавной пластинки (обозначить их на эскизе резца) и теоретические значения углов γ , λ , φ_1 . Рассчитанные значения углов сравнить с измеренными и проставить на эскизе в скобках.

6. Зарисовать эскиз выданную фасонного резца.

7. В случае призматического фасонного резца:

- а) измерить угол заострения β и просчитать угол γ (у стержневого резца измерить углы α и γ);

- б) зарисовать схему переточки.

8. В случае круглого фасонного резца:

- а) определить высоту заточки H (см. рис. 2.1):

$$H = M_2 - M_3, \quad M_2 = M_1 - 0,5d ;$$

- б) рассчитать сумму углов $\alpha + \gamma$:

$$\sin(\alpha + \gamma) = \frac{H}{R}.$$

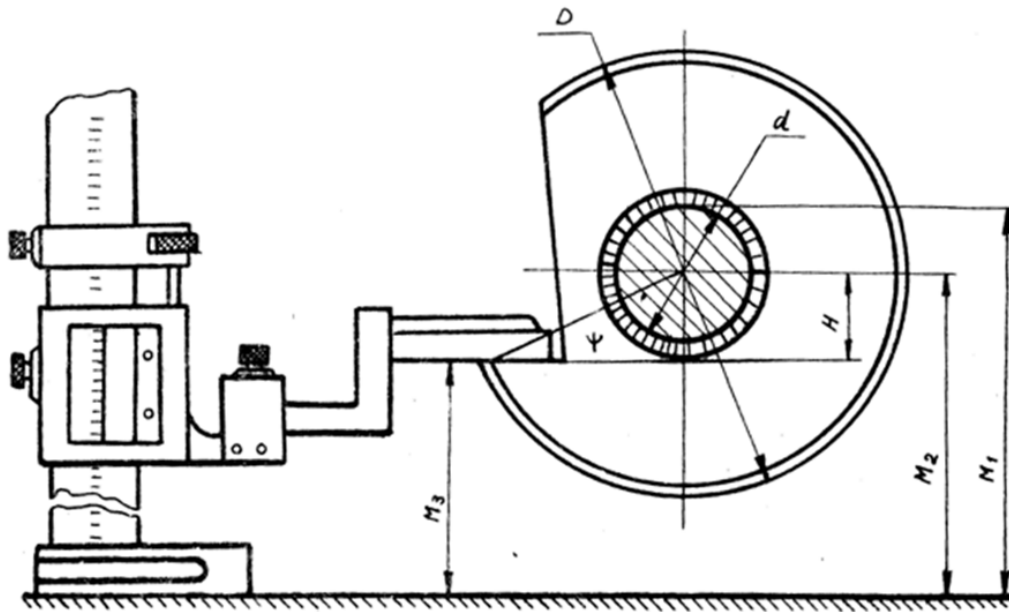


Рисунок 2.1 — Схема определения высоты заточки круглого фасонного резца

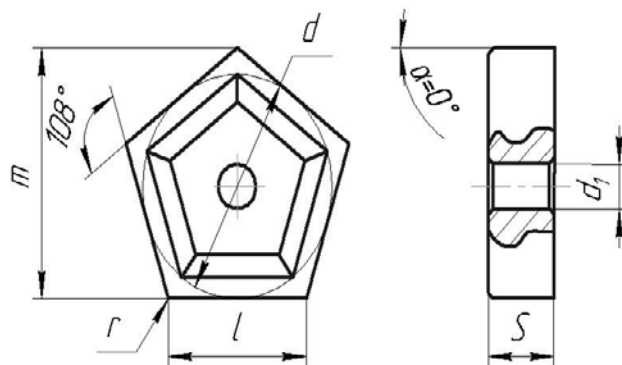


Рисунок 2.2 — Эскиз твёрдосплавной пластины

2.4. Методика определения параметров ориентации твёрдосплавной пластинки без задних углов

Для создания задних углов на главной и вспомогательной режущих кромках резца пластинка (если она не имеет задних углов) должна быть установлена в державке с наклоном в сторону вершины резца.

Геометрические параметры резца с многогранной пластинкой определяются углами γ , α , α_1 , значения которых могут быть заданы независимо друг от друга. Значения углов φ , γ_1 , λ будут производными от этих углов, числа граней и формы пластинки. Схема ориентации пластинки без задних углов показана на рис. 2.3. По требуемым углам α , α_1 определяют параметры её ориентации.

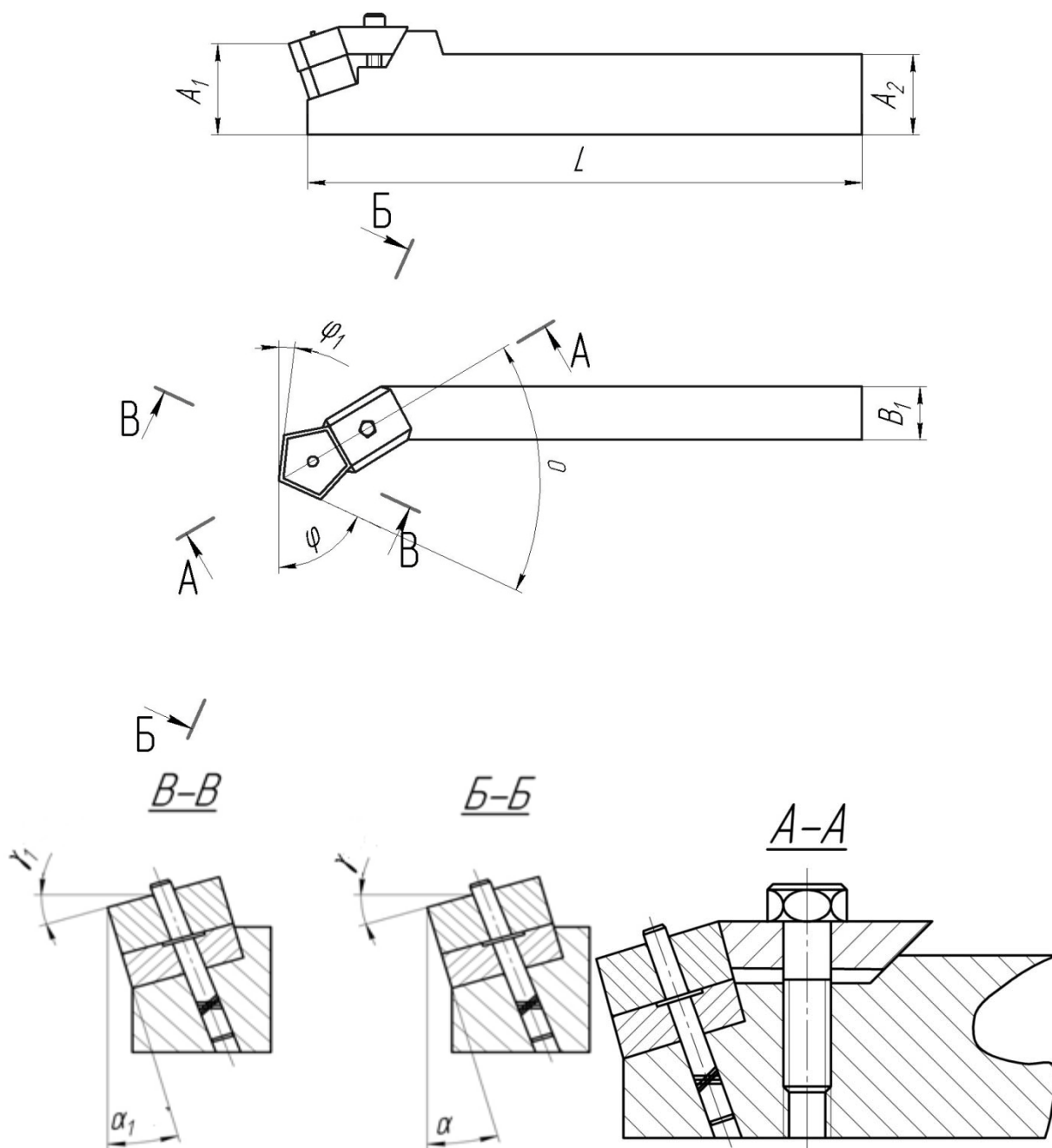


Рисунок 2.3 — Эскиз сборного резца

1. Угол θ , определяющий положение плоскости поворота пластинки, можно определить по формуле:

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{\operatorname{tg}\alpha \cdot \sin \eta}{\operatorname{tg}\alpha_1 + \operatorname{tg}\alpha \cdot \cos \eta},$$

где η — угол при вершине многогранной пластинки.

$$\eta = \frac{180^\circ \cdot (n - 2)}{n},$$

где n — число граней пластинки.

2. Угол μ , определяющий угол λ поворота опорной плоскости пластинки относительно основной плоскости резца, определить по формуле

$$tg\mu = \frac{tg\alpha}{\sin\theta}.$$

Угол φ_1 находят по формуле:

$$\varphi_1 = \frac{360^\circ}{n} - \varphi.$$

Угол λ находят по формуле

$$tg\lambda = tg\alpha \cdot ctg\theta.$$

Передний угол находят по формуле:

$$\gamma = \gamma_{\text{шт}} - \alpha,$$

где $\gamma_{\text{шт}}$ — передний угол пластинки в статическом положении.

2.5. Сведения из теории

К геометрическим параметрам инструментов относят углы рабочей части, а также форму передней и задней поверхностей. На инструментах рассматривают следующие плоскости (см. рис. 2.4.):

- основную плоскость P_v (координатная плоскость, проведённая через рассматриваемую точку режущей кромки перпендикулярно направлению вектора скорости главного (или результирующего) движения резания в этой точке);

- плоскость резания P_n (координатная плоскость, касательная к режущей кромке в рассматриваемой точке и перпендикулярная к основной плоскости);

- главную секущую плоскость P_τ (координатная плоскость, перпендикулярная к линии пересечения основной плоскости и плоскости резания);

- рабочую плоскость P_s (плоскость, в которой расположены направления скоростей главного движения резания и движения подачи).

На инструментах различают следующие углы:

- передний угол γ — угол в секущей плоскости между касательной к передней поверхности в рассматриваемой точке лезвия и основной плоскостью. Различают главный передний угол (передний угол в главной секущей плоскости) и вспомогательный передний угол;

- задний угол α — угол в секущей плоскости между касательной к задней поверхности лезвия и основной плоскостью. Различают главный задний угол (задний угол в главной секущей плоскости) и вспомогательный задний угол;

- угол наклона кромки λ — угол в плоскости резания между режущей кромки и основной плоскостью;

- главный угол в плане φ — угол в основной плоскости между плоскостью резания и рабочей плоскостью;

- вспомогательный угол в плане φ_1 — угол между рабочей плоскостью и проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость.

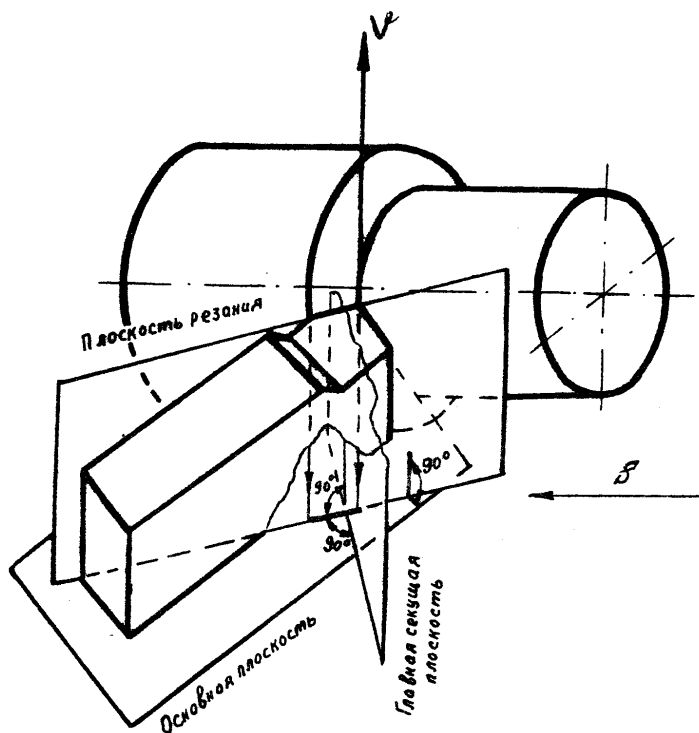


Рисунок 2.4 — Координатные плоскости

В целях повышения экономической эффективности резцы делают сборными или составными, у которых только режущая часть оснащена инструментальным материалом (обычно твердым сплавом). Пример твердосплавной пластины, которыми оснащаются резцы, приведён на рис. 2.2.

На режущей кромке пластин с плоской передней поверхностью и положительным передним углом делается фаска (ленточка) шириной около 0,2 мм. Она предназначена для упрочнения пластины путем изменения направления действия главной составляющей силы резания. При отсутствии ленточки режущий клин пластины испытывает напряжения изгиба. Ленточка меняет направление силы резания таким образом, чтобы напряжения изгиба заменить напряжениями сжатия и тем самым упрочнить пластину, так как предел прочности на сжатие у твердых сплавов в несколько раз больше предела прочности на изгиб.

Твердосплавные пластины изготавливаются методами порошковой металлургии с последующим шлифованием опорной поверхности и ленточки.

Конструкция узла крепления многогранной пластинки во многом определяется работоспособность резцов. Наиболее простым и дешевым является крепление пластинки плоским клином (см. рис. 2.3), однако оно имеет ряд недостатков, обусловленных неудовлетворительной схемой приложения сил зажима, направленных навстречу силе резания, и неопределенностью базирования пластины на опорной поверхности резца. Вследствие этого, такой

способ крепления применяется для инструментов, работающих с невысокой точностью. Исключить вышеперечисленные недостатки позволяют конструкции резцов, в которых сила зажима совпадает по направлению с силой резания (крепление угловыми рычагами, косой тягой и др.).

Фасонные резцы предназначены для обработки деталей сложного профиля методом копирования. Форма режущего лезвия фасонного резца определяется формой профиля обрабатываемой поверхности. Этот инструмент обеспечивает высокую производительность, точность обработки, большое количество переточек, однако из-за большой стоимости область применения его ограничивается серийным и массовым производством.

По форме фасонные резцы разделяются на стержневые, круглые и призматические. Эскиз круглого фасонного резца приведен на рис 2.5. Основными конструктивными элементами этого резца являются наружный диаметр D , диаметр отверстия d , ширина резца S_p , размеры выемки для схода и размещения стружки и элементы крепления. Задний угол фасонных резцов обеспечивается установкой в державке. У круглого резца его центр смещается выше центра заготовки на величину высоты установки h (см. рис. 2.5.).

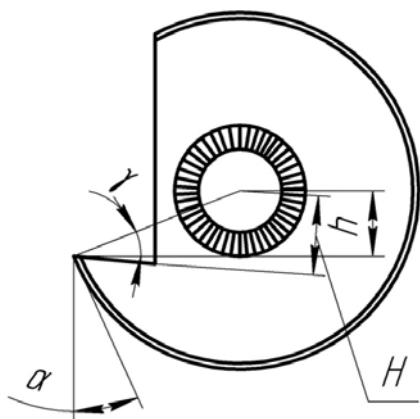


Рисунок 2.5 — Эскиз круглого резца

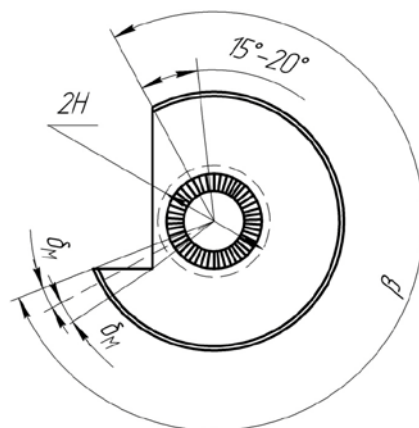


Рисунок 2.6 — Схема переточек круглого резца

$$h = R \cdot \sin \alpha .$$

Расстояние от центра круглого резца до плоскости его передней грани носит название высоты заточки H (на рис. 2.5)

$$H = R \cdot \sin(\alpha + \gamma) .$$

Этот параметр применяется при переточках круглых резцов. Положение передней поверхности резца после переточки касательно к окружности радиуса H (см. рис. 2.6.). Число переточек круглого резца

$$K = \frac{\beta - (15^\circ \dots 20^\circ)}{\Delta M} ,$$

где β — центральный угол резца, ΔM — угловой припуск на переточку.

2.6 Контрольные вопросы

Дайте определения углов γ , α , φ , λ .

Какие поверхности твердосплавной пластины обрабатываются (шлифуются)?

Для чего предназначена ленточка на многогранной пластине?

Как сориентировать многогранную пластину в корпусе резца для получения задних углов?

Какие недостатки крепления пластины плоским клином?

Что такое «высота заточки» и «высота установки» у круглого фасонного резца? Как они определяются?

Как найти число переточек у круглого фасонного резца?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

Инструменты для обработки отверстий

3.1 Цель работы: ознакомиться с конфигурацией и геометрией свёрл, зенкеров и развёрток и получить экспериментальные данные по фактическим значениям конструктивных и геометрических параметров.

3.2 Порядок выполнения работы

1. Сформулировать и записать цель работы.
2. Выполнить эскизы сверла, зенкера и развёртки.
3. Измерить геометрические параметры сверла, зенкера и развёртки и проставить их значения на эскизах.
4. Определить теоретическое число зубьев у зенкера и развёртки.
5. Письменно ответить на контрольные вопросы.

3.3 Сведения из теории

Основными технологическими способами обработки отверстий различной степени точности и с различной шероховатостью обработанной поверхности являются сверление, зенкерование и развертывание.

Сверлением (рис. 3.1 а) получают сквозные и глухие цилиндрические отверстия. Шероховатость поверхности после сверления $Ra = 12,5 - 6,3$ мкм, точность по 11 – 14 качеству. Отверстия диаметром больше 30 мм в сплошном материале обычно сверлят двумя свёрлами (первое — диаметром 0,2 – 0,4 заданного, второе — в размер отверстия).

Рассверливание (рис. 3.1 б) спиральным сверлом производят для увеличения диаметра отверстия. Диаметр отверстия под рассверливание выбирают так, чтобы поперечная режущая кромка в работе не участвовала.

Зенкерование (рис. 3.1 в) — технологический способ обработки предварительно просверленных отверстий или отверстий, изготовленных литьём или штамповкой. Точность зенкерования 10 – 11 качество, шероховатость поверхности $Ra = 6,3 - 3,2$ мкм. Зенкерование может быть и окончательной операцией при обработке просверленных отверстий по 11 – 13 качествам или для полуступенчатой обработки перед развертыванием.

Развертыванием (рис. 3.1 г) получают отверстия повышенной точности (5 – 7 качество) с низкой шероховатости до $Ra = 0,4$ мкм. Развертывают цилиндрические и конические отверстия. Для развертывания конических отверстий цилиндрические отверстия в заготовке сначала обрабатывают коническим ступенчатым зенкером (рис. 3.1 к), затем конической развёрткой (рис. 3.1 л) со стружкоразделительными канавками и окончательно — конической развёрткой (рис. 3.1 м) с гладкими режущими кромками.

Отверстия диаметром до 10 мм развёртывают после сверления, а свыше 10 мм — после сверления и зенкерования. Перед развёртыванием необходимо тщательно обработать торцовую поверхность детали, чтобы развёртка вошла в отверстие без перекоса.

При развёртывании большое число зубьев одновременно участвует в резании. Развёртывание характеризуется небольшой глубиной резания ($t =$

0,05 – 0,3 мм), что способствует малой шероховатости и высокому качеству обработки.

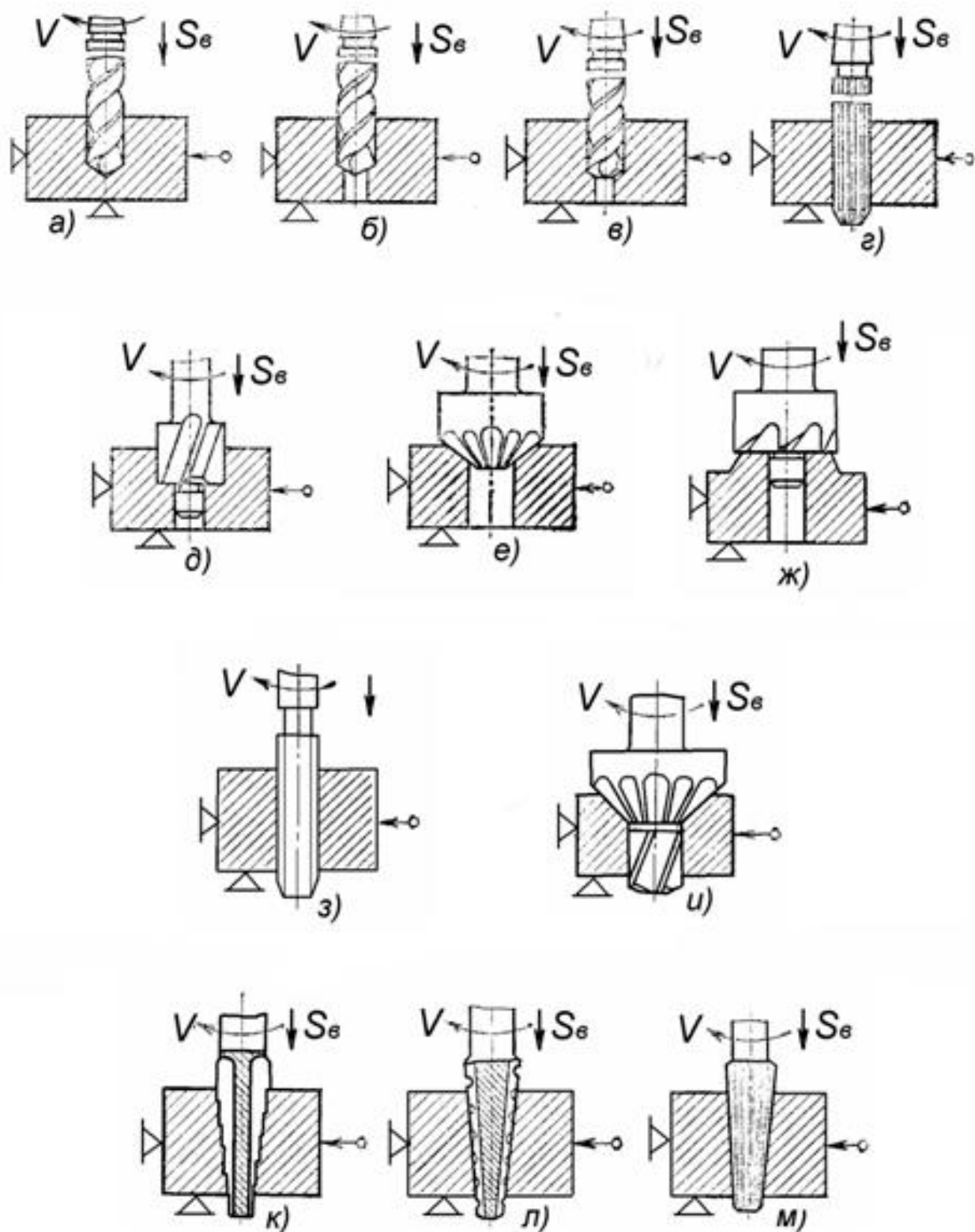


Рисунок 3.1 — Виды обработки отверстий на сверлильных станках

Зенкованием обрабатывают цилиндрические (рис. 3.1 д) и конические (рис. 3.1 е) углубления под головки болтов и винтов. Обработку ведут зенкерами специальной конструкции, называемыми зенковками. Некоторые (рис. 3.1 д) зенковки имеют направляющую часть, которая обеспечивает соосность углубления и основного отверстия.

Цекованием (рис. 3.1 ж) обрабатывают торцовые плоскости, которые являются опорными поверхностями головок винтов, болтов, гаек. Перпендикулярность торца основному отверстию достигается наличием направляющей части у цековки.

При сверлении, зенкерении и развертывании обычно режущему инструменту сообщают главное движение резания — вращающее движение режущего инструмента и движение подачи — осевое перемещение режущего инструмента.

3.4 Режущий инструмент

Зенкеры используют для обработки отверстий, предварительно полученных литьем, штамповкой или сверлением. По форме рабочей части зенкеры делятся на прямозубые и спиральные. Спиральные зенкеры внешне похожи на сверло, но имеют не две, а три или четыре винтовые канавки меньшей глубины, чем канавки сверла. Небольшая глубина канавок определяет его большую жесткость, чем у сверла, что позволяет получить более точное отверстие, а наличие большего числа режущих лезвий (3 – 4) обеспечивает меньшую величину шероховатости. Перемычки зенкер не имеет, поэтому он не может работать в сплошном материале, а может лишь увеличивать диаметр отверстия на 1 – 6 мм.

Спиральный цилиндрический зенкер (рис. 3.2), так же как и сверло, имеет рабочую часть (6), шейку (2) и хвостовик (4).

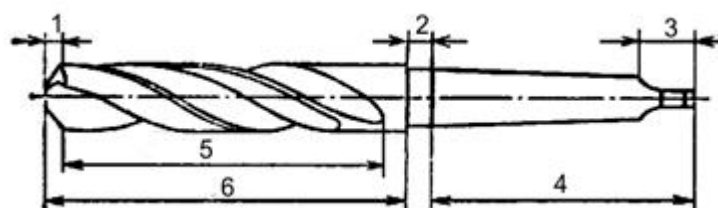


Рисунок 3.2 — Конструкция цилиндрического зенкера

На рабочей части (6) выделяют следующие элементы: заборный конус с режущими лезвиями — режущая часть (1); калибрующая часть (5), обеспечивающие направление зенкера и калибровку отверстия.

Геометрические параметры зенкера: угол в плане $\varphi = 45^\circ \div 60^\circ$ ($2\varphi = 90^\circ \div 120^\circ$); угол наклона винтовых канавок $\omega = 10^\circ \div 30^\circ$; передний угол у зенкера с тремя канавками $\gamma = 20^\circ \div 30^\circ$; с четырьмя $\gamma = 12^\circ \div 15^\circ$; задний угол $\alpha = 8^\circ - 10^\circ$.

Зенкеры изготавливаются цельными, сварными и сборными (с пластинками из твердого сплава). По назначению зенкеры бывают цилиндрические, конические, ступенчатые (рис. 3.3).

В качестве последней (отделочной) операции обработки отверстий применяется развертывание, осуществляемое инструментом — разверткой. Развертка внешне похожа на зенкер, но отличается от него большим числом режущих лезвий (от 6 до 12), более пологой режущей (заборной) частью и меньшей глубиной канавок. Последнее предопределяет припуск на развертывание: для чернового развертывания он составляет 0,1 – 0,4 мм на диаметр, для чистого — 0,05 – 0,2 мм. Конструкция развертки показана на рис. 3.4. Развертка, как и зенкер, состоит из рабочей части, шейки и хвостовика.

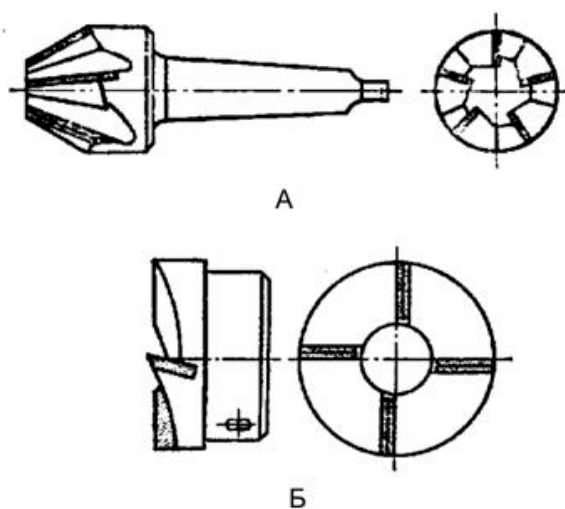


Рисунок 3.3 — Конический зенкер (зенковка) — А; торцевой зенкер — Б

Рабочая часть развертки состоит из входного конуса, режущей и калибрующей частей.

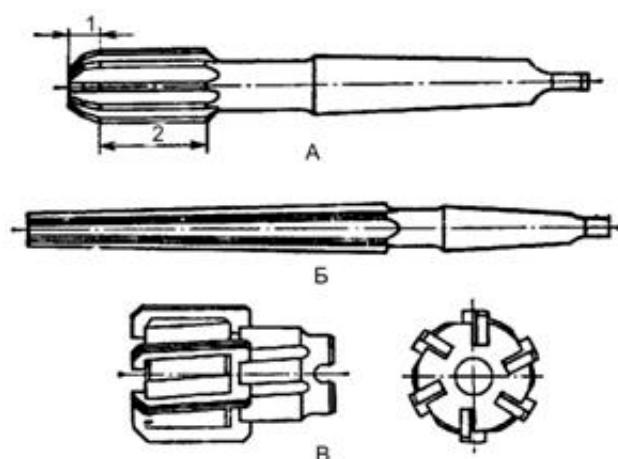


Рисунок 3.4 — Развертки: А — цилиндрическая; Б — коническая; В — машинная насадная;

1 — режущая часть с направляющим конусом; 2 — калибрующая часть

Калибрующая часть состоит из цилиндрической и конусной части. Цилиндрическая часть служит для направления развертки в процессе резания и калибрования отверстия. Обратный конус (3 – 6 мкм) делается для уменьшения трения развертки об обработанную поверхность и уменьшения разбивки отверстия.

3.5 Геометрия режущей части

Зенкеры применяют для обработки отверстий с допусками Н11, Н12. 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 $\gamma = 6^\circ \div 12^\circ$, для обработки цветных металлов и сплавов $\gamma = 20^\circ \div 30^\circ$. Задний угол зенкера $\alpha = 6^\circ \div 10^\circ$. Твердосплавные зенкеры имеют обычно двухплоскостную форму задней поверхности.

Характер изнашивания зенкеров зависит от обрабатываемого материала. При обработке деталей из чугуна для зенкеров из инструментальной стали лимитирующим является износ μ_y по уголкам. При обработке деталей из стали лимитирующим износом является износ по ленточке μ_n (рис. 3.5).

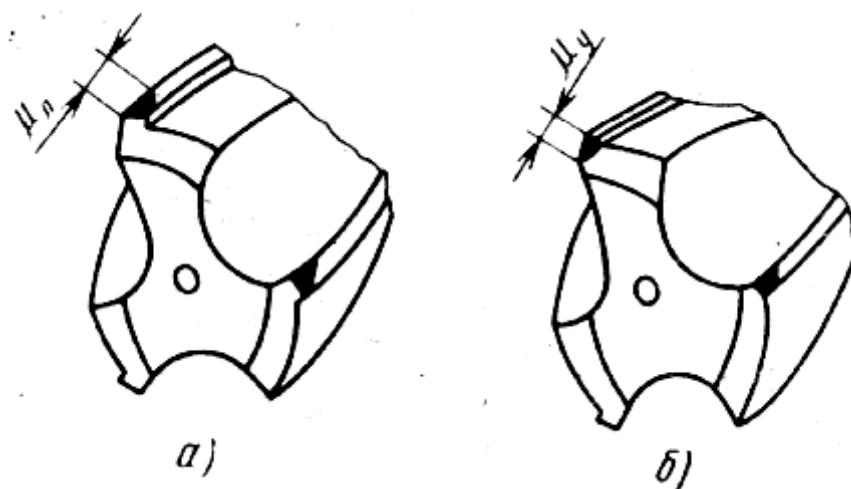


Рисунок 3.5 — Характер лимитирующего износа зенкеров:

a — при обработке стали; *b* — при обработке чугуна

Средние величины износа зенкеров при обработке стали $\mu_n = 1,0 \div 1,2$ мм, а при обработке чугуна $\mu_y = 0,8 \div 1,5$ мм.

Твердосплавные зенкеры изнашиваются главным образом по задней поверхности и уголкам. Допустимые величины износа по задней поверхности для зенкеров диаметром до 20 мм $\mu_3 = 1,0$ мм; св. 20 до 40 мм $\mu_3 = 1,2$ мм; св. 40 до 60 мм $\mu_3 = 1,4$ мм; св. 60 $\mu_3 = 1,6$ 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 предназначены для чистовой обработки отверстий после сверления, зенкерования или растачивания и обеспечивают допуски Н6 – Н11 и параметры шероховатости поверхности $Ra = 2,5 \div 0,16$ мм. Передний угол у разверток обычно $\gamma = 0^\circ$, а задний угол $\alpha = 6 - 10^\circ$. Главный угол в плашке φ у машинных разверток выбирается в пределах от 5 до 45° , наиболее распространен $\varphi = 15^\circ$, у ручных разверток $\varphi = 1 \div 1,5^\circ$.

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 (рис. 3.6). Допустимая величина износа у быстрорежущих разверток $\mu_3 = 0,3 \div 0,8$ мм, у твердосплавных разверток $\mu_3 = 0,1 \div 0,3$ мм.

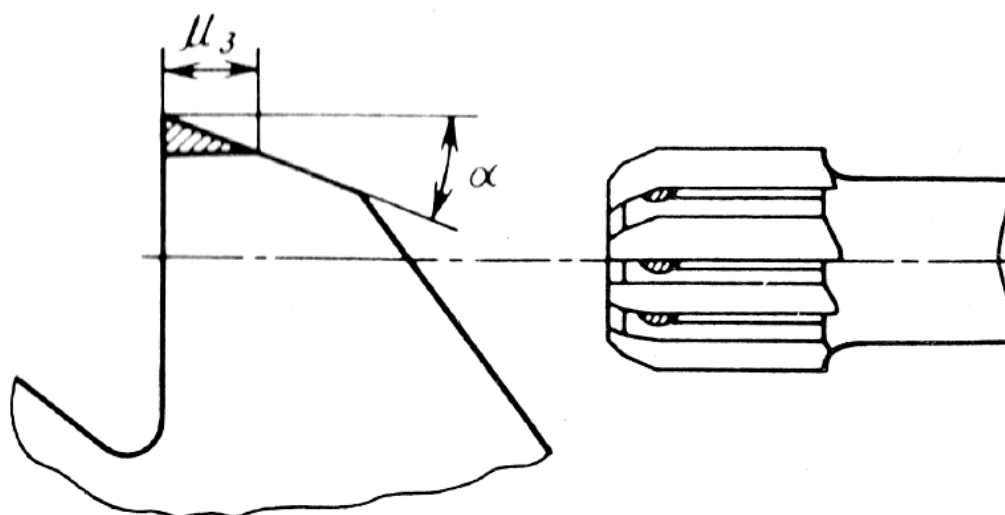


Рисунок 3.6 — Характер изнашивания разверток

При восстановлении режущих свойств разверток обычно их затачивают по задней поверхности.

1. Необходимый шаг винтовой поверхности кулачка, мм,

$$P = \pi D \operatorname{tg} \alpha_0,$$

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.

2. Зенкер устанавливают относительно круга (рис. 3.7), 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.

3. 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.

4. 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 (рис. 3.7). Точку контакта измерительного наконечника располагают как можно ближе к режущей кромке зенкера. В этом положении зенкер поворачивают вокруг оси на угол $\tau = 10 \div 15^\circ$, отмечая показания a индикатора.

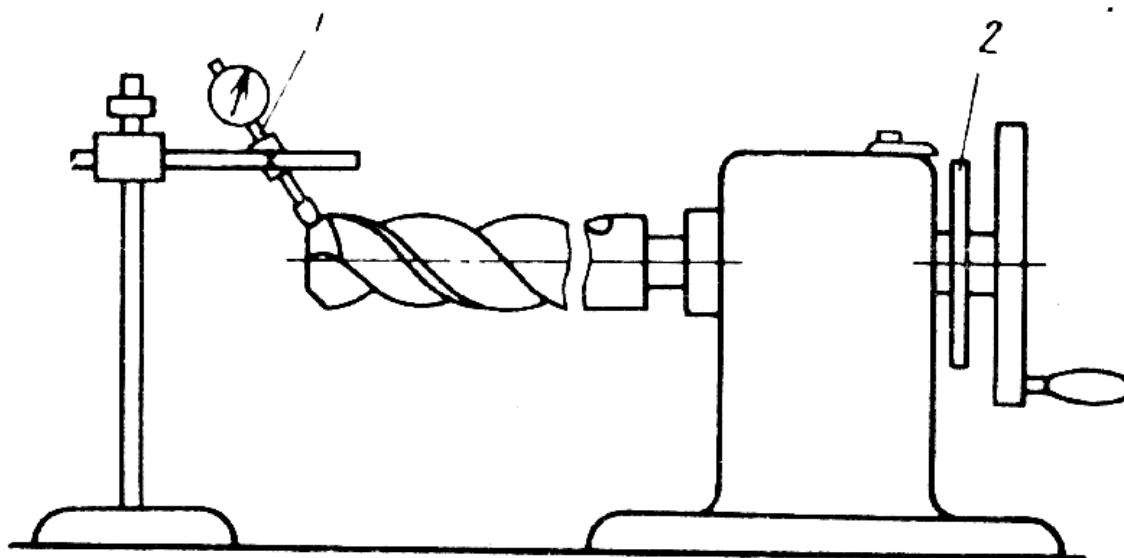


Рисунок 3.7 — Схема измерения заднего угла зенкера

Задний угол зенкера в осевом сечении

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{a}{0,01745 \rho \tau \sin \varphi},$$

где a — показание индикатора, мм; ρ — радиус, мм, определяющий сечение, в котором измеряется задний угол; τ — угол поворота зенкера, рад; φ — главный угол в плане, град.

Допустимое отклонение заднего угла от заданного значения $\pm 2^\circ$.

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.

5. Проводят анализ полученных значений углов и биения режущих кромок. Дают заключение о соответствии зенкера предъявляемым техническим требованиям.

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 режущую кромку затачиваемого зуба располагают ниже оси развертки на величину

$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha ,$$

где D — диаметр развертки (рис. 3.8).

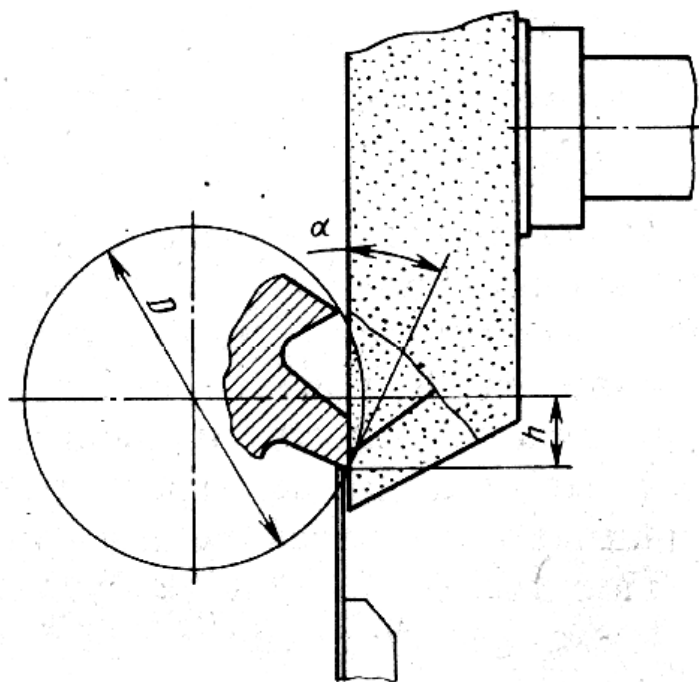


Рисунок 3.8 — Установка развертки для образования заднего угла

3. Определяют толщину слоя Δ , снимаемого за одну переточку в зависимости от износа μ_3 , по задней поверхности и заданного значения заднего угла (рис. 3.9 а):

$$\Delta = \mu_3 \sin \alpha + (0,05 \dots 0,1), \text{ мм.}$$

Расчетное число переточек (рис. 3.9)

$$n = \frac{M}{q} = \frac{l_k}{3q},$$

где q — величина стачивания за одну переточку:

$$q = \frac{\Delta}{\sin\varphi}.$$

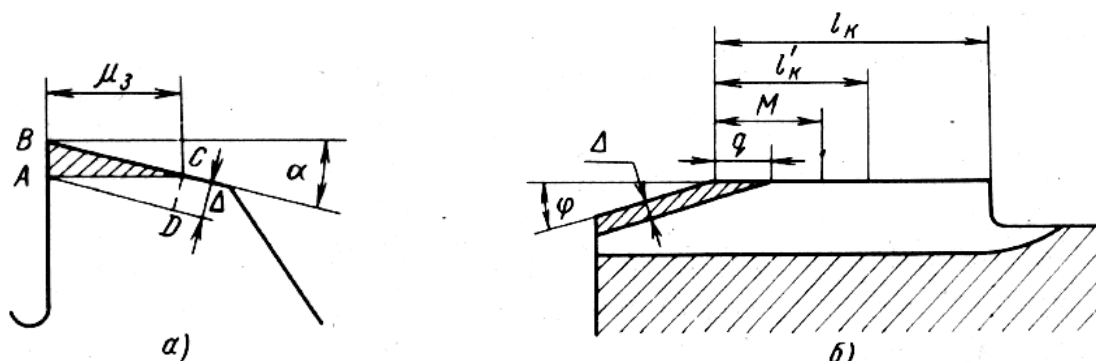


Рисунок 3.9 — Схема к определению периода стойкости развертки:

a — толщина срезаемого слоя; b — допустимая величина стачивания

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 $\pm 2^\circ$.

Радиальное биение контролируют индикатором при установке развертки в центрах. Значения передних и задних углов проверяют приборы для контроля геометрических параметров режущей части многолезвийного инструмента (рис. 3.10).

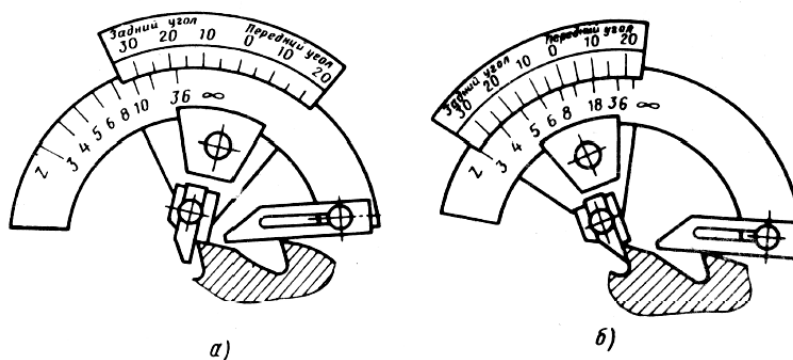


Рисунок 3.10 — Определение геометрических параметров с помощью приборов для контроля углов многолезвийного инструмента:

a — заднего угла; b — 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.

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 (рис. 3.11).

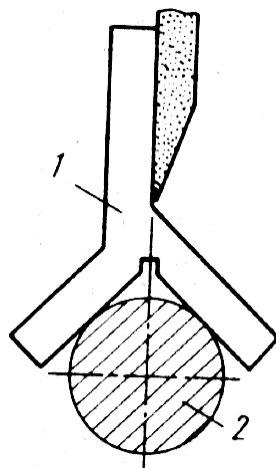


Рисунок 3.11 — Установка шлифовального круга при формообразовании передней поверхности развертки:

1 — шаблон-центроискатель; 2 — цилиндрическая часть развертки

При $\gamma > 0^\circ$ после установки круга по центроискателю стол станка смещают на величину

$$h = \frac{D}{2} \sin \gamma .$$

Формообразование передней поверхности винтовых зубьев производят конической поверхностью тарельчатого круга формы *IT*. Шпиндельную головку станка при этом разворачивают на угол наклона винтовых зубьев.

3. Затем выполняют работу по формообразованию задних поверхностей зубьев, как было указано выше.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

Исследование окончательного формообразования зубьев острозаточенных фрез

4.1 Цель работы: изучение элементов конструкций и условий окончательного формообразования рабочих поверхностей режущих зубьев фрез, ознакомление с некоторыми вопросами условий их эксплуатации.

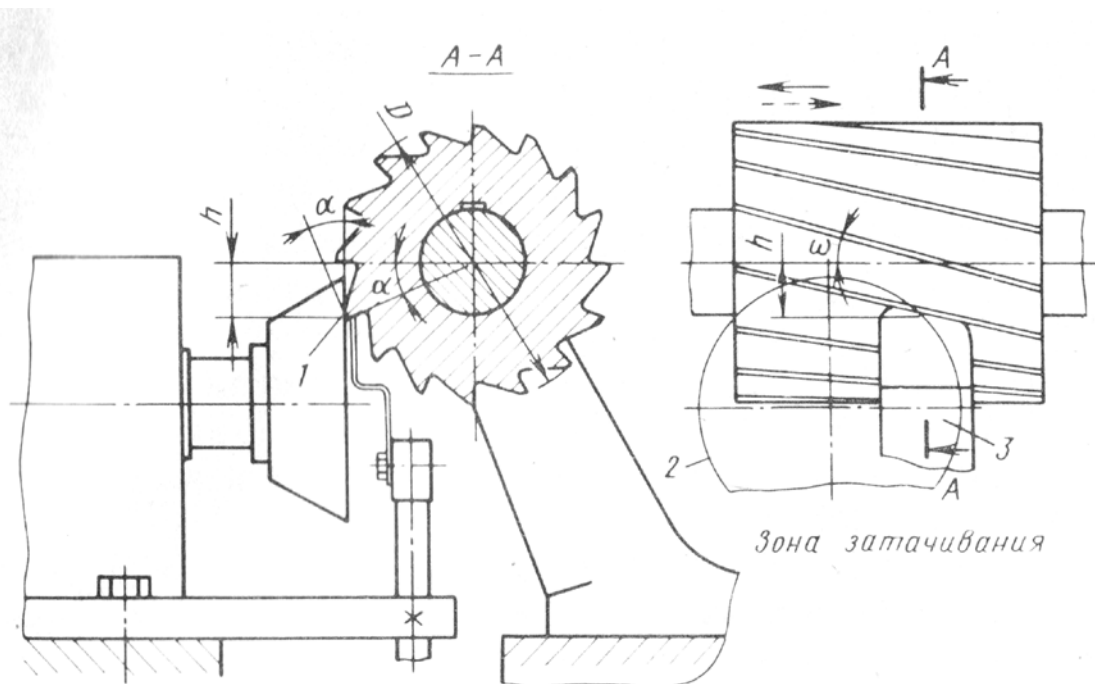


Рисунок 4.1. Схема установки фрезы при образовании главных задних поверхностей:

1 — обрабатываемая поверхность; 2 — положение круга; 3 — упорка

В задачи работы входит практическое освоение способа восстановления режущих свойств острозаточенных фрез, исследование полученной точности, определение числа периодов стойкости, составление заключения о соответствии фрезы предъявляемым техническим требованиям.

Работа разделяется на две части в соответствии с вопросами, связанными с формообразованием главных и вспомогательных задних поверхностей зубьев.

4.2 Оборудование, инструменты и приборы

Работу выполняют на универсально-заточном станке с обычным комплектом оснастки. Объектами исследования являются концевые и цилиндрические фрезы диаметрами 30 – 80 мм, а также торцовые и трехсторонние фрезы диаметрами 100 – 150 мм. Для выполнения работы требуется микрометрическая упорка, штангенрейсмус, прибор для контроля передних и задних углов режущих инструментов, маятниковый угломер (инклинометр), стойка с индикатором часового типа с ценой деления 0,01 мм.

4.3 Методика выполнения работы

А. Формообразование главных задних поверхностей зубьев

1. После выбора и закрепления шлифовального круга фрезу устанавливают и закрепляют в центрах на столе станка (рис. 4.1). Для получения заданного заднего угла лезвие упорки в средней точке, соответствующей рабочей зоне круга, располагают ниже оси фрезы на величину

$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha ,$$

где D — диаметр фрезы; α — задний угол.

Величину h устанавливают с помощью штангенрейсмуса.

При обработке прямых зубьев фрезы, расположенных параллельно оси, упорку устанавливают на столе станка, и она перемещается вместе с затачиваемым инструментом.

При обработке винтовых зубьев жесткую упорку закрепляют на неподвижном корпусе шлифовальной головки, так как показано на рис. 4.1.

2. Определяют по формуле величину стачивания зуба q при одной заточке. Износ фрезы принимают равным допустимой величине. Исходя из размеров зуба данной фрезы по формуле, рассчитывают теоретическое число периодов ее стойкости.

3. После наладки станка и установки фрезы обрабатывают задние поверхности зубьев фрезы в соответствии с приведенными выше общими рекомендациями.

4. После обработки зубьев измеряют их задние углы и биение режущих кромок, расположенных на цилиндрической части фрезы. Задний угол измеряют специальным прибором для контроля передних и задних углов многолезвийных инструментов. Радиальное биение зубьев определяют индикатором с точностью 0,01 мм (рис. 4.2 а), не снимая фрезу со станка. Полученные результаты записывают для каждого зуба и по ним строят график, показанный в части Б.

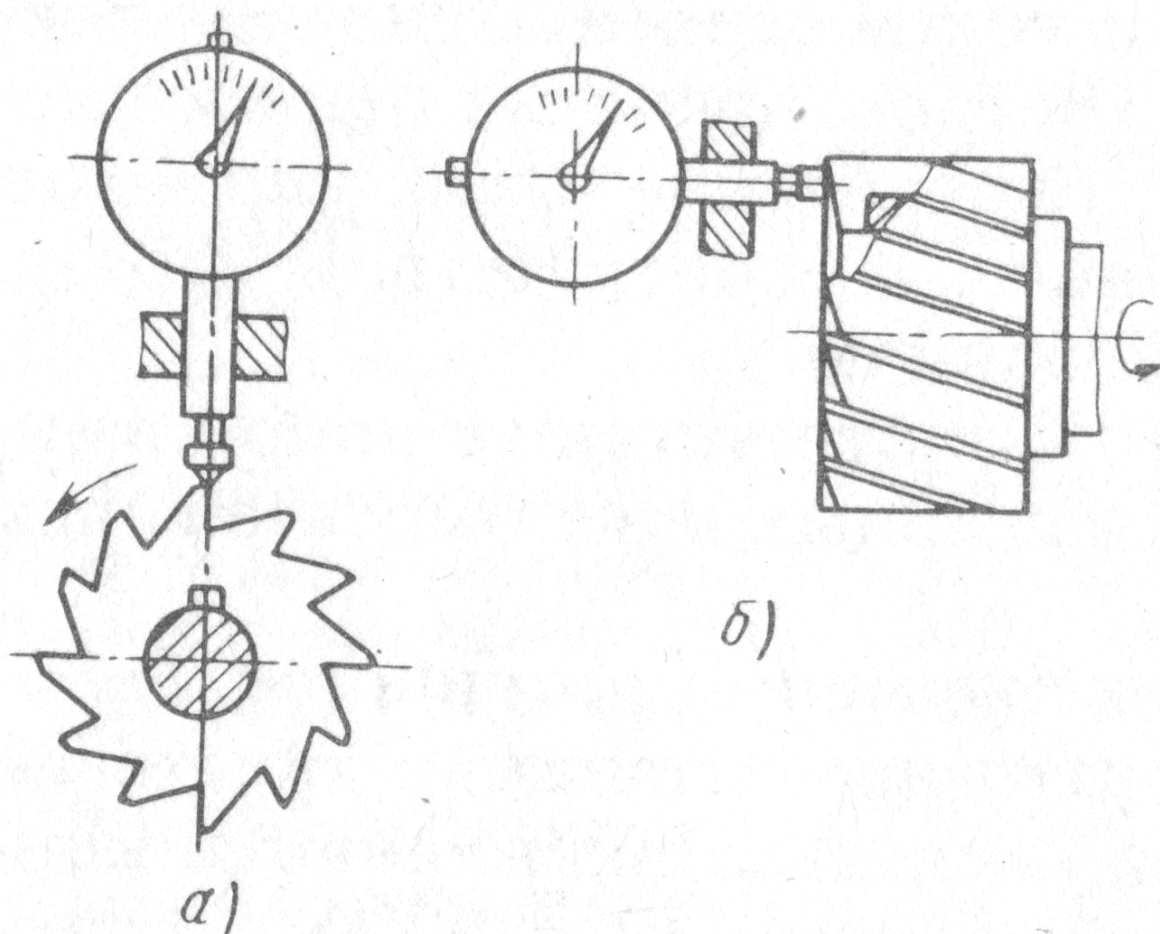


Рисунок 4.2 — Схема измерения радиального (а) и торцевого (б) биения

Сравнивают полученные результаты с предъявляемыми техническими требованиями, анализируют причины полученных отклонений и при необходимости работу повторяют.

Б. Формообразование вспомогательных задних поверхностей зубьев

1. Для выполнения данной операции фрезу закрепляют в универсально-заточной головке на столе станка. Ось шпинделя головки в первоначальном положении должна быть перпендикулярна к продольному перемещению стола и параллельна его поверхности.

Фрезу устанавливают для обработки так, как показано на рис. 4.2. Обрабатываемый зуб располагают горизонтально передней поверхностью вниз. Горизонтальность его положения проверяют инклинометром. Найденное положение фрезы фиксируется зажимным винтом, имеющимся на универсально-заточной головке.

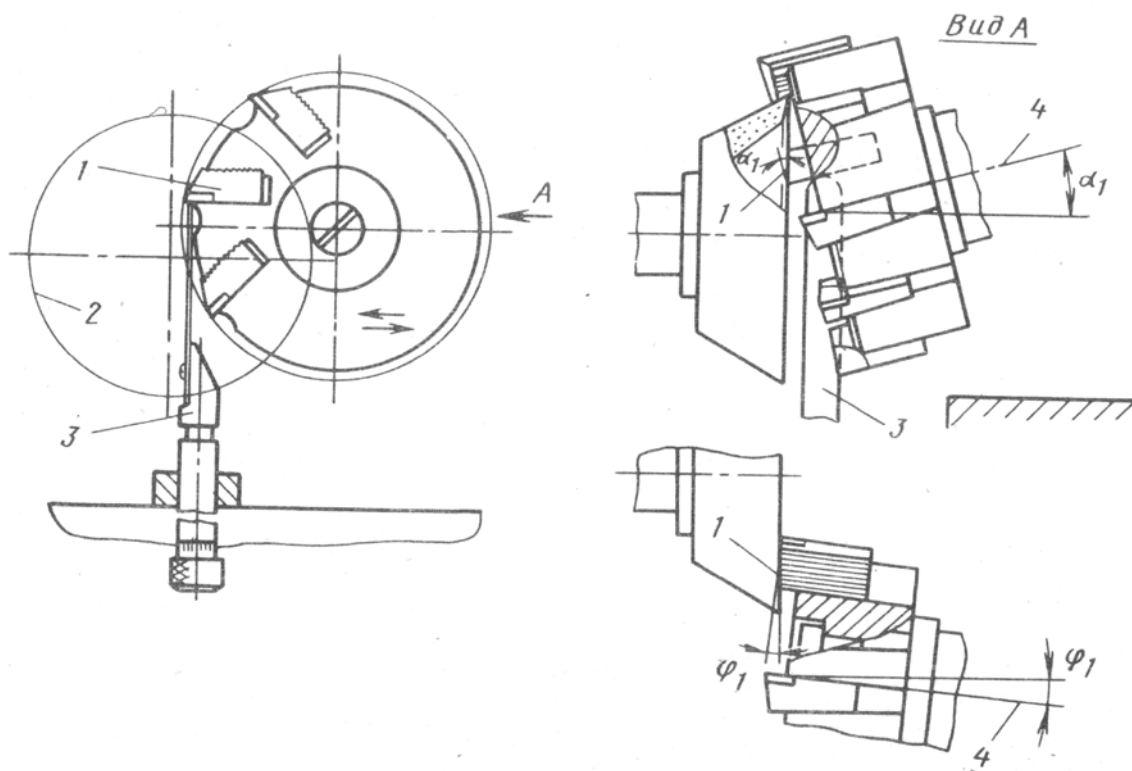


Рисунок 4.3 — Схема установки фрезы для образования вспомогательных задних поверхностей:

1 — обрабатываемая поверхность зуба; 2 — крайнее положение зуба; 3 — упорка; 4 — ось фрезы

2. На стол станка устанавливают упорку, лезвие которой подводят под зуб фрезы, расположенной горизонтально, до упора снизу в его переднюю поверхность.

Зажимной винт, закрепляющий шпиндель универсально-заточной головки, отпускают. Необходимое положение зуба фрезы в дальнейшем будет обеспечиваться упоркой.

3. Шлифовальный круг устанавливают относительно обрабатываемого зуба фрезы таким образом, чтобы обработка производилась верхней частью круга "на проход" без касания им соседних зубьев фрезы. Закрепляют ограничители хода стола.

Деление на зуб производят поворотом фрезы рукой в направлении от упорки. При этом нож упорки отжимается задней поверхностью следующего зуба. После прохождения зуба фрезу поворачивают обратно до упора.

4. После наладки станка и установки фрезы формуют задние вспомогательные поверхности торцовых зубьев в соответствии с приведенными выше общими рекомендациями.

5. С целью исследования точности формообразования зубьев у каждого зуба фрезы определяют значение заднего вспомогательного угла, вспомогательного угла в плане и торцовое биение.

Вспомогательный задний угол α_1 и вспомогательный угол в плане φ_1 измеряют универсальным маятниковым угломером (рис. 4.4 а).

На основании результатов измерений строят график (рис. 4.4 б). Определяют, соответствует ли фреза техническим требованиям, анализируют причины отклонений и при необходимости работу повторяют.

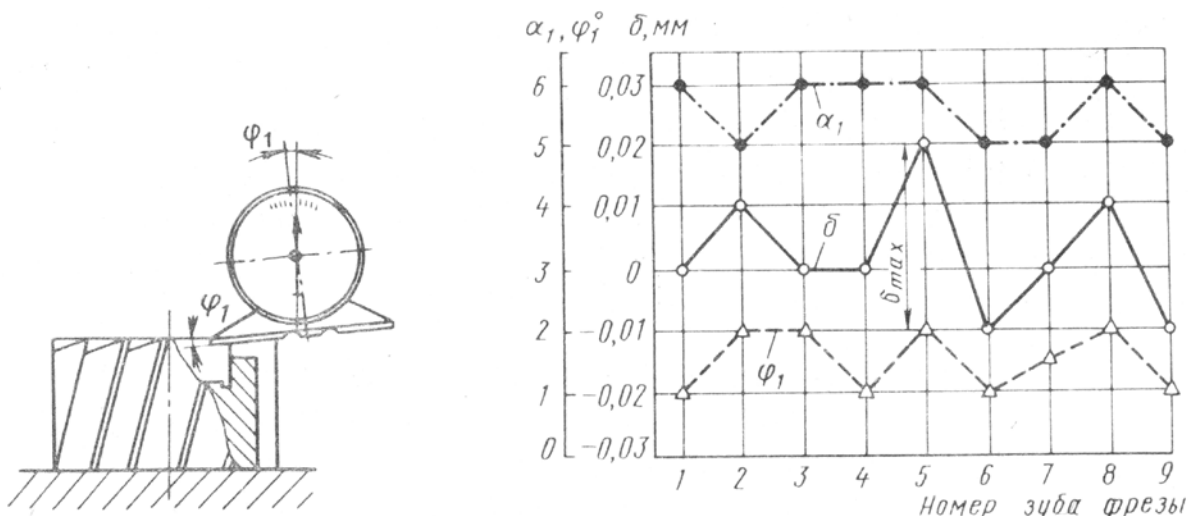


Рисунок 4.4 — Схема определения вспомогательного угла в плане и пример выполнения графика

4.4 Контрольные вопросы

1. Перечислите основные геометрические параметры фрез.
2. Каким образом удерживаются ножи с рифлениями в корпусе фрезы?
3. Назовите преимущества фрез с креплением ножей рифлениями.
4. Что такое коэффициент равномерности фрезерования?
5. Назовите преимущества затылованных фрез.
6. Что такое величина затылования и где она измеряется?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

Изучение конструкции и геометрии протяжек

5.1 Цель работы: ознакомиться с конструкцией и геометрией протяжек. Получить экспериментальные данные по фактическим значениям конструктивных и геометрических параметров.

5.2 Оборудование и инструмент

1. Протяжка — 3.
2. Металлическая линейка — 3.
3. Штангенциркуль — 3.
4. Угломер Бабчиницера — 3.

5.3 Порядок выполнения работы

1. Сформулировать и записать цель работы.
2. Зарисовать эскиз протяжки и указать ее конструктивные элементы.
3. Измерить линейные и угловые размеры протяжки и проставить их значения на эскизе.

Измеряемые параметры:

- длины и диаметры соответствующих конструктивных элементов протяжки;
- число и шаг между зубьями режущей и калибрующей части протяжки;
- передний и задний угол зубьев режущей части протяжки.

ПРИМЕЧАНИЕ. Измерение углов протяжки производится с помощью угломера Бабчиницера.

4. По измеренным значениям конструктивных параметров протяжки определить:

- толщину стружки, срезаемой зубьями режущего участка протяжки;
- длину обрабатываемой поверхности;
- материал обрабатываемой поверхности (по значениям переднего и заднего углов).

5. Изобразить схему срезания припуска зубьями протяжки.

6. Письменно ответить на контрольные вопросы.

5.4 Сведения из теории

Протяжка — многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном или вращательном главном движении лезвия и отсутствии движения подачи (ГОСТ 25751 – 83).

Протяжки чаще всего применяют на станках с прямолинейным главным движением D_r — движением резания в горизонтальном или вертикальном направлении. Обработка производится при сравнительно невысоких скоростях резания $v = 8 \div 10$ м / мин. На рис. 5.1 показан принцип работы протяжки. Заготовку I устанавливают на передней направляющей протяжки

и прижимают к торцу фланца 2, закрепленного на опорной планшайбе 3 станка. Хвостовик протяжки крепится в зажимном патроне 4 станка. При включении рабочего хода ползуна режущие зубья протяжки, перемещаясь в отверстии заготовки, срезают припуск за счет того, что режущая кромка каждого последующего режущего зуба смещена относительно предыдущего в направлении, перпендикулярном направлению главного движения, т. е. подача на зуб протяжки обеспечивается ее конструкцией. Окончательно поверхность образуется калибрующими зубьями.

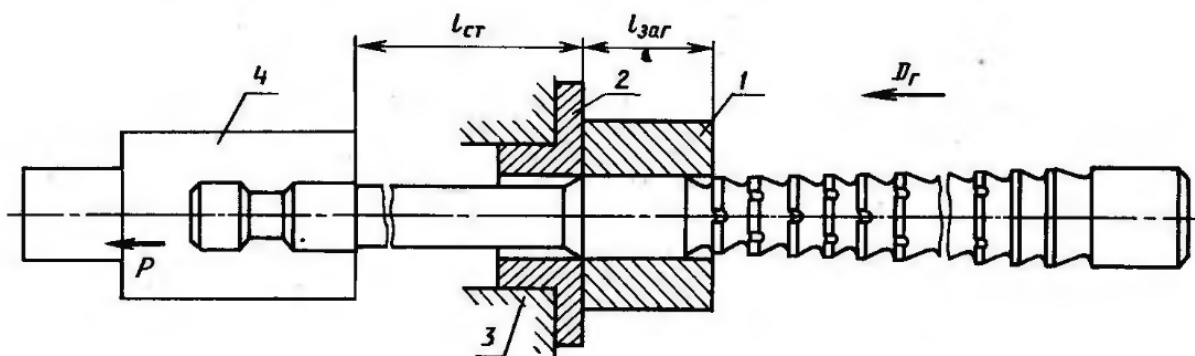


Рисунок 5.1 — Принцип работы протяжки:

1 — заготовка; 2 — фланец; 3 — парная планшайба; 4 — зажимной патрон станка

Протяжки применяют для обработки внутренних и наружных поверхностей заготовок с неизменной формой и размерами по длине обрабатываемой поверхности детали.

При обработке протяжками припуск снимается одновременно режущими лезвиями нескольких зубьев, что и определяет высокую производительность процесса. Обработка любых поверхностей заготовок осуществляется за один рабочий ход инструмента, благодаря чему сокращается вспомогательное время и обеспечивается высокая точность взаимного расположения элементов профиля обработанной поверхности. При обработке отверстий обеспечивается точность в пределах 7 – 9-го квалитетов, параметр шероховатости обработанной поверхности $Ra = 0,32 \div 2,5$ мкм.

Протяжки для обработки отверстий называют внутренними. Предварительно отверстие в заготовке для обработки внутренними протяжками делают круглого сечения, легко технологически получаемого сверлением, растачиванием и другими аналогичными методами. Припуск, оставляемый на обработку протяжкой, зависит от качества предварительно обработанного отверстия, его диаметра и длины.

Внутренние протяжки имеют вид стержня с симметричным расположением зубьев относительно оси протяжки для обеспечения симметричной нагрузки от оси резания. Они состоят из следующих основных конструктивных элементов (см. рис. 5.2):

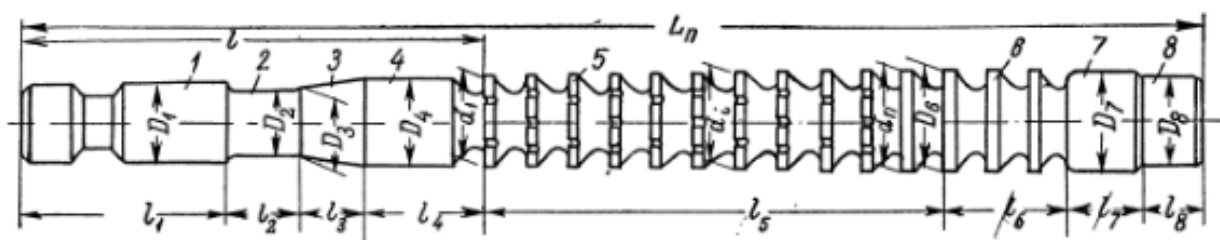


Рисунок 5.2 — Протяжка для обработки круглого отверстия

l_1 — длина хвостовика; l_2 — длина шейки; l_3 — длина переходного направляющего конуса; l_4 — длина передней направляющей части; l_5 — длина режущей части; l_6 — длина калибрующей части; l_7 — длина задней направляющей части, l_8 — длина заднего хвостовика

- хвостовика, служащего для закрепления протяжки в патроне протяжного станка и передачи силы резания;
- шейки (соединительного элемента);
- переходного направляющего конуса, облегчающего установку заготовки на протяжке;
- передней направляющей, служащей для центрирования оси заготовки относительно оси протяжки перед протягиванием;
- рабочей части, содержащей режущий участок с черновыми зубьями, а также калибрующего и в некоторых случаях выглаживающего участка для окончательного формирования профиля заготовки;
- задней направляющей части, служащей для центрирования протяжки относительно обработанной поверхности заготовки при прохождении через нее калибрующих зубьев по окончании процесса обработки;
- заднего хвостовика или цапфы.

Задний хвостовик служит для возврата протяжек в рабочее положение, работающих на станках с автоматическим возвратом (обычно это станки вертикального типа). Цапфа делается у протяжки больших размеров при отсутствии заднего хвостовика и служит для предотвращения провисания протяжки при обработке на станке горизонтального типа.

На рабочей части протяжки расположены черновые, чистовые и калибрующие зубья. Чистовые зубья имеют меньший подъем зуба, чем режущие. Режущие зубья предназначены для снятия основного припуска с обрабатываемой поверхности заготовки. Для дробления стружки по ширине на зубьях выполняются стружкоразделительные канавки, которые располагаются на зубьях в шахматном порядке, и вследствие этого на срезаемых стружках образуются выступы (ребра жесткости), затрудняющие естественное завивание стружки в спираль. На рис. 4.3 показана форма режущих зубьев круглой протяжки.

Между зубьями расположены стружечные канавки. Форму и размеры зуба и стружечной канавки устанавливают, исходя из условий возможности резания и образования стружки, размещения стружки в канавке и прочности

зуба. Они зависят от шага зубьев, высоты стружечной канавки, переднего и заднего углов. Передний угол γ должен обеспечить хорошие условия резания и стружкообразования, при обработке заготовки из стали $\gamma = 10 \div 20^\circ$, из чугуна $\gamma = 5 \div 8^\circ$. У внутренних протяжек задний угол α небольшой $2 - 3^\circ$. Это необходимо для небольшого изменения положения режущих кромок при переточках протяжек, которые производятся по передней поверхности. Прочность зубьев должна быть достаточной не только у новой, но и у переточенной протяжки в конце эксплуатации.

Режущие элементы протяжки *II* и обрабатываемого изделия *I* показаны на рис. 5.3, на котором слева приведён продольный разрез зубцов, а справа — поперечный.

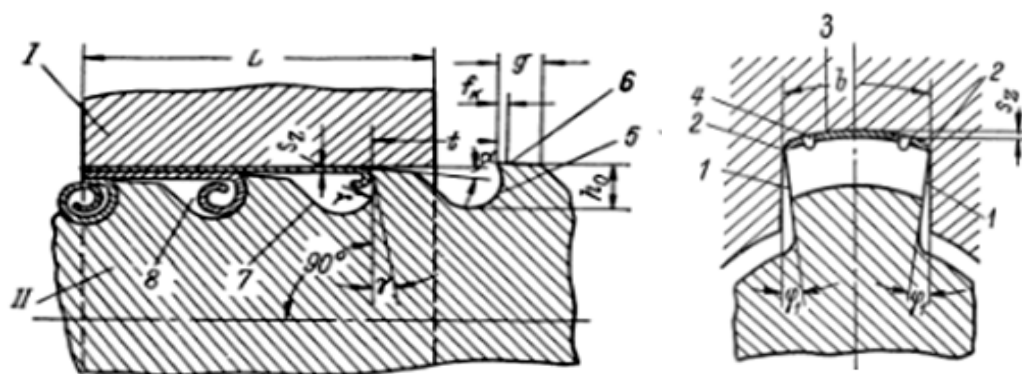


Рисунок 5.3 — Геометрия зубцов протяжки

a — продольное сечение, *b* — поперечное сечение:

1 — вспомогательная или боковая кромка; *2* — переходные кромки; *3* — главная режущая кромка; *4* — стружкоделительная канавка; *5* — передняя поверхность (передняя грань); *6* — задняя поверхность (задняя грань); *7* — спинка зубца; *8* — стружечная канавка

Углы зубца протяжки принято обозначать буквами: γ — передний угол; α — задний угол; φ_1 — вспомогательный угол (угол поднутрения вспомогательных кромок).

Размеры зубцов протяжки определяются величинами: t — осевой шаг, измеряемый параллельно оси протяжки; h_0 — глубина стружечной канавки; g — ширина задней поверхности; r — радиус закругления стружечной канавки.

Большое значение при проектировании протяжек имеет схема резания, т. е. последовательность удаления срезаемого слоя, и схема формообразования поверхности. Схему резания выбирают с учетом получения оптимальной конструкции протяжки, наименьшей ее длины, более полного использования тяговой силы двигателя станка, обеспечения прочности протяжки, ее работоспособности и стойкости, а также величины подъема зубьев, определяющей толщину a_r срезаемого слоя лезвием протяжки.

У *профильной протяжки* (одинарного резания) профиль исходного режущего зуба по форме идентичен профилю обрабатываемой поверхности (на зубьях в этом случае выполняются стружкоразделительные канавки) (см. рис. 5.4).

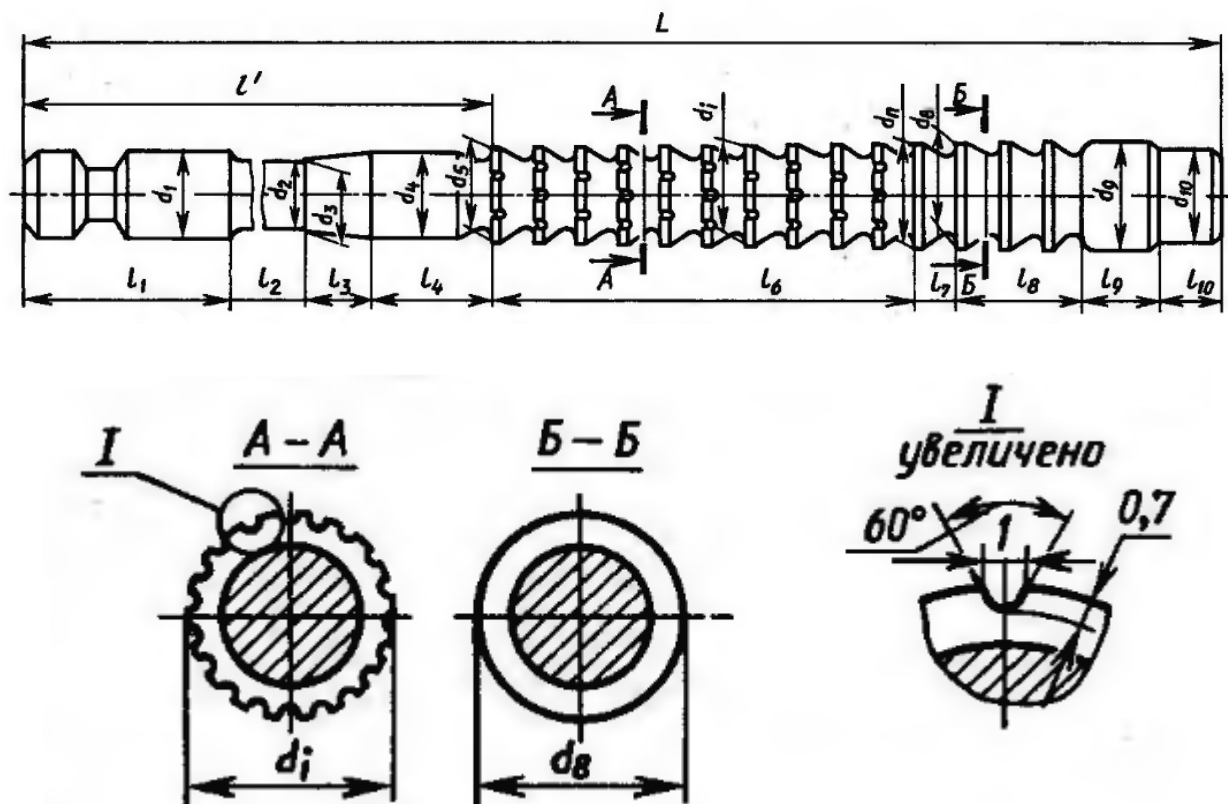


Рисунок 5.4. — Протяжка с профильной схемой резания

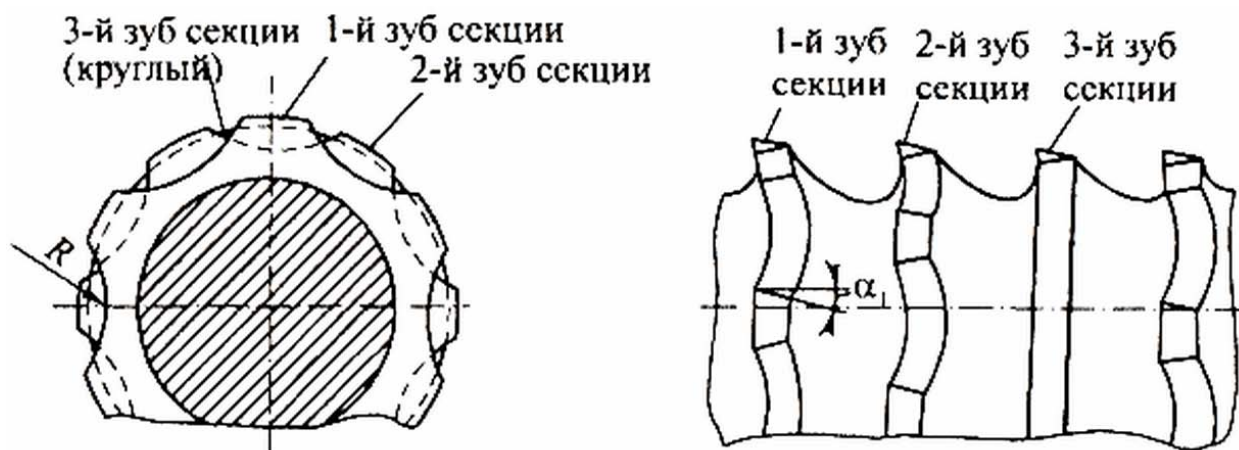


Рисунок 5.5 — Протяжка круглая с групповой схемой резания

При *групповой схеме протягивания* материал на определенную глубину срезается группой (секцией) зубьев одного диаметра, но с различным расположением по окружности рабочих участков режущих кромок.

На *генераторной протяжке* вначале делают зубья многогранной формы, образующие многогранное отверстие с наружным диаметром, равным требуемому диаметру отверстия в заготовке. На последующих зубьях режу-

щие кромки имеют ту же форму многогранника, но с поворотом его граней относительно оси до снятия всего припуска по окружности отверстия. За режущими многогранными зубьями для улучшения параметров шероховатости поверхности делают зубья с круглой формой режущей кромки, снимающие выступы, получающиеся от первых групп зубьев.

На рис. 5.5 и 5.6 показана круглая протяжка с групповой и генераторной схемами резания. Протяжки изготавливают из быстрорежущих сталей *P6M5*, *P18* и др. и из легированных сталей *XBG*, а также с режущей частью, оснащенной твердым сплавом. Протяжки таких видов, как круглые, шлицевые, шпоночные и для квадратных отверстий, стандартизованы.

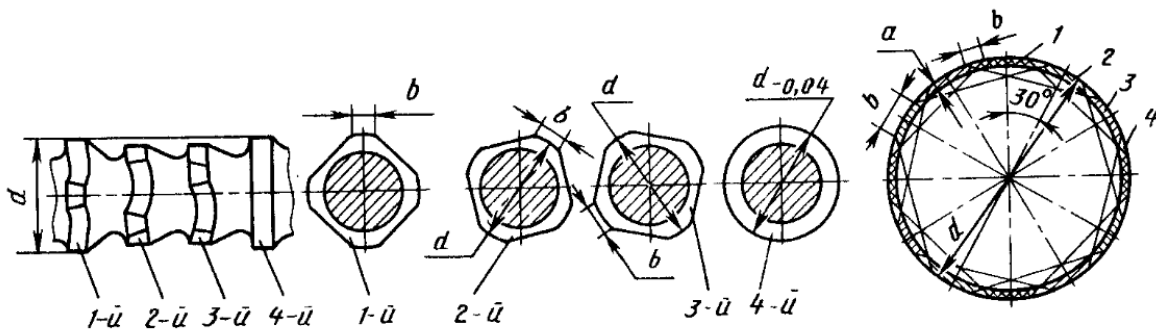


Рисунок 5.6. — Протяжка круглая с генераторной схемой резания

5.5 Расчёт протяжки

Порядок расчета:

1) Основные размеры зубцов и стружечных канавок определяются следующими соотношениями:

$$h_0 = (0,35 \div 0,4)t; r = (0,5 \div 0,55)h_0;$$

$$g = (0,3 \div 0,35)t; R = (0,65 \div 0,8)t,$$

где t — шаг зубцов.

Величины рассчитываются по вышеприведенным зависимостям и принимаются ближайшие значения из таблицы П. 3 приложения.

Шаг стружечных канавок определяется следующей зависимостью:

$$t \approx m\sqrt{L},$$

где L — длина протягивания.

Коэффициент m колеблется в пределах от 1 до 2 и зависит от величины подачи на зуб обрабатываемого материала, характера производства и других факторов.

При мелкосерийном производстве можно принимать меньшее значение m , при средне- и крупносерийном — среднее ($m = 1,25 \div 1,5$) и при массовом — большие ($m = 1,75 \div 2$), так как чем крупнее серийность, тем выше предъявляются требования к стабильности работы протяжек, улучшению ус-

ловий размещения и выхода стружки из канавок и обеспечению большого количества переточек.

Значения шагов режущих зубьев приведены в таблице П. 4 приложения.

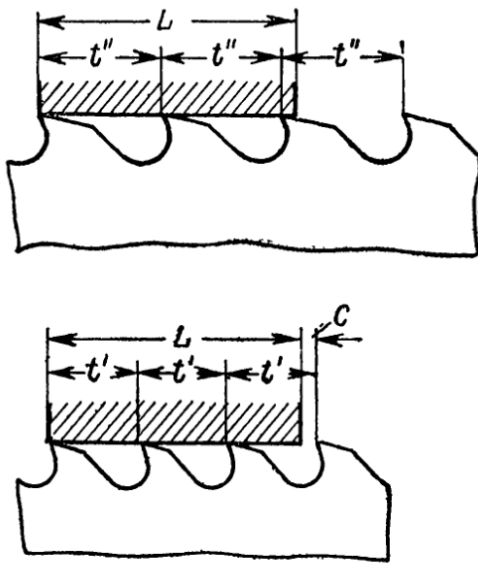


Рисунок 5.7 — Измерение шага при постоянном z_i

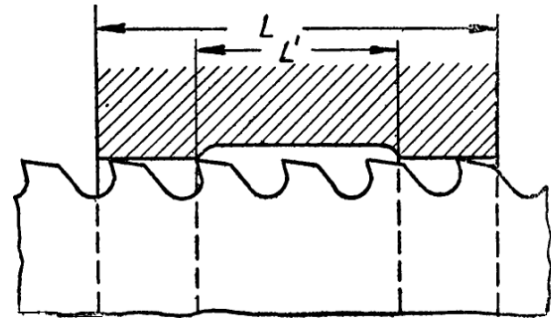


Рисунок 5.8 — Отверстие с расточкой

Наибольшее число одновременно работающих зубьев (рис 5.7):

$$z_{i\text{макс}} = \frac{L}{t} + 1.$$

При протягивании отверстия с расточкой (рис. 5.8):

$$z_{i\text{макс}} = (K_{L_{\text{ч}}} + 1) - K'_{L_{\text{ч}}},$$

где $K_{L_{\text{ч}}}$ и $K'_{L_{\text{ч}}}$ — количество зубьев, соответствующее общей длине поверхности L и длине расточки L' .

Наименьшее значение шага:

$$t' = \frac{L}{z_{i\text{макс}} - 0,1}.$$

Минимальная глубина канавки:

$$h_{\text{Омин}} = 1,13 \sqrt{s_z L K_{\text{мин}}}.$$

Значение коэффициента $K_{\text{мин}}$ приведены в таблице 5.1.

Для выбора протяжного станка и проверки протяжки на прочность необходимо знать наибольшую возможную силу протягивания. Зависимость между наибольшей для данной протяжки силой протягивания и влияющими на неё факторами можно представить следующей эмпирической формулой:

$$P_{\text{макс}} = C_p s_z^x \sum b_i z_i K_r K_c K_{\text{и}},$$

где C_p — постоянная, зависящая от обрабатываемого материала и формы протяжки;

s_z^x — подача на зуб, или подъём зубцов в сторону, мм;

$\sum b_i$ — суммарная длина рабочей части режущей кромки, мм;

z_i — наибольшее число одновременно работающих зубьев;

$K_r, K_{\text{си}}, K$ — поправочные коэффициенты, характеризующие влияние переднего угла, состава СОЖ и степени износа протяжки.

Таблица 5.1 — Коэффициенты заполнения стружечных канавок $K_{\text{мин}}$

Подача на зуб в мм	Обрабатываемый материал				
	Сталь σ_b			Чугун, бронза, свинцовистая латунь	Медь, латунь, алюминий, баббит
	До 40 кг / мм ²	От 40 до 70 кг / мм ²	Свыше 70 кг / мм ²		
	Коэффициент $K_{\text{мин}}$				
До 0,03	3	2,5	3	2,5	2,5
Свыше 0,03 до 0,07	4	3	3,5	2,5	3
» 0,03 » 0,1	4,5	3,5	4	2	3,5

Возникающую при работе протяжки общую силу резания можно разложить на три составляющих:

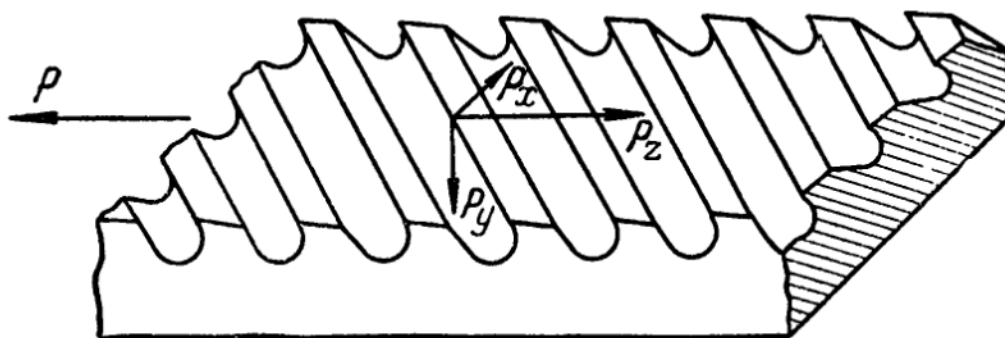


Рисунок 5.9. — Составляющие силы резания

Для круглых протяжек:

$$P = C_p s_z^x D z_i K_r K_{\text{си}} K .$$

Для шпоночных протяжек:

$$P = C_p s_z^x b z_i K_r K_{\text{си}} K .$$

Для шлицевых протяжек:

$$P = C_p s_z^x b n z_i K_r K_{\text{си}} K ,$$

где D — диаметр протягиваемого отверстия, мм;

b — ширина шпоночной канавки или шлицевого паза, мм;

n — количество шлицев в отверстии.

5.6 Контрольные вопросы

1. Назовите назначение и область применения протяжек.
2. Назовите основные конструктивные элементы протяжек и их назначение.
3. Для чего на зубьях протяжки выполняются стружкоразделительные канавки и каким образом они влияют на условие стружкообразования?
4. От чего зависит форма стружечной канавки?
5. Охарактеризуйте различные схемы резания при протягивании.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

Изучение конструкции геометрии метчиков

6.1 Цель работы: ознакомиться с конструкцией и геометрией метчиков. Получить экспериментальные данные по фактическим значениям конструктивных и геометрических параметров.

6.2 Оборудование и инструмент

1. Метчик.
2. Металлическая линейка.
3. Штангенциркуль.
4. Универсальный угломер.
5. Штангенрейсмус.
6. Центровые бабки.

6.3 Порядок выполнения работы

1. Сформулировать и записать цель работы.
2. Зарисовать эскиз метчика в 2-х проекциях.
3. Измерить линейные и угловые размеры метчика и проставить их значения на эскизе.
4. Зарисовать эскиз режущей части и вычислить толщину срезаемого слоя для изучаемого метчика.
5. Зарисовать схемы срезания припуска.
6. Зарисовать схему полей допусков для изучаемого метчика.
7. Письменно ответить на контрольные вопросы.

6.4 Сведения из теории

ПРИМЕЧАНИЕ. Схема измерения переднего и заднего углов метчика аналогична схеме измерения переднего и заднего углов фасонной фрезы (п. 3.5).

Метчик представляет собой винт, на котором прорезаны стружечные канавки и образованы режущие зубья.

Основными элементами метчиков являются (см. рис. 6.1) рабочая часть и хвостовик. Рабочая часть состоит из режущей части (заборный конус), срезающей основной припуск, и калибрующей части, осуществляющей окончательную обработку резьбы. Формирование резьбы оканчивается после прохода первого калибрующего витка. Хвостовик служит для закрепления метчика во время обработки и придания ему требуемых перемещений.

Материал рабочей части метчиков — инструментальные углеродистые стали марок *VII*, *VIIA*, быстрорежущие стали и твердые сплавы. Рабочая часть характеризуется длиной, числом стружечных канавок (зубьев), формой и размерами поперечного сечения, формой и размерами режущих и калибрующих участков.

Форма поперечного сечения рабочей части машинно-ручных метчиков представлена на рис. 6.1. Так как эти метчики после обработки выворачиваются из отверстия, профиль стружечной канавки должен обеспечить созда-

ние угла 85° в целях предотвращения попадания стружечной канавки под заднюю поверхность зуба.

Диаметр переднего торца метчика должен быть меньше диаметра сверла под резьбу.

Угол заборного конуса имеет большее значение, так как определяет толщину среза и, следовательно, нагрузку на инструмент. Толщина среза (см. рис. 6.2)

$$a = \frac{P}{z} \operatorname{tg} \varphi,$$

где P — шаг резьбы; z — число перьев метчика.

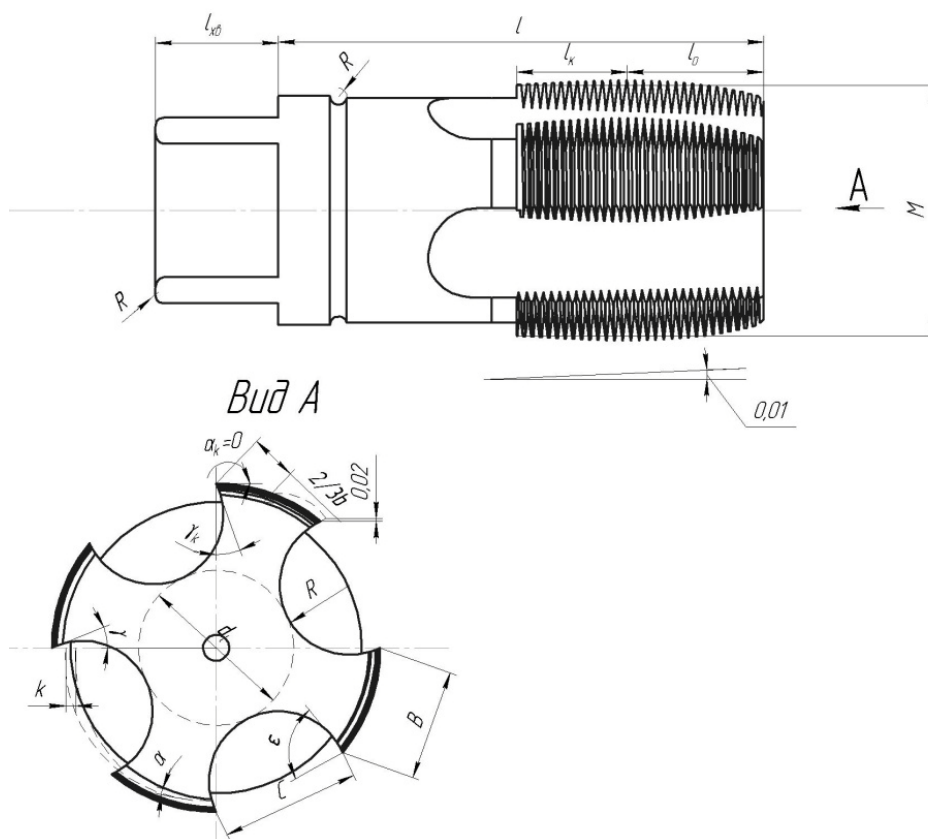


Рисунок 6.1 — Конструкция метчика

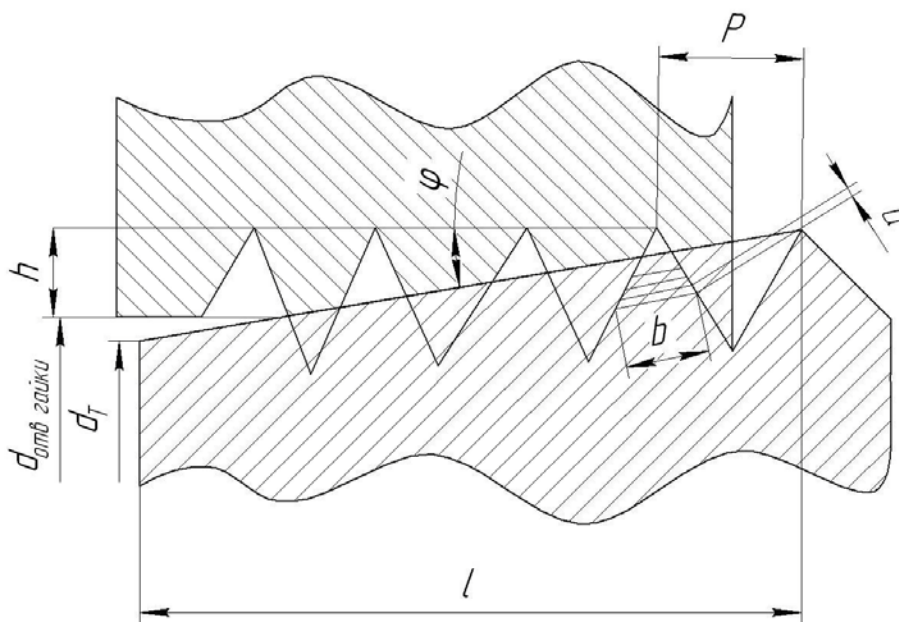


Рисунок 6.2 — Схема резания

Режущая способность метчика зависит от выбора углов, переднего γ и заднего α .

Передний угол γ выбирают в зависимости от обрабатываемого материала. Задний угол на режущей части метчика получается путем затылования по наружному диаметру. Затылование обычно проводят по архимедовой спирали. Для уменьшения трения калибрующая часть метчика также затылуется на $2/3$ ширины пера, но величина затылования небольшая и составляет 0,02 мм. Также для уменьшения трения и разбивки резьбы калибрующая часть выполняется с обратной конусностью (0,04...0,08 мм на 100 мм длины). Задний угол на калибрующей части $\alpha_k = 0$.

Режущая часть метчика выполняется с генераторной или профильной схемой обработки. В большинстве случаев применяют генераторную схему (ручные, машинные, гаечные и др. метчики). Профильную схему резания применяют для калибрующих и конических метчиков. По ГОСТ 16925 – 71 допуски устанавливаются на следующие элементы резьбы:

- а) половину угла профиля резьбы;
- б) шаг резьбы;
- в) средний диаметр;
- г) наружный диаметр.

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.

Режущая часть метчика представляет собой коническую поверхность с витками резьбы, профиль которых постепенно увеличивается до полной высоты на калибрующей части (рис. 6.1).

Главный угол в плане метчика зависит от назначения инструмента, толщины среза a_z , числа перьев z и шага резьбы P . Угол φ можно определить по формуле

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{(a_z \cdot z)}{P}.$$

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 $6 - 10^\circ$. 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 (рис. 6.2). 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 табл. 6.1.

Таблица 6.1 — Допустимый износ по поверхностям метчика

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	0,5	0,3
27	3	36	4	7,9	0,5	0,3
30	3,5	39,5	4	9	0,5	0,3

Число переточек метчика по задней поверхности (рис. 6.3 а)

$$n_3 = \frac{M}{q} = \frac{(l_k - 3P)}{q},$$

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_n :

$$q = \frac{\Delta}{\sin\varphi},$$

где φ — главный угол в плане метчика; $\Delta = \mu_n + (0,05 - 0,1)$ мм.

Число переточек метчика по передней поверхности (рис. 6.3 б)

$$n_n = \frac{M_1}{q_1} = \frac{[(0,5 - 0,7)B]}{q_1},$$

где B — ширина пера метчика; q — величина стачивания за одну переточку; $q_{13} = \mu + (0,05 - 0,1)$ мм.

6.5 Контрольные вопросы

1. Из каких частей состоит метчик?
2. На что влияет угол ε на профиле стружечной канавки?
3. Как рассчитать толщину среза?
4. Для чего и как затылуется метчик на режущей и калибрующей части?
5. Для чего выполняется обратная конусность на калибрующей части?
6. В каких случаях применяются генераторная и профильная схемы резания?
7. На какие элементы резьбы устанавливаются допуски?
8. На какие части разбивается допуск гайки на средний диаметр?

Рекомендуемая литература

1. Иноземцев, Г. Г. Проектирование металлорежущих инструментов : учеб. пособие для втузов по спец. «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Г. Г. Иноземцев. — Москва : Машиностроение, 1984. — 272 с.
2. Сахаров, Г. Н. Металлорежущие инструменты : учебник для вузов / Г. Н. Сахаров [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1989. — 328 с.
3. Кирсанов, Г. Н. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г. Н. Кирсанов [и др.]. — Москва : Машиностроение, 1986. — 288 с.
4. Ординарцев, И. А. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев [и др.]. — Санкт-Петербург : Машиностроение, 1987. — 846 с.
5. Ящерицын, П. И. Основы резания материалов и режущий инструмент / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Н. И. Жигалко. — Минск : Вышэйшая школа, 1981. — 560 с.
6. Нефедов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. — Москва : Машиностроение, 1977. — 288 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П. 1 — Индивидуальные задания к работе № 1

№ варианта	Виды инструментальных материалов				
	Сталь	Твердый сплав	Минерало-керамические материалы	Сверхтвердые материалы	Абразивные материалы
1	У7, 9ХС, Р18	ВК2, Т30К4	ПМ-332	алмаз природный	15А
2	У7А, ХВГ, Р12	ВК3, Т154К6	ВОК-60	алмаз синтетический	25А
3	У8, ХВ5, Р9	ВК3М, Т14К8	кермет	кубический нитрид бора	45А
4	У8А, Х12, Р18Ф2	ВК4, Т5К10	ЦМ-332	рубин	37А
5	У8Г, Х6ВФ, Р6М3	ВК4В, Т5К12В	ВОК-60	лейкосапфир	34А
6	У8ГА, 11Х, Р9Ф5	ВК6, Т17К12	кермет	алмаз природный	64С
7	У10, 13Х, Р14Ф3	ВК6М, ТТ10К8Б	ЦМ-332	алмаз синтетический	55С
8	У10А, В1, Р9К10	ВК6В, Т17К15	ВОК-60	кубический нитрид бора	54С
9	У11, ХГСВ, Р9К10	ВК8В, Т14К3	кермет	рубин	12А
10	У11А, Х12М, Р18К5Ф2	ВК10, МНТ-2	ЦМ-332	лейкосапфир	22А
11	У12, Х6ВФ, Р10К5Ф5	ВК8, Т120К9	ВОК-60	алмаз природный	62С
12	У12А, 7Х3, Р10К10Р2	ВК10М, Т5К10	кермет	алмаз синтетический	52С
13	У13, 45Х, Р6М5	ВК15, ТТ7К12	ЦМ-332	кубический нитрид бора	карбид бора
14	У13А, ХГСВФ, Р9М4	ВК20, ТТ10К8Б	ВОК-60	рубин	наждак
15	У9, ХВ, Р12М3	ВК25, Т15К6	кермет	лейкосапфир	паста ГОИ

Таблица П. 2 — Форма оформления индивидуального задания к работе № 1

№	ГОСТ	Вид инструментального материала	Марка материала	Твердость (микротвердость)	Теплостойкость (°К)	Скорость резания (м / мин)	Предел прочности на изгиб (кН / м ²)	Основные компоненты %	Назначение материала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1									
...									
<i>n</i>									

Таблица П. 3 — Размеры стружечных канавок, мм

Шаг <i>t</i>	Общие размеры		Основная канавка			Мелкая канавка		
	<i>g</i>	<i>R</i>	<i>h₀</i>	<i>r</i>	<i>Fa</i> , мм	<i>h₀</i>	<i>r</i>	<i>Fa</i> , мм
4	1,5	2,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
4,5	1,5	2,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
5	1,5	3,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
5,5	2	3,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
6	2	4	2,5	1,3	4,92	2	1	3,14
6,5	2	4	2,5	1,3	4,92	2	1	3,14
7	2,5	4,5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
7,5	3	4,5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
8	3	5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
8,5	3	5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
9	3	6	3,5	1,8	9,63	2,5	1,3	4,92
9,5	3	6	3,5	1,8	9,63	2,5	1,3	4,92
10	3	7	4	2	12,6	3	1,5	7,07
11	4	7	4	2	12,6	3	1,5	7,07
12	4	8	5	2,5	19,6	3,5	1,8	9,63
13	4	8	5	2,5	19,6	3,5	1,8	9,63
14	4	10	5,5	2,8	23,8	4	2	12,6
15	5	10	5,5	2,8	23,8	4	2	12,6
16	5	12	6	3	28,3	4	2	12,6
18	6	12	7	3,5	38,5	5	2,5	19,6
20	6	14	8	4	50,3	5,5	2,8	23,8
22	6	16	9	4,5	63,6	6	3	28,3
24	7	16	9	4,5	63,6	6	3	28,3
25	8	16	10	5	78,5	7	3,5	38,5
26	8	18	10	5	78,5	7	3,5	38,5
28	10	18	12	6	113,1	8	4	50,3
30	10	18	12	6	113,1	8	4	50,3

Таблица П. 4 — Шаги режущих зубьев при $m \approx 1,5$

L , мм	t , мм	z_i	L , мм	t , мм	z_i
Свыше 10 до 12	5	3	» 49 » 54	11	5
» 12 » 14	5,5	3	» 54 » 60	11	6
» 14 » 17	6	3	» 60 » 70	12	6
» 17 » 19	6,5	3	» 70 » 77	13	6
» 19 » 20	6,5	4	» 77 » 83	13	7
» 20 » 25	7	4	» 83 » 90	14	7
» 25 » 31	8	4	» 90 » 100	15	7
» 31 » 33	8,5	4	» 100 » 111	16	7
» 33 » 35	9	4	» 111 » 125	16	8
» 35 » 40	9	5	» 125 » 143	18	8
» 40 » 45	9,5	5	» 143 » 160	18	9
» 45 » 49	10	5			