МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАРАГАНДИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Технология машиностроения»

**Г.С. Жетесова, Т.М. Бузауова, В.Г. Боярский, А.В. Жукова**

# ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по дисциплине
**«ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»**

для студентов специальности
«Машиностроение»

Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

Караганда

УДК 621.9.02
ББК
Л

*Рекомендовано редакционно-издательским советом университета*

**Рецензенты:**
О.А. Шарая, директор Института машиностроения, к.т.н., профессор,
Т.Н. Туменов директор ТОО «Инструмент Ресурс», к.т.н.,
К.Т. Шеров, член Редакционно-издательского совета КарГТУ, д.т.н., профессор

Лабораторный практикум по дисциплине «Основы теории резания и режущий инструмент»./ **Г.С. Жетесова, Т.М. Бузауова, В.Г. Боярский, А.В. Жукова/** Караганда: Изд-во КарГТУ,- 93 с.

ISBN

Лабораторный практикум составлен в соответствии с требованиями учебного плана и программой дисциплины «Основы теории резания и режущий инструмент» и включает краткую теорию и методику выполнения лабораторных работ по основным темам курса.

Лабораторный практикум предназначен для студентов специальности 5В071200 «Машиностроение».

ISBN

© Карагандинский государственный технический университет

## Содержание

Введение……. 4
Основные правила по технике безопасности при выполнении лабораторных работ на универсальных станках…… 5
Лабораторная работа №1. Инструментальные материалы…… 6
Лабораторная работа №2. Кинематика резания при точении……... 18
Лабораторная работа №3. Методы и формы заточки токарных резцов.. 36
Лабораторная работа №4. Влияние различных факторов процесса резания на усадку стружки..... 55
Лабораторная работа №5. Исследование методом естественной термопары влияния режимов работы на среднюю температуру контактных поверхностей инструмента в процессе механической обработки..... 61
Лабораторная работа №6. Кинематика резания при сверлении..... 69
Лабораторная работа №7. Заточка разверток..... 81
Список использованной литературы..... 93

## Введение

Студенты специальности «Машиностроение» повсеместно сталкиваются с решением вопросов проектирования технологических процессов обработки деталей, конструированием технологической оснастки, режущих инструментов и т.п. Решение этих задач невозможно без освоения дисциплины «Основы теории резания и режущий инструмент».

Настоящий лабораторный практикум включает комплекс лабораторных работ, охватывающих важнейшие разделы курса,

Цель лабораторных работ − закрепление и углубление знаний, полученных студентами при теоретическом изучении материала, приобретение практических навыков при исследовании физических явлений, сопровождающих процесс резания, а также практическое знакомство с типами металлорежущего инструмента, его конструктивными и геометрическими элементами.

Перед началом работы студент должен точно сформулировать поставленную задачу и предполагаемый результат работы, наметить путь выполнения работы.

Для выполнения лабораторных работ студент должен быть предварительно подготовлен: знать соответствующие разделы курса, провести нужные расчеты величин, должен изучить правила охраны труда, пройти инструктаж по технике безопасности, изучить правила работы на оборудовании и приборах.

В пособии студенты на практике знакомятся с инструментальными материалами, с кинематикой резания при точении, исследуют процесс деформации и усадки стружки, температурные явления в зоне резания, износ инструмента и возникающие силы резания при точении, определяют влияние условий резания на эти явления, изучают кинематику резания при сверлении и развертывании.

Завершающим этапом выполнения лабораторной работы является составление отчета каждым студентом и его защиты у преподавателя.

В отчетах по выполненным работам требуется дать формулировку поставленной задачи, привести краткий путь ее выполнения, характеристику необходимого оборудования и приборов, выполненные расчеты с необходимыми эскизами и схемами, обосновать выбор режимов обработки и инструментов, сделать заключение и выводы.

## Основные правила по технике безопасности при выполнении

**лабораторных работ на универсальных станках**

В целях исключения травматизма, а также поломки оборудования, технологической оснастки и приборов каждый студент перед выполнением лабораторных работ должен тщательно изучить правила техники безопасности.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Приступать к выполнению работы без ознакомления с правилами по технике безопасности в лаборатории «Металлорежущие станки»;
2. Включать станок без разрешения и присутствия преподавателя или учебного мастера;
3. Подходить к станку в расстегнутых халатах и костюмах или с распущенными волосами.

ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТЫ СЛЕДУЕТ:

1. Заправить одежду, застегнуть рукава, убрать волосы под головной убор;
2. Убрать со станка и рабочего места все ненужные предметы;
3. Подготовить к работе технологическую оснастку, инструменты, приборы и убедиться в их исправности;
4. Проверить работу органов управления станка в присутствии учебного мастера;
5. Надежно закрепить заготовку и режущий инструмент;
6. Проверить работу станка на холостом ходу под наблюдением учебного мастера или преподавателя.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НЕ ДОПУСКАЕТСЯ:

1. Управлять станком вдвоем или более двух человек;
2. Касаться движущихся частей станка;
3. Производить чистку и смазку станка;
4. Проверять размеры обрабатываемой детали;
5. Облокачиваться на станок;
6. Снимать и открывать ограждения во время работы станка.

ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ НЕОБХОДИМО:

1. Выключить станок;
2. Убрать стружку со станка и сдать рабочее место учебному мастеру.

**Лабораторная работа №1. «Инструментальные материалы»**

1.1 Цель работы:

Ознакомиться с существующими и наиболее прогрессивными марками материалов для режущей части инструментов, их физико-механическими свойствами и эффективными областями применения, изучить влияние химического состава и структуры материалов на механические и режущие свойства.

1.2 Теоретическая часть

1.2.1 Требования, предъявляемые к инструментальным материалам

Для того чтобы режущий клин, не деформируясь, мог срезать слой обрабатываемого материала и превратить его в стружку, твердость $H_И$ инструментального материала должна значительно превосходить твердость $H_М$ обрабатываемого материала.

Поэтому *первым требованием*, которое предъявляют к инструментальному материалу, является его высокая твердость. Однако увеличение твердости $H_И$, как правило, сопровождается возрастанием хрупкости, а поэтому для различных марок инструментальных материалов существует определенное отношение $H_И/H_М$.

*Вторым требованием* является достаточно высокая механическая прочность. От силы давления стружки на контактную переднюю поверхность инструмента возникают напряжения, достигающие 500-700 МПа. Режущий клин инструмента должен выдерживать такие высокие давления без хрупкого разрушения и заметного пластического деформирования. Так как инструменту приходится работать в условиях прерывистого резания или с переменным значением сил резания, необходимо, чтобы инструментальный материал сочетал высокую твердость с хорошей сопротивляемостью на сжатие и изгиб и обладал высоким пределом выносливости и ударной вязкостью.

В процессе резания вследствие превращения механической энергии в тепловую на контактной передней поверхности инструмента может установиться температура, достигающая С=800...900°С, что снижает исходную твердость инструментального материала и его сопротивляемость изнашиванию. Поэтому *третьим требованием*, предъявляемым к инструментальному материалу, является его высокая теплостойкость, т.е. способность сохранять при нагреве твердость, достаточную для осуществления процесса резания. Режущий клин периодически нагревается во время рабочего хода инструмента и остывает во время холостого хода, что способствует образованию усталостных трещин. Следовательно, инструментальный ма-

териал должен быть также малочувствительным к циклическим температурным изменениям.

В результате перемещения стружки по передней поверхности и поверхности резания по задней поверхности с большой скоростью, доходящей до 250…350 м/мин, при высоких контактных напряжениях и температурах рабочие поверхности инструмента изнашивается. В связи с этим, *четвертым требованием*, предъявляемым к инструментальному материалу, является высокая износостойкость, т.е. способность сопротивляться удалению его частиц с контактных поверхностей инструмента.

Шлифовочные ожоги и трещины на лезвиях инструмента при заточке, теплоотвод из зоны резания и износостойкость инструмента зависят во многом от теплопроводности инструментального материала. Высокая теплопроводность является *пятым требованием* к инструментальному материалу.

*Шестым и последним из основных требований* является экономичность инструментального материала; он должен быть по возможности дешевым и не содержать дефицитных элементов. В настоящее время применяется четыре основных группы инструментальных материалов, отвечающих в той или иной степени этим требованиям: инструментальные стали, твердые сплавы, минералокерамика и режущие сверхтвердые материалы.

1.2.2 Инструментальные стали

Инструментальные стали подразделяются:

- на углеродистые;
- легированные;
- быстрорежущие.

*Инструментальные углеродистые стали* марок У9А, У10А, У11А, У12А и У13 А применяется для изготовления инструментов (дисковые пилы, сверла небольших диаметров, развертки, метчики, протяжки, круглые плашки, зенкеры, долбяки, гребенки, напильники и т.п.), работающих при невысоких скоростях резания, $V_{кр}$ = 10…15м/мин (в зависимости от марки стали и вида обработки). Массовая доля компонентов: С (углерода)- не менее 0,85...1,34%, Mn, Si – по 0,15..0,35% в каждой марке. Для получения высокой твердости HRC 61…63 углеродистые стали подвергают закалке с последующим отпуском для снятия остаточных напряжений и повышения прочности и вязкости. Температура закалки 760...780°С, охлаждающая среда - вода, масло. Температура отпуска 150…250°С в зависимости от марки стали и размера инструмента.

После закалки и отпуска структура стали состоит из скрытокристаллического материала и карбидов (цементиты) с некоторым количеством остаточного аустенита. Обладают достаточно высокой механической прочностью (σ=2000...2200 МПа), неглубокой прокаливаемостью (не всего сечения, что особенно ценно для инструментов, работающих на удар). Хорошо

шлифуются и доводятся, что обеспечивает высокую остроту и чистоту режущей кромки.

Главный недостаток – низкая теплостойкость ($t_{кр}$=200…250$^{o}$C) и допускаемые скорости резания.

*Инструментальные легированные стали* отличаются от инструментальных углеродистых сталей наличием в них легирующих элементов: Cr, W, Mo, V, Mn, Si обычно в небольших количествах. Хром повышает прокаливаемость и твердость, вольфрам – износостойкость и теплостойкость стали, ванадий создает наиболее стойкие и твердые карбиды и благоприятствует получению мелкозернистой стали, кремний значительно повышает теплостойкость стали, но при этом увеличивается чувствительность к обезуглероживанию.

$t_{кр}$= 250…300$^{o}$C, $V_{кр}$=12… 20м/мин.

Стали подразделяются на стали неглубокой и глубокой прокаливаемости.

К сталям первой группы относятся вольфрамовая В1 и хромовольфрамовая (алмазная) ХВ5, рекомендуемые для изготовления сверл, метчиков, разверток. Из-за повышенной твердости ($HRC_Э$ 70) , из алмазной стали изготовляют также резцы и фрезы для обработки твердых металлов.

Из сталей глубокой прокаливаемости для изготовления режущего инструмента применяется:

а) хромкремнистая 9ХС (закаливается при температуре tз = 865…875$^{0}$C, подвергается отпуску при $t_o$ = 150…180$^{0}$C, приобретая твердость $HRC_Э$ 63…64; возможность охлаждения в масле после нагрева под закалку уменьшает деформацию и коробление закаливаемого инструмента: обладает равномерным распределением карбидов по сечению, что особенно ценно для круглых плашек с тонкими режущими элементами ближе к сердцевине и для метчиков с мелким шагом резьбы; чувствительны к обезуглероживанию из-за высокой твердости в отожженном состоянии;

б) хромовольфрамомарганцовистая ХВГ ($t_з$=865…875$^{0}$C, $t_o$=865…875$^{0}$C), обладая теми же достоинствами, что и 9ХС, хорошо поддается правке; повышенная карбидная неоднородность при тяжелых условиях работы усиливает выкрашивание режущих кромок; рекомендуется для изготовления длинных метчиков, разверток и протяжек.

Взамен 9ХС и ХВГ можно применять сталь ХГСВФ со значительно менее выраженными недостатками, чем у стали 9ХС.

*Быстрорежущие стали* отличаются от легированных значительно большим количеством в них карбидообразующих элементов (W, V, Mo, Cr). Различают быстрорежущие стали нормальной и повышенной производительности.

К сталям первой группы относятся:

- вольфрамовые Р18, Р12, и Р9;
- вольфрамомолибденовые Р6М5 и Р6М3.

Инструмент из этих сталей после термической обработки имеет твердость HRC 62…65, $t_{кр}$ = 600…620°С и $V_{кр}$ = 30…40м/мин.

К сталям второй группы относятся вольфрамованадиевые Р18Ф2, Р14Ф4, Р12Ф3 и Р9Ф5, вольфрамокобальтовые Р9К10, Р9К5, вольфрамованадиевые с кобальтом Р18Ф2К5, Р18Ф2К8М (с учетом молибдена в пределах 0,3…1%, не удаленного из плавки, снижено содержание вольфрама из расчета 1%Mo =2%W), Р12Ф4К5 и Р10Ф5К5, вольфрамомолибденовые с кобальтом Р9М4К8 и Р6М5К5, вольфрамомолибденованадиевые с кобальтом Р12М3Ф2К8, Р10М4Ф3К10 и Р6М5Ф2К8.

Стали этой группы ($HRC_Э$ 63…69, $t_{кр}$ = 625…670 С°) разрабатывались для повышенной эффективности обработки резанием высокопрочных нержавеющих и жаропрочных сталей и сплавов, а также режимов резания при обработке обычных конструктивных материалов, тогда как стали первой группы предназначены для обработки обычных сталей с $\sigma_В$=1000МПа, чугунов и т.п.

Разработаны также быстрорежущие стали марок Р18М, Р9М, Р8М3, Р6АМ5, 10Р6М5, АЦР6М5, Р6АМ5Ф3, 11Р3АМ3Ф, 10Р6М5К5, Р2Ф2К8М6АТ и другие высоколегированные дисперсионнотвердеющие (при закалке $t_З$=1300С° и отпуске при $t_о$=600°С), “безуглеродистые” (С=0,06%), Р18М7К25, (В- вольфрам), Р10М5К25 и другие, “углеродистые” 25В20К25ХФ, 30В20К16, ВНИИ-1 и др., литые, Р18, Р12, Р12Ф3, 10Р8М3Р9Х2Ф2МГЛ, РЛ-1, РЛ-2 и др. и порошковые Р18К5Ф2 МП (МП - металлопорошковая), Р9М4К8, Р8М3К6С, Р6М5Ф2КВ и др.

Высоколегированные стали ($HRC_Э$ 68…69, $t_{кр}$=700…725°С) вследствие дефицитности легирующих элементов целесообразно применять только при обработке высокопрочных и труднообрабатываемых материалов. Литые быстрорежущие стали из-за пониженной вязкости и значительной неоднородности используются, в основном, для изготовления инструмента простой формы. Порошковые быстрорежущие стали изготовляется методом прессования частиц стали, полученных распылением расплавленной стали, при определенных давлениях и температурах. Из полученного материала куются различные заготовки диаметром до 100...200 мм, отличающиеся более равномерным распределением карбидов по сечению, повышениями $HRC_Э$ на 0,5-1,0, на около 5°С теплостойкостью, на 30…50% прочности и вязкости и в 1,5...3,5 раза более высокой стойкостью инструментов из них, чем у сталей, полученных обычным металлургическим способом.

Рассмотрим наиболее распространенные марки быстрорежущих сталей.

Р18 (С = 0,7…0,8%, W = 17…19%, Mo около 1%, Cr = 3,8…4,4%, V = 1…1,4%) - одна из лучших базовых марок имеет наибольший интервал закалочных температур (~20° при $t_з$=1250...1300°С в зависимости от размера инструмента), что уменьшает брак инструмента при закалке, обладает хорошими прочностными свойствами ($\sigma_В$=2900…3100МПа), хорошо шлифу-

ется. Главный недостаток - значительная карбидная неоднородность, для её уменьшения заготовки инструмента подвергают многократной проковке. Применяется для всех видов режущего инструмента. Благодаря хорошей шлифуемости из нее изготовляют высокоточный инструмент.

Р9 - базовая марка. Уменьшение количества вольфрама компенсировано увеличением ванадия на 2…2,6%, что уменьшает карбидную неоднородность на два балла по сравнению с Р18. Однако наличие в ее составе большого содержания карбидов ванадия вызывает появление прижогов при заточке инструмента, что является главным её недостатком. Применяют при изготовлении чистовых и получистовых инструментов простой формы. Теплостойкость стали Р12 несколько ниже, чем стали марки Р18, а прочность и пластичность её в нагретом состояния выше, шлифуемость такая же, что и стали РI8 и 30% дешевле последней. Применяется при изготовлении инструментов взамен стали Р18.

В настоящее время основной быстрорежущей сталью при производстве режущих инструментов является сталь Р6М5. Предусматривается дальнейшая ее замена сталями с еще меньшим содержанием вольфрама: Р2М5 и А11Р3М3Ф3. Замена вольфрама молибденом несколько снижает теплостойкость стали. Однако эти стали по ударной вязкости, карбидной неоднородности (на два балла ниже) и пластичности в нагретом состоянии превосходят сталь Р18, а по стойкости ей не уступают. Стойкость инструмента из стали марки 10Р6М5 примерно на 30% выше стойкости стали марки Р18 за счет ее большой твердости ($HRC_Э$ 64…65). Применяются для изготовления всех видов режущих инструментов при обработке обычных сталей, а также зуборезных и резьбонарезных инструментов при обработке нержавеющих сталей.

Стали Р9, Р12, Р6М5 вследствие их высокой пластичности в нагретом состоянии пригодны для изготовления инструментов методами пластического деформирования.

Стали второй группы отличаются повышенным содержанием ванадия и, особенно, кобальта, а в зарубежных аналогах также углерода (до 1,25% С вместо 0,8…0,9%) и молибдена (до 6,25%). Кобальт в отличие от других легирующих элементов карбидов в стали не образует. Однако, кобальт является элементом, наиболее сильно увеличивающим твердость (Р9К5: HRCЭ 65-66 и Р9К10: HRCЭ67-68) и теплостойкость стали ($t_{кр}$=640-670°С), что объясняется образованием в её структуре интерметаллидов в дисперсном состоянии и повышенной теплопроводностью кобальта. Легирование сталей кобальтом ванадием повышает стойкость инструмента в 1,5...3,0 раза по сравнению со стойкостью инструментов из стали Р18. Быстрорежущие стали повышенной производительности более чувствительны к обезуглероживанию, хуже шлифуются и требуют более точного соблюдения температур нагрева при термической обработке. Эти особенности, а

также повышенная стоимость обусловливают целесообразность их применения по специальному назначению.

Из быстрорежущих сталей изготавливают фасонные резцы, винтовые сверла, зенкеры, метчики, плашки, винторезные головки, цилиндрические, осевые и концевые фрезы, фасонные и резьбовые фрезы, червячно-модульные и червячно-шлицевые фрезы, зуборезные долбяки, шеверы и протяжки, когда:

а) их изготовление из твердых сплавов связано со значительными технологическими трудностями и обходятся слишком дорого;

б) механическая прочность твердосплавных инструментов недостаточная при резании высокопрочных материалов с большими сечениями срезаемого слоя, прерывистом резании и резании при малой жесткости системы СПИД.

1.2.3 Твердые сплавы

Исходным материалом для изготовления твердых сплавов являются порошки карбидов вольфрама, титана, тантала не образующего карбидов кобальта. Порошки смешивают в определенных пропорциях, прессуют в формах и спекают при t=1500…2000°С в виде пластин. Пластины присоединяют к корпусу инструментов припаиванием, приклеиванием или механически при помощи винтов, прижимов и клиньев. Мелкоразмерные инструменты изготовляются цельнотвердосплавными из пластифицированных неспеченных заготовок. Заготовкам придается соответствующая форма механической обработкой или продавливанием через матрицу, которые затем спекаются, шлифуются и затачиваются. При расчете размеров заготовки учитывают процент усадки (25…30%) при спекании.

Карбиды образуют твердый режущий скелет сплава со сросшимися гранями зерен, кобальт является связкой, цементирующей режущий скелет. Чем больше в сплаве карбидов, тем выше твердость и теплостойкость сплава и ниже его механическая прочность.

Кобальт влияет наоборот. Чем мельче зерна карбидов, тем сплав более износостоек, однако при этом несколько снижается его прочность. Такая закономерность справедлива для зерен с размером в поперечнике 1...5 мкм.

Различают 5 групп твердых сплавов:

- вольфрамовые (однокарбидные) ВК;
- титановольфрамовые (двухкарбидные) ТК;
- титанотанталокарбидные (трехкарбидные) ТТК;
- сплавы с износостойкими покрытиями;
- безвольфрамовые.

Применяемые дли изготовления металлорежущих инструментов марки ВК3, ВК3М, ВК4, ВК6, ВК6-0М, ВК8, ВК10-М и ВК10-0М сплавов первой группы спечены из карбида вольфрама WC (90…97 весовых %) и кобальта Со (10…3%). $t_{кр}$=800…850$^{o}$С, $V_{кр}$=100…200м/мин, твердость HRCЭ 87,5 (ВК8), HRCЭ 91(ВК3М) или HRCЭ=70…74, σ=1600 (ВК8)…1100 (ВК3М)

МПа. Эти сплавы более вязки и менее хрупки, чем титановольфрамовые. Поэтому их применяют при обработке хрупких металлов (чугуна, бронзы и др.) при сравнительно невысоких температурах резания и значительных пульсирующих нагрузках от “сыпучей” стружки вблизи режущей кромки – наиболее уязвимого места инструмента, когда изнашиваются задние поверхности без образования ослабляющей режущий клин глубокой лунки на передней поверхности. Благодаря достаточной прочности и виброустойчивости, они успешно используются также при резании труднообрабатываемых сталей и титановых сплавов с невысокими режимами резания (V=1…60м/мин), которые не поддаются быстрорежущим сталям, при прерывистом резании с большими сечениями срезаемого слоя, при резании мягких цветных и легких сплавов с малой интенсивностью тепловыделения, при малой жесткости системы СПИД. При черновой обработке рекомендуются крупнозернистые сплавы с большим содержанием кобальта, мелкозернистые и малокобальтовые сплавы используются для чистовой обработки.

Для изготовления сплавов группы ТК берут смесь порошков карбида вольфрама WC, карбида титана TiC и кобальта. В процессе спекания часть зерен WC растворяется в зернах TiC, образуя сложные тититановольфрамовые карбиды, часть растворяется в кобальте. Процентное содержание TiC в марке сплава указывается после буквы Т: Т30К4 (30% TiC + 4% Co + 66% WC), Т15К6, Т14К8, Т5К12 $t_{кр}$=900…1000$^{o}$C, HRCЭ 87, Т5К12 HRCЭ 92 Т30К4 σ=1650 (Т5К12)…950 (Т30К4) МПа. Более высокие теплостойкость и твердость, следовательно и износостойкость, меньшая склонность к свариванию со стальной стружкой позволяют наиболее рационально использовать эти сплавы при обработке конструкционных углеродистых и легированных сталей и сплавов (за исключением титановых из-за химического сродства). Высокотитанистые (Т30К4) как наиболее твердые и износостойкие, но и наименее прочные и вязкие, пригодны для чистового точения при непрерывном резании, малотитанистые Т5К12 – для чернового точения при неравномерном сечении среза, Т15-К6 – для всех операций обработки сталей.

Сплавы группы ТТК состоят из зерен WC, сложных карбидов (W, Ti, Ta)C и связующей кобальтовой фазы, представляющей собой твердый раствор вольфрама и углерода в кобальте (TiC и TaC в Co не растворяются). В обозначении марок суммарная массовая доля карбидов титана и тантала в % указывается после букв ТТ: ТТ7К12 (4%TiC +3% TaC +81%Wc +12%Co), ТТ8К6, ТТ10К8-Б, ТТ20К9. Характеризуются более высокой прочностью, чем сплавы группы ТК, но несколько менее износостойки. Наибольшая прочность (σ=1650МПа) и наименьшая износостойкость (HRC 87) у сплава ТТ7К2. Наиболее износостойким является сплав ТТ8К6 (σ=1250МПа, HRC 90,5). Предназначены для обработки, как сталей, так и чугуна с очень большими сечениями среза (точение и строгание), при ре-

зании с тяжелыми ударами, когда повышенная прочность сплавов компенсирует их пониженную теплостойкость. Тантал является дефицитным и дорогостоящим элементом. Поэтому сплавы ТТК применяются в исключительных случаях.

Стремление сочетать достаточную изгибную прочность некоторых марок твердых сплавов с высокой износостойкостью высокотвердых и тугоплавких материалов: TiC, TiN, Al2O3, ZrN, MoN, CrO, NbC и т.п. привело к созданию и широкому применению многогранных неперетачиваемых пластин твердого сплава с износостойкими покрытиями.

Тугоплавкие покрытия наносятся на рабочие поверхности пластины – основы из ВК6, ВК8, Т5К10, ТТ10К8Б, ТТ7К12 и т.п. способами:

- КИБ – конденсации вещества из плазменной фазы в условиях ионной бомбардировки;
- ГТ – осаждение их газовой фазы;
- ДТ - термодиффузионного осаждения в один (3…10мкм) или несколько слоев.

Применение покрытия повышает стойкость исходных пластин в 1,5…5 раз, а допускаемую скорость резания на 25…30%. Пластины с покрытиями эффективны для большинства видов обработки резанием (точение, фрезерования и др.) стальных и чугунных изделий. При тяжелых условиях резания, сопровождающихся выкрашиваниями и сколами режущих кромок инструментов, их эффективность снижается.

В безвольфрамовых твердых сплавах карбид вольфрама заменен карбидом титана или карбонитридом, а в качестве связки используется никель, железо, молибден:

1. ТН-20(79%TiC + 15% Ni + 6% Mo, σ =900МПа, HRC 90);
2. ТН25, ТН30(69%TiC +24%Ni + 7%Mo, σ=1000МПа, HRC = 88,5);
3. КНТ16 (74%TiCN + 19,5%Ni + 6,5%Mo,σ=1100МПа).

По прочности несколько уступают сплавам группы ТК, более чувствительны к тепловым и ударным нагрузкам, к трещинообразованию при напайке и заточке. Отличаются высокой окалиностойкостью, более низким коэффициентом трения, пониженной склонностью к адгезии, что существенно (на 20…25%) снижает износ инструмента, силы и температуру резания. Рекомендуется применять при чистовой и получистовой обработке конструкционных, малолегированных и нержавеющих сталей взамен Т15К6 и Т30К4 и при обработке цветных металлов и сплавов.

В настоящее время из твердых сплавов изготовляются резцы всевозможных типов, сверла, зенкеры, развертки; торцовые, цилиндрические, концевые, фасонные и червячно-модульные фрезы; протяжки и метчики. По мере совершенствования технологии инструментального производства область применения твердосплавного инструмента непрерывно расширяется.

1.2.4 Минералокерамика

Наиболее распространенной маркой является микролит Цм-332. Получают спеканием тонкоизмельченного (размер зерна 1…2 мкм) порошка корунда из прокаленного по специальной технологии глинозема ($Al_2O_3$) и 0,5…1% окиси магния (MgO). Поставляется в виде пластин тех же форм и размеров и закрепляются к корпусу такими же способами, что и пластины твердого сплава. $t_{кр}$=1200°С, $HRC_Э$ 91…93; обладает высокой износостойкостью; при получистовой и чистовой обработке без ударов и толчков отбеленного чугуна допускает $V_{кр}$=60…180 м/мин, закаленных сталей – 75…300м/мин, поделочного чугуна до 3700м/мин; эффективны также при обработке цветных металлов и неметаллических материалов.

Главные недостатки – высокая хрупкость (σ=450МПа) и плохая сопротивляемость циклическим изменениям тепловой нагрузки. Это приводит при работе к выкрашиванию и поломке пластин.

Новые минералокерамики В3, В0К-60 и В0К-63 на основе окиси аллюминия и карбида титана имеют σ=600…700МПа, но несколько сниженные теплостойкость и износостойкость.

1.2.5 Режущие сверхтвердые материалы

К ним относятся природные (алмаз) и синтетические материалы. Природные алмазы ($t_{кр}$=800°С, σ=3000МПа) обладают исключительно высокой твердостью (микротвердость ~ 98 Гпа) и теплопроводностью (0,35 кал/см$^2$), способствующей хорошему отводу тепла из зоны резания, непревзойденной износостойкостью. Малый коэффициент линейного расширения (0,73…1,45). Высокая степень жесткости (модуль упругости 900 ГПА), низкий коэффициент трения по стали (μ = 0,17…0,05) и малая склонность к адгезии (за исключением черных металлов) обеспечивают при чистовом (отделочном) резании цветных металлов, сплавов и неметаллических материалов алмазными резцами (фрезами, сверлами) высокую точность размеров и низкую шероховатость ($R_a$ =0,04…0,02 мкм) обработанной поверхности. $V_{кр}$ = до 3000 м/мин. Недостаток алмаза – его хрупкость, дороговизна и относительно низкая теплостойкость.

Синтетические алмазы (СА), получаемые из графита при больших давлениях (1 млн. Мпа) и высоких температурах (~ 2500°С), тверже природных алмазов и вершины их более остры. Однако размеры их кристаллов пока не превышают 1,2мм. Закрепление кристаллов алмаза весом от 0,31 до 0,8 карат (1 карат=0,2г) в инструменте осуществляется пайкой и механическим путем. Более мелкие кристаллы СА дробят в порошок и используют для изготовления алмазно-абразивного инструмента.

В последние годы благодаря своей высокой твердости, приближающейся к твердости алмаза, более высокой теплостойкости ($t_{кр}$=1200…1500°С) и химической инертности к черным металлам, широкое распространение получили сверхтвердые материалы на основе кубического нитрида бора (состоящего из атомов азота и бора BN и его модифика-

ции: гексагональной графитоподобной BN2, кубической сфалеритоподобной BNK и гексагональной вюрцитоподобной BNB) КНБ: эльбор Р (композит 01), гексанит (композит 10), белбор (композит 02), исмит, ПТНБ, композит 05. Технология их производства сходна с производством синтетических алмазов.

Для лезвийных инструментов применяют синтетические поликристаллы алмаза (СПА), нитрида бора (СПНБ) и композиты. СПА рекомендуется применять для резцов при обработке твердых сплавов, цветных металлов и их сплавов, титановых сплавов, керамики, стеклопластики, СПНБ – деталей из закаленных, легированных и быстрорежущих сталей, а также высокопрочных чугунов.

Для удобства сопоставления по двум важнейшим свойствам все рассмотренные группы инструментальных материалов сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1- Свойства инструментальных материалов

| Инструментальный материал | Теплостойкость, $^{o}$C | Предел прочности при изгибе $\sigma_{и}$, МПа |
|---|---|---|
| Углеродистые стали | 200…250 | 1900…2000 |
| Низколегированные инструментальные стали | 250…300 | 2000…2500 |
| Быстрорежущие стали | 600…650 | 2050…3400 |
| Твердые сплавы | 800…900 | 900…2000 |
| Минералокерамика | 1100…1200 | 325…700 |
| Алмазы | 700…800 | 210…400 |
| Композиты КНБ | 1300…1500 | 400…1500 |

## 1.3 Материально – техническое обеспечение

Лабораторная работа проводится на токарно-винторезном станке мод.1К62. Деталь закрепляется в трехкулачковом патроне ГОСТ 2675-80, поджимается центром задней бабки. Резец закрепляется в резцедержателе станка. Резцы двух трех марок инструментального материала.

## 1.4 Порядок выполнения работы

- ознакомиться с теоретической частью работы,
- преподавателем задается обрабатываемый материал, вид, характер обработки и режимы резания; руководствуясь теорией вопроса, студент выбирает две - три марки инструментального материала для заданных условий обработки, назначает геометрию режущей части инструмента, выполняет ее эскиз,

- исходя из заданной скорости резания, рассчитывается число оборотов шпинделя (число двойных ходов ползуна); производится корректировка полученного числа по паспортным данным станка, подсчитывается действительная скорость станка,

- станок настраивается на заданные режимы резания,

- при известных длине обрабатываемой поверхности и элементах режима резания рассчитываются машинное время, затрачиваемое инструментом для выполнения одного прохода, и количество проходов, необходимое для работы инструмента в течение 6-9 минут машинного времени,

- полученные суммарные машинное время T и количество проходов N делятся на три равных промежутка, определяется отрезок резания L для каждого машинного времени δT и количество проходов за δT,

- каждым инструментом (инструментальным материалом) выполняется три опыта по δN проходов при каждом опыте,

- на инструментальном микроскопе после каждого опыта замеряется величина фаски износа $\delta_i$ и зарисовывается ее форма. На эскизе в 3-4-х сечениях указываются размеры площадки износа,

- рассчитываются относительный износ $\Delta = \frac{\delta_i}{t}$ и интенсивности нарастания изнашивания $J_i = \frac{d\delta_i}{dT_i}$ для каждого i инструментального материала, строиться график износа $\delta_i = f(T_i)$,

- делаются выводы об оптимальной марке инструментального материала для данных условий резания по минимуму интенсивности износа и общие выводы по работе,

- результаты работы заносятся в протокол испытаний (таблица 1.2).

## 1.5 Содержание отчета

В отчете приводятся:

- цель работы,

- перечень требований и групп инструментальных материалов,

- подробное описание выбранных марок инструментальных материалов,

- протокол исследований (таблица 1.2),

- эскизы режущей части форм износа,

- диаграммы износа $S_i = f(T_i)$,

- выводы по работе.

Таблица 1.2- Протокол испытаний

| Номер опыта | Эскиз площадки износа с указанием 3-4 размеров | Относительный износ Δ, мкм/мин | Интенсивность износа $J_i$, мкм/мин |
|---|---|---|---|
| 1.<br>2.<br>3. | Инструментальный материал марки _____ | | |
| 1.<br>2.<br>3. | Инструментальный материал марки _____ | | |
| Примечания: | Обрабатываемый материал<br>Геометрия режущей части<br>Диаметр ∅ и длина L = _____ заготовки<br>Режимы резания | | |

1.6 Контрольные вопросы

1 Основные марки инструментальных материалов, их обозначения, свойства, назначение и особенности термической обработки.

2 Группы быстрорежущих сталей нормальной и повышенной производительности, их свойства; пути развития и новейшие марки быстрорежущих сталей марок Р18, Р12, Р9, Р6М5.

3 Перечислить 6 основных требований, предъявляемых к инструментальным материалам.

4 Классификация инструментальных сталей. Инструментальные углеродистые стали, их преимущества и недостатки. Примеры и расшифровка марок сталей.

5 Классификация инструментальных сталей. Инструментальные легированные стали, их преимущества и недостатки. Примеры и расшифровка марок сталей.

6 Классификация инструментальных сталей. Быстрорежущие стали, их преимущества и недостатки. Примеры и расшифровка марок сталей.

7 Твердые сплавы 5 основных групп. Преимущества и недостатки каждой из групп твердых сплавов. Примеры и расшифровка сплавов.

8 Минералокерамика, преимущества и недостатки. Новые разновидности минералокерамики,

9 Режущие сверхтвердые материалы, преимущества и недостатки. Новые виды материалов.

## Лабораторная работа №2. «Кинематика резания при точении»

### 2.1 Цель работы

Закрепить термины, определения и понятия, составляющие основу кинематики процесса резания при точении, ознакомится с методами измерения геометрических параметров инструментов и приборами для этой цели; приобрести навыки эскизирования резцов.

### 2.2 Теоретическая часть

Обработка резанием заключается в срезании с обрабатываемой заготовки некоторой массы металла, специально оставленной на обработку называемой припуском. Для этого инструменту и заготовке сообщают движение с определенными направлениями и скоростями. Движения необходимые для подготовки к началу резания (перемещение инструмента или заготовки на заданную толщину слоя, срезаемого с припуском) и завершение операции (возвращение инструмента или заготовки в исходное положение после окончания резания) называются *холостыми движениями*. Движения при помощи которых слой металла, удаляемый в процессе резания, подвергается пластическому деформированию и разрушению, превращаясь в стружку, называются *рабочими*.

Процесс образования стружки протекает в специфических условиях, и предопределяет физические закономерности, отражаемые функциональными зависимостями, справедливыми только для обработки металлов резанием. Таким образом, стружка является характерным признаком, отличающим обработку металлов резанием от других способов обработки металлов.

В кинематике станков рассматривают движения, передаваемые механизмами станков инструменту и обрабатываемой заготовки во время, как рабочих, так и холостых ходов, а кинематика резания - движения, которые действуют в процессе резания во время рабочего цикла, когда режущая часть инструмента осуществляет процесс образования стружки.

Количество движений, с помощью которых производится процесс резания, бывает различным. Сочетание движений, сообщаемых механизмом станка в процессе резания инструменту и заготовке, представляет собой принципиальную кинематическую схему резания. Кинематика станков намного упрощается при использовании схем, основанных на сочетании равномерных движений: прямолинейных и вращательных. Из нескольких сот принципиальных кинематических схем резания наибольшее распространение получили схемы: с одним прямолинейным движением и с одним прямолинейным и одним вращательным движением.

Точение (рисунок 2.1) осуществляется по принципиальной кинематической схеме с одним прямолинейным и одним вращательным движением. На токарных и револьверных станках и одношпиндельных автоматах вращательное движение совершает заготовка, поступательное прямолинейное - инструмент (резец, сверло). Одно из рабочих движений, сообщаемых инструменту или заготовке, называют *движением резания*, а другое - *движением подачи*. Движение резания называют такое, которое необходимо для осуществления процесса превращения (пластической деформации и разрушения) срезаемого слоя в стружку. Движение подачи называют такое, которое необходимо, чтобы указанный процесс совершался непрерывно или повторялся периодически. Поэтому движение резания называют также главным рабочим движением, а движение подачи – вспомогательным рабочим движение. Отличительным признаком движения резания является также и то, что скорость этого движения во много раз превышает скорость движения подачи. Скорость движения резания называют скоростью резания; скорость движения подачи принято называть просто подачей. Суммируясь, эти движения сообщают лезвиям инструментов относительно заготовки результирующие движение резания. При некоторых методах обработки имеет место третье движение, являющееся дополнительным движение формообразования.

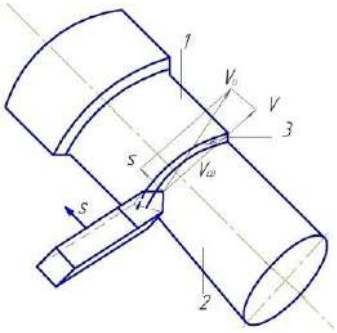



Рисунок 2.1 - Кинематическая схема точения

Векторная сумма скорости резания $\overline{V}$, скорости подачи S и дополнительного движения формообразования $\overline{V}_\partial$, представляет собой вектор скорости результирующего движения резания (истинной скорости резания):

$$\overline{V}_к = \overline{V} + \overline{S} + \overline{V}_c \qquad (2.1)$$

Эта скорость всегда направлена по линии, касательной к траектории результирующего движения резания. Так как при точении и сверлении вектор $\overline{V}_\partial$ отсутствует, а $\overline{S}$ вектор весьма мал по сравнению с вектором $\overline{V}$, принято считать $\overline{V}_\partial = \overline{V}$.

Поверхность, на которой лежит траектория результирующего движения резания одной точки режущей кромки, называется поверхностью траектории (поверхностью движения).

В процессе срезания припуска на заготовке различают характерные поверхности (рисунок 2.1): обрабатываемую 1, обработанную 2 и поверхность резания 3.

*Обрабатываемой поверхностью* называют такую поверхность заготовки, которая срезается за каждый очередной проход инструмента. Поверхности на заготовках, вновь образуемые во время очередного прохода инструмента, называют *обработанными поверхностями*. Промежуточную поверхность, временно существующую в процессе резания между обрабатываемой и обработанной поверхностями принято называть *поверхностью резания*.

При точении траекторией результирующего движения резания любой точки режущей кромки является винтовая линия с винтовым параметром. Поверхность резания представляет собой совокупность винтовых траекторий результирующего движения резания всех точек режущей кромки, участвующих в процессе резания. Винтовая поверхность резания является конволютной, если режущая кромка наклонена к осевой плоскости, и архимедовой, если режущая кромка расположена в осевой плоскости.

Скорость резания - величина перемещения точки режущей кромки относительно поверхности резания в единицу времени, при точении численно равна окружной скорости вращения точек детали, расположенной на обрабатываемой поверхности диаметром $D$ (мм), и определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ , м/мин,} \qquad (2.2)$$

где n – частота вращения шпинделя, об/мин.

Однако, при изучении физических явлений, сопровождающих процесс резания, учитывают, что диаметры поверхностей траекторий различных точек режущей кромки, участвующих в процессе резания, переменны на активной длине режущей кромки, то есть скорость резания на рабочей длине режущей кромки - величина переменная.

*Подача S*_- величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени, измеряется в мм/об или мм/мин и, соответственно, называется подачей за один оборот S и минутной подачей $S_i$ .Различают продольную подачу, когда резец перемещается в направлении, параллельном оси заготовки, поперечную подачу, когда перемещается в направлении, перпендикулярном оси заготовки и наклонную подачу, когда резец перемещается под углом к оси заготовки.

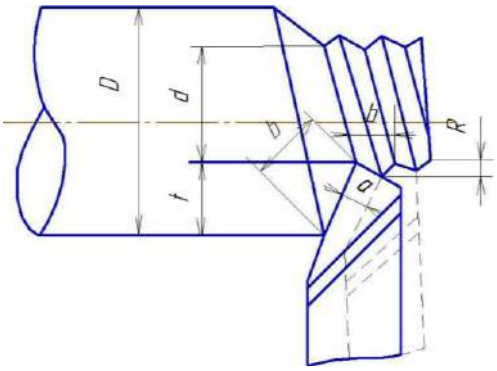



Рисунок 2.2 – Элемент сечения срезаемого слоя

*Глубина резания t* - расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности, или что то же, к направлению подачи (рисунок 2.1 и 2.2). При продольном точении:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм}, \qquad (2.3)$$

где D - диаметр обрабатываемой поверхности,

d – диаметр обработанной поверхности.

Глубина резания и подача характеризуют процесс резания с технологической стороны как элементы режима резания (наряду со скоростью резания и стойкостью инструмента). Физические явления, в частности, силовая и тепловая нагрузки на единицу длины лезвия, сопровождающие процесс резания, зависят от толщины и ширины срезаемого слоя, которые могут изменяться при одной и той же подаче и глубине резания при изменении формы и геометрии режущей кромки.

*Ширина среза b (мм)* - длина контакта режущей кромки с поверхностью резания.

*Толщина среза a (мм)* - расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания, измеренное в направлении, перпендикулярном к режущей кромке. Между глубиной резания и шириной среза, подачей и толщиной среза существуют зависимости:

$$a = S \cdot \sin\varphi,\ b = t / \sin\varphi, \qquad (2.4)$$

где $\varphi$ - угол, характеризующий форму и геометрию режущей кромки.

Номинальная или расчетная площадь поперечного сечения срезаемого слоя (мм) равна

$$f = t \cdot S = a \cdot b. \qquad (2.5)$$

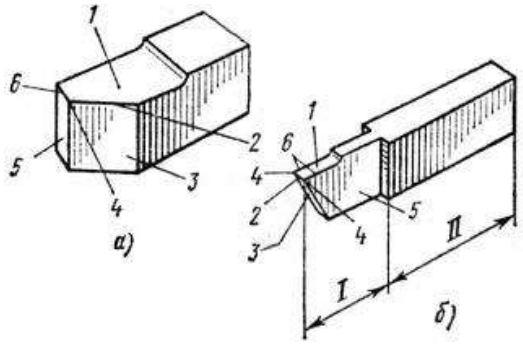
Действительная площадь среза отличается от номинальной на величину площади остаточных гребешков высотой h (рисунок 2.2). Объем стружки, снятой за 1 минуту работы определяется:

$$V_c = V \cdot S \cdot t \, , см^3 / мин \qquad (2.6)$$

2.2.1 Конструктивные параметры резцов

Резец (рисунок 2.3,*б*) состоит из головки (рабочей части) I и державки II - стержня прямоугольного, квадратного или круглого сечения, предназначенные для закрепления резца в резцедержателе станка. Головка выполнена в виде клина и предназначена для срезания припуска с обрабатываемой заготовки. На режущей части резца различают следующие элементы. Передняя поверхность *1*, по которой сходит стружка. От ее правильного наклона в значительной степени зависит успех работы резца. Главная задняя поверхность *3*, обращена к обрабатываемому изделию в направлении подачи. Вспомогательная задняя поверхность *5*, обращена к обрабатываемому изделию в направлении, противоположном направлению подачи. Вспомогательных задних, поверхностей может быть несколько, например, две у отрезного резца (рисунок 2.3б). Главная режущая кромка *2* образуется пересечением передней и главной задней поверхностями и выполняет основную работу резания. Вспомогательная режущая кромка 6, образуется пересечением передней и вспомогательной задней поверхностями и осуществляет вспомогательное резание.

Вершиной резца *4* является место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок. Вершина резца может быть острой, но обычно ее закругляют для большей стойкости резца, а также для повышения чистоты обработанной поверхности.




а − проходной прямой; б − отрезной

Рисунок 2.3 - Конструктивные параметры резца

2.2.2 Геометрические параметры режущей части резца

При этом считается, что резец неподвижен в направлении движения подачи $\overline{S}$, а рассматриваемая точка режущей кромки находится на уровне

центров станка. Следовательно, воображаемая поверхность резания представляет собой кольцевую поверхность усеченного конуса, а не винтовую поверхность.

Для определения геометрии резца принимают следующие координатные плоскости (рисунок 2.4):

- основная плоскость 1 - плоскость, проведенная перпендикулярно к вектору скорости движения резца; плоскость резания;

- 2 - плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через рассматриваемую точку режущей кромки;

- главная секущая плоскость 3 - плоскость, перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость; вспомогательная секущая плоскость - плоскость, перпендикулярная проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость;

- рабочая плоскость 4 - плоскость, в которой расположены векторы скоростей резания и подачи. Плоскость резания и основная плоскость, главная секущая плоскость и плоскость резания, главная секущая плоскость и основная плоскость, рабочая плоскость и основная плоскость - плоскости взаимоперпендикулярные.

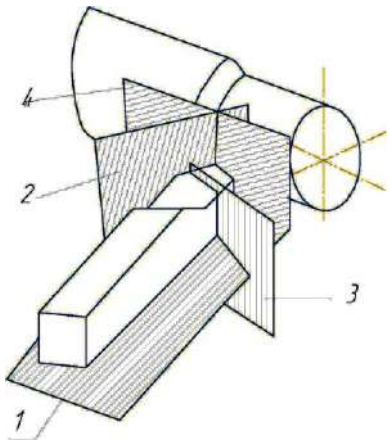



Рисунок 2.4 – Координатные плоскости резца

Углы, измеряемые в главной секущей плоскости, называются *главными*, так как они определяют условия работы режущего клина, выполняющего основную работу по превращению срезаемого слоя в стружку, а во вспомогательной плоскости - *вспомогательными*.

В главной секущей плоскости измеряют главный задний угол, угол заострения, передний угол и угол резания (рисунок 2.5).

*Главным задним углом* $\alpha$ называется угол между главной задней поверхностью резца (или касательной к ней) и плоскостью резания. Назначением заднего угла является обеспечение свободы перемещения задней поверхности инструмента относительно поверхности резания. Он по знаку должен быть только положительным. Необходимая величина заднего угла

зависит от конкретных условий резания. Критериями оптимизации служат интенсивность изнашивания задней поверхности, механическая прочность режущей кромки, размеры режущего клина, от которых зависит теплоотвод из зоны резания, размеры контактной площадки на задней поверхности, качество обработанной поверхности и т. п. *Углом заострения* $\beta$ называется угол между главной задней и передней поверхностями резца (или касательными к ним).

*Главным передним углом* $\gamma$ называется угол между передней поверхностью резца (или касательной к ней) и основной плоскостью в рассматриваемой точке главной режущей кромки. Он имеет положительное значение, если передняя поверхность направлена вниз от режущей кромки; имеет отрицательное значение, если передняя поверхность направлена вверх от нее; равен нулю, если передняя поверхность параллельна основной плоскости. Положительный передний угол делается для облегчения процесса образования стружки и более свободного ее схода по передней поверхности. Применение переднего угла, равного нулю, и отрицательного переднего угла связано с необходимостью повышения жесткости и прочности рабочей части резца, улучшения теплоотвода из зоны резания. Критериями оптимизации величины переднего угла являются контактные явления на передней поверхности инструмента, силовой и температурный режимы процесса резания, износ инструмента, контактные нагрузки и температура контакта и напряженное состояние режущего клина.

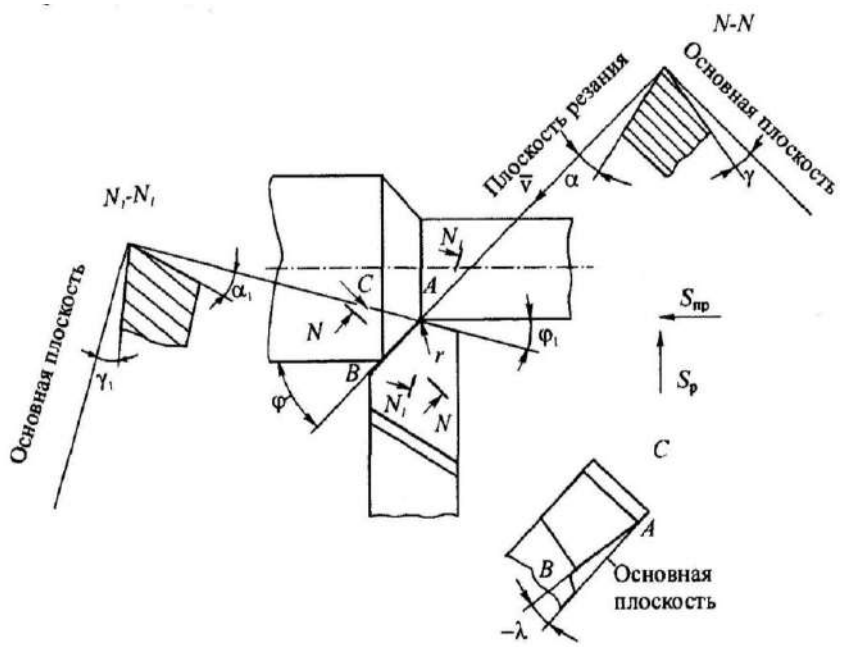



Рисунок 2.5 – Статические углы (углы заточки) резца

*Углом резания* $\sigma$ называется угол между плоскостью резания и передней поверхностью резца (или касательной к ней).

Основные уравнения:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^0,\ \alpha + \beta = \sigma,\ \sigma + \gamma = 90^0,\ \sigma = 90^0 - \gamma. \qquad (2.7)$$

В основной плоскости измеряются углы в плане (рисунок 2.5).

*Главным углом в плане* $\varphi$ называется угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Основной функцией угла φ является воздействие на соотношение размеров поперечного сечения срезаемого слоя и на процесс стружкообразования. Оптимизируется показателями стойкости инструмента, соотношением составляющих силы резания, точностью размеров и качеством обработанной поверхности.

*Вспомогательным углом в плане* $\varphi_1$ называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи. Он создается с целью обеспечения благоприятных условий работы вспомогательной режущей кромки.

*Углом при вершине* $\varepsilon$ называется угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость. Между этими углами существует соотношение:

$$\varphi + \varepsilon + \varphi_1 = 90^0\ . \qquad (2.8)$$

В плоскости, проходящей через главную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости, измеряется *угол наклона главной режущей кромки* $\lambda$. От этого угла зависит прочность вершины резца и направление схода стружки.

*Углом наклона главной режущей кромки* $\lambda$ называется угол между режущей кромкой и основной плоскостью.

Если вершина резца наинизшая точка (рисунок 2.6), то угол λ - положительный, если наивысшая - отрицательный, если режущая кромка параллельна основной плоскости, λ=0°. Во вспомогательной секущей плоскости измеряются вспомогательный задний $\alpha_1$ и $\gamma_1$ передние углы. Их формулировки и функции аналогичны главным углам, но применительно к процессу резания вспомогательной режущей кромкой.

Все приведенные формулировки углов резца по существу справедливы и для других режущих инструментов.

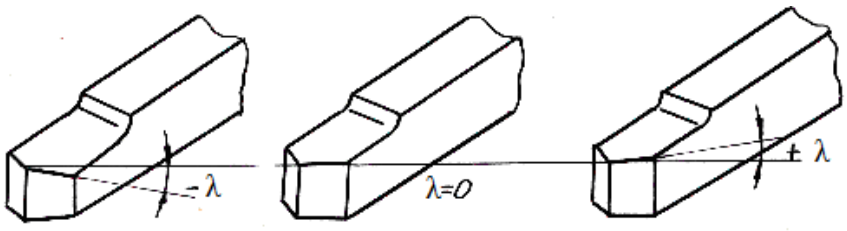



Рисунок 2.6 - Угол наклона главной режущей кромки

2.2.3 Кинематические (рабочие) углы резца

*Рабочие углы* отличаются от статических в виду того, что плоскость резания, касательная к поверхности резания, в процессе резания не перпендикулярна к основной плоскости по следующим причинам:

- рассматриваемая точка режущей кромки расположена выше или ниже оси центров либо из-за погрешности установки и закрепления инструмента на станке, либо из-за наличия угла λ, т.е. из-за наклонного расположения режущей кромки к осевой плоскости, проходящей через характерную точку;

- поверхность резания - не кольцевая поверхность усеченного конуса, а винтовая поверхность;

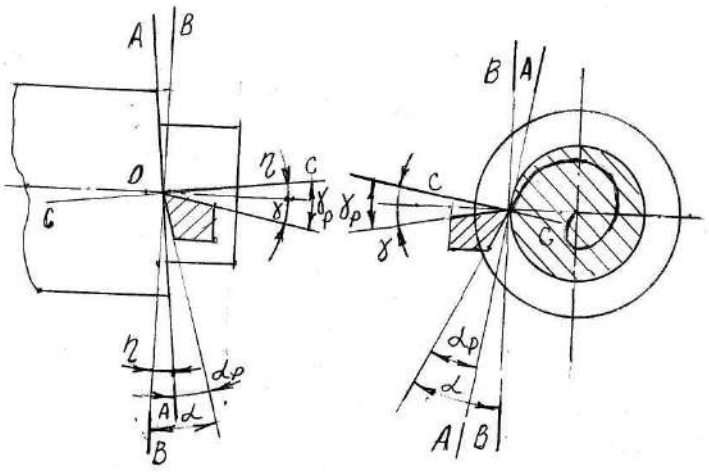
- в результате износа контактных поверхностей непрерывно изменяется и положение режущей кромки;

- при обработке материалов, склонных к наростообразованию, роль режущей кромки выполняет нарост.

Рассмотрим на примере передних и задних углов раздельно первые две причины.

Как уже отмечалось, если резец получает подачу, то поверхность резания - это винтовая поверхность с шагом, равным подаче, и касательная к ней плоскость резания будем расположена под углом наклона винтовой поверхности. Чем больше отношение, называемое кинематическим параметром обработки, тем больше наклон винтовой поверхности и тем больше изменение рабочих углов $\alpha_p$ и $\gamma_p$.

На рисунке 2.7 представлено действительное положение поверхности резания и касательной к ней плоскости резания А-А с учетом движения подачи при φ=90° и λ=0° (В-В - положение плоскости резания при отсутствии движения подачи).




а) б)

а - продольное точение; б - поперечное точение

Рисунок 2.7 – Изменение углов резца в процессе резания

Как видно, действительное положение поверхности резания будет ближе к задней поверхности резца, в связи с чем рабочий задний угол $\alpha_p$ будет меньше статического α на величину η угла между направлениями скоростей результирующего движения $V_u$ (рисунок 2.1) и вращательного движения детали V. Изменяется также положение плоскости С-С (рисунок 2.7), перпендикулярной к плоскости резания в рассматриваемой точке режущей кромки, следовательно, изменится и рабочий передний угол $\lambda_p$.

Таким образом, имеем:

$$\alpha_p = \alpha - \eta\,,\ \gamma_p = \gamma + \eta\,, \tag{2.9}$$

где α и γ - статические углы резца;

η- угол наклона траектории точки режущей кромки.

Если развернуть на плоскость окружность вращения и винтовую траекторию точки режущей кромки, то получим треугольник (рисунок 2.8), в котором катетами будут подача и окружность вращения, а гипотенузой - винтовая траектория (отрезок архимедовой спирали при поперечном сечении). Отсюда:

$$\eta = arctg(s/\pi \cdot D)\,. \tag{2.10}$$

Если у резца угол φ не равен 90°, то угол между положениями плоскости резания, измеренный в главной секущей плоскости $\eta_\varphi$ можно определить по формуле:

$$tg\,\eta_\varphi = tg\,\eta \cdot \sin\varphi\,. \tag{2.11}$$

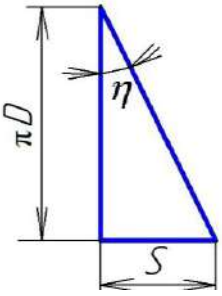


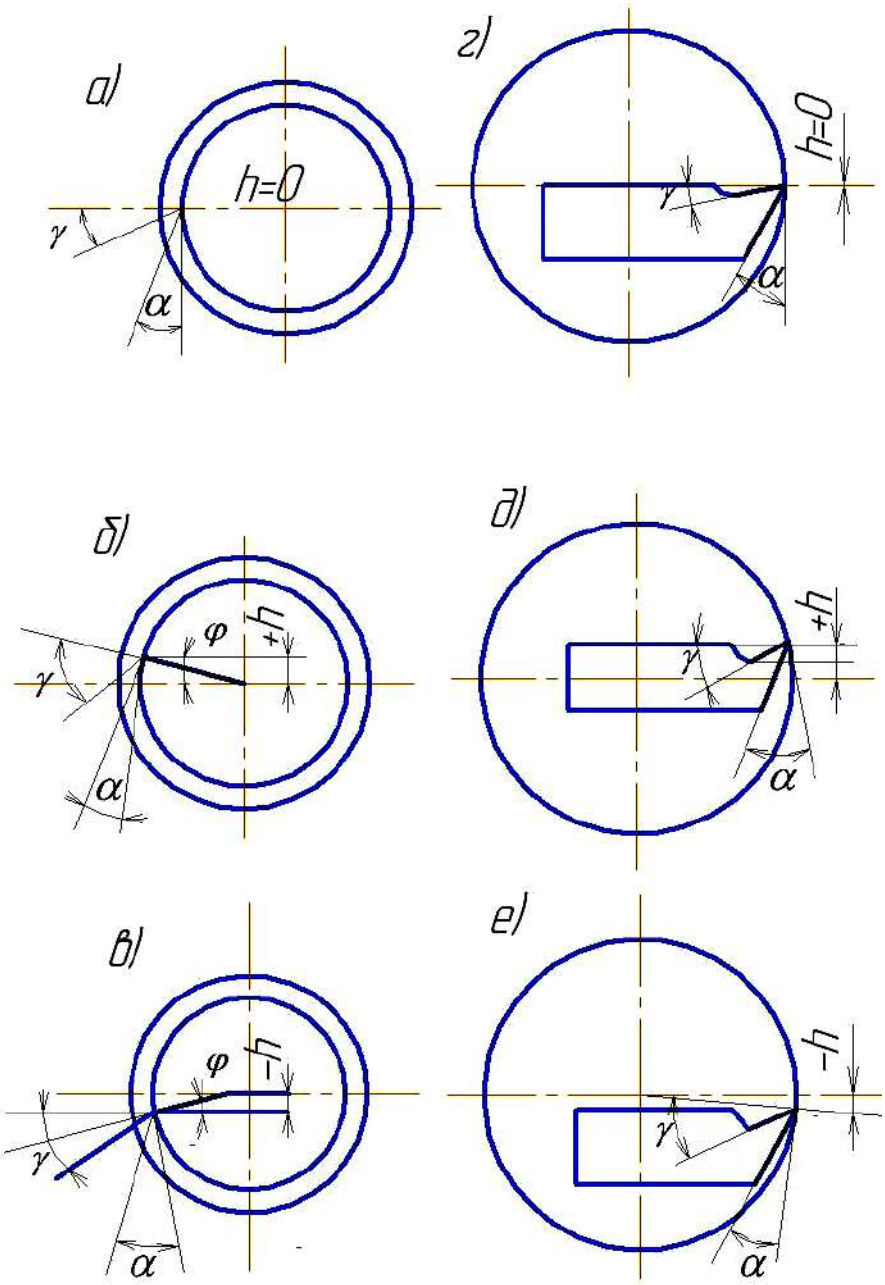

Рисунок 2.8 – Развертка траектории точки режущей кромки резца

Тогда рабочие углы в главной секущей плоскости будут равны:

$$\alpha_p = \alpha - \eta_\varphi\,,\ \gamma_p = \gamma + \eta_\varphi\ . \tag{2.12}$$

С увеличением подачи увеличивается наклон винтовой траектории точки режущей кромки (эти траектории в совокупности образуют поверх-

ность резания). На рабочей длине режущей кромки разные точки находятся на разных диаметрах поверхности резания, а следовательно, наклон их винтовых траекторий будет различным. Чем меньше диаметр поверхности резания в рассматриваемой части режущей кромки, тем значительнее отличаются рабочие углы от статических. Эти обстоятельства необходимо учитывать при работе с большими подачами (нарезание резьбы, обработка ходовых винтов и т. п.), обработке мелкоразмерных деталей и назначении статических углов заточки.




а, б, в – при наружном точении; г, д, е – растачивании

Рисунок 2.9 – Геометрические параметры резца в зависимости от положения его вершины относительно оси центров

Смещение точки режущей кромки от линии центров (рисунок 2.9) может быть вызвано наклонным расположением режущей кромки при $\lambda \neq 0°$ ошибками установки или стремлением улучшить условия резания.

Из рисунка видно, что рабочие углы в этом случае изменяются на величину:

$$\mu = \arcsin(h / R) \tag{2.13}$$

при φ=90° или $tg\mu_\varphi = \mathrm{tg}\mu \cdot \cos\varphi$ при $\varphi \neq 90°$.

Тогда с учетом смещения рабочие углы:

$$\gamma_\mu = \gamma \pm \mu_\varphi, \quad \alpha_\mu = \alpha \pm \mu_\varphi. \tag{2.14}$$

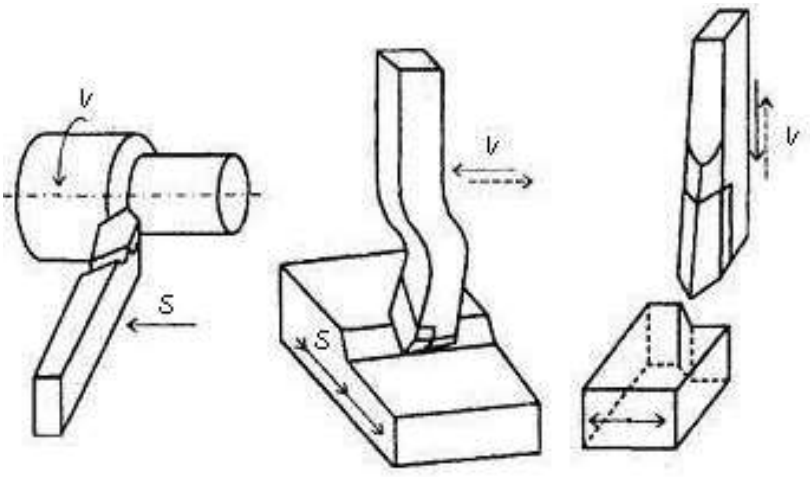
С учетом движения подачи и смещения точки режущей кромки, окончательно имеем:

$$\alpha_p = \alpha - \eta_\varphi \pm \mu_\varphi, \quad \gamma_p = \gamma + \eta_\varphi \pm \mu_\varphi. \tag{2.15}$$

2.2.4 Классификация резцов

Резцы классифицируют по следующим признакам:

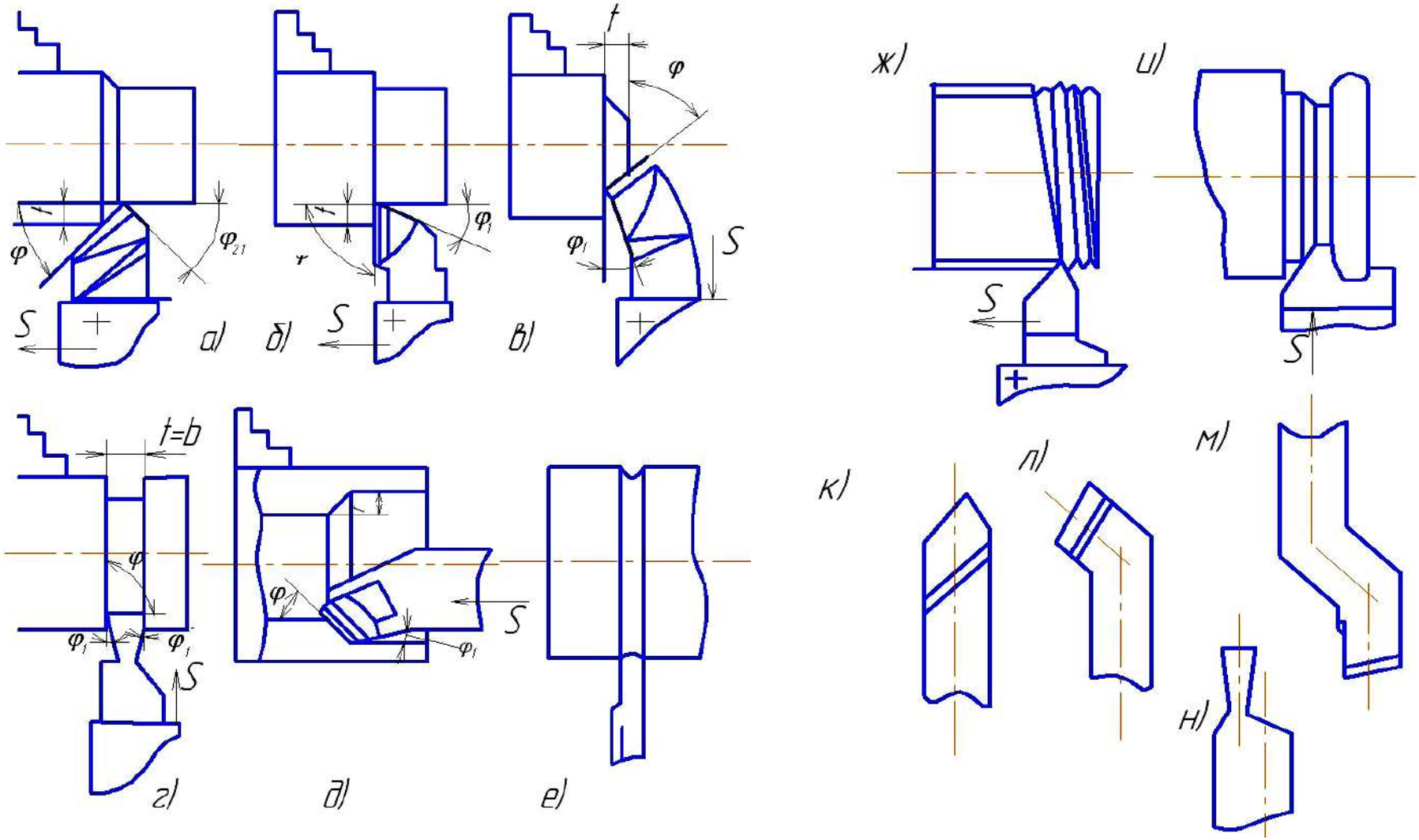
- по типу станков − токарные, строгальные, долбежные, автоматные и др. (рисунок 2.10);
- по направлению движения подачи − правые и левые (рисунок 2.12);
- по материалу режущей части − быстрорежущие, твердосплавные, металлокерамические, алмазные и др;




а) б) в)

а − токарные, б − строгальные, в − долбежные

Рисунок 2.10 - Классификация резцов по типу станков




а) и к) проходной прямой; б) проходной упорный; в) подрезной (торцовый);
г) отрезной; д) расточной; е) галтельный; ж) резьбовой; и) фасонный;
л) с отогнутой головкой; м) с изогнутой головкой; н) с оттянутой головкой

Рисунок 2.11 – Типы токарных резцов

- по виду обработки − проходные (2.11 а, б, к, л), проходные упорные (2.11б), подрезные (2.11в), отрезные (2.11г, н), расточные (для глухих и сквозных отверстий) (2.11д), резьбовые (2.11ж), гантельные (2.11е), фасонные (2.11и) и др.;

- по характеру обработки − обдирочные (черновые), чистовые и резцы для тонкого точения;

- по способу изготовления − цельные, составные, сборные.

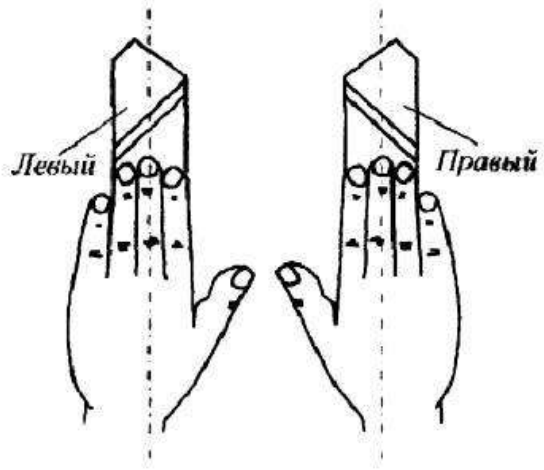



Рисунок 2.12- Классификация резцов по направлению движения подачи

- по конструкции головки:

а) прямые (2.11 а,к);

б) отогнутые (2.11 л);

в) изогнутые (2.11 м);

г) резцы с оттянутой головкой (2.11 н).

- по материалу режущей части:

а) из сверхтвердых материалов;

б) с пластинками из твердого сплава;

в) с минералокерамическими пластинами;

г) из быстрорежущей, легированной и углеродистой стали.

## 2.3 Методика измерения углов резца

Габаритные размеры резцов измерять с помощью штангенциркуля и линейки с точностью ± 1 мм.

Углы резцов измерять при помощи угломеров с точностью $\alpha, \gamma, \beta, \sigma, \lambda$ - $\pm 1°$; отрезных резцов $\varphi, \varepsilon, \varphi_1$ - $\pm 2°, \alpha_1, \varphi_1$ - $\pm$ 30’.

По указанию преподавателя рассчитать кинематические углы.

Настольный угломер ЛТМ имеет плиту 1, на которую устанавливают измеряемый резец (рисунок 2.13) и вертикальную стойку 2.

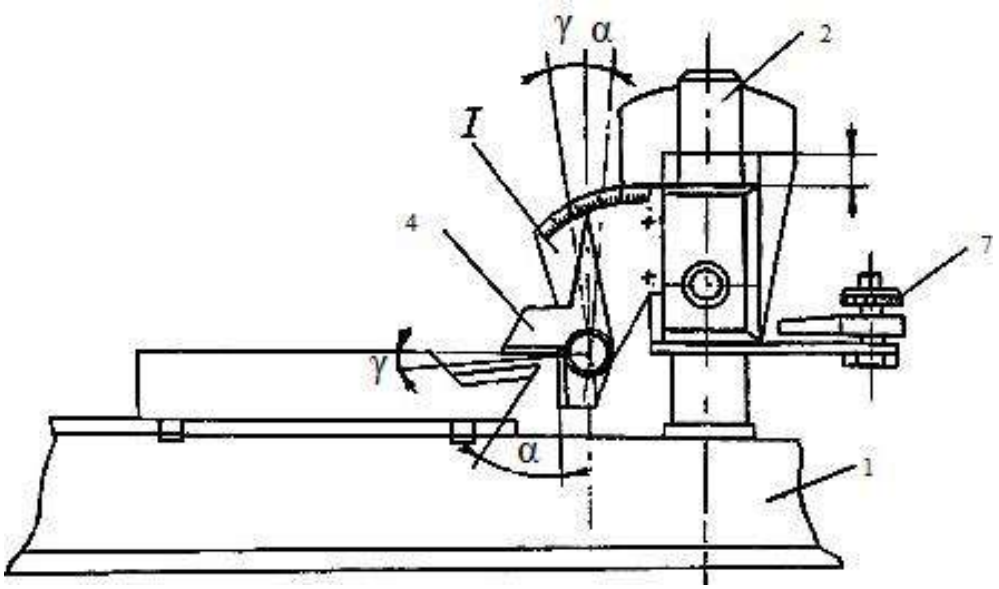



Рисунок 2.13 – Универсальный угломер ЛТМ (измерение углов $\alpha$ и $\gamma$)

По стойке 2 перемещается ползун 3, на котором укреплены три сектора с измерительными шкалами и поворотными рычагами. Верхнее плечо поворотного рычага, скользящего по деталям шкалы, имеет риску, нижнее плечо - две измерительные грани 4. Ползун с секторами при необходимости, после ослабления фиксатора 6, может поворачиваться вокруг оси стойки. Фиксатор удерживает ползун при различных углах поворота вокруг стойки в любом положении на высоте. Поворотные рычаги снабжены винтами 7, позволяющими фиксировать их в определенном положении при измерении углов резца. На плите 1 имеется передвижная направляющая линейка 5, служащая для правильной установки резца при измерении углов в плане.

При измерении главных углов резца ползун поворачивается так, чтобы плоскость сектора I (со шкалой и поворотным рычагом) была перпендикулярна к главной режущей кромке, то есть, чтобы плоскость сектора была для резца главной секущей плоскостью. Для измерения главного переднего угла $\gamma$ поворотный рычаг устанавливают так, чтобы горизонтальная грань соприкасалась с передней поверхностью резца. По указателю (риске) верхнего плеча рычага на шкале сектора отсчитывают величину угла. Задний угол $\alpha$ измеряется аналогично, но совмещением вертикальной измерительной грани без просвета с главной задней поверхностью резца.

При измерении углов в плане (рисунок 2.14) ползун поворачивается на стойке так, чтобы основание горизонтального сектора II - соприкасалось без зазора с торцом передвижной направляющей линейки, то есть было бы перпендикулярно к оси резца. Затем измерительная грань поворачивается до соприкосновения с главной (при измерении вспомогательного угла в

плане - со вспомогательной) режущей кромкой. Отклонение риски верхнего плеча рычага от нуля шкалы покажет величину измеряемого угла.

Для измерения угла наклона главной режущей кромки (рисунок 2.15) ползун поворачивается на стойке так, чтобы сектор III и режущее лезвие находились в одной плоскости. Отклонение риски верхнего плеча поворотного рычага от нуля шкалы сектора при совмещении горизонтальной измерительной грани с режущей кромкой резца покажет величину угла $\lambda$.

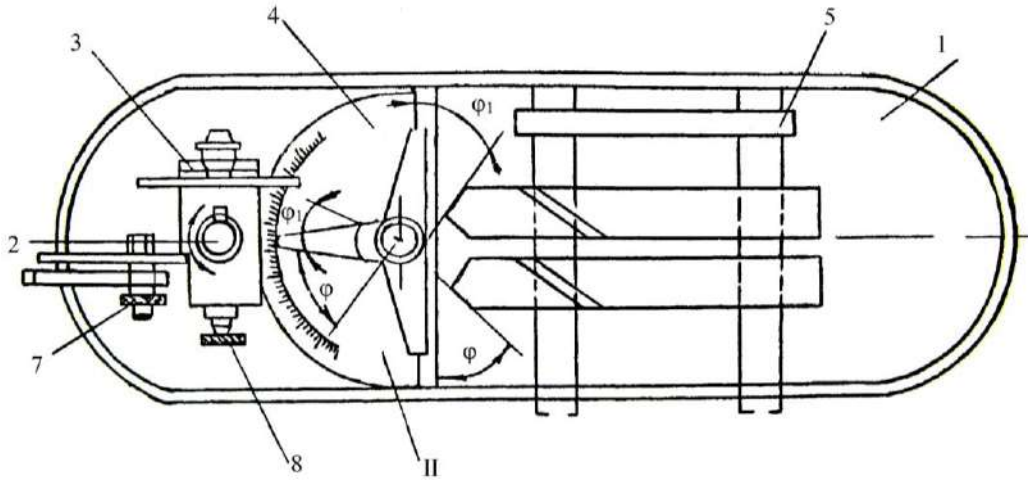



Рисунок 2.14 - Универсальный угломер ЛТМ (измерение углов $\varphi$ и $\varphi_1$)

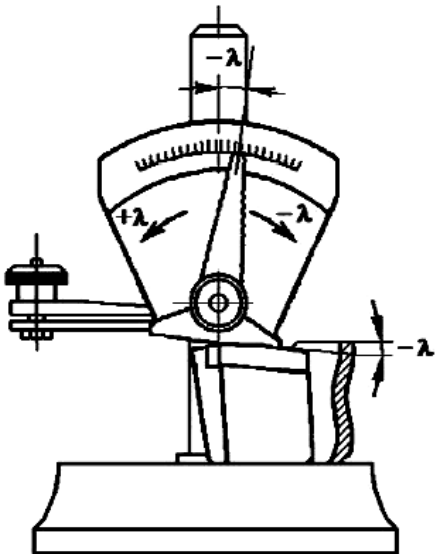



Рисунок 2.15 - Схема измерения угла λ

2.4 Материально – техническое обеспечение

Резцы различных типов - 3 штуки; настольный угломер ЛТМ; штангенциркуль; линейка.

2.5 Порядок выполнения работы

а) Преподавателем выдаются резцы различных типов. Студенту следует каждому из резцов дать характеристику и выполнить их эскизы.

б) На эскизах показать габаритные размеры резца, измеренные с помощью штангенциркуля и линейки и условными буквами обозначить все его углы.

в) Измерить углы при помощи угломеров или шаблонов.

г) Численную величину углов занести в протокол измерения (таблица 2.1).

д) На эскизе показать деталь с элементами сечения срезаемого слоя и элементами режима резания.

Таблица 2.1 - Протокол измерений (углы резца)

| Наименование резца | Угол резца, град. | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\gamma\ (\gamma_{\text{р}})$ | $\alpha\ (\alpha_p)$ | $\sigma$ | $\beta$ | $\lambda$ | $\varphi\ (\varphi_1)$ | $\varphi_1$ | $\varepsilon$ | $\alpha_1$ |
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | |

2.6 Контрольные вопросы:

1 Основные понятия и определения: припуск, холостые и рабочие движения, кинематика резания принципиальные кинематические схемы резания, движение резания, движение подачи, результирующее движение резания, скорость резания, истинная скорость резания, поверхность траектории, обрабатываемая и обработанная поверхности, поверхность резания, продольная, поперечная и наклонная подачи, глубина резания, ширина среза, толщина среза, площадь поперечного сечения срезаемого слоя.

2 Дать определения основным геометрическим параметрам: углы заточки, статические углы, рабочие углы, кинематические и геометрические параметры.

3 Рассказать о резцах: конструктивные элементы, рабочая часть, державка, передняя поверхность, главная задняя поверхность, режущие кромки, вершина резца, основная плоскость, плоскость резания, главная секущая плоскость, вспомогательная секущая плоскость, рабочая плоскость, главный задний угол и его назначение, критерии оптимизации заднего угла, угол заострения, главный передний угол и его функции, критерии оптимизации переднего угла, угол резания, главный угол в плане и его функции, вспомогательный угол в плане, угол при вершине, угол наклона глав-

ной режущей кромки, вспомогательный передний и задний углы, причины наклонного расположения плоскости резания, характер изменения углов резца в процессе резания и на длине режущей кромки, типы токарных резцов, настольный угломер ЛТМ, методика измерения углов резца.

## Лабораторная работа №3. «Методы и формы заточки токарных резцов

### 3.1 Цель работы

Приобрести навыки по выбору геометрических параметров токарных резцов, их заточке по передней и задней поверхности.

### 3.2 Теоретическая часть

#### 3.2.1 Форма заточки передней поверхности токарных резцов

Формы заточки передней поверхности и геометрические параметры режущей кромки резца, в основном, зависят от конструкции резца, материала, из которого изготовлена его режущая часть, физико-механических свойств обрабатываемого материала.

Одним из требований, предъявляемых к форме передней поверхности резца и геометрии его режущей кромки, является обеспечение эффективного стружколомания и стружкозавивания.

Эффективность элементов стружколомания и стружкозавивания у режущих инструментов определяется способностью стабильно завивать сходящую стружку с последующим ее ломанием в широком диапазоне резания для различных обрабатываемых материалов.

Стружколомание может быть обеспечено приданием определенной формы режущей части, созданием лунок и уступов на передней поверхности, применением накладных стружколомов, специальных стружколомателей и т.д., а также кинематическими способами. Формы заточки передней поверхности резцов имеют большое число разновидностей и приведены в таблицах 3.1 и 3.2. Формы и размеры лунок и уступов на неперетачиваемых твердосплавных пластинах приведены на рисунке 3.1. По способу образования лунки и уступы разделяются на прессованные (рисунок 3.1а, б), выпускаемые централизованно и шлифованные. Лунки (рисунок 3.1 в) могут быть открытыми и закрытыми. При глубине обработки свыше 1 мм применяют закрытые лунки, не ослабляющие вершины резца.

Уступы (рисунок 3.1 г) вышлифовываются на пластинах с образованием передних углов, оптимальных для конкретных условий эксплуатации.
Лунки, порожки и уступы могут выполняться как крупноразмерные с радиусом 4-18 мм или мелкоразмерные с радиусом 0,5-3 мм, при этом необходимо учитывать, что чем меньше радиус выкружки лунки и чем ближе она расположена к режущей кромке, тем круче завивается стружка. Мелкоразмерная лунка имеет небольшую ширину (не более 3 мм) и глубину до 0,1-0,5 мм. Крупноразмерные лунки делают на твердосплавных и быстрорежущих резцах шириной от 3 до 15 мм, глубиной до 1,5 мм. Между лункой и режущей кромкой обязательно остается фаска с положительным или

отрицательным передним углом. Основные размеры стружколомающих элементов приведены в таблице 3.3.

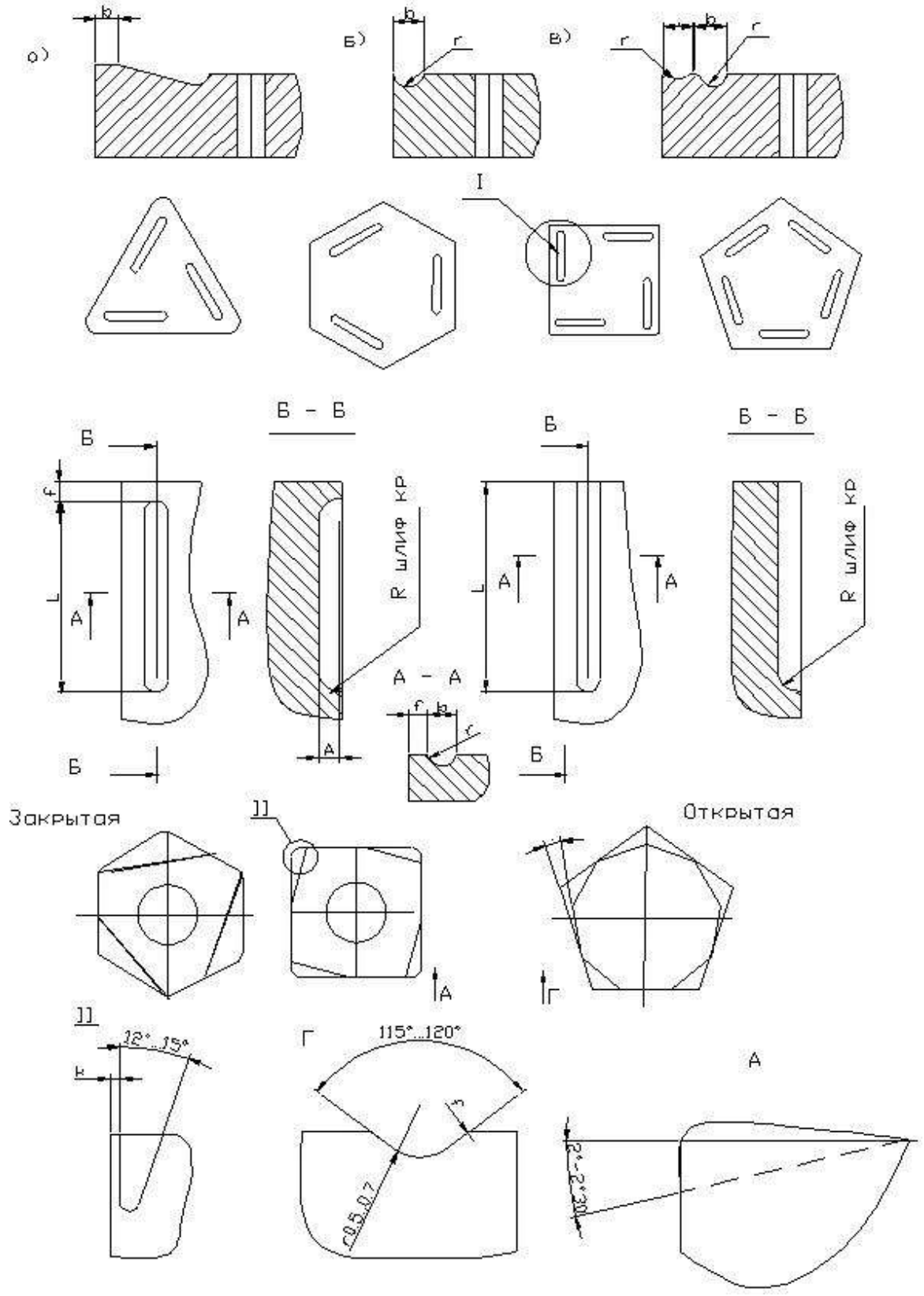
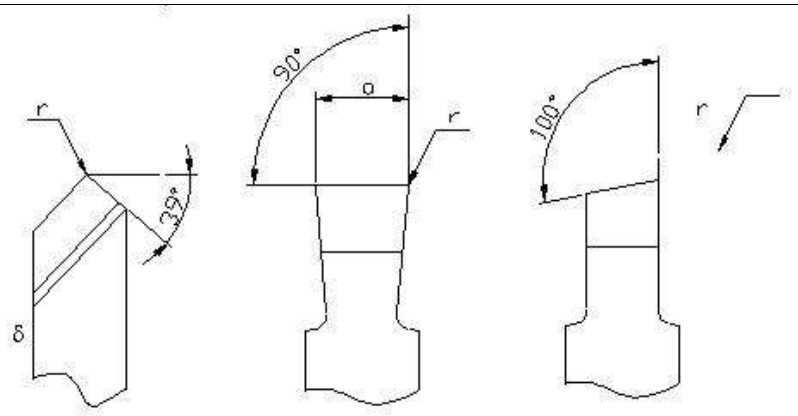



Рисунок 3.1 – Формы канавок, лунок и уступов для стружкодробления

Таблица 3.1 – Формы заточки передней поверхности резцов из быстрорежущей стали (ГОСТ 18868-73)



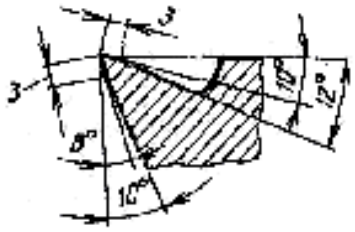
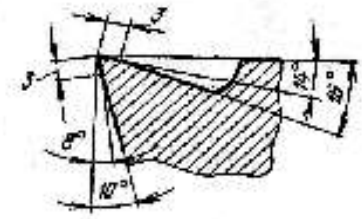
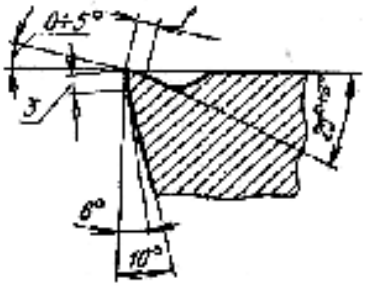
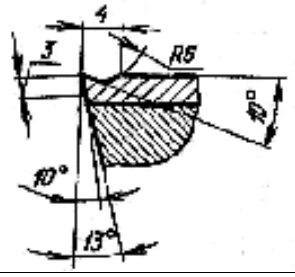
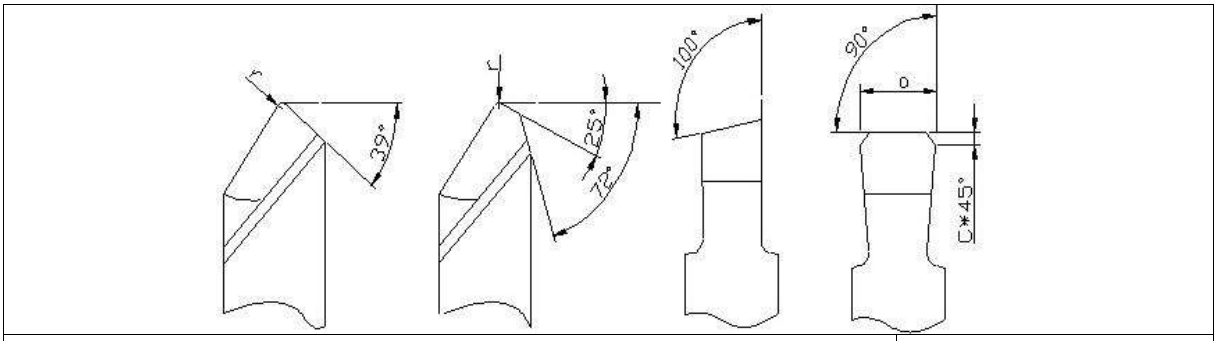
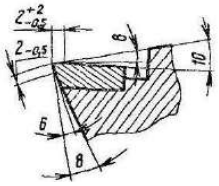
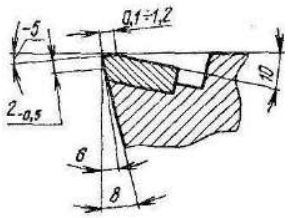
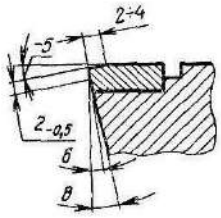
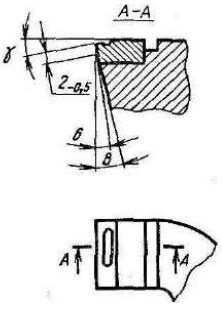

| Форма заточки передней поверхности | | Область применения |
|---|---|---|
| Вид | Эскиз | |
| Плоская с положительным передним углом |  | Сталь с $\sigma_в$〉800 МПа, серый чугун с НВ>220, бронза и другие хрупкие материалы |
| |  | Сталь с $\sigma_в \le 800$ МПа, чугун с $НВ \le 220$ |
| Криволинейная с фаской |  | Сталь с $\sigma_в \le 800$ МПа, вязкие цветные металлы и легкие сплавы при необходимости завивания стружки |
| Криволинейная |  | Материал с $\sigma_в = 800 \div 1000$ МПа |

Таблица 3. 2 – Формы заточки передней поверхности резцов с напаянными пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18877-73)




| Форма заточки передней поверхности | | Обрабатываемый материал |
|---|---|---|
| Вид | Эскиз | |
| Плоская с положительным передним углом |  | Серый чугун, бронза и другие хрупкие материалы |
| Плоская с отрицательной фаской |  | Ковкий чугун, сталь и стальное литье с $\sigma_в \le 800$ МПа, а также с $\sigma_в \rangle 800$ МПа при недостаточной жесткости технологической системы; для отвода и дробления стружки следует применять стружколом |
| Плоская с отрицательным передним углом |  | Сталь и стальные отливки с $\sigma_в \rangle 800$ МПа, загрязненные неметаллическими включениями (черновая обработка). Работа с ударами в условиях жесткой технологической системы |
| Плоская с мелкоразмерной лункой и $\gamma = 0^0$<br><br>Плоская с мелкоразмерной лункой и $\gamma = -5^0$ |  | Сталь и стальные отливки при $\sigma_в \le 600$МПа<br><br>Сталь и стальные отливки при $\sigma_в \le 600 \div 800$ МПа |

Продолжение таблицы 3. 2

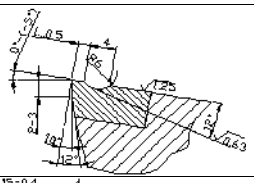
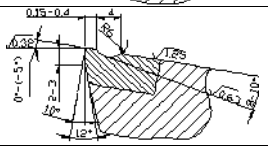
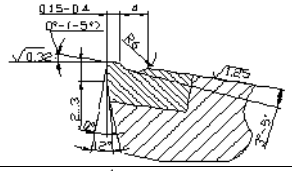
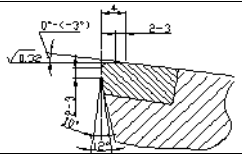
| | | |
|---|---|---|
| Криволинейная с отрицательной фаской |  | Материал с $\sigma_в = 700 \div 1000$ МПа |
| Криволинейная с отрицательной фаской |  | Материал с $\sigma_в = до 1300$ МПа |
| Криволинейная с отрицательной фаской |  | Материал с $\sigma_в = до 1200$ МПа |
| Плоская с отрицательным передним углом |  | Материал свыше $\sigma_в = 1200$ МПа |
| τ – ширина фаски, R- радиус при вершине, с – притупление | | |

Таблица 3.3 - Параметры лунок и порожков на передней поверхности резцов

| Элемент передней поверхности | Ширина лунки или порожка, мм | Радиус профиля в сечении r, мм | Глубина лунки или порожка h, мм | Угол наклона порожка или лунки, градус | Ширина фаски f, мм |
|---|---|---|---|---|---|
| Лунка мелкоразмерная | 1-3 | 0,5-3 | 0,1-5 | 0-10 | 0,1-1,2 |
| Лунка крупноразмерная | 3-15 | 4-18 | 0,2-1,5 | 0-10 | 0,1-1,2 |
| Порожек стружколомающий | 1,5-6 | 0,3-2 | 0,3-1,5 | 0-10 | 0,1-1,2 |

Геометрические параметры режущей части резца рассматриваются в статическом состоянии и при условии, что вершина резца расположена на высоте центра перемещения заготовки, а резец – перпендикулярно к оси вращения (обработанной плоскости при строгании). Из геометрических параметров резца наибольшее влияние на стружколомание оказывает угол в плане φ и передний угол γ. С увеличением угла φ увеличивается толщина стружки и при завивании она легко отламывается. Главный угол φ в зависимости от условий обработки принимается равным $+10 \div +95^{\circ}$ (таблица 3. 4).

Передний угол γ способствует стружколоманию при отрицательных значениях ($-10^{\circ}$...$-15^{\circ}$) за счет увеличения радиальной составляющей силы

резания. При этом целесообразно выполнять с отрицательным углом не всю переднюю поверхность, а лишь ленточку лезвия вдоль режущей кромки шириной 1,5-2 мм. Остальная часть передней поверхности может при этом иметь положительный передний угол.

Формы и размеры режущей части резцов приведены в таблице 3.1 и 3.2. Размеры радиусов и фасок на резцах различного назначения приведены в таблице 3.5. Значения передних и задних углов при условиях обработки, отличающихся от табличных, следует назначить с учетом рекомендаций, приведенных в таблице 3.6.

Таблица 3.4 - Значение угла φ в зависимости от вида обработки

| Вид обработки | $\varphi^{o}$ |
|---|---|
| Чистовая обработка с малыми глубинами резания при высокой жесткости | 10-20 |
| Точение, строгание в условиях достаточной жесткости СПИД | 30-45 |
| Точение, строгание в условиях пониженной жесткости СПИД | 60-75 |
| Подрезка, прорезка, отрезка, обтачивание, растачивание и строгание ступенчатых поверхностей в условиях малой жесткости (большая длина заготовки) | 90 |
| Отрезка без бобышки | 80 |
| Обработка ступенчатых и фасонных поверхностей с продольной и поперечной подачами по копиру или с управлением от ЧПУ | 90; 93; 95 |

Вспомогательный задний угол резцов $\alpha_1 = \alpha$, за исключением отрезных и прорезных резцов, для которых $\alpha_1$=1-2° (большие значения соответствуют большей ширине резца).

Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$ может принимать значения от $1^0$ до $30^0$ (таблица 3.7). Углы φ и $\varphi_1$ при контурном точении определяют возможность обработки контура, а в инструментах, оснащенных сменными пластинами, они еще и взаимосвязаны: изменение одного из углов приводит к изменению другого.

Переходные режущие кромки (рисунок 3.2) выполняются по радиусу (рисунок 3.2 б) или в виде фаски с углом наклона $\varphi_0$ (рисунок 3.2 а). Радиус $r_0$=0,5-5 мм у токарных проходных и расточных резцов, $r_0$=0,2-0,8 мм у прорезных и отрезных резцов, фаска $f_0 \geq S$ мм/об. при чистовой обработке с $\varphi_0$=0; и $f_0$=2-3 мм при $\varphi_0 = \varphi/2$ у проходных резцов; $f_0 = 0{,}25 \cdot B$; $\varphi_0$=75° у прорезных резцов, где В – ширина паза и $f_0$=0,5-1 мм, $\varphi_0 = 45^0$ – у отрезных резцов.

Таблица 3.5 - Рекомендуемые размеры радиусов и фасок режущей части быстрорежущих и тведосплавных резцов, мм

| Виды резцов | Тип резца | Элемент режущей части | Ширина головки /а/, мм | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | До 3 | 4-5 | 6-8 | 10-12 | 15-20 | Св. 20 | | | |
| Строгальные, долбежные, токарные | Подрезные, отрезные | Ширина фаски f* | 0,15 | 0,2 | | 0,3 | 0,4 | 0,5 | | | |
| | | Радиус r при вершине или притупления для твердосплавных резцов | 0,2 | 0,4 | | 0,6 | 0,8 | 1,0 | | | |
| Вид резца | Тип резца | Элементы режущей части | Размеры Н*В | | | | | | | | |
| | | | 4*4; 6*6; 8*8; Ø 6; Ø 8 | 10*10; Ø 10 | 12*12; 16*10; Ø 12 | 16*12; 16*16; 20*12; Ø 15 | 20*16; 20*20; 25*16; Ø 20 | 25*20; 25*25; 32*20 | 32*25; 32*32; 40*25 | 40*32; 40*40; 50*32 | 50*40; 63*40; 63*50 |
| Строгальные, долбежные, быстрорежущие | Проходные, отрезные | Радиус при вершине r | | | | 1,6 | | 2<br>2,5 /3/ | | 3<br>/4/ | 4<br>/5/ |
| | Расточные | | 0,5<br>0,5/1/ | | | 1/1,6/ | | 1/2/ | | 1,6 | /3/ |
| | Проходные, подрезные | | 0,5 | | | 1 | | 1,6<br>/1/ | 2<br>/1,6/ | 2 | 2,5 |
| Проходные, подрезные | Ширина фаски /для твердосплавных резцов/ | | | | | | | | | | |

Продолжение таблицы 3.5

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Расточные | | | 0,1-0,15 | | 0,2-0,3 | 0,4-0,5 | | 0,6 | | - |
| Проходные, подрезные | Форма заточки III для быстрорежущих резцов | $f^{**}$ | 0,2 | | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,5 |
| Расточные | | | 0,1-0,2 | | 0,3 | 0,4-0,5 | | 0,6 | - | |
| Проходные, расточные, отрезные | | $r_1$ | 3 | | 5 | 8 | 12 | 15 | 18 | |
| | | A | 2,5 | | 4 | 7 | 10 | 13 | 15 | |
| Проходные, подрезные, расточные | Форма заточки III для твердосплавных резцов | A | - | | 4 | | | 5 | | |
| | | B | - | | 2,5 | | | 3,5 | | |
| | | $r_1$ | - | | 1,5 | | | 1,8 | | |
| Проходные, подрезные, расточные | Форма заточки III а, III б для твердосплавных резцов | l | 3-4 | 6-8 | 8-10 | 10-12 | 14-16 | 16-18 | 22-24 | 28-30 |
| Проходные | Форма заточки III а для твердосплавных резцов | P | - | | | 3-4 | | 5-6 | 7-8 | |

Примечание: Несовпадающие значения размеров быстрорежущих резцов приведены в скобках.
* диаметр оттянутой части расточных резцов
** при обработке легких сплавов резцами из быстрорежущей стали f=0

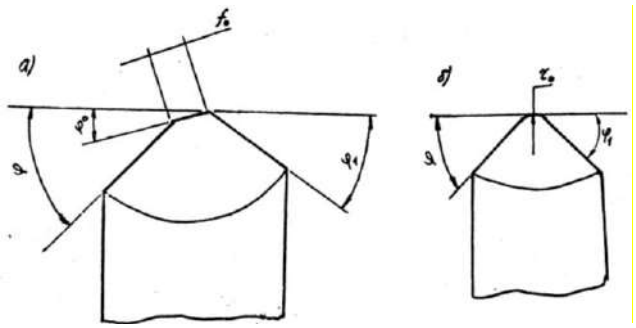
Таблица 3.6 - Ориентировочные значения углов γ и α при обработке различных материалов

| Обрабатываемый материал | Резцы из быстрорежущей стали | | Резцы из твердых сплавов напайные | | Резцы с механическим креплением | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | α | γ | α | γ | α | γ |
| Углеродистые и легированные стали: | | | | | | |
| $\sigma_B \leq 800$ МПа | 8 | 10-20 | 6-8 | 0-15 | 6 | 12-15 |
| $\sigma_B = 800...1100$ МПа | 8 | 10-15 | 6-8 | 0-10 | 6 | 10 |
| $\sigma_B > 1100$ МПа | 8 | 10-15 | 6-8 | 0-6 | 6 | -5…-10 |
| Коррозионно-кислото-жаростойкие хромоникелевые стали: | | | | | | |
| $\sigma_B = 600…900$ МПа | - | - | 6 | 20-24 | - | - |
| Титановые сплавы: | | | | | | |
| $\sigma_B = 600…1400$ МПа | - | - | 11 | 0…-5 | - | - |
| Серый чугун: | | | | | | |
| ≤220 НВ | 6-8 | 6-12 | 6-8 | 10-15 | 6 | 12 |
| >220НВ | 6 | 0-6 | 6-8 | 0-10 | 6 | 5-8 |
| Медь | До 14 | 15-25 | 10-15 | 10-20 | - | - |
| Бронза | 6 | 10-20 | 8-10 | 5-10 | - | - |
| Алюминий, легированный алюминий | | | | | | |
| ≤60 НВ | До 10 | До 40 | 10 | 20-35 | 10-15 | 15-20 |
| 60-110 НВ | 10 | До 25 | 8-10 | 10-20 | 10-15 | 15-20 |
| Силумины | | | | | | |
| 9-13 % Si | - | 10-18 | 8-10 | 8-15 | - | - |

Таблица 3.7 - Значение угла $\varphi_1$ в зависимости от условий обработки

| Условия обработки | $\varphi_1^\circ$ |
|---|---|
| Обточка на проход быстрорежущими резцами | 5-10 |
| Обточка на проход твердосплавными резцами | 15 |
| Обточка на проход с врезанием | 15-30 |
| Расточка, подрезка быстрорежущими резцами | 10-15 |
| Расточка, подрезка твердосплавными резцами | 20 |
| Подрезка, отрезка намеренных заготовок | 1-2 |
| Подрезка, отрезка мерных пазов | 1 |

У чистовых резцов $\lambda \leq 0$ для направления стружки в сторону обрабатываемой поверхности: у черновых резцов $\lambda > 0$, что упрочняет вершину резца.



а) переходная режущая кромка выполнена в виде фаски
б) переходная режущая кромка выполнена по радиусу
Рисунок 3.2 – Переходные режущие кромки резца

3.2.2 Износ резцов и их переточка

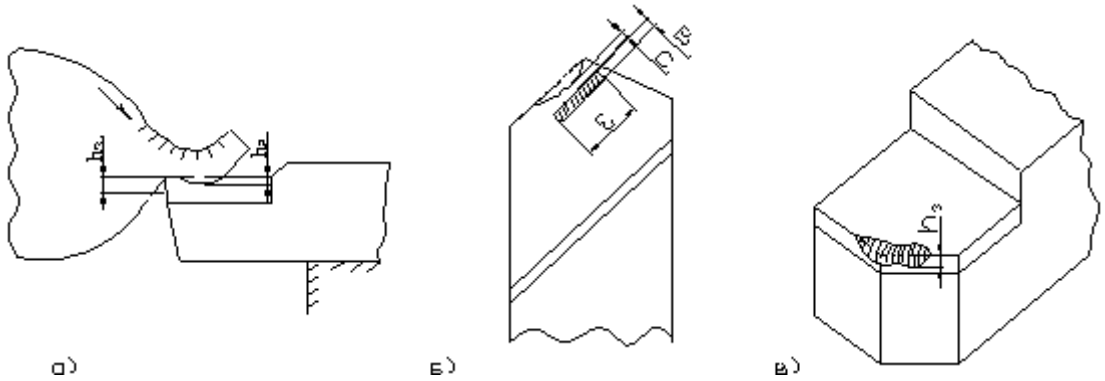
Величина и характер износа режущей части инструмента зависят от следующих факторов:

а) материала обрабатываемой детали;
б) материала режущей части резца;
в) режимов резания;
г) геометрии режущей части;
д) химического состава, количества и способа подвода охлаждения;
е) прочих условий резания, например, жесткость системы СПИД.

Износ токарных резцов может происходить:

а) в основном по передней поверхности;
б) по передней и задней поверхности;
в) в основном по задней поверхности.

Изнашивание по задней поверхности характеризуется высотой площадки износа h, а по передней поверхности – в основном глубиной и шириной лунки $h_л$, длина лунки изменяется незначительно (рисунок 3.3).



а) по передней и задней поверхностям
б) по передней поверхности
в) по задней поверхности
Рисунок 3.3 – Схемы изнашивания резцов

В процессе работы инструмента изнашивание как по передней, так и по задней поверхности увеличивается, уменьшая при этом площадку С. При С=0 режущая кромка разрушается, и резец выходит из строя.

Изнашивание режущей части резца в процессе работы вызывается различными факторами.

Абразивное изнашивание образуется при невысоких скоростях резания, за счет трения стружки о переднюю поверхность и обрабатываемого материала о заднюю поверхность резца.

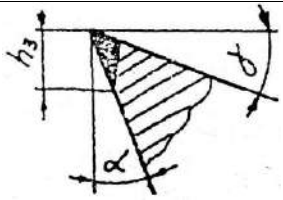
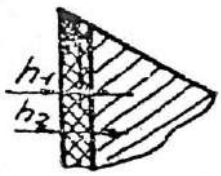
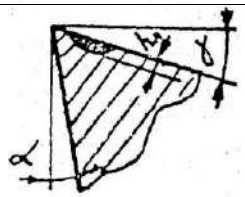
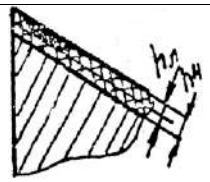
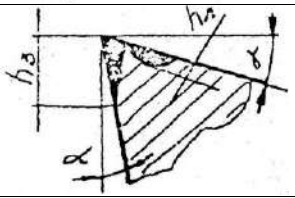
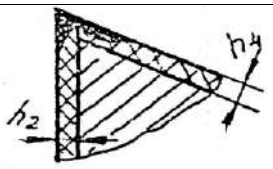
Адгезионное изнашивание обусловлено молекулярным взаимодействием контактируемых поверхностей, которое выражается в прилипании, схватывании частиц материалов.

Диффузионное изнашивание, как правило, протекает при температуре свыше 800°, при этом происходит растворение (диффундирование) инструментального материала в обрабатываемом. Помимо этого существуют гипотезы о механической и окислительной природе изнашивания.

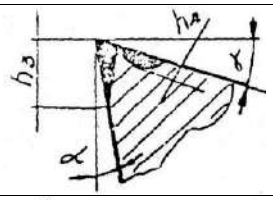
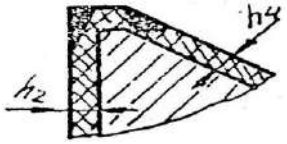
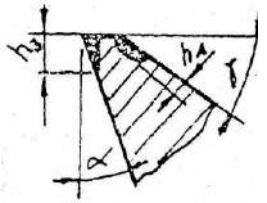
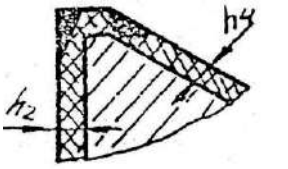
Изнашивание по задней поверхности обычно наблюдается у инструментов, срезающих сравнительно малую толщину (до 0,15 мм) материала при чистовых операциях. Инструменты, срезающие слой больше 0,3 мм, при большой скорости резания и при отсутствии смазочно-охлаждающей жидкости изнашиваются в основном по передней поверхности. Изнашивание по передней и задней поверхностям наблюдается у инструментов, работающих с малыми или средними скоростями резания и охлаждением при толщинах срезаемого слоя 0,15-0,3 мм.

Виды изнашивания резцов и соответствующая им схема переточки даны в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Виды изнашивания резцов и схемы переточки

| Вид изнашивания резцов | Схема изношенного резца | Схема переточки | Формулы для расчета припуска при переточке резца |
|---|---|---|---|
| По задней поверхности |  |  | $h_1=h_3 tg\alpha$<br>$h_2=h_1+(0,1…0,2)$ |
| По передней поверхности |  |  | $h_4=h_л+(0,1…0,2)$ |
| По задней и передней поверхностям одновременно |  |  | $h_2=h_3 tg\alpha+(0,1…0,2)$;<br>$h_4=h_л+(0,1…0,2)$ |

Продолжение таблицы 3.8

| | | | |
|---|---|---|---|
| По фаске и задней поверхности |  |  | $h_2=h_3tg\alpha+(0,1…0,2)$; $h_4=h_л+(0,1…0,2)$ |
| По криволинейной передней и задней поверхностям |  |  | $h_2=h_3tg\alpha+(0,1…0,2)$; $h_5=h_в+h_к+(0,1…0,2)$ |
| X – сошлифованный припуск заштрихован | | | |

В производственных условиях для резцов за критерий затупления принимается соответствующая величина износа. Износ по передней поверхности мало влияет на протекание процесса резания, его влияние велико лишь при полном изнашивании резца. В связи с этим износ по задней поверхности является чаще всего лимитирующим.

Для токарных, подрезных, расточных, отрезных и резьбовых резцов с пластинами из твердых сплавов и быстрорежущей стали величина износа по задней поверхности $h_3$, рекомендуемая в качестве критерия затупления, представлена в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Допустимый износ резцов и величина стачивания за одну переточку резца

| Тип резца | Материал | | Допустимый износ, мм | Величина стачивания за одну переточку по задней поверхности,мм |
|---|---|---|---|---|
| | инструментальный | обрабатываемый | | |
| токарный | Быстрорежущая сталь | сталь | 1,5 – 2,0<br>0,8 – 1,0 | 0,6 – 0,9<br>0,3 – 0,4 |
| проходной подрезной | Твердый сплав | Сталь, чугун | 1,0 – 1,5<br>0,8 – 1,0 | 0,4 – 0,6<br>0,3 – 0,4 |
| расточной | Твердый сплав | сталь | 0,8 – 1,2<br>0,3 – 0,5 | 0,3 – 0,5<br>0,15 – 0,2 |
| | | чугун | 1,0 – 1,4<br>0,4 – 0,5 | 0,4 – 0,6<br>0,15-0,2 |
| отрезной | Твердый сплав | Сталь, чугун | 0,8 – 1,0 | 0,3 – 0,4 |
| резьбовой | Твердый сплав | Сталь, чугун | 0,8 – 1,0 | 0,6 – 0,8 |
| Примечание: В числителе даны значения при черновой обработке, а в знаменателе – при чистовой. | | | | |

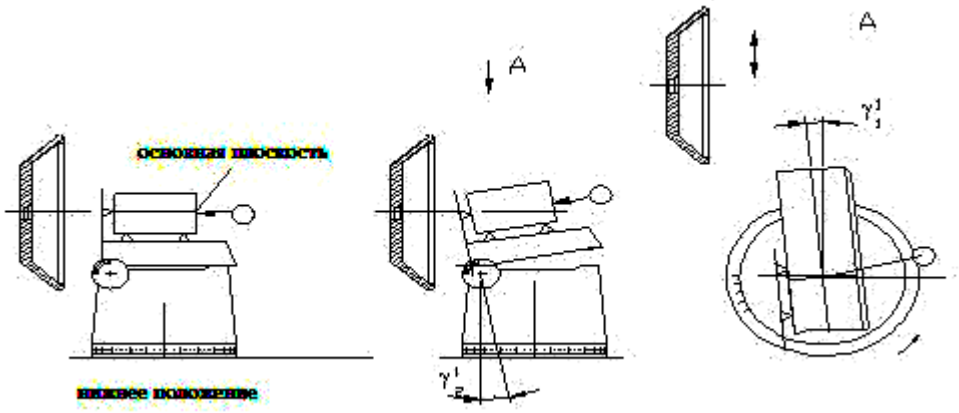
### 3.2.3 Заточка резцов

Большинство резцов затачивают по передней и задней поверхностям. В ряде случаев при незначительном износе по передней поверхности рационально производить повторную заточку только по задней поверхности. Фасонные резцы затачиваются только по передней поверхности, а резцы, предназначенные для многорезцовых станков – только по задним поверхностям.

В зависимости от конструктивных особенностей резца, степени и характера износа применяют две системы повторной заточки твердосплавных резцов, которые, при правильном выборе режима обработки и характеристик кругов, обеспечивают одинаковую стойкость заточенного инструмента. Первая схема предусматривает предварительную заточку кругом из карбида кремния и окончательную заточку алмазным кругом, вторая схема предусматривает полную обработку алмазным кругом за одну операцию. Полную заточку экономически целесообразно проводить, если обрабатывается только твердый сплав при припуске 0,4-0,5 мм, а если обрабатывается одновременно твердый сплав и державка – при припуске 0,2-0,3 мм. При более значительных припусках экономически целесообразна повторная заточка по первой схеме. Электрохимическую заточку применяют при больших припусках и при необходимости снимать совместно с твердым сплавом большой объем материала державки.

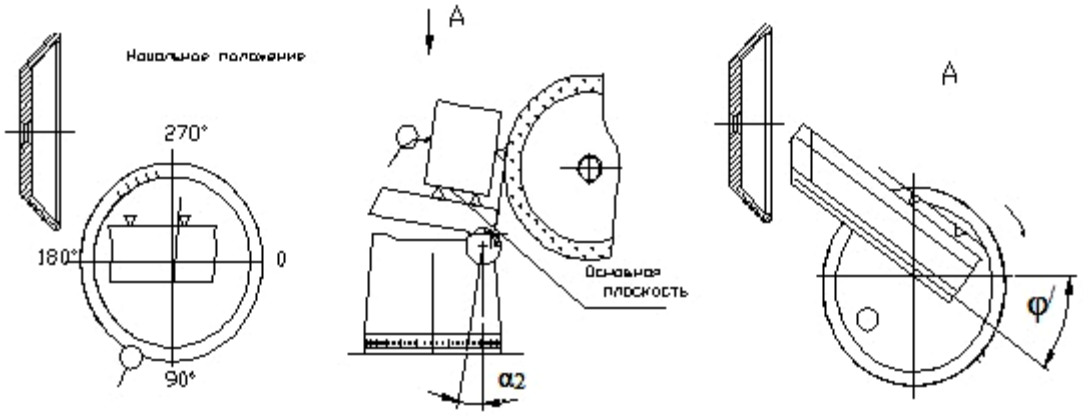
Заточка главной, вспомогательной и переходных задних поверхностей резцов производится на универсально-заточных станках, периферией или торцом круга преимущественно в трехповоротных тисках, которые можно использовать при необходимости и как двухповоротные тиски.

Схемы установки резца в приспособлении (при использовании его как двухповоротных тисков) при формообразовании передней, главной задней и вспомогательной задней поверхности показаны на рисунках 3.5., 3.6 и 3.7.



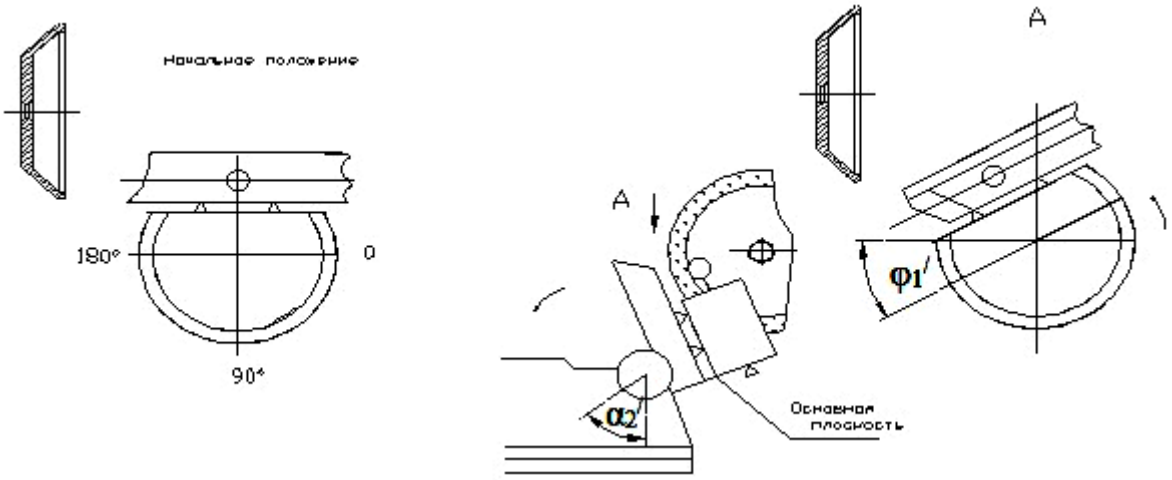

а) начальное положение; б) поворот на угол $\gamma'_2$; в) поворот на угол $\gamma'_1$

Рисунок 3.5 – Настройка тисков для передней поверхности резца;




а) начальное положение; б) поворот на угол $\alpha_2$; в) поворот на угол $\varphi$

Рисунок 3.6 – Настройка тисков для заточки главной задней поверхности резца;




а) начальное положение; б) поворот на угол $\alpha_2'$; в) поворот на угол $\varphi_1'$;

Рисунок 3.7 – Настройка тисков для заточки вспомогательной задней поверхности резца;

Углы повороты тисков при обработке:

- передней поверхности (углы $\gamma_2'$ и $\gamma_1'$)

$$\operatorname{tg}\gamma_2' = \operatorname{tg}\gamma \cdot \sin\varphi + \operatorname{tg}\lambda \cdot \cos\varphi ,$$

$$\operatorname{tg}\gamma_1' = \sin(\gamma_2 - \lambda') / \cos\lambda' \cdot \operatorname{ctg}\varphi,$$

где $$\operatorname{tg}\lambda' = \operatorname{tg}\lambda / \cos\varphi;$$

- главной задней поверхности (углы $\alpha_2$ и $\varphi'$)

$$\operatorname{ctg}\alpha_2 = \operatorname{ctg}\alpha \cdot \sin\varphi + \operatorname{tg}\lambda \cdot \cos\varphi,$$

$$\operatorname{tg}\varphi' = \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\lambda' / \cos(\lambda' + \alpha_2);$$

-вспомогательной задней поверхности (углы $\alpha_2'$ и $\varphi_1'$)

$$\operatorname{ctg}\alpha_2' = \operatorname{ctg}\alpha_1 \cdot \sin\varphi_1 - \operatorname{tg}\lambda_1 \cdot \cos\varphi_1,$$

$$\operatorname{tg}\varphi_1' = \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \cos\lambda_1' / \cos(\alpha_2' - \lambda_1'),$$

где $$\operatorname{tg}\lambda_1' = \operatorname{tg}\lambda_1 / \cos\varphi_1 ;$$

$$\operatorname{tg}\lambda_1 = \operatorname{tg}\gamma \cdot \sin(\varphi + \varphi_1) + \operatorname{tg}\lambda \cdot \cos(\varphi + \varphi_1).$$

Передние поверхности и стружколомающие порожки наиболее рационально обрабатывать торцом круга 12А2 (алмазные или шлифовальные круги – чашечные конические по ГОСТ 16172-80Е) с шириной алмазного слоя не более 3 мм на заточных станках с вертикальным шпинделем.

Порожки на резцах затачивают при той же установке резца относительно круга, что и при заточке передней поверхности. Для получения заданной формы круг правят по профилю порожка. Схема заточки порожка приведена на рисунке 3.8.

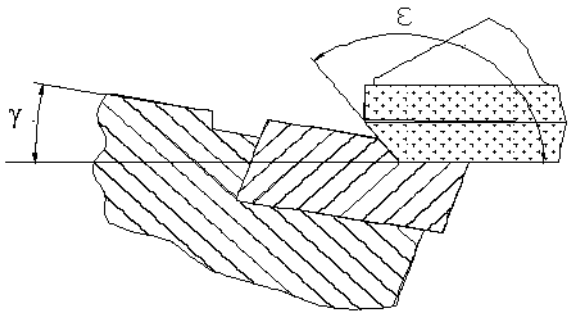



Рисунок 3.8 – Заточка порожка на резцах

Вышлифовывание лунок производится кругом типа 1FF1X (алмазные плоские с полукруглым профилем по ГОСТ 16180-82Е), имеющим размеры профиля, соответствующие профилю канавки. Чаще всего лунка делается методом врезания кругом диаметром 30-50 мм. При вышлифовывании незамкнутых лунок обработка производится с продольной подачей. Для нанесения лунок необходимо переднюю поверхность резца расположить перпендикулярно плоскости вращения круга и устанавливать режущую кромку и вершину резца в строго фиксированном положении относительно алмазного круга.

На станках с ручным управлением резец 1 (рисунок 3.9) базируют относительно круга по передней поверхности, режущей кромке и вершине с

помощью планки 2, имеющей прорезь для размещения алмазного круга 3, упор 4 для фиксации положения вершины и упор 5 для фиксации положения режущей кромки.

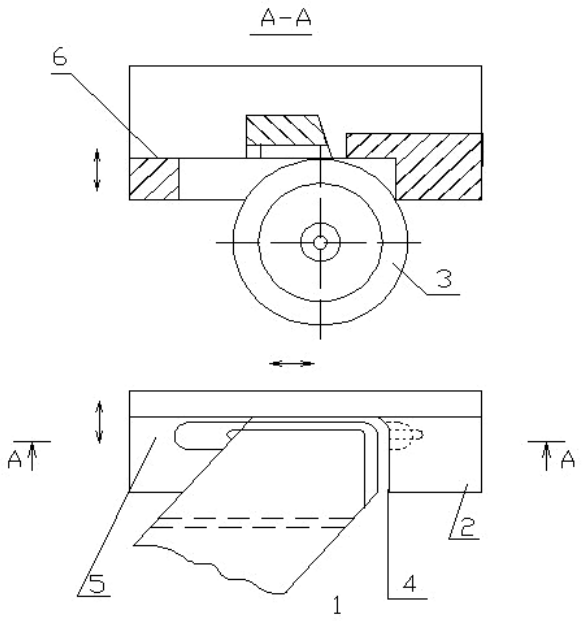



Рисунок 3.9 – Устройство для вышлифовки лунок на резцах

Переднюю поверхность резца совмещают с опорной поверхностью планки 6. Для настройки заданного положения лунки на резце планка может перемещаться в трех взаимно перпендикулярных плоскостях – вдоль оси круга (настройка расстояния лунки от режущей кромки), в радиальном направлении (настройка глубины лунки) и в плоскости вращения круга (настройка расположения лунки на заданном расстоянии от вершины резца).

Контроль углов резца после заточки производится с помощью различных угломеров: специального угломера, настольного угломера и других. Допустимые отклонения углов резца после заточки приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 - Значения углов резания и их допустимые отклонения

| Угол | Инструментальный материал | Диапазон значений угла,° | Допускаемое отклонение угла, ° |
|---|---|---|---|
| Передний γ | твердый сплав<br>быстрорежущая сталь | -20°…+16°<br>5°-30° | ±1 при γ<12<br>±2 при γ>12 |
| Главный задний α | твердый сплав<br>быстрорежущая сталь | 5°-15° | ±1 |
| Вспомогательный задний $\alpha_1$ | -«-<br>-«- | 1°-15° | ±0,5 при $\alpha_1$<2<br>±1 при $\alpha_1$>2 |

Продолжение таблицы 3.10

| | | | |
|---|---|---|---|
| Главный в плане φ | | 30°-100° | ±2 |
| Вспомогательный в плане $\varphi_1$ | | 0°-45° | ±0,5 при $\varphi_1$<2<br>±1 при $\varphi_1$=2+5<br>±2 при $\varphi_1$>5 |
| Наклона главной режущей кромки λ | | -20°…+20° | ±1 |

## 3.3 Материально – техническое обеспечение

Заточный станок ВЗ – 318, трехповоротные тиски, настольный угломер, токарные резцы, методические указания к лабораторной работе.

## 3.4 План выполнения работы

а) Изучить формы заточки передней поверхности токарных резцов, виды износа и схем переточки, способов заточки резцов;

б) В соответствии с заданием выбрать форму заточки и геометрические параметры резцов;

в) Рассчитать углы настройки трехповоротных тисков по заданной схеме заточки;

г) Заточить резец по главным и вспомогательным поверхностям;

д) Замерить углы у заточенного резца и проверить их по допустимым отклонениям;

е) Оформить отчет.

## 3.5 Отчетность по работе

Отчет должен включать в себя:

- титульный лист;
- цель работы;
- исходные данные;
- эскиз резца;
- расчетные значения установочных углов для трехповоротных тисков;
- результаты замера геометрических параметров резца с указанием допустимых и фактических отклонений.

## 3.6 Контрольные вопросы

1 Классификация токарных резцов.

2 Геометрические параметры резцов.

3 Способы и средства для отвода, завивания и ломания стружки.
4 Форма заточки лезвий токарных резцов.
5 Виды износа токарных резцов.
6 Схемы переточки.
7 Способы и методы заточки токарных резцов.
8 Порядок заточки резца по передней поверхности.
9 Порядок заточки резца по главной задней поверхности.
10 Порядок заточки резца по вспомогательной задней поверхности.

**Лабораторная работа №4 «Влияние различных факторов процесса резания на усадку стружки»**

4.1. Цель работы

Целью работы является ознакомление студентов с понятием о процессе стружкообразования и основными параметрами, определяющими процесс стружкообразования, методами определения усадки стружки, а также выявление зависимости усадки стружки от элементов режима резания и знакомство с видом и формой стружек, образующихся при резании стали.

4.2. Теоретическая часть

4.2.1 Элементы среза

В зависимости от профиля главной режущей кромки резца поперечное сечение срезаемого слоя металла может иметь различную форму. Для проходного резца с прямолинейной режущей кромкой (наиболее распространенный в практике случай) сечение среза будет иметь форму параллелограмма (рисунок 4.1).

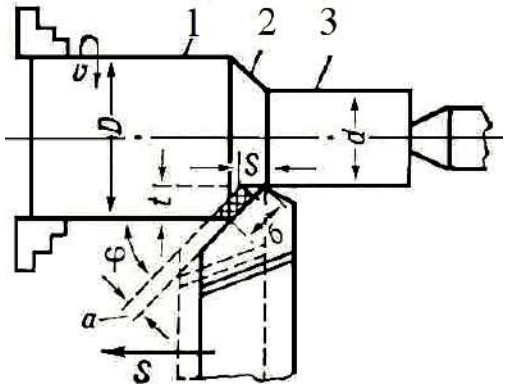



Рисунок 4.1 - Параметры срезаемого слоя при точении

Элементами среза являются:

- глубина резания t - расстояние между обрабатываемой (1) и обработанной (3) поверхностями, измеренное перпендикулярно к последней; при продольном точении определяется как полуразность диаметров детали до и после прохода резца:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ мм} \quad ; \tag{4.1}$$

- подача S - величина перемещения резца за один оборот изделия, измеренная в направлении движения инструмента при продольном точении;

при точении она имеет размерность мм/об. При строгании подача *S*, измеряемая в мм/дв.ход есть величина перемещения заготовки в направлении, перпендикулярном к движению резания за один двойной ход резца;

- ширина среза b- расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями, измеренное по поверхности резания (2);

- толщина среза a- расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания, измеренное в направлении, перпендикулярном к ширине среза.

Между указанными элементами среза существуют зависимости:

$$a = S \cdot \sin\varphi, \qquad (4.2)$$

$$b = t/\sin\varphi, \qquad (4.3)$$

- площадь среза:

$$f = a \cdot b = s \cdot t\ . \qquad (4.4)$$

4.2.2 Типы стружек

В зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала и условий обработки стружки может быть двух типов - *скалывания и надлома.*

Стружка скалывания образуется при обработке пластичных металлов в зависимости от степени деформирования и связи отдельных элементов, эту стружку в свою очередь разделяют на два вида:

- *сливную* (непрерывную), у которой слабо заметные элементы сдвинуты относительно друг друга, но тесно связаны между собой. Такая стружка образуется с увеличением скорости резания, уменьшением угла резания и подачи; прирезцовая сторона стружки гладкая, а наружная имеет бархатистый вид;

- *элементную*, состоящую из отдельных не связанных между собой блоков элементов стружки, характерную при работе с малыми скоростями резания, с увеличенной подачей и при значительных углах резания; прирезцовая сторона стружки гладкая, наружная шероховатая.

Стружка *надлома* получается обычно при обработке хрупких металлов (чугун, бронза и др.). Элементы такой стружки отделены друг от друга или имеют весьма малую связь. Характерной особенностью данной стружки является ее незначительная пластическая деформация или даже полное отсутствие таковой.

4.2.3 Усадка стружки

Вследствие пластической деформации срезаемый слой металла при переходе в стружку изменяет свои размеры (рисунок 4.2). Длина срезаемого слоя *L* уменьшается, а толщина *a* увеличивается при сохранении постоян-

ными ширины среза b и объема снимаемого металла. Такое явление называется усадкой стружки.

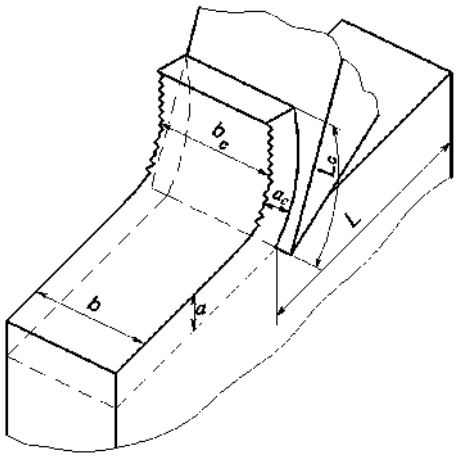



Рисунок 4.2 - Размеры срезаемого слоя и стружки

Различают продольную и поперечную усадки стружки, которые в одинаковой мере могут характеризовать степень пластической деформации последней.

*Продольной усадкой* называется отношение длины срезаемого слоя металла $L$ к длине стружки $L_c$, т. е.:

$$K_L = \frac{L}{L_c}. \qquad (4.5)$$

*Поперечная усадка* характеризует утолщение стружки и определяется как отношение толщины стружки $a_c$ к толщине среза $a$, т. е.:

$$K_\alpha = \frac{a_c}{a}. \qquad (4.6)$$

На величину усадки стружки оказывают, главным образом, влияние механические свойства обрабатываемого материала, скорость резания, подача и угол резания. В меньшей степени сказывается влияние величины угла в плане и смазывающе-охлаждающей жидкости.

4.2.4 Методы определения коэффициента усадки

Продольную усадку определяют, как правило, путем непосредственного измерения длины стружки проволокой. Поперечную усадку определяется весовым методом или путем непосредственного измерения толщины стружки. Весовой метод заключается в следующем: замеряют гибкой нитью длину стружки с точностью ± 1мм, определяют её массу $m_c$ , взвешиванием на аналитических весах. По формуле (4.7) рассчитывают коэффициент усадки.

$$K = m_c /(\mathrm{S}\ t\ \ l_2\ \ \rho\ ), \qquad (4.7)$$

Массу стружки $m_c$ определяют с точностью до 1 мг. Плотность материала заготовки из стали принимают ρ =7,8мг/мм$^3$. В последнем случае для измерения применяют резьбовой микрометр с коническими вставками.

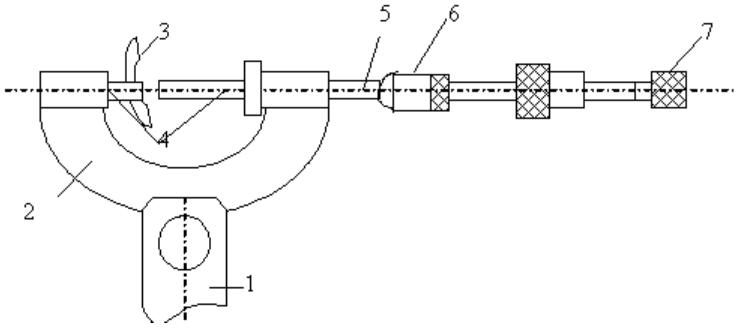



Рисунок 4.3 – Схема измерения толщины стружки

Микрометр 2 (рисунок 4.3) устанавливается на стойке 1. Стружка 3 помещается между вставками 4. Стружка измеряется в трех – четырех точках по ее длине. Окончательный результат берется как среднее арифметическое значение.

## 4.3 Материально – техническое обеспечение

Лабораторная работа проводится на токарно-винторезном станке мод.1К62. Деталь закрепляется в трехкулачковом патроне ГОСТ 2675-80, поджимается центром задней бабки. Резец закрепляется в резцедержателе станка.

Снятая на различных режимах стружка измеряется микрометром 0-25 мод. 102 ГОСТ 6507-90.

## 4.4 Техника безопасности

При работе на токарно-винторезном станке необходимо выполнять следующие требования техники безопасности:

- не разрешается студенту без присутствия учебного мастера включать станок.
- станок должен быть заземлен.
- не допускается работать без головного убора во избежание попадания волос во вращающиеся части станка.
- одежда работающего должна быть аккуратна во избежание попадания ее во вращающиеся части станка.

- над зоной резания должен быть защитный щиток, работающий должен иметь защитные очки от попадания отлетающей стружки.

- не допускается низко наклоняться над деталью во время обработки во избежание попадания стружки на открытые поверхности лица.

- не допускается брать незащищенными руками горячую стружку, чтобы исключить ожоги и порез рук.

## 4.5 Порядок выполнения работы

а) Получить у преподавателя задание на проведение опытов и измерений по усадке стружки;

б) Установить тип станка и его характеристику: модель, завод-изготовитель, расстояние между центрами, высоту центров, мощность мотора, пределы чисел оборотов (двойных ходов) и подач;

в) Ознакомиться с рукоятками, переключения коробки скоростей и коробки подач на станке;

г) Установить марку обрабатываемого материала и измерить размеры заготовки (диаметр и длину);

д) Установить тип инструмента, его размеры, режущий материал и измерить геометрию (углы) резца;

е) Обточить заготовку на разных скоростях резания при одной и той же подаче *S* и глубине резания *t* (5 опытов), на разных подачах при постоянных скорости и глубине резания (5 опытов);

Подача S устанавливается по таблице коробки подач станка. Скорость резания V измеряется тахометром и определяется по формуле:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин,} \qquad (4.8)$$

где *D*- диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

*n*- число оборотов детали в мин.

При строгании скорость рабочего хода резца рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{nL(1+m)}{1000}, \text{ м/мин,} \qquad (4.9)$$

где *n*-число двойных кодов ползуна, мин;

*L*- длина хода ползуна, мм;

*m*- отношение скорости рабочего хода ползуна к скорости холостого хода (устанавливается по паспорту станка, обычно $m_{ср}$=0,75);

ж) Резьбовым микрометром измерить толщину образцов стружки, тонкой проволокой длину стружки;

и) Вычислить усадку стружки;

$$K_\alpha = \frac{a_c}{a} \text{ и}, \quad K_L = \frac{L}{L_c}, \tag{4.10}$$

где $a = S \sin \varphi$.

к) Все данные занести в протокол наблюдения (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - Протокол наблюдения

| № опыта | $D$ мм | $n$ об/мин | $V$ м/мин | $S$ мм/об | $a_c$ мм | $a$ мм | $k_a$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |

Примечание: t=3 мм.

л) Исследовать влияние подачи на усадку стружки;

м) Исследовать влияние скорости резания на усадку стружки.

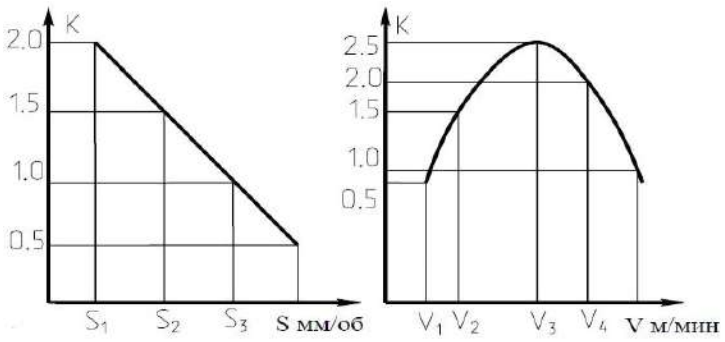



Рисунок 4.4. Графики экспериментальных зависимостей

4.6 Содержание отчета

а) Условия проведения опытов:

1) станок и его характеристики;

2) обрабатываемый материал- марка и размеры заготовки;

3) режущий инструмент- тип резца, сечение державки, материал, геометрия.

б) Заполнить протокол наблюдения.

в) Графики зависимостей: $k_a = f(V)$ и $k_a = f(S)$ в системе прямоугольных координат с равномерными шкалами.

г) Выводы.

Указать, как изменяется усадка стружки: а) при изменении скорости резания, $V$, м/мин; б) при изменении подачи $S$, мм/об.

## 4.7 Контрольные вопросы

1 Элементы режима резания, их определение.

2 Что называется шириной и толщиной поперечного сечения среза?

3 В чем различие свободного и несвободного, прямоугольного и косоугольного резания?

4 Типы стружек и условия их образования.

5 Процесс образования стружки скалывания, сливной стружки, стружки надлома.

6 Что представляет собой явление усадки и каковы ее причины?

7 Что такое коэффициент усадки и что он характеризует?

8 Сущность методов определения коэффициента усадки?

9 Как влияет на коэффициент усадки изменение скорости резания, толщины среза, переднего угла инструмента, применение смазывающе-охлаждающей жидкости, физико-механические свойства обрабатываемого материала?

10 Влияние нароста на процесс резания.

11 Влияние условий резания на наростообразование.

**Лабораторная работа №5 «Исследование методом естественной термопары влияния режимов работы на среднюю температуру контактных поверхностей инструментов в процессе механической обработки»**

## 5.1 Цель работы

Целью работы является ознакомление с методами измерения температуры в зоне резания, исследование методом естественной термопары влияния режимов резания (*V, S, t*) на среднюю температуру контактных поверхностей инструментов.

## 5.2 Теоретическая часть

Одним из главных факторов, определяющих характер и результаты процесса резания, является теплота, образующаяся в зоне резания. Законы теплообразования объясняют целый ряд явлений, связанных со стойкостью инструмента и качеством обработанной поверхности. Чтобы правильно использовать режущий инструмент, необходимо знать эти законы. Основными источниками возникновения теплоты при резании металлов являются:

− работа, затрачиваемая на деформацию в срезаемом слое и в поверхностных слоях детали, $A_{деф}$.

− работа, затрачиваемая на преодоление трения заготовки по передней и задней поверхностям инструмента, $A_{тр.\ п.п}$, $A_{тр.з.п.}$

Суммарная работа, затраченная на процесс резания, будет равна

$$A = A_{деф} + A_{тр.\ п.п} + A_{тр.з.п}\ . \qquad (5.1)$$

Работа резания, произведенная за одну секунду, равна:

$$A = P_z \cdot V_P\ , \qquad (5.2)$$

где *Pz* − сила резания, Н; *V* − скорость резания, м/с.

Установлено, что практически все механические работы резания (99,5%) переходит в теплоту, следовательно, количество тепла, выделяющееся при обработке резанием за 1 с равно:

$$Q = P_z \cdot V_P\ . \qquad (5.3)$$

Небольшая часть работы переходит в потенциальную энергию искаженной кристаллической решетки деформированных зерен металла (по-

глощенная энергия деформации). Это связано с тем, что стружка, обработанная поверхность и трущиеся поверхности инструмента испытывают наклеп. Поэтому, более точно формулу можно выразить так:

$$A = P_z \cdot V_P \cdot a, \qquad (5.4)$$

где $a$ − коэффициент, учитывающий потери, незначительные по величине. Обычно этими потерями пренебрегают.

Следовательно, общее количество тепла, выделяющееся при резании, зависит от деформации срезаемого слоя и трения на контактных площадках передней и задней поверхностей инструмента. Образовавшаяся в процессе резания теплота уносится стружкой, распространяется в деталь, резец и окружающую среду. Уравнение теплового баланса при резании будет иметь следующий вид:

$$Q=Q_{деф}+Q_{тр.п.п.}+Q_{тр.з.п}=Q_с+Q_д+Q_{ин}+Q_{окр.ср}, \qquad (5.5)$$

где $Q_{деф}$, $Q_{тр.п.п}$, $Q_{тр.з.п.}$ - соответственно теплота, выделившаяся в результате работы деформации, трения по передней поверхности инструмента, трения по задней поверхности инструмента;

$Q_с$, $Q_д$, $Q_{ин}$, $Q_{окр.ср.}$ – соответственно теплота, распространяющаяся в стружку, деталь, инструмент, окружающую среду.

Степень концентрации теплоты в различных участках изделия, стружку и инструмент различна. Большое количество тепла концентрируется в определенных зонах, сильно повышает их температуру. Поэтому различные точки рабочих поверхностей инструмента, стружки и детали имеют различную температуру. Образуется температурное поле. Высокая температура изменяет свойства металла и определяет фактическую износостойкость инструментального материала.

На температуру резания влияют:

1) геометрия срезаемого слоя: *a, b*;

2) режимы резания: *t, s,* $V_p$ ;

3) геометрия резца: $\gamma$, $\alpha$, $\alpha_1$,$\varphi$, $\varphi_1$, $\lambda$, r;

4) смазочно - охлаждающая технологическая жидкость (СОЖ);

5) физико - механические свойства обрабатываемого материала.

5.2.1 Влияние геометрии срезаемого слоя на температуру резания

С увеличением толщины срезаемого слоя увеличивается сила резания $P_z$ , что вызывает увеличение тепловыделения $Q_{mp}$ , теплоотвод остается величиной неизменной, следовательно, температура резания увеличивается. С увеличением ширины срезаемого слоя $b$ прямо пропорционально увеличивается $P_z$ и $Q_{mp}$ , теплоотвод увеличивается также прямо пропорционально, температура резания должна оставаться величиной постоянной. Практически температура резания немного увеличивается.

5.2.2 Влияние режимов резания на температуру резания

С увеличением глубины резания $t$ сила резания $P_z$ и тепловыделение $Q_{mp}$ увеличиваются пропорционально, теплоотвод увеличивается тоже прямопропорционально, следовательно, температура резания не должна изменяться. Практически она немного увеличивается.

С увеличением подачи $s$ увеличивается сила $P_z$ , увеличивается тепловыделение $Q_{mp}$ , теплоотвод не изменяется, следовательно, температура резания увеличивается.

С увеличением скорости резания $V_P$ увеличивается тепловыделение $Q_{mp}$ , теплоотвод неизменен, температура резания увеличивается.

Влияние $V_P$ на температуру гораздо значительнее, чем влияние $t$ и $s$.

5.2.3 Влияние геометрии резца на температуру резания

С увеличением переднего угла γ сила резания $P_z$ и тепловыделение $Q_{mp}$ уменьшается, теплоотвод неизменен, температура резания уменьшается.

Влияние главного заднего угла α аналогично влиянию угла γ, т.е. с увеличением α температура резания уменьшается, но медленнее, чем от γ. С увеличением главного угла в плане φ в пределах от 0 до 60° сила резания $P_z$ уменьшается примерно на 18 – 20 %, теплоотвод же уменьшается на 150 − 180 %, следовательно, температура резания увеличивается. С увеличением радиуса закругления при вершине резца $r$ увеличивается сила $P_z$ и $Q_{mp}$ примерно на 8 – 10 %. Теплоотвод увеличивается прямо пропорционально радиусу $r$. Температура резания уменьшается.

Влияние углов $\alpha_1$ ,$\varphi_1$, λ на температуру резания незначительно и имеет только принципиальное значение.

5.2.4 Влияние смазочно-охлаждающей жидкости на температуру резания

С применением СОЖ уменьшается $P_z$ и тепловыделение $Q_{mp}$ , теплоотвод увеличивается за счет свойств охлаждающей жидкости, что приводит к значительному уменьшению температуры резания.

5.2.5 Влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на температуру резания

С увеличением прочности пластичных материалов и твердости хрупких материалов увеличивается сила $P_z$ , что приводит к увеличению тепловыделения $Q_{mp}$ , теплоотвод остается неизменным, следовательно температура резания увеличивается.

Из многочисленных факторов, изменяющих температуру резания, наиболее значительное влияние оказывают механические свойства обрабатываемого материала, СОЖ, скорость резания.

Уменьшить температуры резания можно за счет уменьшения $V_p$, $s$, $t$, φ, увеличения γ, $r$ и применения СОЖ. Температурные деформации детали снижают точность обработки. Поэтому важно знать, какие возникают температуры при разных условиях работы. Зависимости для расчёта температуры резания выводятся двумя путями:

а) определяются теоретически на основе теории теплопередачи;

б) определяются путем непосредственного измерения температуры при изменении условий резания.

5.2.6 Методы измерения температуры резания

Для определения температуры в зоне резания применяют косвенные и непосредственные методы измерения. К косвенным методам относятся такие, как калориметрический, метод термокрасок, метод цветов побежалости, метод измерения микротвердости, фотоэлектрический метод и др. К непосредственным методам относятся методы измерения температуры при помощи термопар (искусственной, полуискусственной, естественной);.

5.2.6.1 Метод термопар

Наиболее широко применяются методы измерения температуры при помощи термопар. Известно, что если нагреть место спая различных металлов, оставляя при этом свободные концы при более низкой температуре, на концах проводников возникает термоЭДС, величина которой зависит от разности температур спая и более холодных концов. Замыкая цепь через милливольтметр, можно измерить величину термоЭДС. Такая цепь называется термоэлектрической.

5.2.6.2 Метод искусственной термопары

Метод заключается в том, что в резце просверливаются отверстия малого диаметра, не доходящие до какой-либо точки передней или задней поверхности резца примерно на 0,2 ... и 0,5 мм, в которое вставляется изолированная термопара (часто медь-константан). Температура в точке соприкосновения термопары и резца регистрируется включенным в цепь термопары гальванометром.

5.2.6.3 Метод полуискусственной термопары

Одним из элементов термопары служит сам резец, а в другом - является константовая проволока, протянутая через сквозное отверстие в резце и изолированная от стенок отверстий.

5.2.6.4 Метод естественной термопары

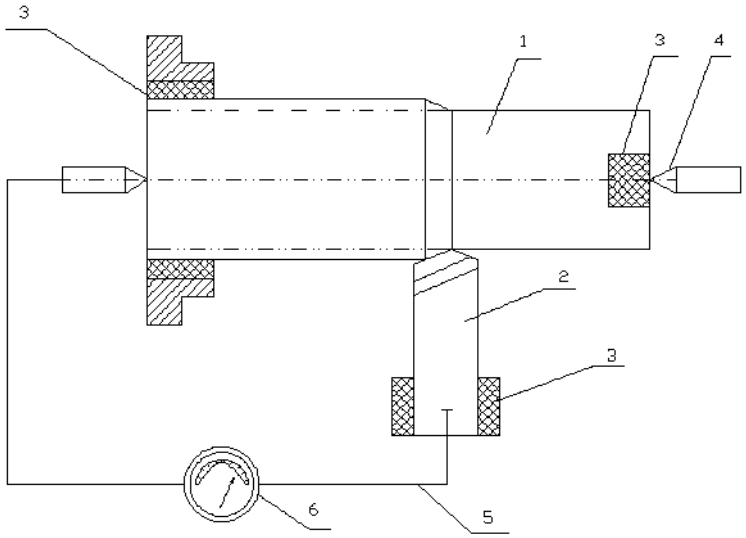
Значительное распространение получил метод естественной термопары. Элементами термопары служат деталь и резец, которые, будучи разнородными металлами, в процессе резания имеют сильно нагретый контакт, являющийся спаем этой термопары. Концы резца детали имеют значительно более низкую температуру. Одна из распространенных схем естественной термопары приведена на рисунке 5.1.

Заготовка 1 изолируется от станка при помощи диэлектрических прокладок. Резец 2 изолируется от резцедержателя станка при помощи прессшпановых и текстолитовых прокладок 3, который обеспечивает надежное замыкание вращающегося и неподвижного участков цепи. Возникающая в процессе резания термоЭДС регистрируется милливольтметром 6.

Для устранения дополнительных паразитных термопар, возникающих в местах стыка деталей станка с заготовкой резец и заготовку изолируют от станка. При исследованиях, не требующих высокой точности, установка может быть значительно упрощена. Деталь не изолируют от станка, считается, что роль возникающей дополнительно термопары ничтожна, из-за слабого разогревания заднего центра по сравнению с резцом. В связи с этим провод, ранее присоединяемый к детали, можно присоединить к любой точке станка.

Недостатком метода естественной термопары является сложность и необходимость тарирования при каждом изменении материала детали или инструмента.

Естественная термопара измеряет некоторую среднюю температуру, тогда как на площадке контакта стружки и передней грани инструмента в процессе резания развивается различная температура в разных точках контакта. Отношение этой средней температуры к наивысшей непостоянно.




1- деталь; 2 - резец; 3 – прокладка; 4 – центр;
5 - проволока термопары; 6 - милливольтметр

Рисунок 5.1 - Схема естественной термопары

## 5.3 Материально – техническое обеспечение

Станок токарно-винторезный 1К62, заготовка с изоляцией, резцы токарные проходные, приборы для измерения углов резца, приспособление для измерения температуры резания методом естественной термопары, милливольтметр.

## 5.4 Техника безопасности

- Студент не имеет права без лаборанта включать станок и проводить лабораторную работу.
- Нельзя при работе станка низко накланяться над обрабатываемой деталью во избежание попадание стружки в глаза.
- Зона резания должна быть прикрыта защитным кожухом.
- Нельзя горячую стружку брать незащищенными руками.
- Станок должен быть заземлен.
- Одежда студента не должна иметь частей, которые могли бы захватываться вращающимися элементами станка. Студент должен иметь головной убор.

## 5.5 Порядок выполнения работы

- Установить и закрепить деталь в станке.
- Зажать резец в резцедержателе станка.
- Изолировать резец и деталь картонными прокладками от станка.
- Проверить правильность подключения милливольтметра.
- Установить на станке заданную подачу и число оборотов детали (V=50 м/мин; S=0.17 мм/об).
- Изменяя четыре раза глубину резания (t=3.0; 2.3; 1.7; 1.3; 1 мм), измерить температуру резания, возникшую в процессе обработки.
- При этом же числе оборотов и постоянной заданной глубине резания (V=50 м/мин, t=1.7 мм), изменяя четыре раза подачу (S=0.084; 012; 017; 0.23; 0.34 мм/об), измерить температуру резания.
- Установить на станке заданную подачу, оставив неизменной глубину резания (S=0.17 мм/об; t=1.7 мм), изменяя четыре раза числа оборотов детали (V=5; 10;40;60;80;150 м/мин), измерить температуру резания.

Необходимые частоты вращения заготовки (об/мин) подсчитываются до проведения опытов по формуле:

$$n = 1000\frac{V}{\pi D}, \tag{5.6}$$

где D - диаметр обрабатываемой поверхности заготовки, мм.

Затем подбирается ближайшая имеющаяся на станке частота вращения шпинделя и подсчитывается скорость резания, осуществляемая в опытах, значения записываются в протоколах опыта.

- Для каждого принятого в опытах значения скорости, подачи и глубины резания регистрируются показания милливольтметра и заносятся в протокол опыта (таблица 5.1).

Таблица 5.1 - Протокол испытаний

| Частота вращения шпинделя n, об/мин | Диаметр обраба-тываемого изделия D, мм | Скорость резания $V_p$, м/мин | Подача S, мм/об | Глубина резания t, мм | Показания милли-вольтметра мВ | Температура в зоне резания Т, С $^{o}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

- Температура резания в градусах (соответственно показаниям опыта) определяется по тарировочному графику.

- По полученным экспериментальным данным построить зависимости:

1) температуры от скорости T=f(V)

2) температуры от подач T=f(S)

3) температуры от глубины резания T=f(t)

- Сделать выводы о влиянии режимов резания на температуру резания.

## 5.6 Содержание отчета

а) Условия проведения опытов (модель станка, материал режущей части резца, геометрические параметры резца, обрабатываемый материал).

б) Привести схему лабораторной установки для измерения температуры в зоне резания.

в) Привести таблицу экспериментальных данных (таблица 5.1).

1) влияние применения скорости резания на температуру в зоне резания;

2) влияние изменения подачи на температуру в зоне резания;

3) влияние изменения глубины резания на температуру в зоне резания.

г) Построить графики зависимости T=f(V), T=f(S), T=f(t).

д) Дать пояснение о полученных данных по влиянию режимов резания на температуру.

е) Сделать выводы о влиянии скорости резания, глубины и подачи на величину температуры резания.

## 5.7. Контрольные вопросы

1 Какие источники теплоты образуются в процессе резания?

2 Куда отводится тепло от образовавшихся источников?

3 Как влияет температура нагрева на износ резца?

4 Что принимается за критерий теплоподвода?

5 Как меняется температура резания с изменением соотношения тепловыделения и теплоотвода?

6 Как влияют режимы резания на температуру резания?

7 Как влияют геометрические параметры срезаемого слоя на температуру резания?

8 Как влияет геометрия резца на температуру резания?

9 Как влияет обрабатываемый материал на температуру?

10 Как влияет охлаждающая жидкость на температуру резания?

11 Какие методы измерения температуры относятся к косвенным методам?

12 Какие методы температуры относятся к непосредственным методам?

## Лабораторная работа №6 «Кинематика резания при сверлении»

### 6.1 Цель работы

Закрепить термины, определения и понятия, составляющие основу кинематики процесса резания при сверлении, ознакомиться с методами измерения геометрических параметров инструментов и приборами для этой цели; приобрести навыки эскизирования сверл.

### 6.2 Теоретическая часть

Сверление − основной метод получения отверстий в сплошном материале. Сверлением получают отверстия 11...12 квалитета с шероховатостью обработанных поверхностей *Rz* 20...80.

Кинематическая схема сверления − процесс резания осуществляется за счет двух совместных движений: вращения сверла или детали вокруг оси отверстия (главное движение резания *Dr)* и поступательного движения сверла вдоль оси (движение подачи *Ds).* На сверлильных станках сверло совершает оба движения, на токарных и револьверных станках и автоматах вращается обрабатываемая заготовка, сверлу придается только поступательное движение подачи.

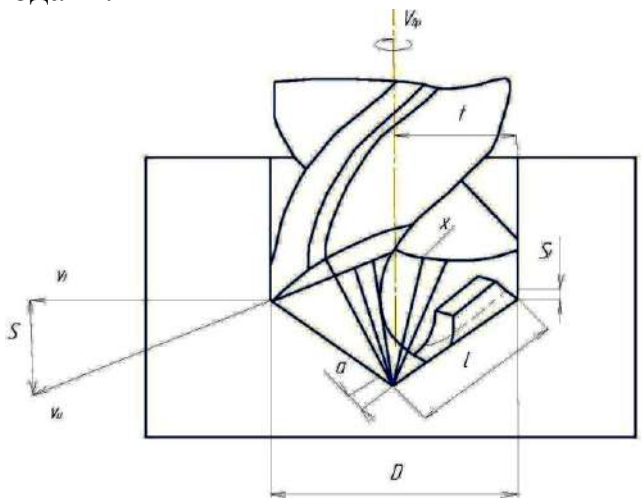



Рисунок 6.1 – Кинематическая схема процесса сверления

Скорость резания - величина перемещения точки режущей кромки относительно поверхности резания в единицу времени. При сверлении за диаметр D принимается тот же наибольший диаметр поверхности резания, равный диаметру сверла. Однако при изучении физических явлений, сопровождающих процесс резания, учитывают, что диаметры поверхностей траекторий различных точек режущей кромки, участвующих в процессе

резания, переменны на активной длине режущей кромки, то есть скорость резания на рабочей длине режущей кромки - величина переменная.

Подача - величина перемещения режущей кромки относительно обработанной поверхности в единицу времени, измеряется в мм/об или мм/мин. При сверлении движением подачи является поступательное движение инструмента. При этом, кроме $S$ и $S_z$ различают подачу на зуб инструмента:

$$S_z = S / Z \text{ , мм/зуб,} \qquad (6.1)$$

где $Z$=2 – число перьев сверла.

Глубина резания t - расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное в направлении, перпендикулярном к обработанной поверхности, или что то же, к направлению подачи (рисунок 6.1).

$$t = \frac{D - d}{2} \text{ , мм,} \qquad (6.2)$$

где D - диаметр обрабатываемой поверхности, мм;

d – диаметр обработанной поверхности, мм.

При сверлении и рассверливании обработанной поверхностью является поверхность отверстия диаметром D, образованная периферийными точками перьев сверла, обрабатываемой - поверхность предварительно обработанного отверстия диаметром d (при сверлении в сплошном материале d=0).

Глубина резания и подача характеризуют процесс резания с технологической стороны как элементы режима резания (наряду со скоростью резания и стойкостью инструмента).

Физические явления, в частности, силовая и тепловая нагрузки на единицу длины лезвия, сопровождающие процесс резания, зависят от толщины и ширины срезаемого слоя, которые могут изменяться при одной и той же подаче и глубине резания при изменении формы и геометрии режущей кромки.

Ширина среза $b$ (мм) - длина контакта режущей кромки с поверхностью резания.

Толщина среза $a$ (мм) - расстояние между двумя последовательными положениями поверхности резания, измеренное в направлении, перпендикулярном к режущей кромке. Между глубиной резания и шириной среза, подачей и толщиной среза существуют зависимости:

При сверлении:

$$a = S_t * \sin\varphi = S / 2\sin\varphi \text{ ,}$$

$$b = \frac{D - l_n}{2\sin\varphi}, \tag{6.3}$$

где $l_n$ – длина перемычки (см. ниже).

Заметим, что благодаря наличию у сверла двух зубьев при его работе осуществляется принцип деления подачи, так как на каждый зуб при одном обороте приходится

$$S_z = S / 2 \ . \tag{6.4}$$

Номинальная или расчетная площадь поперечного сечения срезаемого слоя (мм$^2$) равна:

$$f = t \cdot S = a \cdot b. \tag{6.5}$$

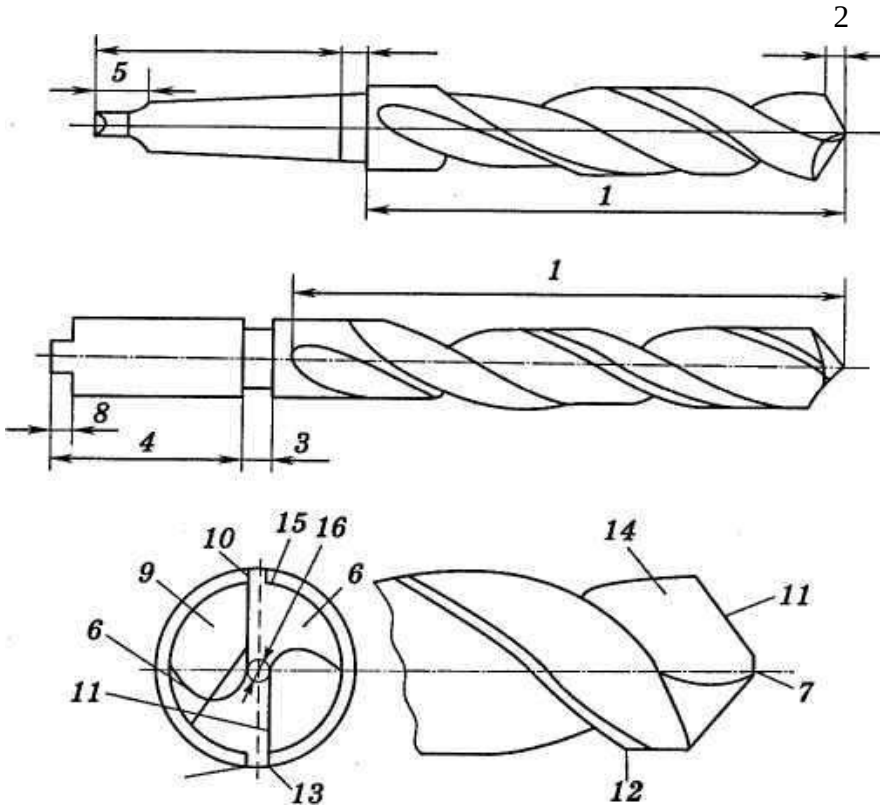
6.2.1 Конструктивные и геометрические элементы сверла

Сверло состоит из рабочей части, шейки и хвостовика (рисунок 6.2). Конический или цилиндрический *хвостовик* служит для закрепления сверла в шпинделе станка, удлинителе или патроне. Для сверл диаметром свыше 6 мм хвостовик чаще всего имеет коническую форму и заканчивается лапкой. Лапка предназначена для выбивания сверла из конического отверстия.

*Шейка* — промежуточная часть между хвостовиком и рабочей частью сверла. Она имеет несколько меньший диаметр, чем рабочая часть.

*Рабочая часть* состоит из режущей и направляющей частей. Условия работы сверла определяются главным образом конструкцией *его режущей части.* Она имеет два лезвия, которые соединены между собой *сердцевиной,* расположенной вдоль оси сверла. Размер сердцевины соответствует диаметру окружности, касательной к поверхности канавок, и может увеличиваться по направлению к хвостовику для большей прочности и жесткости сверла. *Главные задние поверхности* лезвий образуются при затачивании сверла по конической, винтовой или плоской поверхности. *Передние поверхности* лезвий сверла имеют винтовую форму, по ним стружка транспортируется из зоны резания. Пересечения передних поверхностей (винтовых канавок) с главными задними поверхностями образуют *главные режущие кромки,* которые должны быть расположены симметрично относительно оси сверла. При пересечении двух задних поверхностей на сердцевине образуется *поперечная кромка,* или *перемычка. Направляющая часть* обеспечивает ориентацию сверла в кондукторной втулке или обрабатываемом отверстии и служит резервом для образования режущей части при переточках сверла. Направляющая часть сверла для

уменьшения трения соприкасается с отверстием только по шлифованным винтовым *ленточкам,* которые расположены по краю винтовой канавки. Ленточки шлифуются по окружности с очень малой конусностью по направлению к хвостовику. Они являются вспомогательными задними поверхностями лезвий сверла. Пересечения передних поверхностей (винтовых канавок) со вспомогательными задними поверхностями (ленточками) образуют вспомогательные режущие кромки.




*1* — рабочая часть; *2* — режущая часть; 3 — шейка; *4*— хвостовик; 5 — лапка; *6* — зуб; *7* — поперечная кромка; *8* — поводок; *9* — стружечная канавка; *10* — задняя поверхность; *11* — режущая кромка; *12* — ленточка; *13* — кромка ленточки; *14* — передняя поверхность; *15* — спинка зуба; *16* —сердцевина

Рисунок 6. 2 - Конструктивные элементы спирального сверла

Углы в плане сверла, как и для всех инструментов, рассматриваются в основной плоскости.

*Главным углом в плане* $\varphi$ называется угол между плоскостью резания и рабочей плоскостью. От угла $\varphi$ зависит ширина и толщина срезаемого слоя, условия теплоотвода, прочность режущей части сверла.

Для упрощения измерения углов на сверлах указывается не $\varphi$ а $2\varphi$. Величину угла $2\varphi$ (рисунок 6.3) назначают в зависимости от свойств обрабатываемого материала в пределах 90... 140°. У стандартных сверл $2\varphi$ = 120°.

В основной плоскости рассматриваются также вспомогательные углы в плане $\varphi_1$. Чтобы избежать защемления сверла в просверленном отверстии, диаметр рабочей части сверла уменьшают по направлению к хвостовику, т.е. выполняют обратную конусность в пределах 0,03...0,15 мм на 100 мм длины сверла.

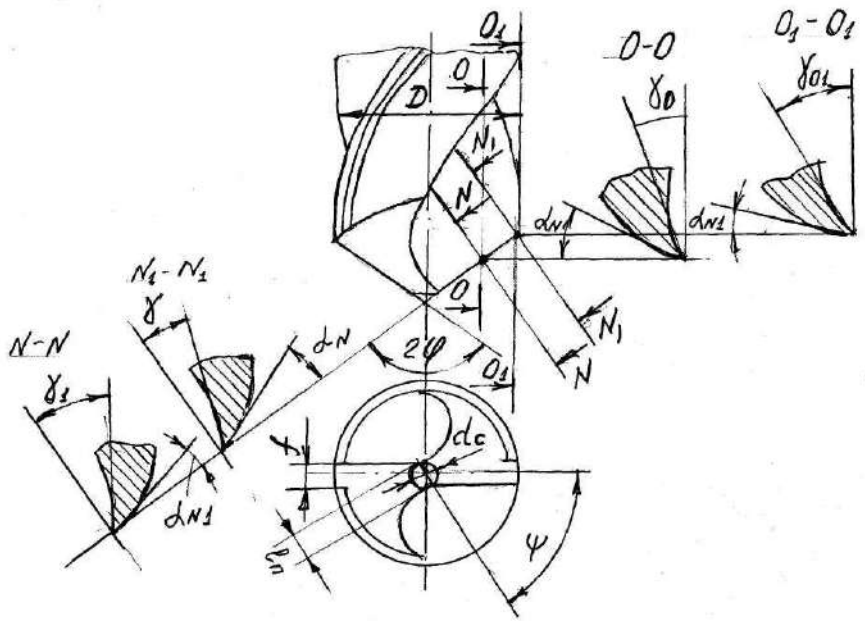



Рисунок 6.3 - Геометрические параметры спирального сверла

*Вспомогательным углом в плане* $\varphi_1$ называется угол между проекцией вспомогательной режущей кромки (ленточки) на основную плоскость сверла и рабочей плоскостью. Он обеспечивается за счет обратного конуса и его величина не превышает 0,5° – 1,5°. Угол $\varphi_1$ можно определить по следующей формуле:

$$tg\varphi_1 = \frac{D - D_1}{2L} \qquad (6.6)$$

где $D$, $D_1$ — диаметр сверла соответственно в начале и в конце направляющей части; $L$ — длина направляющей части.

Передний угол сверла γ измеряется в плоскости *N-N*, проходящей через точку режущей кромки, нормально к ней. Задний угол измеряется в плоскости *O-O*, проходящей через эту же точку, касательно к образующему цилиндру, на котором лежит рассматриваемая точка (параллельно оси сверла).

*Передний угол* $\gamma$ − угол между касательной к передней поверхности и нормалью в этой же точке к поверхности, которую описывает режущая кромка при вращении ее вокруг оси сверла (усеченный конус). Значение переднего угла является величиной переменной вдоль режущей кромки и

зависит от диаметра, на котором лежит рассматриваемая точка. Максимальное значение γ на периферии сверла (в плоскости *N*1-*N*1) и минимальное в районе перемычки.

*Задний угол − угол α* между касательной к окружности, которую описывает точка режущей кромки при вращении ее вокруг оси сверла и касательной в той же точке к задней поверхности сверла. Значение заднего угла является также величиной переменной, максимальное значение в районе перемычки, а минимальное значение на периферии сверла (в плоскости *O1-O1*).

*Вспомогательный задний угол сверла* $\alpha_1$ измеряется в плоскости $N_1$-$N_1$, нормальной к вспомогательной режущей кромке (кромке ленточки). Так как ленточка шлифуется по окружности, вспомогательные задние углы сверла $\alpha_1$ равны нулю (рисунок 6.3).

*Углом наклона винтовой канавки ω* называется угол между осью сверла и касательной к винтовой линии ленточки. Значение угла ω является величиной переменной, уменьшается от периферии к центру сверла, зависит от свойств обрабатываемого материала и находится в пределах 15°− 60°.

*Наклон винтовой стружечной канавки* — это наклон передней поверхности сверла в продольном направлении. Следовательно, это продольный передний угол сверла, т.е. $\omega = \gamma_{np}$. Но для характеристики процесса сверления необходимо знать передний угол в главной секущей плоскости, который определяет условия резания. Главная секущая плоскость *N*-*N* перпендикулярна к главной режущей кромке (рисунок 6.3).

*Углом наклона поперечной кромки ψ* называется угол между проекциями поперечной и главной режущих кромок на плоскость, перпендикулярную к оси сверла. Величина этого угла при правильной заточке сверла равна 50...55°.

## 6.3 Методические указания по выполнению работы

### 6.3.1 Измерение конструктивных элементов сверла

Конструктивные элементы сверла измеряются универсальными инструментами − штангенциркулем, микрометром, универсальным угломером и другими средствами, имеющимися в распоряжении лаборатории резания.

На рисунке 6.4 показано измерение диаметра сверла обычным штангенциркулем, а на рисунке 6.5 − измерение диаметра сердцевины сверла микрометром с острыми наконечниками. Длину поперечной кромки $l_n$ и ширину ленточки $f$ измеряют штангенциркулем у вершины сверла. На рисунке 6.6 *а* показано измерение универсальным угломером угла при вершине сверла $2\varphi$, на рисунке 6.6 *б*− угла наклона поперечной кромки ψ. Вспомогательный угол в плане $\varphi_1$ определяется по формуле:

$$\varphi_1 = \text{arctg}\left((D - D_1) / 2\, l_2\right), \qquad (6.7)$$

где $(D - D1)/2$ − полуразность диаметров сверла, измеренных на расстоянии $l_2$. Для упрощения подсчетов можно значение $l_2$ принимать равным 100 мм.

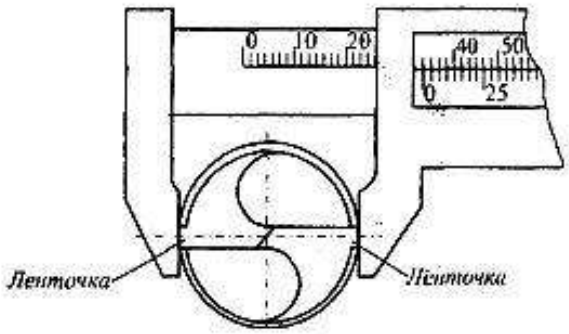



Рисунок 6.4 - Измерение диаметра сверла штангенциркулем

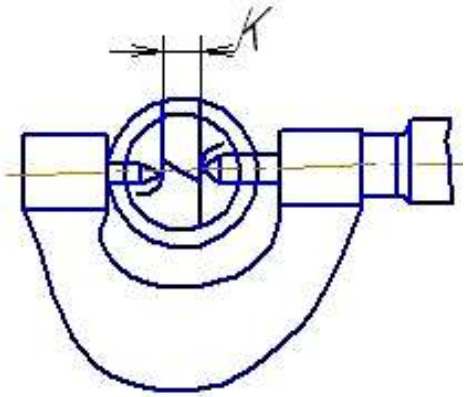
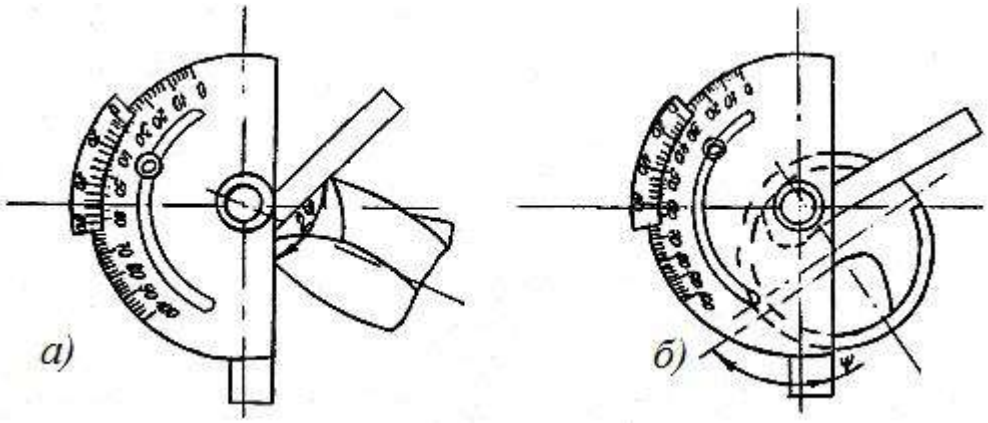


Рисунок 6.5 - Измерение диаметра сердцевины сверла




*а*) – угла при вершине сверла 2*φ, б*) - угла наклона поперечной кромки ψ

Рисунок 6.6 - Измерение универсальным угломером углов

Угол наклона винтовой стружечной канавки ω определяют либо непосредственным измерением настольным угломером, при этом главную режущую кромку необходимо располагать в горизонтальной плоскости, либо определяют по отпечатку, получаемому путем прокатывания сверла по бу-

маге и измеряемому универсальным угломером (рисунок 6.7). Величину угла ω можно определить и по формуле $tg\omega = \pi D/H$, предварительно замерив по отпечатку или непосредственно на сверле шаг винтовой канавки $H$.

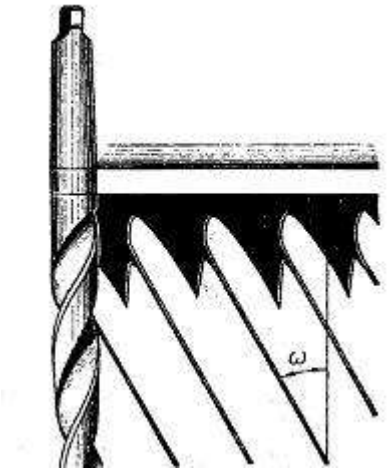



Рисунок 6.7 - Измерение угла наклона винтовой канавки ω

6.3.2 Измерение заднего угла сверла

Для измерения заднего угла сверло устанавливается в делительную головку, закрепленную на столе фрезерного или универсально заточного станка. На станине станка укрепляется державка с индикатором, ножка которого должна быть параллельна оси сверла, и перемещают стол станка таким образом, чтобы ось сверла и ось ножки индикатора совпали. После этого перемещают стол станка в поперечном направлении на величину радиуса сверла соответствующего рассматриваемой точке на режущей кромке (рисунок 6.8). Затем, перемещая стол в направлении, параллельном оси сверла, устанавливают натяг ножки индикатора. Наконечник индикатора при этом должен быть установлен поворотом сверла в точку, возможно более близкую к режущей кромке. В таком положении стрелка индикатора должна быть поставлена на нуль. После этого поворачивают сверло, вращая шпиндель делительной головки. При этом наконечник индикатора скользит по задней поверхности сверла, показывая величину ее падения.

Записывают в протокол показания индикатора, соответствующие повороту сверла на каждые 5, отсчитываемые по шкале делительной головки. Затем строят кривую заточки задней поверхности сверла, соответствующую рассматриваемой точке режущей кромки.

При этом, длину окружности $l_i$, соответствующую углу поворота сверла $\eta$, определяют по формуле:

$$l_i = (\pi D_x)\eta_i / 360. \qquad (6.8)$$

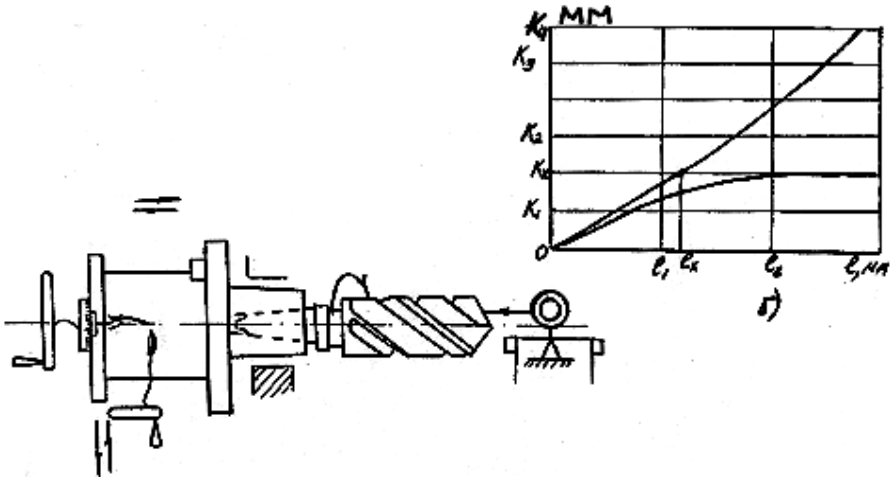



Рисунок 6.8 – Схема измерения заднего сверла координатным методом и построение кривой заточки задней поверхности (*l*- длина дуги окружности, *K*-падение затылка сверла)

А за величину $k_i$ - падение затылка сверла (показания индикатора), соответствующее этому же углу поворота $\eta_i$. К кривой проводится касательная, по наклону которой определяют задний угол $a_x$, в рассматриваемой точке режущей кромки $D_x$

$$tg\alpha_i = k_i / l_i. \qquad (6.9)$$

Такие кривые строятся для разных точек режущей кромки $D_x$ = 5, 10, 15,...мм.

6.3.3 Определение передних углов сверла

Передний угол сверла в главной секущей плоскости *N-N* произвольно взятой точке *X* режущей кромки наглядно представлен на рисунке 6.9. На рисунке 6.10 представлены развертки винтовых линий, лежащих на цилиндрах диаметром *D, D*$_1$, *D*$_2$.

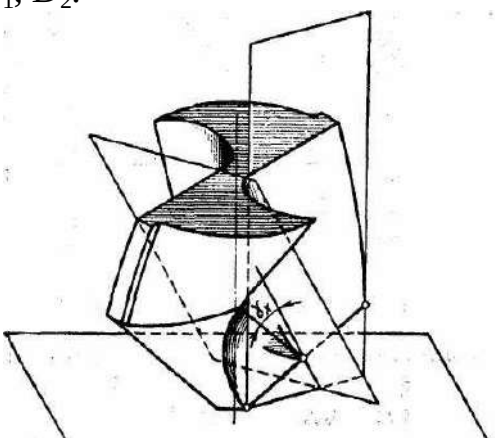


Рисунок 6.9 - Схема измерения переднего угла $\gamma_x$

Из рисунка 6.10 видно, что передние углы в рабочей плоскости для рассматриваемых точек будут:

$$tg\,\gamma_o = tg\,\omega = \pi\, D/H; \quad tg\,\gamma_{01} = tg\,\omega_1 = \pi\, D_1/H,$$
$$tg\,\gamma_{02} = tg\,\omega_2 = \pi\, D_2/H. \qquad (6.10)$$

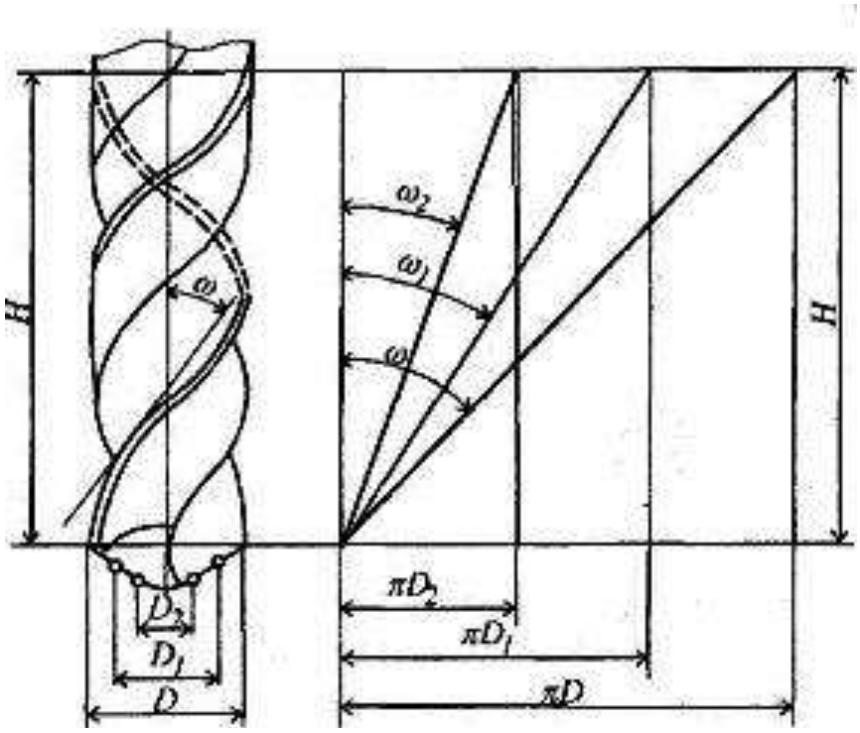



Рисунок 6.10 - Измерение угла наклона винтовой канавки по отпечатку

Для произвольной точки режущей кромки, лежащей на диаметре *Dx,* будем иметь:

$$tg\,\gamma_{0X} = tg\,\omega_X = \pi\, Dx/H, \qquad (6.11)$$

где *H* − шаг винтовой канавки сверла, мм.

Так как в любой точке *X* режущей кромки шаг винтовой линии сверла *H* остается постоянным, то можно написать:

$$tg\,\gamma_{0X} = tg\,\omega_X = tg\,\omega(Dx/D). \qquad (6.12)$$

В главной секущей плоскости передний угол определяется пересчетом по формуле:

$$tg\,\gamma_X = tg\,\gamma_{0X}/\sin\varphi = tg\,\omega_X/\sin\varphi. \qquad (6.13)$$

Окончательная формула пересчета имеет вид:

$$tg\,\gamma_X = (Dx\,tg\,\omega)\,/\,(D\sin\varphi). \qquad (6.14)$$

6.4 Материально – техническое обеспечение

Сверло с винтовыми канавками, угломер универсальный, микрометр со специальными наконечниками, штангенциркуль, линейка масштабная, делительная головка, индикаторная стойка.

6.5 Порядок выполнения работы

- Ознакомиться с содержанием и методикой проведения работы.
- Изучить конструкцию сверла, принцип действия измерительных приборов.
- Измерить конструктивные параметры сверла и углы $2\varphi$, $\varphi_1$, $\psi$, $\omega$. Результаты измерений занести в таблицу 6.1.

Таблица 6.1 - Результаты измерений конструктивных и геометрических элементов сверл

| № сверла | Диаметр сверла | | Диаметр сердцевины | | Длина частей сверла | | | Ширина ленточки $f$ | Длина перемычки $ln$ | Геометрические параметры | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | У вершины D, мм | У хвостовика $D_1$, мм | У вершины $d_c$, мм | У хвостовика $d_c$, мм | рабочей $l$, мм | режущей $l_1$, мм | калибрующей $l_2$, мм | | | $2\varphi$ | $\varphi_1$ | $\psi$ | $\omega$ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |

- Измерить величину заднего угла для 3−4 точек режущей кромки, результаты занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2 - Результаты измерений заднего угла сверла

| № пп | Диаметр сверла D, мм | Диаметр, на котором измеряется задний угол Dx, мм | Угол поворота сверла η, град | Показания индикатора $K$, мм | $tga$, град | $a$, град | $a_N$, град |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

- Выполнить расчет передних углов для тех же диаметров $Dx$, результаты вычислений занести в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 - Результаты расчетов переднего угла сверла

| № пп | Диаметр сверла D, мм | Диаметр, на котором рассчитывается передний угол *Dx*, мм | Шаг винтовой канавки *H*, мм | Главный угол в плане φ | Угол наклона винтовой канавки ω | *tg* γ | γ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |

- Построить графики изменения переднего γ и заднего α углов вдоль главной режущей кромки, т.е. графики зависимостей $\gamma = f(D\text{x})$, $\alpha_s = f(D\text{x})$.
- Зарисовать эскиз сверла с простановкой всех линейных и угловых размеров.

## 6.6 Содержание отчета

- Название работы.
- Цель работы.
- Задание на измерение и расчет основных конструктивных и геометрических параметров.
- Заполнение таблиц 6.1 − 6.3.
- Графики изменения переднего γ и заднего α углов вдоль главной режущей кромки, т.е. графики зависимостей $\gamma = f(D\text{x})$, $\alpha_s = f(D\text{x})$.
- Эскиз сверла с указанием его основных конструктивных и геометрических элементов и их значений.
- Схемы измерения параметров сверла (по заданию преподавателя).

## 6.7. Контрольные вопросы

1 Что называется кинематической схемой резания, приведите ее для процесса сверления.

2 Назовите основные части и поверхности сверла.

3 Дайте определение углов резания сверла.

4 Как изменяются значения передних и задних углов сверла по длине режущей кромки.

5 Поясните схемы измерения углов сверла.

## Лабораторная работа №7 «Заточка разверток»

### 7.1 Цель лабораторной работы

Целью работы является изучение конструктивных элементов и 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.

### 7.2 Теоретическая часть

Развертывание – технологический способ завершающей обработки просверленных и зенкерованных отверстий с целью получения точных по форме и диаметру цилиндрических отверстий (6…9-го квалитета точности) с малой шероховатостью (Ra = 0,32…1,25 мкм).

Развертка – это многолезвийный инструмент, который в процессе обработки совершает вращение вокруг своей оси (главное движение) и поступательно перемещается вдоль оси, совершая движение подачи.

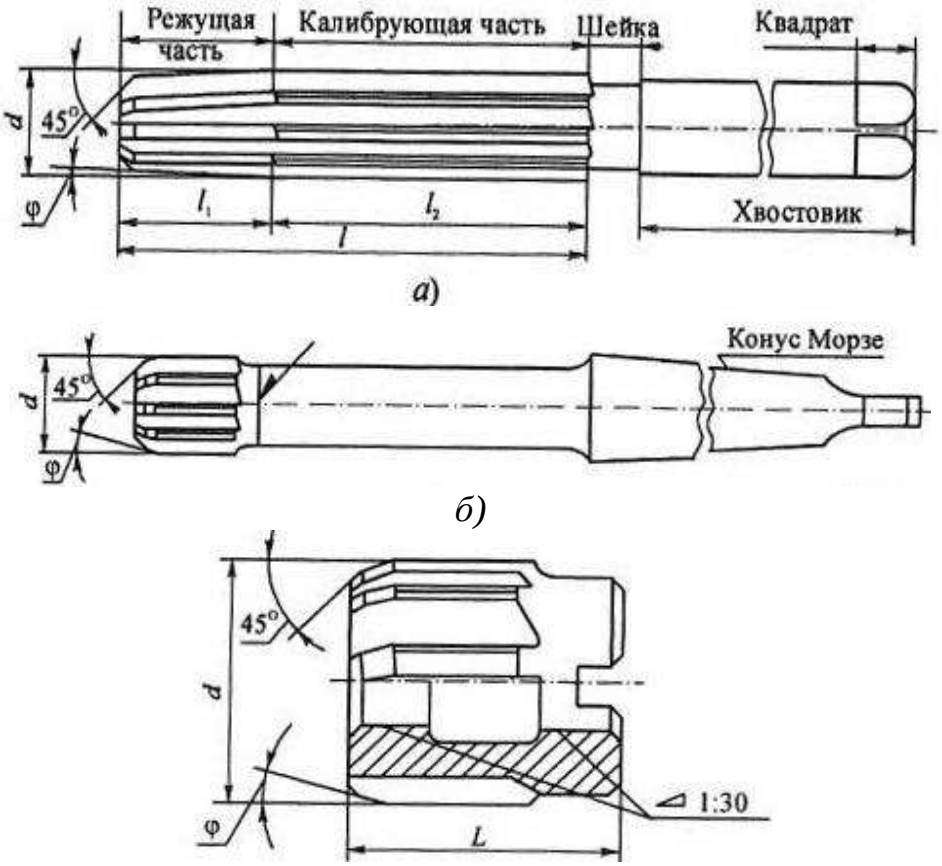
В зависимости от условий эксплуатации, а также конструктивного оформления, развертки подразделяются:

- по способу применения: на ручные и машинные;
- по способу крепления: на хвостовые и насадные;
- по способу конструкции: на цельные и сборные со вставными режущими элементами (или ножами);
- по форме обрабатываемого отверстия: на цилиндрические и конические;
- по материалу режущей части: из инструментальной стали и из твердых сплавов.

#### 7.2.1 Конструктивные элементы разверток

Развертка (рисунок 7.1) состоит из рабочей части, шейки и хвостовика. Рабочая часть включает режущую и калибрующую части. Режущая часть состоит их двух конусных поверхностей: направляющего конуса и заборного конуса. Направляющий конус служит для предохранения от повреждений и облегчения попадания развертки в отверстие. Заборная часть развертки на поверхности имеет зубья, как и направляющая часть. При обработке отверстий с поверхностями прерывающимися продольными канавками или кольцевыми выточками, развертки изготавливают с винтовыми зубьями. Направление винтовых зубьев выбирается обратным направлению вращения развертки в процессе работы. Угол подъема винтовых зубьев выбирается в зависимости от вида обрабатываемого материала. Для обработки стали он равен $7\text{-}20^0$, легких сплавов – $35\text{-}45^0$.

D- диаметр развертки, L- длина развертки, $l_1$ – длина режущей части, $l_2$ – длина калибрующей части, z – число зубьев, f – ширина цилиндрической ленточки на калибрующей части.




а) ручная ; б) машинная хвостовая; в) машинная насадная.

Рисунок 7.1 – Конструкции разверток

7.2.2 Геометрические параметры разверток

φ – угол конуса заборной части или угол в плане (таблица 7.1), γ – передний угол, α – задний угол, ω – угол наклона зубьев или канавок (рисунок 7.2).

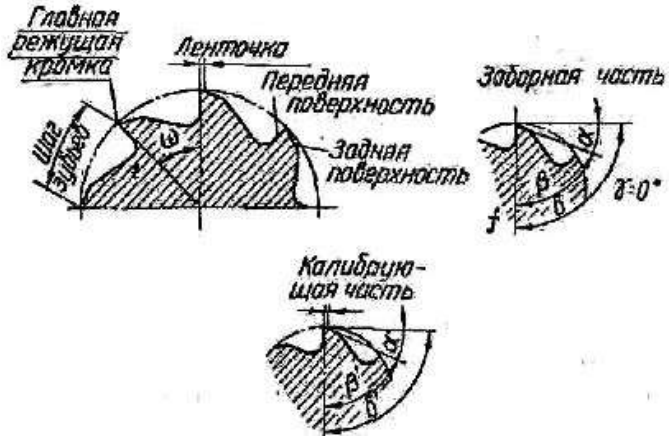



Рисунок 7.2 – Элементы цилиндрической развертки

*Угол в плане φ.* Большое влияние на работу развертки оказывает угол в плане φ, между осью развертки и режущей кромкой, которая при переднем угле, равном нулю, идет по образующей конуса режущей части. С изменением угла в плане φ изменяется соотношение между шириной и толщиной среза, составляющими усилия резания, интенсивность и характер износа инструмента. С увеличением угла заборного конуса растет осевое усилие, затрудняется продвижение развертки. Поэтому у ручных разверток угол в плане принимается небольшим, что способствует также плавному входу и выходу развертки из отверстия. На основе экспериментальных данных для ручных разверток при обработке сквозных отверстий φ = 1 ÷ 2°. Машинные развертки при работе направляются лучше ручных, поэтому длина их режущей части может быть меньшей, а угол в плане большим. При обработке чугуна φ = 4÷5°, а при обработке стали φ = 12 ÷ 15°. Для глухих отверстий как у ручных, так и у машинных разверток φ = 45 ÷ 60°.

*Передний угол γ* разверток обычно принимается равным нулю, поскольку развертка работает в зоне малых толщин срезаемого слоя, характер протекания процесса резания зависит главным образом не от переднего угла, а от радиуса закругления режущей кромки. На черновых развертках и при обработке вязких материалов передний угол равен 5—10°.

*Задний угол α* назначают 6-15$^{o}$. Причем большие величины α принимают для разверток малых размеров. Для чистовых разверток угол α выбирается меньше, чем для черновых. Задний угол на калибрующей части = 0$^{o}$, где обязательно цилиндрическая ленточка f, шириной 0.1- 0.3 мм. При обработке вязких металлов во избежание налипания частиц металла ширина ленточки уменьшается до 0,05— 0,10 мм. Ленточка служит для направления развертки в отверстии, способствует калиброванию отверстия и облегчает контроль развертки по диаметру.

Для чистовых разверток и при резании хрупких металлов ω = 0$^{0}$, для черновых ω = 8$^{o}$, у котельных разверток ω = 12-15$^{o}$, у разверток с пластинками из твердых сплавов ω = 0-5$^{o}$.

Таблица 7.1- Зависимость угла в плане φ от вида обработки

| Вид обработки и обрабатываемый материал | Угол φ, град. |
|---|---|
| Ручные развертки | 1…1,5 |
| Машинные развертки для вязких металлов | 12…15 |
| хрупких и твердых металлов | 3…5 |
| Котельные развертки | 1,5…3 |
| Для глухих отверстий ручные развертки | 45 |
| машинные развертки | 60 |
| Развертки с пластинками из твердых сплавов | 30…45 |

7.2.3 Характер износа разверток

В процессе резания развертки изнашиваются по задней поверхности - в месте сопряжения режущей части зуба с калибрующей, а также по ленточкам (рисунок 7.3). По передней поверхности развертка не изнашивается, так как она срезает тонкую стружку, толщина которой приближенно равна радиусу округления режущей кромки (0,03- 0,04 мм) и давление стружки происходит вблизи режущей кромки. За критерий притупления принимается ширина износа по задней поверхности μ.

Допускаемый износ разверток из быстрорежущей стали по задней поверхности зуба у его вершины равен 0.3- 0.8 мм, у твердосплавных – 0.1- 0.3 мм.

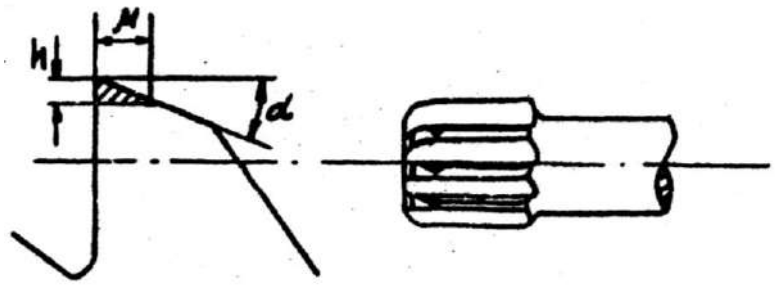



Рисунок 7.3 – Износ у разверток

7.2.4 Заточка разверток

Заточка разверток производится на заточных станках мод.ВЗ-318 и др. Развертка при заточке устанавливается либо непосредственно в центрах центровочных бабок станка, либо, в случае заточки насадных разверток, закрепляется на оправке, которая затем укрепляется в центрах.

7.2.4.1 Заточка по задней поверхности

Заточка разверток по задней поверхности производится с непосредственной установкой заднего угла путем поворота шлифовального круга в вертикальной плоскости и с помощью упорки.

Установка упорки производится по схеме (рисунок 7.4).

Величину Н опускания упорки в зависимости от диаметра инструмента и заднего угла определяют по таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Величина опускания упорки в зависимости от диаметра инструмента и заднего угла

| Диаметр, мм | Высота установки Н (мм) при задних углах | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $3^{o}$ | $4^{o}$ | $5^{0}$ | $6^{0}$ | $7^{0}$ |
| 6 | 0,16 | 0,21 | 0,28 | 0,31 | 0,37 |
| 8 | 0,21 | 0,23 | 0,35 | 0,42 | 0,49 |
| 10 | 0,26 | 0,35 | 0,44 | 0,52 | 0,61 |

Продолжение таблицы 7.2

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 0,31 | 0,42 | 0,52 | 0,63 | 0,73 |
| 14 | 0,37 | 0,49 | 0,61 | 0,73 | 0,85 |
| 16 | 0,42 | 0,56 | 0,70 | 0,84 | 0,98 |
| 18 | 0,47 | 0,63 | 0,78 | 0,94 | 1,10 |
| 20 | 0,52 | 0,70 | 0,87 | 1,05 | 1,22 |
| 22 | 0,58 | 0,77 | 0,96 | 1,15 | 1,34 |
| 25 | 0,65 | 0,87 | 1,06 | 1,31 | 1,52 |
| 28 | 0,73 | 0,98 | 1,22 | 1,48 | 1,71 |
| 30 | 0,78 | 1,05 | 1,31 | 1,57 | 1,83 |
| 35 | 0,92 | 1,22 | 1,58 | 1,83 | 2,13 |
| 40 | 1,05 | 1,40 | 1,74 | 2,02 | 2,44 |
| 45 | 1,18 | 1,57 | 1,96 | 2,35 | 2,73 |
| 50 | 1,31 | 1,75 | 2,10 | 2,61 | 3,05 |
| 55 | 1,44 | 1,92 | 2,23 | 2,87 | 3,35 |
| 60 | 1,57 | 2,09 | 2,62 | 3,14 | 3,66 |
| 65 | 1,70 | 2,27 | 2,83 | 3,40 | 3,96 |
| 70 | 1,83 | 2,44 | 3,05 | 3,66 | 4,27 |
| 75 | 1,96 | 2,62 | 3,27 | 3,92 | 4,57 |
| 80 | 2,00 | 2,79 | 3,49 | 4,18 | 4,88 |
| 85 | 2,22 | 3,07 | 3,71 | 4,44 | 5,18 |
| 90 | 2,35 | 3,14 | 3,92 | 4,70 | 5,49 |
| 95 | 2,48 | 3,32 | 4,14 | 4,96 | 5,79 |
| 100 | 2,62 | 3,49 | 4,36 | 5,23 | 6,10 |

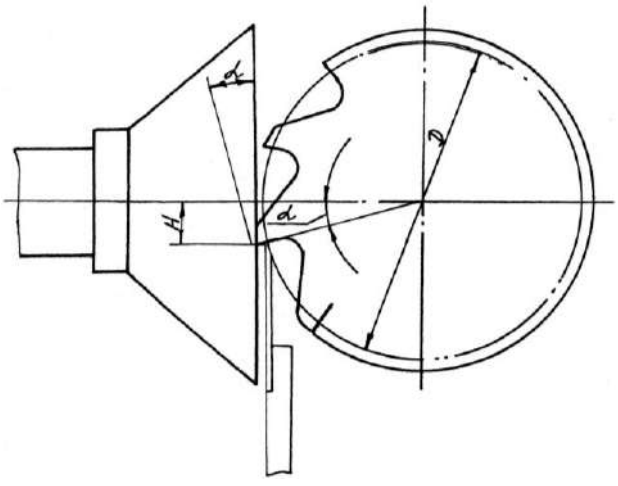



Рисунок 7.4- Установка при заточке разверток по задней поверхности

Расчет по таблице, произведен по приблизительной зависимости:

$$H=\frac{D}{2}\sin\alpha, \qquad (7.1)$$

где H – величина опускания упорки;
D – диаметр развертки;
$\alpha$ – величина заднего угла.

При заточке инструмента упорка устанавливается на столе станка. Опускать упорку можно пользуясь её микрометрическим винтом путем вращения. Один оборот соответствует вертикальному перемещению упорки на 1 мм, а поворот на одно деление лимба - перемещению на 0,05 мм.

Кроме установки развертки в необходимое положение при заточке упорка служит для деления на наружный шаг зубьев. При заточке после каждого двойного хода стола рабочая часть развертки выводится из зоны абразивного круга, затем развертка поворачивается до соприкосновения с упоркой последующего зуба. Заточка задней поверхности зубьев производится до снятия всего затупившегося слоя. Величина снятия за одну переточку «*a*» определяется в зависимости от величины износа μ на задней поверхности и заданного значения заднего угла (рисунок 7.5) по формуле:

$$a = \mu \cdot \sin \alpha + (0{,}05 \ldots 0{,}1) \text{ мм}, \qquad (7.2)$$

где 0,05…0,1 мм – дополнительные величины для гарантии удаления всего изношенного слоя.

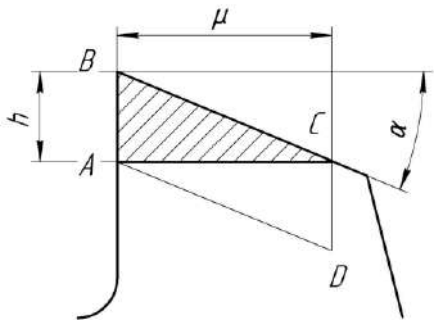



Рисунок 7.5- Определение величины стачивания

Число двойных ходов стола для снятия изношенного слоя определяется по формуле:

$$i = a/l, \qquad (7.3)$$

где $l$ – величина слоя снимаемого за один двойной ход.

При заточке развертки из инструментальных сталей $l$ = 0,04…0,02 мм, для твердосплавных $l$ = 0,02…0,05 мм.

Количество допустимых переточек зависит от угла φ, толщины слоя, снимаемого за одну переточку $a$ и допустимой величины стачивания на калибрующей части $l_{доп}$ (рисунок 7.6).

$$n=\frac{l_{доп}}{l_{ст}}, \qquad (7.4)$$

где $l_{доп}$ – величина допустимого стачивания.

$$l_{доп} = \frac{2}{3}l'_к, \qquad (7.5)$$

где $l'_к$ - $0,5l_к$;

$l_к$ – длина калибрующей части.

Коэффициент 0,5 учитывает обратную конусность, начинающуюся с середины калибрующей части.

$$l_{ст}=a / \sin\varphi , \qquad (7.6)$$

где $l_{ст}$ – длина стачивания за одну переточку.

Обычно развертки выдерживают 3…5 переточек, т. к. после этого из-за износа ленточки по калибрующей части они перестают обеспечивать нормальное качество работы. Заточка зубьев развертки по задней поверхности на калибрующей части производится с оставлением цилиндрической ленточки.

Размеры ленточки даны в таблице 7.3.

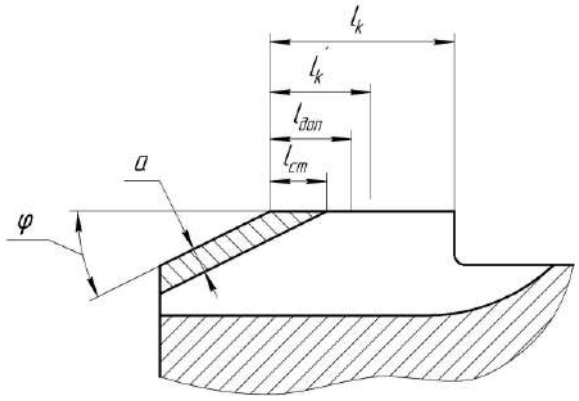



Рисунок 7.6 - Определение количества допустимых переточек

Таблица 7.3 – Размеры ленточки по задней поверхности калибрующей части

| Диаметр развертки, мм | 6-10 | 10-24 | 24-40 | 40-50 |
|---|---|---|---|---|
| Ширина ленточки, мм | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,35 |

Установка развертки при заточке задней поверхности на калибрующей части такая же, что при заточке на режущей части. Разворот стола станка не производят: он должен быть установлен в нулевое положение.

7.2.4.2 Заточка по передней поверхности

Заточка зубьев по передней поверхности производится для получения заданного значения переднего угла, необходимой шероховатости и удаления «завалов», происходящих в центре износа.

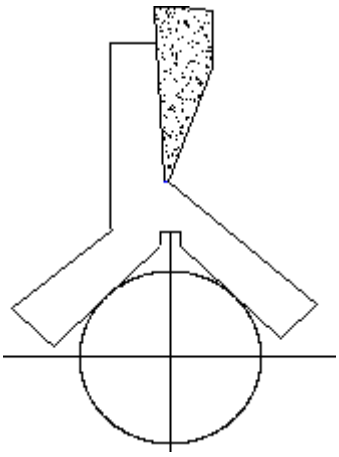


Рисунок 7.7 -Установка абразивного круга при заточке по передней поверхности

Заточка разверток с прямым зубом по передней поверхности производится торцом тарельчатого или чашечного круга. При $\gamma = 0$ установка круга в необходимое положение по отношению к затачиваемой развертке производится с помощью шаблона- центроискателя. Развертка устанавливается в центрах бабки станка, центроискатель ставят на шейку развертки и по ребру шаблона, проходящему через ось развертки, устанавливают торец абразивного круга (рисунок 7.7). При $\gamma>0$ после установки круга по центроискателю, производят смещения стола станка на величину h.

$$h = \frac{D}{2}\sin\gamma, \qquad (7.7)$$

Заточка передней поверхности зубьев производится не менее чем на 2/3 глубины стружечной канавки. Во время заточки передней поверхности зубьев развертку прижимают рукой к торцу круга. После каждого двойного хода круг выводят из стружечной канавки и производят деление на следующий зуб. Для уменьшения поверхности контакта затачиваемого зуба с торцом круга ось шпиндельной головки станка разворачивают по отношению к затачиваемому зубу на угол ε. Заточку передней поверхности винтовых зубьев производят конической поверхностью тарельчатого круга фор-

мой 1Т. Шпиндельную головку станка при этом поворачивают на угол наклона винтовых зубьев.

7.2.5 Выбор абразивных кругов

Для заточки и доводки разверток применяют круги диаметром 100... 150 мм. Для заточки разверток из инструментальных сталей рекомендуется применять круги 5-7 структуры; для оснащенных твердым сплавом 8-10 структуры. Выбор формы и характеристики кругов для обработки разверток из инструментальных сталей производится по таблице 7.4; для разверток, оснащенных твердым сплавом по таблице 7.5.

Таблица 7.4 - Выбор абразивных кругов для заточки быстрорежущих разверток

| Обрабатываемая поверхность | Форма круга | Материал | Зернистость | Твердость | Связка |
|---|---|---|---|---|---|
| Заточка задней поверхности | ЧК ЧЦ | 23А, 24А6, 43А, 45А,91А | 40-25 | СМ2-СМ1 | К |
| | ЧЦ | ЛО, ЛП | 20-10 | СМ2-М3 | К |
| Заточка передней поверхности | 1Т, 2Т | 23А, 24А 43А, 45А, 91А | 40-25 | СМ2-СМ1 | |
| | ЧК | ЛО, ЛП | 20-10 | СМ2-М3 | К |

Таблица 7.5 - Выбор абразивных кругов для заточки разверток, оснащенных твердым сплавом

| Обрабатываемая поверхность | Форма круга | Материал | Зернистость | Твердость | Концентрация | Связка |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Заточка задней поверхности | ЧК, ЧЦ | 63С | 40-25 | СМ1-М2 | - | К |
| | АЧК | АСП АСО | 16-10 | - | 150 | М, Б |
| Заточка передней поверхности | 1Т, 2Т ЧК | 63С | 40-25 | СМ1-М2 | - | К |
| Доводка задней поверхности | А1Т, АЧК | АСП АСО | 16-10 | - | 150 | М, Б |
| Доводка передней поверхности | А1Т, АЧК, А3Г | АСО | 10-4 | - | 50-100 | Б |

7.2.6 Режимы резания при заточке и доводке

Выбор режимов резания при заточке и доводке должен производиться из следующих соображений:

а) отсутствие на обработанной поверхности прижогов, трещин, микротрещин и др. дефектов;

б) из условия максимальной скорости, допустимой механической прочностью абразивного круга;

в) обеспечение необходимой шероховатости обработанных поверхностей и качества режущих лезвий.

Режимы резания при заточке и доводке разверток приведены в таблицах 7.6 и 7.7.

Таблица 7.6 - Режимы резания при заточке и доводке разверток из инструментальных сталей

| Характеристика круга | Операция обработки | Режимы заточки и доводки | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Скорость круга, м/с | Продольная подача, м/с | Поперечная подача, мм/дв. ход |
| 24А, 15А6, 43А, 91А Связка керамическая | Заточка<br>Доводка | 18...30 | 3...6<br>1...1,5 | 0,03-0,05 0,005-0,01 |
| ЛО, ЛП Связка керамическая | Заточка<br>Доводка | 35...40 | 1...2 | 0,03-0,08 0,01-0,03 |
| ЛО, ЛП Связка органическая | Доводка | 20...30 | 0,5...1,5 | 0,01-0,03 |

Таблица 7.7 – Режимы резания при заточке и доводке разверток, оснащенных твердым сплавом

| Связка круга | Операция обработки | Режимы заточки и доводки | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Скорость круга, м/с | Продольная подача, м/с | Поперечная подача, мм/дв.ход |
| Органическая | Заточка по пластинке твердого сплава | 25...30 | 1...2 | 0,01-0,02 |
| Металлическая | | 15...20 | 2...3 | 0,05-0,08 |
| Доводка органическая | Доводка по пластине твердого сплава | 25...30 | 0,5-1,5 | 0,005-0,01 |
| Керамическая | Заточка совместно с державкой | 25...40 | 1,5...2 | 0,03-0,05 |

7.2.7 Правка абразивных кругов

Правка абразивных кругов производится для устранения биения, придания кругу геометрической формы, требуемой условиями работы и для восстановления его режущей способности (удаления притупившихся зерен с наружного слоя рабочей части круга и снятия с поверхностей металлической пыли).

Правка кругов из электрокорунда и карбида кремния зеленого производится алмазами в оправе, алмазными карандашами или их заменителями. Алмазы в оправе и алмазные карандаши закрепляются в специальных приспособлениях.

Для правки карандашей вручную в виде алмазозаменителей применяют брусок или кусок круга из карбида кремния, зернистостью на 3-4 номера крупнее зернистости заправляемого круга.

Твердость правящего круга должна быть на 2-3 степени выше заправляемого круга.

Для правки кругов на металлической связке применяют круги или бруски из карбида кремния, для правки кругов на органической связке применяют бруски или круги из карбида кремния или круги из карбида кремния или электрокорунда.

7.2.8 Контроль разверток после заточки и доводки

После заточки и доводки развертка должна удовлетворять следующим требованиям:

- Режущие кромки должны быть острыми и не иметь зазубрин, зацепов, завалов.

- Радиальное биение режущих зубьев не более 0,03 мм, калибрующих не более 0,01-0,02 мм.

Отклонение величин передних и задних углов и углов режущей части от заданных значений.

- Шероховатость заточенных поверхностей в пределах 8 класса (0,6), доведенных в пределах 9-10 класса (0,32...0,16).

Контролю подлежат следующие параметры:

- угол заборной части в плане: $\varphi \quad \pm 1^{o}$
- длина режущей части: $l_1 \qquad \pm 0{,}2$ мм
- передний угол режущей части: $\gamma \ \pm 1^{o}$
- задний угол режущей части: $\alpha \quad \pm 1^{o}$
- биение режущих кромок: 0,01…0,02 мм

Контроль качества режущих кромок производится наружным осмотром. Радиальное биение контролируется индикатором при установке детали в центрах. Значение передних и задних углов проверяются прибором для контроля геометрических параметров режущей части многолезвиевого инструмента (угломер конструкции М.Н. Бобчиницера).

Главный угол в плане режущей части контролируется универсальным угломером или специальным шаблоном; шероховатость заточенных поверхностей - сличением с эталоном.

## 7.3 Материально – техническое обеспечение

Заточной станок ВЗ - 318, развертка, шлифовальный круг соответствующей характеристики, универсальная упорка, универсальный угломер, эталоны для определения шероховатости, угломер конструкции М.Н. Бобчиницера, индикатор.

## 7.4 Порядок выполнения работы

- Ознакомиться с теоретической частью работы;
- Ознакомиться с методами заточки развертки по передним и задним плоскостям зубьев;
- Произвести необходимые расчеты для заточки развертки по задней поверхности;
- Установить развертку для заточки по задней поверхности;
- Заточить развертку по задней поверхности;
- Оформить отчет.

## 7.5 Содержание отчета

- Название работы.
- Цель работы.
- Эскиз развертки с указанием конструктивных элементов и геометрических параметров;
- Расчет установочных размеров для заточки по задней поверхности;
- Схема установки развертки для заточки по задней и передней поверхности;
- Результаты замеров разверток после заточки.

## 7.6 Контрольные вопросы:

1 Основные конструктивные элементы развертки.
2 Какие поверхности развертки подвергаются заточке?
3 Установка развертки при заточке по задней поверхности.
4 Установка развертки при заточке по передней поверхности.
5 Что принимается за критерий износа у развертки?
6 Как определяется величина стачивания за одну переточку?
7 Определение количества допустимых переточек.
8 Выбор абразивного круга и режимов заточки.
9 Как осуществить контроль развертки после заточки?

## Список использованной литературы

1 ГОСТ 18868-81; ГОСТ 18876-73. Резцы токарные из быстрорежущей стали. Конструкции и размеры. – М.: Издательство стандартов, 1987.

2 ГОСТ 18377-81; ГОСТ 18885-73. Резцы токарные с пластинами из твердого сплава. – М.: Издательство стандартов, 1982.

3 Адаскин А.М., Колесов Н.В. Современный режущий инструмент– Л.: Машиностроение, 2011. – 846 с.

4 Режущий инструмент. Лабораторный практикум / Щегольков Н.Н., Сахаров Г.И. и другие. – М.: Машиностроение, 2005. – 168 с.

5 Вивденко Ю.Н., Резин С.А. Обработка резанием конструкционных материалов: Методические указания к лабораторным работам. - М.: Машиностроение, 2006.-256 с.

6 Баранчиков В.И. Обработка специальных материалов в машиностроении. - М.: Машиностроение, 2002. - 264 с.

7 Фельдштейн Е.Э. Металлорежущие инструменты: справочник конструктора. - М.: Машиностроение, 2009.

*Учебное издание*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ**
по дисциплине
**«ОСНОВЫ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ И РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ»**

для студентов специальности 5В071200
«Машиностроение»

Разработали:
Г.С. Жетесова,
Т.М. Бузауова,
В.Г. Боярский,
А.В. Жукова.

Редактор
Искакова Р.С.

Подписано к печати 22.07.2013 Формат 90х60/16

Объем 5,87 печ. л. Тираж экз. Заказ №

Издательство КарГТУ. Караганда, Бульвар Мира, 56