

Высшее профессиональное образование

БАКАЛАВРИАТ

ПРОЦЕССЫ И ОПЕРАЦИИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

УЧЕБНИК

Под редакцией д-ра техн. наук,
профессора Н. М. ЧЕМБОРИСОВА

Допущено

*Учебно-методическим объединением вузов
по образованию в области автоматизированного
машиностроения в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»*



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 621.7.073(075.8)
ББК 34.6я73
П845

Рецензенты:

зав. кафедрой «Технология производства двигателей»
Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева,
д-р техн. наук, проф. *А.Н.Лунев*;
директор технологического центра — главный технолог ОАО «КамАЗ»,
канд. техн. наук *Р.М.Хисамутдинов*

Процессы и операции формообразования : учебник для
П845 студ. учреждений высш. проф. образования/ [В.А.Гречишников, А.Г.Схиртладзе, Н.А.Чемборисов, Д.Н.Ларионов] ; под ред. Н.А.Чемборисова. — М. : Издательский центр «Академия», 2012. — 320 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-5728-6

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (квалификация «бакалавр»).

Изложены физические основы резания материалов. Рассмотрены современные инструментальные материалы, смазочно-охлаждающие технологические средства. Приведены конструкции наиболее распространенных инструментов общего назначения. Даны теоретические основы формирования систем автоматизированного проектирования режущего инструмента.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 621.7.073(075.8)
ББК 34.6я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом
без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-5728-6

© Гречишников В. А., Схиртладзе А. Г., Чемборисов Н. А.,
Ларионов Д. Н., 2012
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Машиностроительное производство предназначено для создания различных машин, необходимых для обеспечения жизнедеятельности человека.

Для изготовления деталей машин используют природные и искусственные материалы.

Машиностроительное производство включает в себя различные технологические производственные процессы, которые обобщенно можно классифицировать следующим образом:

- подготовка сырья для дальнейшей обработки (очистка, мойка, сушка, классификация по размеру и т. д.);
- формообразующая обработка для придания необходимых форм, поверхностей, их определенного расположения, обеспечение качества, точности и размеров поверхностей;
- сборка узлов и машин;
- предпродажная подготовка (окраска, полирование, упаковка).

Обработка резанием является одним из наиболее распространенных способов формообразования поверхностей деталей машин.

Сущность обработки резанием заключается в отделении (срезании) режущим инструментом (РИ) слоя материала в виде стружки. Слой материала, который подлежит последующему срезанию в виде стружки, называется *припуском*, а деталь, пока на ней есть припуск, — *заготовкой*. Заготовкой может быть как природный кусок материала, так и деталь, специально изготовленная методами литья,ковки, штамповки, волочения, прессования и др.

Несмотря на прогресс в области совершенствования обработки без снятия стружки, обработка резанием — основной завершающий технологический процесс (ТП) производства деталей машин. Это обусловлено рядом достоинств обработки резанием, среди которых можно выделить следующие:

- многообразие размеров и массы заготовок;
- практически любые формы поверхностей;
- высокая технологичность (практически любые материалы можно обрабатывать резанием, обработка резанием может быть затруднена в ряде случаев, но все же возможна);
- обеспечение высокой точности размеров и качества поверхности;
- высокая производительность и малые удельные (на единицу массы) затраты электроэнергии.

Применение в машинах конструкционных материалов с повышенными физико-механическими свойствами (высокопрочных, жаростойких, химически стойких), а также повышение требования к точности размеров и качеству поверхностей деталей машин обуславливают необходимость совершенствования и создания новых методов обработки резанием, что возможно на базе грамотного применения теоретических научных основ обработки материалов резанием.

Обработка резанием известна уже более 3 000 лет, однако научное изучение процесса резания началось только в середине XIX в.

Условно развитие науки о резании можно подразделить на следующие этапы.

1848—1896 гг. — этап становления науки о резании (накопление опытных данных).

Первые попытки систематизации изучения процесса резания предприняты в 1848 г., когда были исследованы энергетические затраты при сверлении отверстий в некоторых материалах. В 1868—1869 гг. русский ученый И. А. Тиме впервые рассмотрел процесс деформации металла при срезании стружки, провел многочисленные опыты. В 1870 г. И. А. Тиме опубликовал книгу «Сопrotивление металлов и дерева резанию», а в 1877 г. — «Мемуар о строгании металлов». И. А. Тиме является основоположником науки о резании металлов, он впервые указал на то, что научное обоснование процесса резания невозможно без установления физических основ резания и, в частности, процесса превращения срезанного слоя в стружку. Также И. А. Тиме впервые указал на сдвиговый характер деформации срезанного слоя и на изменение длины стружки по сравнению с длиной срезанного слоя, провел измерения сил резания с помощью динамометров, определил скорость резания, дал классификацию стружек.

Русский ученый К. А. Зворыкин в 1893 г. провел анализ сил и напряжений, действовавших в зоне резания, и развил модель процесса деформации с одной плоскостью сдвига, предложенную И. А. Тиме.

Русский ученый А. А. Брикс предложил свою модель деформации в виде семейства плоскостей деформации и терминологию для обозначения геометрических параметров РИ.

1896—1940 гг. — этап, обусловленный открытием в 1896 г. состава так называемой быстрорежущей стали (БРС), так как РИ до этого изготавливались из углеродистой и легированной сталей.

На этом этапе развития науки о резании активные исследования проводили американский ученый Ф. Тейлор, а также отечественные ученые А. Г. Усачев, А. Ч. Челюсткин, С. С. Рудник, А. М. Розенберг, Т. И. Тихонов и др.

В 1935 г. была создана комиссия по резанию металлов под председательством Е. П. Надеинской. К работе комиссии были привле-

чены более 30 высших учебных заведений, большое число заводских лабораторий, и в результате были созданы общемашиностроительные нормативы режимов резания. Накопленный материал послужил основой для дальнейшего развития теории резания.

1940—1970 гг. — этап, связанный как с накоплением большого экспериментального материала, который нуждался в научной обработке, так и с освоением в металлообработке спеченных твердых сплавов (ТС), которые позволили поднять скорости резания в 4—5 раз по сравнению с БРС. Такое резкое увеличение скорости резания потребовало нового подхода к изучению тепловых явлений, процессов изнашивания и выбора оптимальных режимов резания. На этом этапе появились фундаментальные научные труды отечественных и зарубежных ученых. К исследованию резания подключились ученые-физики.

Большой вклад в создание научных основ процесса резания внесли зарубежные ученые Г. Эрнст, М. Кроненберг, М. Мерчант и другие, а также отечественные ученые В. А. Кривоухов, Г. И. Грановский, А. М. Розенберг, И. Н. Третьяков, А. Н. Еремин, М. И. Клушин, А. И. Исаев, Т. Н. Лоладзе, В. Ф. Бобров, М. Ф. Полетика, Н. Н. Зорев, Г. Л. Куфарев и многие другие. Особо следует отметить выпуск в 1967 г. монографии «Развитие науки о резании металлов», выпущенной коллективом ведущих отечественных ученых в области резания. На этом этапе созданы научные основы теории обработки материалов резанием.

С 1970 г. по настоящее время — этап бурного применения сменных многогранных пластин (СМП) и появления новых марок спеченных ТС, в частности сплавов с износостойкими покрытиями в виде карбидов, нитридов тугоплавких металлов и других более сложных композиций. Совершенствуются высокоскоростные методы механической обработки, что требует дальнейшего развития научных основ процесса резания.

Глава 1

ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТОЧЕНИЕМ И СТРОГАНИЕМ

1.1. Основные элементы резца

Резцы имеют разнообразные формы рабочей части, однако расположение основных поверхностей резцов, режущих кромок (РК) и назначение отдельных углов между поверхностями являются общими для многих типов резцов.

Резец так же, как и РИ всех других видов, состоит из двух частей: **рабочей**, производящей работу резания, и **крепежной**, служащей для закрепления резца в резцедержателе станка (рис. 1.1).

На рабочей части различают следующие элементы: переднюю поверхность; задние поверхности; РК; вершину.

Передней поверхностью называется поверхность резца, по которой сходит срезаемая стружка.

Задними поверхностями резца называются его поверхности, обращенные к заготовке.

Режущие кромки образуются пересечением передней и задних поверхностей и разделяются на *главную*, выполняющую главную работу резания, и *вспомогательную*. Некоторые резцы, как, например, отрезные и долбежные, имеют две вспомогательные РК (рис.

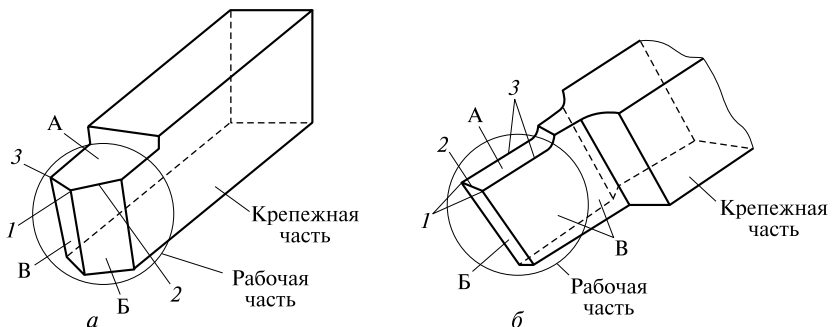


Рис. 1.1. Элементы рабочей части проходного (а) и отрезного (б) резца:

1 — вершина резца; 2 — главная режущая кромка; 3 — вспомогательная режущая кромка; А — передняя поверхность; Б — главная задняя поверхность; В — вспомогательная задняя поверхность

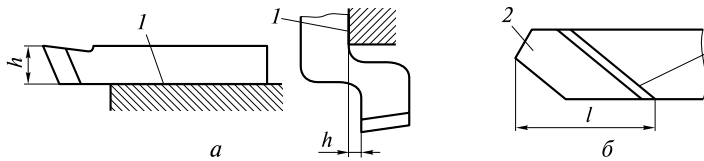


Рис. 1.2. Положение режущей части резца относительно опорной поверхности (а) и поверхность заточки токарного резца (б):

1 — опорная поверхность; 2 — поверхность заточки; 3 — линия выхода поверхности заточки

1.1, б). Задняя поверхность, примыкающая к главной РК, называется *главной задней поверхностью*, примыкающая к вспомогательной РК — *вспомогательной задней поверхностью*. Отрезные и долбежные резцы в отличие от резцов проходных имеют по две вспомогательные задние поверхности.

Вершиной резца называется место пересечения главной и вспомогательной РК. У проходного токарного резца вершиной является участок лезвия в месте пересечения главной и вспомогательной РК (рис. 1.1, а). Вершина резца может быть в плане острой или закругленной. Отрезные и долбежные резцы (рис. 1.1, б) имеют две вершины. Форма лезвия резца определяется конфигурацией и расположением его поверхностей и РК. Форму лезвия, т.е. взаимное расположение передней и задних поверхностей и РК в пространстве, определяют углы резца.

Высотой головки резца h (рис. 1.2, а) называется расстояние от вершины резца до его опорной поверхности 1, измеренное перпендикулярно к ней.

Длиной головки резца l (рис. 1.2, б) называется наибольшее расстояние от вершины резца до линии 3 выхода поверхности заточки, измеренное параллельно боковой стороне тела резца.

1.2. Исходные плоскости для определения углов резца

На заготовке (рис. 1.3) при срезании с нее стружки резцом различают следующие поверхности: обрабатываемую; обработанную; поверхность резания.

Обрабатываемой поверхностью называется та поверхность заготовки, которая будет удалена в результате обработки.

Обработанной поверхностью называется поверхность детали, полученная после срезания стружки.

Поверхностью резания называется поверхность, образуемая на заготовке непосредственно главной РК резца. Поверхность резания

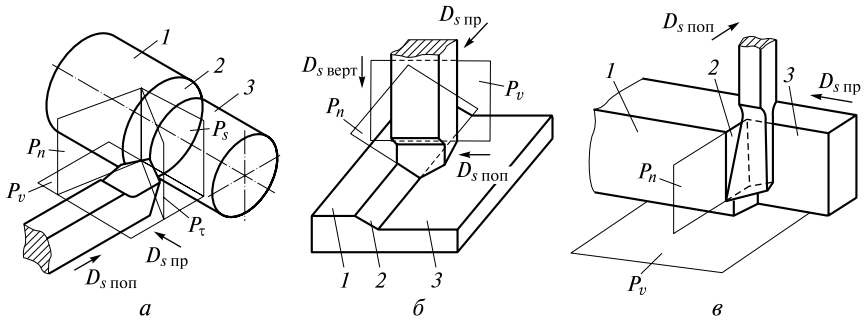


Рис. 1.3. Исходные плоскости для определения углов реза при обработке резами:

a — токарным; *б* — строгальным; *в* — долбежным; 1 — обрабатываемая поверхность; 2 — поверхность резания; 3 — обработанная поверхность; P_v — основная плоскость; P_n — плоскость резания; P_t — главная секущая плоскость; P_s — рабочая плоскость; $D_{s\text{ пр}}$ — движение продольной подачи; $D_{s\text{ попер}}$ — движение поперечной подачи; $D_{s\text{ верт}}$ — движение вертикальной подачи

является промежуточной, переходной между обрабатываемой и обработанной поверхностями. Для определения углов реза установлены исходные плоскости: основная плоскость и плоскость резания.

Для определения углов реза приняты четыре координатные плоскости: основная плоскость; плоскость резания; главная секущая плоскость; рабочая плоскость.

Основной плоскостью P_v называется плоскость, параллельная направлениям продольной и поперечной подач и перпендикулярная плоскости резания в рассматриваемой точке главной РК.

У токарных и строгальных резцов за основную плоскость может быть принята опорная поверхность реза. У долбежных резцов основная плоскость перпендикулярна опорной поверхности.

Плоскостью резания P_n называется плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную РК реза в рассматриваемой точке главной РК.

У резцов с фасонной или криволинейной РК плоскость резания заменяется линейчатой поверхностью, образованной движением вдоль РК прямой линии, касательной к поверхности резания.

У строгальных и долбежных резцов с прямолинейным движением плоскость резания совпадает с поверхностью резания.

Главная секущая плоскость P_t — координатная плоскость, перпендикулярная линии пересечения основной плоскости и плоскости резания.

Рабочая плоскость P_s — плоскость, в которой расположены направления скоростей движения резания и движения подачи.

1.3. Геометрия токарного резца

Геометрия РИ оказывает большое влияние на производительность процесса резания, поэтому геометрические параметры РИ являются важным фактором в выборе параметров режима резания.

Различают геометрию РИ в статике и в процессе резания. В первом случае РИ рассматривается как геометрическое тело, находящееся в неподвижном состоянии; во втором случае геометрия РИ рассматривается с учетом траектории относительного движения главного лезвия и фактического его расположения относительно заготовки.

Углы, соответствующие статическому положению РИ, называются *углами в статике* или *углами заточки*.

Углы, соответствующие положению РИ в процессе резания, называются *кинематическими углами*. Между статическими и кинематическими углами существует математическая зависимость.

Кинематические углы характеризуют режим работы РИ и определяют его режущие способности. Режим работы РИ влияет на его износ, качество обработанной поверхности и усилия, возникающие в процессе резания. Непосредственное измерение кинематических углов на РИ невозможно. Кроме того, они при одной и той же геометрии РИ могут изменяться в зависимости от условий работы.

Статические углы не определяют режима работы РИ, но знание их необходимо для изготовления и контроля его геометрической формы. Следует стремиться к тому, чтобы геометрические параметры РИ в процессе резания незначительно отличались от статических параметров. В этом случае отпадает необходимость производить соответствующие пересчеты из одной системы в другую, и статические параметры будут с достаточной для практики точностью характеризовать условия резания.

Рассмотрим углы токарного резца прямоугольного сечения в статике. Тогда направление скорости главного движения резания принимается перпендикулярным конструкторской установочной базе резца.

Углы резца подразделяют на главные, вспомогательные и углы в плане (рис. 1.4, а, б).

В главной секущей плоскости P_r измеряют *главные углы резца*: передний угол γ ; главный задний угол α ; угол заострения β .

Передним углом γ называется угол между передней поверхностью резца и плоскостью, проведенной через главную РК перпендикулярно к плоскости резания. Передний угол может быть положительным или отрицательным. Основное назначение переднего угла — обеспечение процесса образования и схода стружки.

Главным задним углом α называется угол между главной задней поверхностью резца и плоскостью резания, основное назначение — обеспечение свободного рабочего движения РИ.

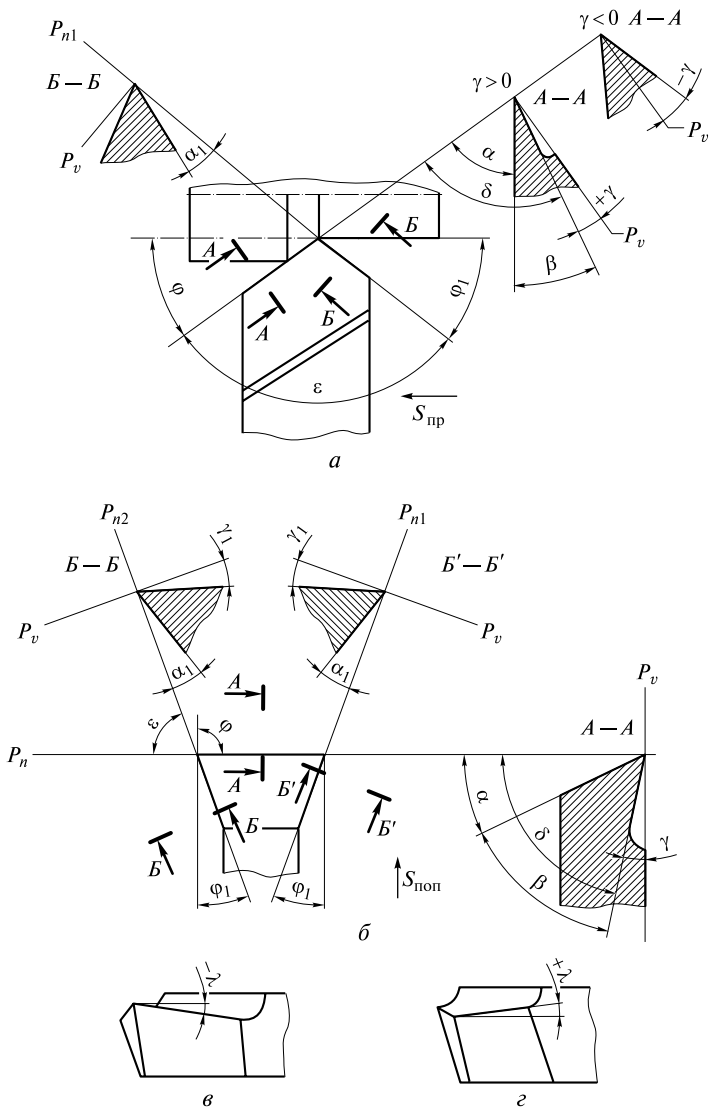


Рис. 1.4. Геометрия проходного резца (а), геометрия отрезного резца (б), углы наклона главной режущей кромки (в, з):

$S_{пр}$ — продольная подача; $S_{поп}$ — поперечная подача; P_{n1} , P_{n2} — вспомогательные плоскости резания

Углом заострения β называется угол между передней и главной задней поверхностями резца.

Между этими углами существует зависимость $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.

Вспомогательным задним углом α_1 называется угол между вспомогательной задней поверхностью резца и плоскостью, проходящей через вспомогательную РК перпендикулярно основной плоскости. Этот угол измеряется во вспомогательной секущей плоскости, перпендикулярной к проекции вспомогательной РК на основную плоскость.

В основной плоскости P_v измеряют **углы в плане**: главный угол в плане φ ; вспомогательный угол в плане φ_1 ; угол при вершине ε .

Главным углом в плане φ называется угол между проекцией главной РК на основную плоскость и направлением подачи резца.

Вспомогательным углом в плане φ_1 называется угол между проекцией вспомогательной РК на основную плоскость и направлением, противоположным направлению подачи резца.

Углом при вершине ε называется угол между проекциями главной и вспомогательной РК на основную плоскость. Сумма углов $\varphi + \varphi_1 + \varepsilon = 180^\circ$.

В плоскости резания измеряется **угол наклона главной РК** λ — угол между РК и основной плоскостью. Угол наклона главной РК считается положительным, когда вершина резца является самой низкой точкой РК, отрицательным, когда вершина является самой высокой точкой РК (рис. 1.4, *в*) и равным нулю, когда РК параллельна основной плоскости (рис. 1.4, *з*).

Углы режущей части резца оказывают большое влияние на процесс резания. Правильно назначив углы резца, можно значительно уменьшить интенсивность его изнашивания, силы, затрачиваемые на процесс резания, мощность станка. От углов зависят также качество обработанной поверхности и производительность обработки.

От главного заднего угла α зависит величина силы трения между задней поверхностью лезвия и поверхностью резания. Увеличение заднего угла снижает прочность лезвия, поэтому при выборе угла α необходимо учитывать свойства инструментального материала (ИМ), а также условия резания. При обработке вязких материалов применяют резцы с большими углами α . При обработке твердых и хрупких материалов, а также при большом сечении срезаемого слоя выбирают меньшие углы. Для различных условий токарной обработки угол α назначают в пределах $6 \dots 12^\circ$.

Передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания материалов. С увеличением переднего угла уменьшается работа, затрачиваемая на процесс резания, улучшаются условия схода стружки и повышается качество обработанной поверхности. Вместе с тем увеличение переднего угла приводит к снижению прочности режущего лезвия и увеличению его износа вследствие выкрашивания и менее интенсивного теплоотвода. Поэтому при обработке твердых и хрупких материалов применяют небольшие передние углы, а при обработке мягких и вязких материалов углы увеличивают. При обработке закаленных сталей РИ из ТС, а также при прерывистом ре-

зании для увеличения прочности лезвия назначают отрицательные углы γ . В зависимости от механических свойств обрабатываемого материала (ОМ) и ИМ и от формы передней поверхности углы γ назначают от -10 до $+20^\circ$.

Главный угол в плане ϕ существенно влияет на стойкость РИ и на шероховатость обработанной поверхности. С уменьшением угла ϕ уменьшается шероховатость обработанной поверхности. Одновременно с уменьшением угла ϕ увеличивается длина активной части главной РК (ширина срезаемого слоя) и уменьшается толщина срезаемого слоя, что приводит к снижению тепловой и силовой нагрузки на резец и, следовательно, к уменьшению износа РИ. Однако при малых значениях угла ϕ резко возрастает составляющая силы резания, перпендикулярная оси заготовки, что приводит к ее прогибу. Возможно возникновение вибраций, в результате чего ухудшается качество обработанной поверхности и увеличивается износ РИ. Угол ϕ назначают в пределах $30 \dots 90^\circ$ в зависимости от вида обработки, типа резца, жесткости заготовки и РИ. При обработке заготовок малой жесткости угол ϕ берут близким или равным 90° .

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 служит для уменьшения трения вспомогательной задней поверхности об обработанную поверхность. С уменьшением угла ϕ_1 уменьшается шероховатость обработанной поверхности, увеличивается прочность вершины лезвия и снижается износ резца. Для проходных резцов, обрабатывающих жесткие заготовки без врезания, $\phi_1 = 5 \dots 10^\circ$; при обработке заготовки малой жесткости и работе с врезанием $\phi_1 = 30 \dots 45^\circ$.

Угол наклона главной РК λ определяет направление схода стружки. При $\lambda = 0$ стружка сходит в направлении главной секущей плоскости перпендикулярно главной РК. При положительном λ стружка сходит к обработанной поверхности под положительным углом ν к главной секущей плоскости P_r . При отрицательном λ стружка сходит к обрабатываемой поверхности под отрицательным углом ν к главной секущей плоскости.

Угол схода стружки ν — это угол в плоскости, касательной к передней поверхности лезвия, между направлением схода стружки и следом главной секущей плоскости.

Положительный угол λ служит также для упрочнения РК, так как в момент врезания резца ударная сила приходится не на вершину лезвия, а на более прочное место РК, удаленное от вершины. При чистовой обработке принимать угол λ положительным не рекомендуется, так как стружка может наматываться на заготовку и царапать обработанную поверхность. Поэтому при чистовой обработке угол λ отрицательный (до -5°); при черновой обработке, когда нагрузка на резец большая и качество обработанной поверхности не имеет особого значения, угол λ положительный (до $+5^\circ$).

Значения углов α и γ изменяются в процессе резания при установке вершины лезвия выше или ниже оси вращения заготовки

(линии центров), а значения углов в плане φ и φ_1 изменяются в зависимости от расположения оси резца относительно оси заготовки. Так, при наружном обтачивании установка вершины лезвия резца выше оси вращения заготовки ведет к увеличению переднего угла γ и уменьшению заднего угла α ; при установке вершины лезвия ниже центров, наоборот, угол γ уменьшается, а угол α возрастает (рис. 1.5, *a—в*).

При работе расточными резцами установка вершины лезвия выше или ниже линии центров приводит к обратным по сравнению с наружным обтачиванием изменениям углов α и γ .

На рис. 1.5, *з, д* показано изменение углов в плане φ и φ_1 в зависимости от положения оси резца относительно линии центров станка. Из рис. 1.5 видно, что при отклонении от перпендикулярности между осью резца и линией центров углы в плане будут отличаться от расчетных: один из них увеличится, а другой уменьшится.

Таким образом, установка резца на станке должна соответствовать расчетным значениям его углов. Изменения в установке резца учитывают при заточке.

В процессе резания передний γ и задний α углы РИ изменяются. Изменение углов вызвано изменением положения координатных плоскостей. Углы в этом случае будут измеряться в кинематической

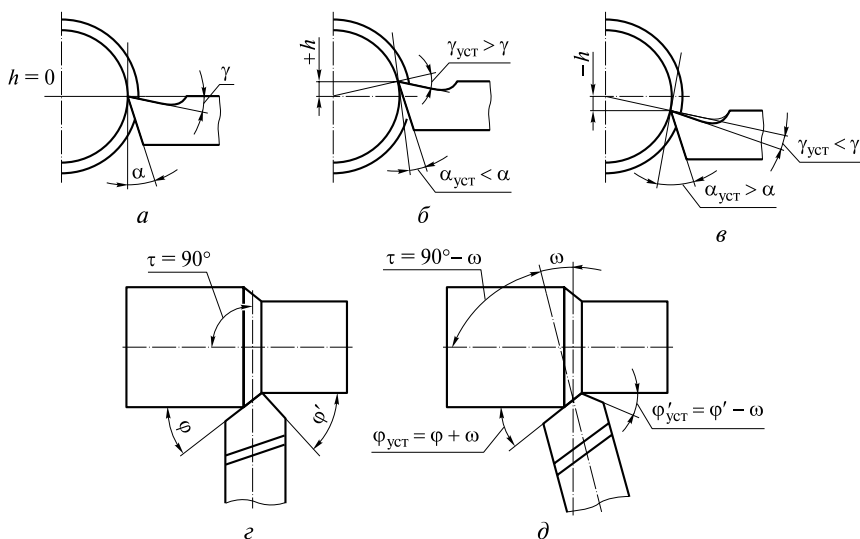


Рис. 1.5. Изменение углов при установке токарного проходного резца по высоте оси заготовки (*a*), выше оси заготовки (*б*), ниже оси заготовки (*в*), *з* — углы в плане при перпендикулярности оси резца линии центров; *д* — изменение угла в плане при отклонении от перпендикулярности между осью резца и линией центров

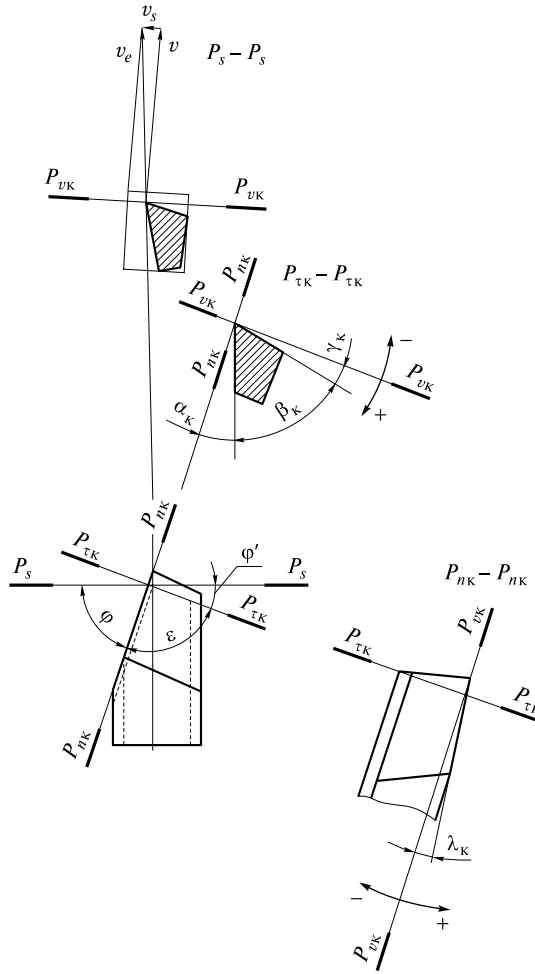


Рис. 1.6. Кинематические углы реза:

v — скорость; v_s — скорость движения подачи; $P_{vк}$ — кинематическая плоскость резания; $P_{нк}$ — кинематическая основная плоскость; P_s — рабочая плоскость; λ_k — угол наклона главной режущей кромки в кинематике

системе координат, ориентированной относительно направления скорости результирующего движения резания v_e . Основная плоскость P_0 для токарного проходного реза в процессе резания будет перпендикулярна направлению вектора результирующей скорости v_e . Изменится и положение плоскости резания P_n (рис. 1.6).

Вследствие этого задний угол α уменьшится, а передний угол γ увеличится. У проходного упорного реза эти углы изменятся на величину, равную углу μ : $\alpha_k = \alpha - \mu$; $\gamma_k = \gamma + \mu$, где α_k и γ_k соответствен-

но кинематические задний и передний углы. Угол μ можно определить из прямоугольного треугольника:

$$\mu = \text{arctg}(v_s/v).$$

Если направление подачи S не совпадает с главной секущей плоскостью ($\varphi \neq 90^\circ$), то в этой плоскости определяется угол μ_φ :

$$\mu_\varphi = \text{arctg}(\text{tg} \mu \sin \varphi) = v_s \sin \varphi / v, \text{ т. е. } \mu_\varphi = \text{arctg}(v_s \sin \varphi / v).$$

Следовательно, кинематические углы

$$\alpha_k = \alpha - \mu_\varphi = \alpha - \text{arctg}(v_s \sin \varphi / v); \quad \gamma_k = \gamma + \mu_\varphi = \gamma + \text{arctg}(v_s \sin \varphi / v).$$

Для обычных условий обработки резцами изменения углов незначительны и ими можно пренебречь. Но при нарезании резьбы с большим шагом (резание с большой подачей) с этими изменениями приходится считаться. Поэтому у резьбового резца задний угол со стороны направления движения подачи увеличивают на $3 \dots 5^\circ$.

1.4. Элементы режима резания и геометрические параметры срезаемого слоя

Для изготовления деталей резцами необходимы два движения: *движение резания* и *движение подачи*.

При обработке на токарном станке движением резания является вращение заготовки, а движением подачи — перемещение резца. При строгании движением резания является возвратно-поступательное перемещение резца (или заготовки). Основными параметрами режима резания являются скорость, подача и глубина резания. Совокупность их значений принято называть **режимом резания**.

Скоростью резания v называется скорость перемещения главной РК резца относительно поверхности резания. Скорость резания измеряют в метрах в минуту при всех видах обработки резанием, кроме шлифования и полирования, где ее измеряют в метрах в секунду.

В зависимости от условий обработки величина скорости резания изменяется в значительных пределах. При работе на токарном станке скорость резания может колебаться в пределах от $5 \dots 10$ м/мин (при нарезании резьбы) и до $1\,000$ м/мин и более (при скоростном точении).

Если главное движение резания является вращательным, то зависимость между скоростью резания v , м/мин, частотой вращения заготовки и ее диаметром выражается следующей формулой:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} n, \text{ откуда } n = \frac{1000v}{\pi D},$$

где D — наибольший диаметр в миллиметрах заготовки (точение, диаметр до обработки для валов и диаметр после обработки для отверстий) или РИ (шлифование, фрезерование, сверление); n — частота вращения заготовки или РИ, мин^{-1} .

Если главное движение является возвратно-поступательным, например при строгании, то скорость резания определяют по формуле

$$v = \frac{n_{\text{дв.х}} l}{1000} (K + 1), \quad (1.2)$$

где $n_{\text{дв.х}}$ — число двойных ходов резца или заготовки в минуту; l — длина хода РИ или заготовки в направлении главного движения, мм; K — коэффициент, характеризующий отношение скоростей рабочего $v_{\text{р.х}}$ и вспомогательного $v_{\text{в.х}}$ ходов.

Величины $n_{\text{дв.х}}$ и K определяют по формулам

$$n_{\text{дв.х}} = \frac{1000v}{l \left(1 + \frac{v_{\text{р.х}}}{v_{\text{в.х}}} \right)}; \quad K = \frac{v_{\text{р.х}}}{v_{\text{в.х}}}.$$

Подача S — это отношение расстояния, пройденного рассматриваемой точкой РК или заготовки в направлении движения подачи, к соответствующему числу циклов или определенных долей циклов другого движения. Под циклом движения понимают полный оборот, ход или двойной ход РИ или заготовки.

При работе на токарном станке различают продольную подачу вдоль линии центров станка (например, при обтачивании заготовки поверху), поперечную — перпендикулярно линии центров (например, при разрезании пруткового металла отрезным резцом) и наклонную — под углом к линии центров. Кроме того, подача может быть непрерывной (например, для токарного станка) или периодической (например, для строгального станка).

Величина перемещения резца за 1 мин $S_{\text{мин}}$ называется минутной подачей и определяется по формуле

$$S_{\text{мин}} = S n,$$

где S — подача, мм/об; n — частота вращения заготовки, мин^{-1} .

Глубина резания t определяется как расстояние между обрабатываемой и обработанной поверхностями заготовки, измеренное перпендикулярно к последней. Глубину резания измеряют в миллиметрах.

При точении цилиндрической поверхности глубину резания t определяют как полуразность диаметров до и после обработки:

$$t = \frac{D-d}{2},$$

где D и d — соответственно диаметры заготовки и детали, мм.

Выбор параметров режима резания существенным образом влияет на величину машинного времени T_m .

Машинным временем называется время, затрачиваемое непосредственно на процесс резания.

При токарной обработке машинное время T_m , мин, определяют по формуле

$$T_m = \frac{li}{nS},$$

где l — путь, пройденный резцом в направлении подачи, мм; i — число проходов резца; n — частота вращения заготовки, мин^{-1} ; S — подача, мм/об.

Путь, пройденный резцом в направлении подачи (рис. 1.7):

$$l = l_0 + l_1 + l_2 + l_3,$$

где l_0 — размер обрабатываемой поверхности в направлении подачи, мм; l_1 — величина врезания резца, мм; l_2 — величина выхода (перебега) резца (обычно $l_2 = 0,5 \dots 5$ мм); l_3 — дополнительная длина на взятие пробных стружек, $l_3 = 3 \dots 10$ мм (на настроенных станках взятие пробных стружек не производится, поэтому на рис. 1.7 она не показана).

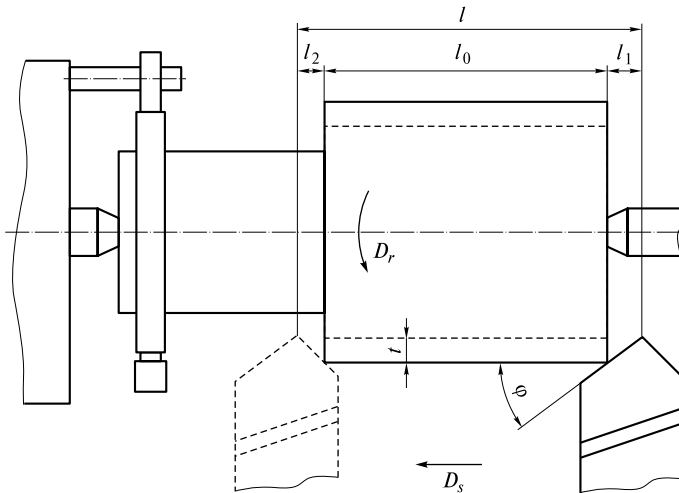


Рис. 1.7. Элементы пути, проходимого резцом

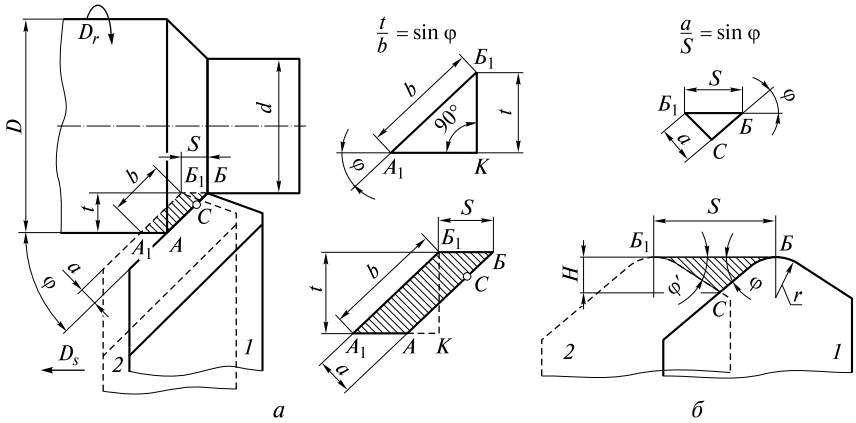


Рис. 1.8. Элементы режима резания при токарной обработке (а), остаточный гребешок при точении (б)

Из рис. 1.7 видно, что $l_1 = t \operatorname{ctg} \varphi$ при $\varphi = 45^\circ$, $l_1 = t$.

Число рабочих ходов i зависит от припуска на обработку. Если каждый рабочий ход совершается с одинаковой глубиной резания t , то

$$i = \frac{h}{t},$$

где h — припуск на обработку, мм.

На рис. 1.8 показано положение РК резца после перемещения его на расстояние, численно равное подаче S (начальное положение — 1, положение после перемещения — 2), заштрихованный участок представляет собой площадь срезаемого слоя.

Толщина срезаемого слоя (толщина среза) a — расстояние в миллиметрах между двумя последовательными положениями поверхности резания за один оборот заготовки, измеряемое перпендикулярно к ширине срезаемого слоя.

Ширина срезаемого слоя (ширина среза) b — расстояние в миллиметрах между обрабатываемой и обработанной поверхностями, измеренное по поверхности резания.

Параметры S и t называются *технологическими*. Параметры a и b называются *физическими*, так как они непосредственно влияют на физические показатели процесса резания (температуру, силы резания и т. д.). Между толщиной и шириной срезаемого слоя, глубиной резания и подачей существуют следующие соотношения:

$$a = S \sin \varphi; \quad b = \frac{t}{\sin \varphi}.$$

Формулы показывают, что с уменьшением главного угла в плане толщина срезаемого слоя уменьшается, а ширина его увеличивается.