

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кузбасский государственный технический университет»
имени Т. Ф. Горбачева

А. М. Романенко

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Рекомендовано учебно-методической комиссией направления
подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
в качестве электронного учебного пособия

Кемерово 2012

Рецензент:

Клепцов А. А. – председатель учебно-методической комиссии направления подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Романенко Андрей Михайлович: Режущий инструмент: учебное пособие [Электронный ресурс]: для студентов направления подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профилей 151901 «Технология машиностроения», 151902 «Металлообрабатывающие станки и комплексы» / А. М. Романенко. – Электрон. дан. – Кемерово: КузГТУ, 2012. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); зв.; цв.; 12 см. – Систем. требования: Pentium IV; ОЗУ 8 Мб; Windows 2003; (CD-ROM-дисковод); мышь. – Загл. с экрана.

Учебное пособие для студентов третьего курса направления подготовки 151900.62 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», профилей 151901 «Технология машиностроения», 151902 «Металлообрабатывающие станки и комплексы». Ясно и доступно изложен необходимый объем современных знаний о режущем инструменте: представлены классификация, назначение и основные конструкции инструментов. Электронное издание создано для самостоятельного изучения дисциплины, закрепления материала и подготовки к экзамену.

Содержание соответствует рабочей программе, отвечает требованиям государственных образовательных стандартов.

© КузГТУ

© А. М. Романенко

ИНСТРУМЕНТ КАК ОСНОВНОЙ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН МАШИН

Всякая развитая совокупность машин состоит из трех совокупных существующих вещей: машины – двигателя, передаточного механизма, машины – орудия. Обе первые существуют, для того чтобы привести в движение, благодаря чему целесообразно изменяется предмет труда”. К. Маркс.

В процессе обработки резанием заготовок на металлорежущих станках режущий инструмент является одним из основных факторов, определяющих производительность процесса, точность размеров и качество поверхности.

Наиболее распространенными являются следующие группы инструментов:

1. Резцы - наиболее простые режущие инструмента, применяемые в основном на токарных, строгальных, долбежных станках.

Наибольшее распространение получили токарные резцы:

- проходные прямые, отогнутые, упорные - для обтачивания наружных поверхностей тел вращения;
- отрезные - для проточки канавок;
- подрезные, для подрезки торцовых плоскостей;
- расточные - для растачивания сквозных и глухих отверстий;
- резьбовые - для нарезания наружных и внутренних резьб;
- фасонные или призматические - для обтачивания наружных фасонных (сложных) поверхностей.

2. Инструменты для обработки отверстий, применяемые на сверлильных, расточных, токарных станках:

- сверла для получения отверстий в сплошном материале, наиболее распространенные из которых спиральные сверла, имеющие две режущих кромки;
- зенкеры - для увеличения диаметра отверстия, имеющие 3-4 режущих кромки для обработки торцов, прилегающих к отверстиям - торцовые зенкера (цековки); зенковки - для обработки цилиндрических и конических углублений в отверстиях;

- развертки для окончательной (чистовой) обработки отверстий на станках. Машинные развертки или ручную слесарные развертки, имеющие, как правило, 6 или более режущих кромок;

- фрезы – инструмент для обработки плоскостей, пазов, уступов и фасонных (сложных) поверхностей, применяющихся на фрезерных станках, по назначению бывают:

- цилиндрические - для обработки горизонтальных поверхностей на горизонтально - фрезерных станках;

- торцовые применяются на горизонтально-фрезерных станках для обработки вертикальных плоскостей, на вертикально-фрезерных станках или обработки горизонтальных и наклонных плоскостей, на продольно-фрезерных станках - для обработки горизонтальных, вертикальных и наклонных плоскостей, на расточных станках - для обработки торцовых плоскостей, прилегающих к отверстиям;

- дисковые пазовые - для обработки пазов и уступов на горизонтально-фрезерных станках;

- угловые - для обработки наклонных поверхностей, скосов и пазов;

- дисковые отрезные (толщиной до 3...5 мм) - для отрезки заготовок и прорезки узких канавок;

- концевые (пальцевые) - для обработки канавок, пазов, уступов на вертикально-фрезерных, копировально-фрезерных и других станках;

- фасонные для обработки сложных (фасонных) поверхностей.

3. Инструменты для нарезания резьб, основными из которых являются:

- метчики - для нарезания резьб в отверстиях;

- плашки - для нарезания резьб на наружных поверхностях.

4. инструмента для нарезания зубчатых колес:

- модульные, дисковые и пальцевые фрезы - для нарезания зубьев на горизонтальных и вертикальных станках;

- модульные червячные фрезы - для нарезания зубьев на зубо-фрезерных станках;

- модульные долбяки - для нарезания зубьев на зубодолбежных станках;

- зубострогальные рейки и резцы - для нарезания зубьев на

зубострогальных станках,

5. Протяжки - высокопроизводительные многолезвийные инструменты

для обработки отверстий круглой и некруглой форм, шпоночных и шлицевых

пазов, уступов, плоскостей и фасонных поверхностей на протяжных станках.

Окончательная обработка поверхности протяжкой, как правило, осуществляется за один рабочий ход.

7. Абразивные, алмазные инструменты из сверхтвердых материалов применяются в основном для чистовых и отделочных работ на шлифовальных, хонинговальных и других станках:

- шлифовальные круги и диски;
- шлифовальные сегменты и бруски;
- шлифовальные ленты на бумаге или полотне. 5

Без высококачественного инструмента не возможно производство машин. Инструмент имеет революционное значение. Ранее инструмент изготавливали из углеродистой стали. Первые станки имели скорость вращения 325 об/мин. Создание легированных быстрорежущих привело к увеличению скорости вращения до 600 об/мин (1Д62), и к 1200 об/мин (1А62). Создание твердых сплавов, применение минералокерамики привело к увеличению скорости резания до 2000 – 3000 об/мин. строгальные.

РОССИЯ внесла существенный вклад в развитие науки по резанию. Научные исследования начались в середине XIX века. Первые эксперименты поставил профессор И. А. Тимэ. В своем основном труде «Сопrotивление металлов резанию», который вышел в 1870 г., Тимэ впервые рассмотрел процесс резания и процесс образования стружки. Он впервые дал классификацию видов стружки. В 1893 г. профессор Зворыкин в своей работе “Работа и усилие, необходимые для отделения механической стружки” впервые учел все силы, действующие в процессе работы инструмента, и дал определение для определения усилий. Зворыкин провел эксперимент по влиянию усилия среза. Большую роль в науке сыграли работы Прикса “Резание металлов” 1896 г., в которой впервые систематизированы материалы по изучению лезвийных инструментов и образованию ими стружки при обработке металлов. Качественно новый этап в изучении режущего

инструмента начинается с опубликования работы Усачева “Явления, происходящие при резании металлов”. Он первый разработал методы измерения температуры на лезвии инструмента. Некоторыми из них пользуются до сих пор.

У нас в стране производство инструментов развивается в двух направлениях:

- создание специализированных заводов, которые занимаются изготовлением инструмента и технологической оснасткой;
- создание инструментальных цехов на всех металлообрабатывающих предприятиях.

Специализированные инструментальные заводы занимаются изготовлением специализированного стандартного инструмента, а цеха изготавливают специальные инструменты

ТРЕБОВАНИЯ К РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ

Современное состояние машиностроения и металлообработки применяет к режущим инструментам очень жесткие требования:

1) инструмент должен быть износостойким и прочным. Отдельные инструменты должны обеспечивать определенный наперед заданный профиль детали. Конструкция режущих инструментов должна быть технологичной и экономичной. Качество инструмента, поставляемого заводами инструментальной промышленности и инструментальными цехами машиностроительных заводов обычно регламентируется государственными стандартами в виде технических условий на приемку инструмента. В технических условиях рассматриваются требования к инструментам как по отношению к его виду, так и размерам, допускам, материалу, твердости, испытанию в работе, клеймению и упаковке. Качество термообработки контролируется по твердости. Твердость инструмента зависит от рода инструментального материала. Для быстрорежущих сталей она должна быть в пределах 62...65 ед. независимо от типа инструмента. Для мелких инструментов из быстрорежущих сталей с целью повышения прочности она должна быть на 1...2 ед. ниже. Для инструментов из углеродистой и легированной стали твердость HRC 59...62. Хвостовики концевых инструментов, корпуса – HRC 30...40 ед. Инструменты

при приемке должны быть подвергнуты всестороннему осмотру. Они не должны иметь заусенцев, следов коррозии. Нешлифованные части должны быть чисто обработаны и предохранены от коррозии.

Для облегчения удаления стружки стружечные канавки должны быть чистыми и гладкими. У инструмента стружку, которая удаляется трудно, канавки должны полировать. Центральные отверстия у концевых отверстий должны быть тщательно обработаны. Для ответственного инструмента (развертки, протяжки) центровые отверстия должны быть доведены и должны обязательно иметь предохранительный конус. Он необходим во избежание прилипания стружки. Инструмент размагничивается либо в магнитном патроне, либо в специальной катушке. Шпоночные канавки должны быть тщательно обработаны, и иметь радиус закругления в уголках. Отсутствие закруглений в процессе термообработки – это острые углы, которые являются концентраторами напряжений. В этих местах появляются трещины. Все шлифованные поверхности не должны иметь черноты, ржавчины и т.д. Режущие кромки должны быть остро заточены, без завалов и зазубрин. Передние и задние поверхности должны быть чисто и гладко отшлифованы. С улучшением качества поверхности повышаются стойкость инструмента. Посадочные отверстия насадных инструментов должны быть точно изготовлены, и иметь высокое качество поверхности. Для поддержания производственной дисциплины техническими условиями установлены отклонения на габаритные размеры инструмента. Эти отклонения соответствуют отклонениям на свободные размеры. Каждый поставляемый инструмент должен быть снабжен хорошо видимыми знаками клеймения, соответствующие марке завода-изготовителя. Марки режущего материала и характеристики инструмента. Для ответственного инструмента: долбяки, резцовые головки для нарезания конических колес, протяжки указывается класс или степень точности, порядковый номер и год выпуска. Перед упаковкой инструмент тщательно очищают и покрывают составом, предохраняющим от коррозии. Инструмент заворачивают в бумагу и кладут в деревянный ящик. Инструменты повышенной точности: червяки, фрезы, долбяки, шеверы. Каждый упаковывается в отдельную коробку. На коробку наклеивается этикетка с указанием

данных о инструменте (модуль, число зубьев и т.д.). В коробку должен быть вложен паспорт с указанием результатов измерения отдельных элементов инструмента. Технические условия на инструмент регламентированы в общесоюзных стандартах, установлены на основании технических возможностей специализированных инструментальных заводов. В инструментальных цехах требования к инструменту могут быть повышены.

В зависимости от характера обработки и требований, предъявляемых к обрабатываемой заготовке, форма, точность и чистота могут иметь доминирующее значение. Например, при отделочных операциях: развертывание, протягивание, резбонарезание, зубообработка, заточка и доводка инструмента. В этих случаях приходится идти на снижение производительности или стойкости с целью максимального удовлетворения требований технических условий. При обдирочных операциях с этими требованиями не считаются. В этих условиях значение имеет производительность и стойкость инструмента. Проблеме производительности при проектировании инструмента необходимо уделять первостепенное внимание, т.к. от этого зависит себестоимость изготовленной продукции. Производительность и стойкость режущего инструмента определяется многими факторами. Основные из них:

- 1) вид режущего материала инструмента;
- 2) количество и длина режущих кромок, участвующих одновременно в процессе резания;
- 3) объем стружечных канавок;
- 4) конструкционные и геометрические элементы режущей части;
- 5) стружкозавивание и стружколомание;
- 6) охлаждение инструмента в процессе резания.

От этих факторов зависит выбор режима резания. Из этих факторов наибольшую роль играет материал режущей части инструмента. Повышение скорости резания при переходе от углеродистых сталей к быстрорежущим и от них к твердым сплавам характеризуется следующим соотношением (принимается скорость резания углеродистых сталей за 1): $1 : 4,5 : (16...25)$.

Никакой другой фактор не может конкурировать с материалом режущей части в деле повышения производительности труда.

Машинное время точения:

$$t_m = \frac{z}{S_m} \cdot \frac{n}{t} = \frac{\pi}{100} \cdot \frac{zD}{VS_z} \cdot \frac{h}{t},$$

где z – длина перехода;

S – подача мм/об;

n – число оборотов в мин.;

h – припуск на обработку;

t – глубина резания;

V – скорость резания;

D – диаметр;

S_z – подача на зуб

Для уменьшения машинного времени необходимо уменьшить длину прохода L , диаметр D , припуск на обработку h , либо увеличить S или S_z , число зубьев z , скорость резания V и глубину резания t путем деления на отдельные участки.

При всякой обработке резанием объем снятия предъявляется припуском. Надо стремиться к снятию припуска за 1 проход. Если это не возможно, то можно применить многорезцовую наладку хороших резцов, можно добиться путем разделения всего припуска на две или более части сплошного, отделенного зубьями одного и того же инструмента. Различные головки для обработки отверстий. После выбора глубины резания задача состоит в том, чтобы наиболее выгодно обработать, то есть осуществить снятие металла при условии обеспечения требований задания техническими условиями в отношении качества и стоимости обработки. Из трех факторов: глубина, подача, скорость, t оказывает наибольшее влияние на повышение производительности, поэтому необходимо в первую очередь установить глубину резания, затем подачу, а уже затем установить скорость резания. Чаще всего для повышения производительности используют скорость резания в связи с тем, что глубина резания и подача влияют на шероховатость поверхности.

Увеличение длины активной части режущих кромок инструмента, одновременно участвующих в работе и количество их

приводит в значительной степени к повышению производительности труда. Как показывает история развития инструмента, все прогрессивные инструменты обеспечивают высокую производительность благодаря использованию большого количества режущих кромок или зубьев, одновременно участвующих в процессе резания. С увеличением числа зубьев для многозубого инструмента повышается S_{\min} и уменьшается время обработки. Производительность работы в 20 раз больше. При обработке трудно обрабатываемых материалов приходится идти на снижение режущих, поэтому производительность возможна с применением инструмента с максимальным числом зубьев.

МАТЕРИАЛЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Материалы, применяемые для изготовления режущих инструментов

разделяют на 3 большие группы:

1. Металлические режущие материалы (углеродистые инструментальные стали: твердые сплавы; легированные стали; быстрорежущие стали).

2. Неметаллические режущие материалы (естественные и искусственные алмазы, абразивные материалы, композиты, минералокерамика).

3. Промежуточные (металлокерамические материалы (керметы)).

По сравнению с конструкционными материалами, к материалам режущего инструмента предъявляются более высокие требования. Это объясняется теми условиями, в которых работает поверхность инструмента в процессе резания. В процессе резания на контактных поверхностях инструмента развиваются высокие контактные напряжения, способные превышать в 100-200 раз удельное давление в обычных деталях машин. Рабочая поверхность инструмента подвергается интенсивному нагреванию и износу. Большое количество тепла концентрируется на режущих кромках ($t = 600-900$ градусов, а иногда выше). При таких условиях процесс резания металлов может эффективно осуществлять-

ся лишь в тех случаях, если материал режущей части инструмента будет обладать определенным комплексом физико-механических свойств. Основными показателями, по которым, осуществляется качество инструментальных материалов, являются:

- твердость;
- прочность при сжатии и сгибе;
- ударная вязкость;
- красностойкость;
- горячая твердость;
- слипаемость;
- теплопроводность
- износостойкость;
- обрабатываемость;
- стоимость.

Твердость – один из наиболее важных показателей. С возрастанием твердости режущей части повышается его износостойкость. Инструментальные материалы имеют высокую твердость, лучше шлифуются и сохраняют эту твердость при высоких скоростях резания. Чем выше твердость инструментального материала, тем меньше влияние оказывает скорость резания на стойкость инструмента.

Таблица 1. Твердость инструментальных материалов по Роквеллу

HRA	79 - 89	быстрорежущие
HRA	87 - 92	твердые сплавы
HRA	93	минералокерамика

Красностойкость и горячая твердость характеризуют 2 важнейших показателя качества инструментального материала:

1. Допустимую скорость резания.
2. Износоустойчивость в горячем состоянии

Таблица 2 Температура красностойкости

Углеродистые инструментальные стали	275°
Легированные инструментальные стали	350°

Быстрорежущие стали	600°
Твердые сплавы	700° – 900°
Минералокерамика	1200°

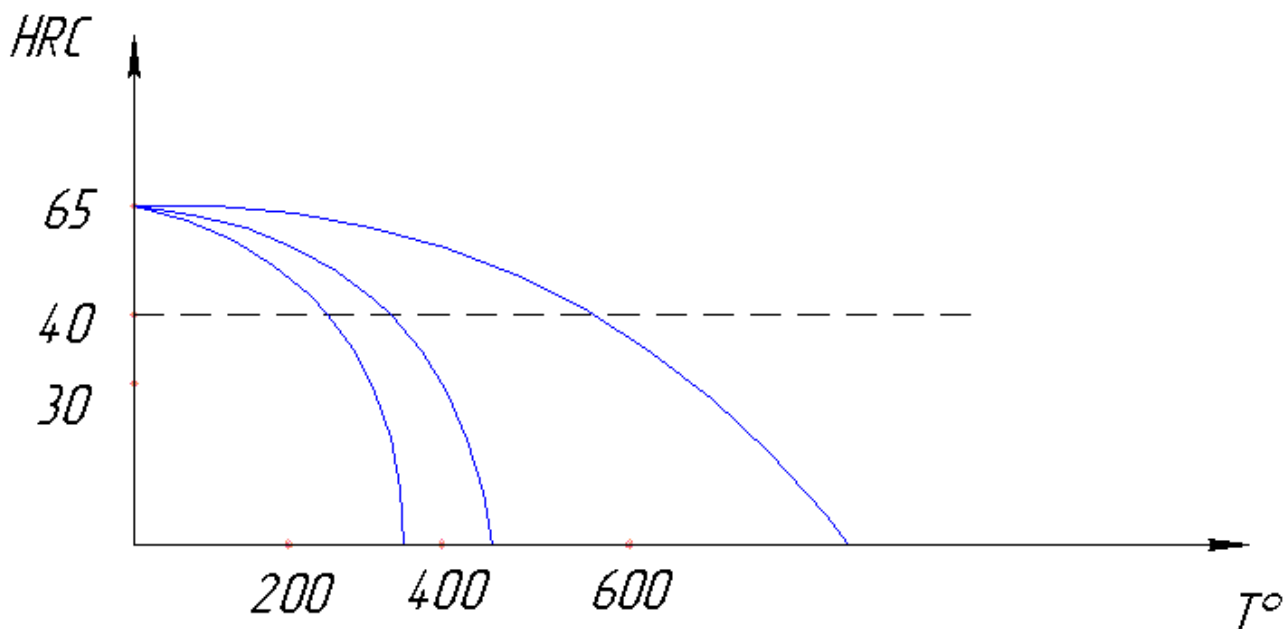


Рисунок 1. Зависимость твердости от температуры

Прочность инструментального материала оказывает влияние на стойкость режущего инструмента. Недостаточная прочность приводит к преждевременному разрушению до наступления износа, особенно для инструментов большого сечения или тонкого лезвия, а также для инструмента, работающего при больших динамических нагрузках.

Термические свойства оказывают определенное влияние на процесс резания металлов. К ним относятся: теплопроводность, теплоемкость, коэффициент теплового расширения. Теплопроводность

Прочность инструментального материала оказывает влияние на стойкость режущего инструмента. Недостаточная прочность приводит к преждевременному разрушению до наступления износа, особенно для инструментов большого сечения или тонкого

лезвия, а также для инструмента, работающего при больших динамических нагрузках.

Термические свойства оказывают определенное влияние на процесс резания металлов. К ним относятся: теплопроводность, теплоемкость, коэффициент теплового расширения. Теплопроводность важна. От нее зависит количество теплоты, распределяемой между режущим инструментом, обрабатываемой деталью и стружкой. Чем выше теплопроводность инструментального материала, тем лучше отводится тепло от режущих кромок инструмента, тем меньше опасность образования микротрещин при напайке и закалке.

Коэффициент теплового расширения оказывает существенное влияние на качество напайки пластинок. Если коэффициент теплового расширения державки и режущей пластинки отличаются, то возле напайки оказываются, которые приводят к микротрещинам, а иногда и к разрушению.

Слипаемость – это способность режущего материала свариваться с частицами обрабатываемого материала под действием высоких температур и удельных давлений. Слипаемость приводит к ухудшению обрабатываемой поверхности, повышается температура и снижается стойкость инструмента. В процессе резания задние и передние поверхности подвергаются интенсивному износу. Под действием изменяется форма и размеры кромок. Чем меньше снашивается, тем выше качество.

Технологичность. Обрабатываемость. Стойкость.

Углеродистые инструментальные стали

Высококачественные стали ГОСТ1435-74

Марки: У7А, У8А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А

Чем больше углерода в углеродистой инструментальной стали, тем хрупче сталь. Самая хрупкая – У13А. С меньшим содержанием обладают меньшей твердостью. Ударный инструмент изготавливают с меньшим содержанием углерода: У8А, У9А. Напильники, метчики, сверла (без ударных нагрузок) изготавливают из стали с большим содержанием углерода. Напильники изготавливают из стали У13А.

ГОСТом предусмотрено 10 марок. Наиболее часто применяются, стали 11ХВ для изготовления метчиков и др. режущих

инструментов с сечением до 30 мм. Закаливается в горячих средах. Сталь 9ХС широко применяется при изготовлении сверл, разверток, фрез, метчиков, плашек. Однако 9ХС имеет повышенную чувствительность к обезуглероживанию, что необходимо учитывать при термической обработке.

Хромо-вольфрамо-марганцевые стали – ХВГ. Из этой стали изготавливают инструменты большой длины, небольшого сечения: протяжки, развертки, сверла. Сталь не склонна к поводке при термообработке. d/l – небольшая величина, т.е. $d < l$ во много раз.

ХВСГ – сталь применяется иногда. Технические условия на приемку регламентированы ГОСТом. Красностойкость – 325 градусов.

Легированные инструментальные стали применяются для изготовления инструментов, работающих вручную, либо с невысокими скоростями резания.

Легированные инструментальные стали

Легированные инструментальные стали можно разделить на 2 группы:

- 1) стали неглубокой прокаливаемости;
- 2) стали глубокой прокаливаемости.

ГОСТом предусмотрено 10 марок. Наиболее часто применяются стали 11ХВ для изготовления метчиков и др. режущих инструментов с сечением до 30 мм. Закаливается в горячих средах. Сталь 9ХС широко применяется при изготовлении сверл, разверток, фрез, метчиков, плашек. Однако 9ХС имеет повышенную чувствительность к обезуглероживанию, что необходимо учитывать при термической обработке.

Хромо-вольфрамо-марганцевые стали – ХВГ. Из этой стали изготавливают инструменты большой длины, небольшого сечения: протяжки, развертки, сверла. Сталь не склонна к поводке при термообработке. d / l – небольшая величина, т.е. $d < l$ во много раз.

Легированные инструментальные стали применяются для изготовления инструментов, работающих вручную, либо с невысокими скоростями резания.

Быстрорежущие инструментальные стали

Хромо-вольфрамовые стали с содержанием вольфрама более 6% и хрома от 3,8% до 5% принято называть быстрорежущими. P – быстрорежущие. Красностойкость быстрорежущих инструментальных сталей достигает 600...650 градусов, поэтому инструменты, изготовленные из этой стали могут работать с повышенными скоростями. Они находят наибольшее применение из всех сталей. Наиболее основной инструмент изготавливают из быстрорежущих инструментальных сталей.

Быстрорежущие инструментальные стали подразделяют на 2 группы:

1. стали нормальной производительности;

- вольфрамовые стали: P18, P12, P9;

- вольфрамо-молибденовые стали: P6M5, P6M3.

2 группа (стали повышенной производительности):

- вольфрамо-ванадиевые стали: P18Ф2, P14Ф4, P9Ф5

- вольфрамо-ванадиевые кобальтовые: P18K5Ф2, P10K5Ф2, P10K5Ф5

- вольфрамо-молибденовые кобальтовые: P9K5, P9K10, P9M5K5, P9M4K8.

P18 – лучшая сталь: HRC 62...65 единиц, хорошо шлифуется. P12 и P9 используется для чистовой обработки.

P6M5 и P6M3 – только в новом ГОСТе.

По режущим свойствам P6M5 близка к P18, но она склонна к обезуглероживанию с наличием большого количества кобальта. P6M3 меньше обезуглероживается и находит большее применение, чем первая.

Стали повышенной производительности, применяются значительно реже. Они предназначены для работы в специфических условиях. Легирование ванадия позволяет получить высокую красностойкость и износостойкость. У некоторых ванадиевых сталей выше красностойкость на 10...25 градусов. Но это зависит от правильного ведения процесса обработки. К технологическим недостаткам вольфрамо-ванадиевых сталей относятся: худшая шлифуемость по сравнению с P18 и вольфрамо-кобальтовых сталей. При выборе марки стали при изготовлении режущего инст-

румента необходимо учитывать, что они обеспечивают улучшение механической обработки в 1,5...3 раза, они эффективны в тех случаях, когда приходится снимать больше стружки. При мелкой стружке они не эффективны.

Введение в состав быстрорежущих сталей кобальта позволило повысить теплопроводность и сопротивление пластической деформации. Повышает твердость стали. Недостаток – худшая шлифуемость по сравнению с P18. Эффективность применения кобальтовых сталей зависит от:

- 1) качества термообработки;
- 2) выдерживания режимов заточки и доводки.

Их рекомендуется применять для изготовления инструментов, предназначенных для обработки нержавеющей, жаропрочных титановых сплавов в условиях непрерывного резания, вибрации и плохого охлаждения.

Вольфрамо-ванадиево-кобальтовые стали применяются при обработке труднообрабатываемого материала, точении аустенитных сталей, а также при обработке жаропрочных и нержавеющей сталей.

Будущее принадлежит быстрорежущим сталям. Существует, шведский метод получения стали. Плавят сталь среди аргона, а потом распыляют и получают порошок, его собирают, спрессовывают, проковывают. Результат – HRC 60...70 ед., работают при T=600...700 градусов

Твердые сплавы

Все прочие инструментальные материалы вытесняются твердыми сплавами, это объясняется их высокой красностойкостью и повышенной производительностью

Все твердые сплавы можно разбить на 3 группы:

1. Вольфрамо-кобальтовые сплавы ВК3...ВК15 (11 марок).
2. Вольфрамо-титано-кобальтовые Т5К10...Т30К4 (5 марок).
3. Вольфрамо-титано-тантало-кобальтовые.

Твердые сплавы работают с высокими температурами резания (800...900 градусов) и, как правило, они более эффективны по сравнению с быстрорежущими сталями, т.к. при правильной эксплуатации можно обеспечить меньший расход ВКТК. Изготавливаются твердые сплавы из мелкозернистых твердых порош-

ков. Они используют сочетание карбидов, титана, вольфрама, тантала и металлического кобальта. Твердые сплавы не принимают закалки и почти не теряют твердости в процессе резания при работе с большими скоростями. Твердые сплавы применяются в виде пластинок, которые крепятся на державках инструмента.

Имеются цельные твердосплавные инструменты. Производительность до 10 раз выше, чем у обычных напайных инструментов.

ВК – твердые сплавы при обработке материалов, дающих сливную стружку, быстро изнашиваются, на передней поверхности образуется лунка и она выкрашивается. ВК – твердые сплавы следует применять при обработке хрупких материалов, дающих стружку (чугун, бронза и др.)

Карбиды титана имеют высокую твердость и износостойкость. Поэтому ВТК сплавы следует применять при обработке материалов, дающих свившуюся стружку (сталь и др.).

ВТТК сплавы применяются в основном для условий обработки, для снятия большой стружки. Применяются редко. Чем больше кобальта, тем он вязче. Есть ВК3 и ВК15.

ВК3 работает с высокими скоростями без динамических нагрузок. ВК15 – при динамических нагрузках (поковки, отливки).

Т5К10: TiC – 5%; Co – 10%; 85% - VC.

Последнее время научные учреждения занимались улучшением свойств твердых сплавов. В связи с этим появились ВК10М; ВК10ОМ; ОМ – особо мелкое зерно. М – мелкое зерно; имеет более плотную структуру и более высокие режущие свойства.

По ISO все твердые сплавы в зависимости от обработки материала и вида стружки разделены на 3 группы:

Р – 1 группа, предназначена для обработки резанием металлов, дающих свившую стружку (сталь, стальное литье, ковкий чугун).

К – 2 группа. Относятся сплавы для обработки материалов, дающих прерывистую дробленую стружку (серый чугун, цветные металлы).

М – 3 группа. Сюда относятся сплавы, предназначенные для обработки труднообрабатываемых материалов (жаропрочных нержавеющей сталей, чугунов).

Прутки принято окрашивать в разные цвета: Р – синий цвет, К – красный, М – желтый.

Керамические твердые материалы

В 1932 году в Ленинграде на фарфоровом заводе применены резцы из корунда для керамических полуфабрикатов. В 1939 году в Томске были сделаны попытки применения минералокерамики для обработки металлов в подогретом состоянии. Опыты были неудачны. В 1951 году создана режущая минералокерамика Исаевым. Применяется одна марка – ЦМ332. Для ее изготовления используют корракс, переплавленную окись алюминия. ЦМ332 имеет твердость HRA 91...95 ед. Этот материал сохраняет режущие свойства при $T=1200$ градусов. Применяется для изготовления инструмента, работающего при высоких скоростях резания без удара.

Изготавливают керамические пластинки двумя методами:

1. Горячее литье под давлением (шликерный метод).
2. Прессование порошков.

1. При первой технологической схеме подготовительный исход порошков производят в шаровой мельнице. Производят стальными шарами. При последующем травлении порошка 3...10% раствором (HCl в воде). Горячее литье образцов производят следующим образом: порошок, нагретый до 300 и охлажденный до 150 в расплавленную связующую массу при $T=80...90$. В состав связующей массы входит 94% парафина и 6% пчелиного воска. Полученную массу смешивают и получают шликер (литейную массу). Эту массу подвергают вакуумированию, заливают в стакан литейного автомата и производят под давлением 5...8 атм. Удаление связки производят в 2 этапа. На 1-м этапе образцы помещают в сушильный шкаф, где выдерживают при $T=900...1100$. Окончательное спекание пластин производят при $T=1720$.

2. Вторая тех. схема заключается в следующем: полученные исходные порошки смешивают с пластификатором (4...5% раствор каучука в бензине), потом порошок выдерживают при $T=100$. Прессование пластин производится на гидропрессах с удельным давлением 700...800 $кг/см^2$. Далее производится суш-

ка при $T=100\dots110$. Высушенные пластинки подвергаются предварительной шлифовке, потом спекаются при $T=1700\dots1760$. В результате спекания усадка пластин составляет до 25%.

Способ горячего литья имеет ряд преимуществ перед прессованием: обеспечивается более однородная структура готового продукта, т.к. отсутствуют добавочные напряжения. Производительность при отливке выше, чем при прессовании.

Керамические материалы, имея высокую твердость, обладают значительной хрупкостью, применяются при чистовом точении, но иногда для чистового фрезерования.

Металлокерамические режущие материалы

Дефицитность и дороговизна легирующих элементов твердых сплавов, и низкая механическая твердость минералокерамики привело к созданию более дешевых режущих материалов, требующих меньше расхода вольфрама, кобальта, титана. Одними из таких материалов являются металлокерамические материалы. Их можно разбить на 2 группы:

1. Керметы, состоящие из основного элемента окиси алюминия и металлические связи (не более 10%), иначе механические свойства резко снижаются.

2. Оксидно-карбидная керамика. Окись алюминия и карбиды тугоплавких металлов (вольфрам, титан). Механические свойства не ухудшаются, сохраняется красностойкость и теплостойкость.

Применяется при непрерывном получистовом и чистовом точении стали, чугунов, при растачивании, токарно-копировальной работе, чистовом фрезеровании. Керметы не заменяют твердые сплавы, они имеют свою специальную область применения. Преимущество керметов, по сравнению с твердыми сплавами проявляется, при обработке стали и чугунов при высоких скоростях резания и обработке высокопрочных сталей.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Многообразие методов обработки материалов на предприятиях требуют большого разнообразия типов инструмента. Особенно многочислен типаж инструмента для обработки деталей

резанием. В практике встречаются разнообразные виды инструментов. Несмотря на изобилие и специфические особенности, режущие инструменты имеют большое количество общих конструктивных и геометрических элементов. Единство геометрии обусловлено единством законов в резке металлов. Выделение общих конструктивных элементов для каждого инструмента, анализ их с учетом законов резания позволяет при проектировании правильно выбрать их величины и тем самым обеспечить те требования, которые предъявляются к режущему инструменту. Каждый режущий инструмент обладает двумя факторами:

1. срезает лишний металл с заготовки (с припуском на обработку);
2. оформляет обрабатываемую поверхность, т.е. обеспечивает правильность форм, точность размеров и заданную шероховатость.

Следовательно, инструмент состоит как бы из двух частей:

1. для предварительной обработки;
2. окончательная, т.е. калибрующая.

Любыми частями режущего инструмента: режущая, калибрующая. У одних инструментов эти части резко выражены: сверла, развертки, зенкера, метчики. У некоторых инструментов режущая и калибрующая часть представляет одно целое. С точки зрения условия резания такие условия менее совершенны, т.к. они могут работать или как черновые или только чистовые. Каждая составляющая часть инструмента включает ряд конструктивных элементов, предназначенных для одной или нескольких определенных функций в процессе обработки резанием.

К основным конструктивным элементам относят:

- 1) зубья, несущие на себе режущие элементы;
- 2) канавки, предназначенные для разрушения и удаления стружки;
- 3) каналы для охлаждения;
- 4) элементы креплений инструмента.

Элементы баз при изготовлении, контроля и переточках инструмента. Геометрия режущих инструментов разделяется на:

геометрическую форму инструмента, геометрические параметры режущих элементов.

Геометрическая форма зависит от типа инструмента, а геометрия режущих элементов характеризуется передним углом γ , главным задним α , вспомогательным задним углом α' , углом в плане φ , углом наклона режущей кромки λ и т.д. Основную роль в процессе работы имеет режущий клин с режущими кромками. Он образован двумя поверхностями: передней поверхностью, по которой сходит стружка и задней, обращенной в процессе резания к обрабатываемой поверхности. Из поверхностей, применяемых для оформления режущих кромок, основными являются плоскости, поверхности вращения, винтовые поверхности. Поверхности вращения встречаются в трех осях:

- 1) с образующей, параллельной оси вращения (фрезы, развертки);
- 2) с образующей прямой, наклоненной под углом к оси вращения: угловые фрезы, конические развертки;
- 3) криволинейные образующие: фасонные резцы, фасонные фрезы.

Винтовые поверхности занимают одно из важных мест при конструкции режущего инструмента. Для многих инструментов поверхность использована в качестве основы для образования профиля (резьбонарезной инструмент, червячные фрезы). В некоторых инструментах винтовая поверхность предназначена для получения хорошего переднего угла и сохранения режущей части после переточки.

Расположение зубьев инструмента увеличивает равномерность резания благодаря постепенному входу и выходу в обрабатываемую поверхность. Способствует лучшему образованию и отводу стружки (фрезы с винтовыми зубьями, развертки). Расположение профиля по винтовой поверхности как у круглых фасонных резцов дает возможность получить задний угол на неблагоприятных участках, что исключено при кольцевом расположении профиля. Особую роль играют винтовые поверхности при оформлении боковых поверхностей зубьев, зуборезных долбяков, червячных зуборезных фрез, резцовых головок. Для нарезания фрез с кр. зубьями соблюдают два условия:

1) боковые режущие кромки должны сохранить неизменной форму при изменении положения их в пространстве, т.е. при переточках.

2) Инструмент должен иметь достаточные задние углы на боковых кромках, сохраняющие свою величину в течение всего периода эксплуатации инструмента.

Для удовлетворения второго условия боковые поверхности зубьев каждого из этих инструментов оформляются в виде винтовых поверхностей. Любая из винтовых поверхностей дает в различных сечениях режущие кромки, повернутые от своего первоначального положения, но всегда неизменной формы. Тип винтовой поверхности выбирается в зависимости от инструмента и его конструктивных особенностей. Для зуборезных долбяков боковые поверхности оформляются в виде винтовой поверхности с одним углом, но противоположного направления. Боковая поверхность резцовой головки для конических колес с криволинейным зубом выполняется в виде архимедовой спирали.

У червячных зуборезных фрез боковые затыловочные поверхности зуба оформляются в виде винтовой поверхности определенного вида различных параметров в зависимости от вида оси червяка.

При выборе конструктивных и геометрических параметров необходимо учитывать:

1. точность выполнения формы обрабатываемой поверхности;
2. точность получаемых размеров;
3. качество обрабатываемой поверхности;
4. производительность труда;
5. стойкость и в некоторых случаях размерную стойкость инструмента;
6. прочность;
7. технологичность конструкции;
8. стоимость инструмента.

В зависимости от характера обработки и требований, предъявляемых к обрабатываемой заготовке, форма, точность и частота могут иметь доминирующее значение. Например, при отделочных операциях: развертывание, протягивание, резьбонарезание, зубообработка, заточка и доводка инструмента. В этих случаях

приходится идти на снижение производительности или стойкости с целью максимального удовлетворения требований технических условий. При обдирочных операциях с этими требованиями не считаются. В этих условиях значение имеет производительность и стойкость инструмента. Проблеме производительности при проектировании инструмента необходимо уделять первостепенное внимание, т.к. от этого зависит себестоимость изготовленной продукции. Производительность и стойкость режущего инструмента определяется многими факторами.

Основные из них:

- 1) вид режущего материала инструмента;
- 2) количество и длина режущих кромок, участвующих одновременно в процессе резания;
- 3) объем стружечных канавок;
- 4) конструкционные и геометрические элементы режущей части;
- 5) стружкозавивание и стружколомание;
- 6) охлаждение инструмента в процессе резания.

От этих факторов зависит выбор режима резания. Из этих факторов наибольшую роль играет материал режущей части инструмента. Повышение скорости резания при переходе от углеродистых сталей к быстрорежущим и от них к твердым сплавам характеризуется следующим соотношением (принимается скорость резания углеродистых сталей за 1): 1 : 4,5 : (16...25).

Никакой другой фактор не может конкурировать с материалом режущей части в деле повышения производительности труда.

Машинное время точения:

$$t_m = \frac{z}{S_m} \cdot \frac{n}{t} = \frac{\pi}{100} \cdot \frac{zD}{VS_z} \cdot \frac{h}{t}$$

где z – длина перехода;

S – подача мм/об;

n – число оборотов в мин.;

h – припуск на обработку;

t – глубина резания;

V – скорость резания;

D – диаметр;

S_z – подача на зуб

Для уменьшения машинного времени необходимо уменьшить длину прохода L , диаметр D , припуск на обработку h , либо увеличить S или S_z , число зубьев z . Скорость резания V и глубину резания t . Путем деления на отдельные участки.

При всякой обработке резанием объем снятия предъявляется припуском. Надо стремиться к снятию припуска за 1 проход. Если это не возможно, то можно применить многорезцовую наладку хороших резцов, можно добиться путем разделения всего припуска на две или более части сплошного, отделенного зубьями одного и того же инструмента. Различные головки для обработки отверстий. После выбора глубины резания задача состоит в том, чтобы наивыгоднее обработать, чтобы осуществить снятие металла при условии обеспечения требований задания техническими условиями в отношении качества и стоимости обработки. Из трех факторов: глубина, подача, скорость, t оказывает наибольшее влияние на повышение производительности, поэтому необходимо в первую очередь установить глубину резания, затем подачу, а уже затем установить скорость резания. Чаще всего для повышения производительности используют скорость резания в связи с тем, что глубина резания и подача влияют на шероховатость поверхности. Увеличивать подачу не всегда удается из-за недостаточной прочности режущего инструмента и его режущих кромок;

Влияние активной части лезвия

Увеличение длины активной части режущих кромок инструмента, одновременно участвующих в работе и количество их приводит в значительной степени к повышению производительности труда. Как показывает история развития инструмента, все прогрессивные инструменты обеспечивают высокую производительность благодаря использованию большого количества режущих кромок или зубьев, одновременно участвующих в процессе резания. С увеличением числа зубьев для многозубого инструмента повышается S_{min} и уменьшается время обработки. Произво-

длительность работы в 20 раз больше. При обработке трудно обрабатываемых материалов приходится идти на снижение режущих, поэтому производительность возможна с применением инструмента с максимальным числом зубьев. Повышение числа зубьев и длины режущих кромок прямо связано с объемом канавок, предназначенных для размещения стружки. Канавки играют большую роль для любых режущих инструментов, особенно для таких как протяжки, сверла, метчики, плашки. Объем канавки, ее профиля, плавное сопряжение и другие параметры должны быть выбраны такими, чтобы отделяемая в процессе резания стружка не скапливалась в канавках, не застревала, а свободно выходила самотеком или под действием охлаждающей жидкости. Большинство поломок инструмента происходит из-за недостаточной прочности, а вследствие защемления стружки в канавках. При достаточном объеме канавки идут на снижение припуска, уменьшая или разделяя его на несколько проходов вместо одного.

Размещение стружки в стружечной канавке ($K=3\dots5$):

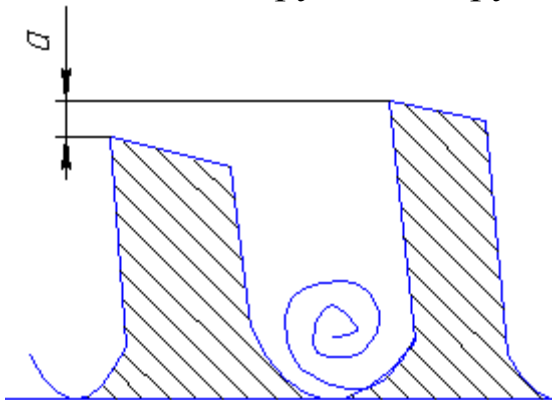


Рисунок 2. Схема размещения стружки в канавке

Объем стружечной канавки должен быть в 3...5 раза больше объема стружки.

Стружкозавивание и стружколомание

Проблема удаления стружки стала носить острый характер в связи с внедрением твердосплавного инструмента. Для инструмента из быстрорежущих сталей эта проблема менее важна, однако и для них приходится в конструкцию инструмента вводить

элементы, обеспечивающие удовлетворительный отвод стружки. К ним относятся сверла для глубокого сверления, головки для кольцевого сверления, протяжки. Большинство этих инструментов работают в стесненных условиях. За счет разделения широкой стружки на части значительно облегчило условия резания. Инструменты, оснащенные твердым сплавом, работающие на высоких скоростях резания, удаляют огромное количество стружки, причем форма ее является весьма неблагоприятной для удаления. С увеличением скорости деформация стружки уменьшается, вследствие чего стружка в первые минуты работы, до образования лунки на передней поверхности отделяется в виде прямой ленты. Такая стружка не только не ломается, но и завивается. Ломание стружки может только в том, если отходит в виде витков.

Охлаждение режущей части в процессе резания

Применение СОЖ для инструментов имеет большое значение. При резании с охлаждением снижается температура резания, а значит повышается стойкость инструмента. При разработке конструктивного инструмента необходимо обращать внимание на то, чтобы струя жидкости беспрепятственно попадала в зону резания. За последнее время в промышленности стали применять метод подвода ОЖ со стороны задней поверхности зубьев инструмента. Стойкость при этом повышается в несколько раз. Особенно большой эффект получается при резании трудно обрабатываемых материалов. Большое влияние оказывает внутреннее охлаждение, когда жидкость по внутреннему каналу подается непосредственно к месту отделения стружки с высоким давлением и обильно. Применяется при глубоком сверлении, на токарных автоматах. Особое значение имеет внутреннее охлаждение для инструмента, оснащенного твердым сплавом.

Схемы резания

Порядок снятия припуска определяет схему резания. Распределение нагрузки на каждую режущую кромку или зуб инструмента является одним из важнейших факторов, влияющим не только на производительность обработки, но и на точность фор-

мы детали, точность ее размеров и шероховатость поверхности. Имеется ряд станков, работающих по упрощенной схеме (протяжные станки). В этом случае станки обладают только движением резания, тогда как движение подачи исключено и перенесено на инструмент: протяжки, метчики, плашки, резьбонарезные головки и т.п. Такие инструменты снабжены большим количеством зубьев с постепенным их повышением по высоте. Для всех инструментов, у которых подача осуществляется за счет конструктивных элементов, имеет существенное значение схема резания. В зависимости от выбранной схемы режущий инструмент может быть либо прогрессивным, либо мало эффективным. Некоторые инструменты: протяжки, развертки, фрезы рекомендуют изготавливать с неравномерным числом зубьев с целью получения более высокой частоты обрабатываемой поверхности и устранения вибраций. В этом случае схема резания имеет существенное значение.

Затылование инструмента

При проектировании режущих инструментов большую роль играет оформление затылованной поверхности. Дисковые, пазовые фрезы, дисковые зуборезные, червячные зуборезные, резьбонарезные, гребенчатые и другие имеют зубья с затылованными поверхностями. Затылование производится по винтовой поверхности. В этом случае обеспечивается постоянство заднего угла и сохранение неизменной формы режущих кромок при изменении положения их в пространстве, т.е. при переточках затылование производится при помощи различных поверхностей в зависимости от типа и назначения инструмента.

Методы крепления инструментов и их зубьев в сборных конструкциях

Метод крепления инструмента на станке при обработке имеет значительное влияние, как на производительность обработки, так и на качество обрабатываемой поверхности. Каждый тип крепления является одним из промежуточных элементов, с помощью которого осуществляется связь между станком и режущим инструментом. Несмотря на большое разнообразие режущего инструмента, применяемых на практике основных спосо-

бов крепления немного и применение отличается давностью. Это объясняется надежностью в работе и простотой изготовления. К каждому типу крепления предъявляется: надежность, жесткость крепления, простота установки и снятия. Ориентировочно все методы делят на 2 группы:

- 1) для насадных инструментов;
- 2) для кольцевых инструментов.

Крепление инструментов на оправке

Насадные инструменты при креплении насаживаются на цилиндрическую или коническую оправку. Инструмент с цилиндрическим отверстием: шеверы, долбяки, червячные фрезы, резьбонакатные ролики, круглые фасонные резцы, резьбонарезные гребешки. К инструментам с коническими отверстиями следует отнести насадные зенкеры, развертки, резцовые головки.

В соответствии с ГОСТ9472-60 для насадки инструмента применяют ряд диаметров отверстий. Основные: 8, 10, 13, 16, 22, 27, 32, 40, ..., 50, 60, 70, 80, 90, 100. Такой ряд принят для того чтобы сократить количество оправок. Оправка кроме точности должна обладать жесткостью и виброустойчивостью. Стали применять оправки повышенным диаметром. Они не только позволяют снимать значительную по размерам стружку, но и гарантирует получение большей точности и частоты из-за отсутствия вибрации. Передача осуществляется с помощью продольной или торцевой шпонки. Чаще применяют продольно-торцевую шпонку, которая приводит к ослаблению оправки. Посадочные размеры инструмента должны быть согласованы с ГОСТ836-47, по которому регламентированы размеры концов, шпинделей и оправок. Насадные зенкеры и развертки закрепляются на конической оправке с конусностью 1/30.

Крепление инструмента посредством конуса

Для кольцевого инструмента имеет значение конус с лапкой или резьбовым отверстием, которое вставляется в посадочное место специального патрона, либо непосредственно шпинделя станка, выполняемого в виде конуса. Крепление при помощи конуса с

лапкой охватывает: спиральные сверла, зенкеры, зенковки. Конусы различаются по размерам. Основными являются конусы Морзе. Семь номеров: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Кроме конусов Морзе по ГОСТ 2847-45 введены метрические конуса, которые не нашли широкого применения как конусы Морзе. Обозначение принято по расчетному диаметру. Метрические конусы 1:20. Конус Морзе – 1:19,002; 1:20,047. При креплении инструмента на конусе необходимо иметь ввиду должен передаваться конусом, без участия лапки, последняя предназначена для выталкивания инструмента посредством клина. Крепление посредством конуса с резьбовым отверстием применяется для цилиндрических шпоночных T-образных фрез. Резьбовое отверстие предназначено для затяжного болта, пропуская его через полый шпиндель станка. Особенность инструмента, имеющего винтовые зубья. Инструмент может быть извлечен при помощи резьбового отверстия.

Крепление инструмента при помощи цилиндрического хвостовика

Диаметр цилиндрического хвостовика обычно применяется по нормальному ряду в пределах 2...70 мм. Этот ряд не распространяется на сверла, развертки и т.п. инструмент, у которого диаметр хвостовика совпадает с диаметром рабочей части. Так исключение необходимо с целью облегчения их изготовления. Применяется либо без всяких крепежных инструментов или чаще всего в сочетании с ними, т.к. трение между поверхностью хвостовика и кулачковым патроном недостаточно, то для передачи крутящего момента на хвостовике делают элементы в виде одно-сторонней лыски. Все типы центровочных сверл изготавливаются с цилиндрическим хвостовиком. Сверла и развертки малых диаметров 0,1...1 мм изготавливаются с утолщенным цилиндрическим хвостовиком диаметром 1,2 мм и с наружным конусом. У многих режущих инструментов в качестве крепежного инструмента используется квадрат. Для уменьшения номенклатуры воротков номинальные размеры стандартизованы 2,1...76 мм. Цилиндрические хвостовики с успехом заменяют конические на станках с вертикальным шпинделем. Преимущества заключается в простоте и быстроте смены инструмента. При изготовлении ин-

струмента с цилиндрическим хвостовиком экономится, т.к. они короче конических. Недостатки цилиндрических хвостовиков следует отнести то, что они хуже центрируются, чем конические, поэтому цилиндрические хвостовики применяют для инструмента, предназначенного для малоответственных работ. Кроме стандартных методов применяются также и другие, присущие только данному типу инструмента: призматические фасонные резцы закрепляются в державке посредством зажимной части, выполненной в виде ласточкиного хвоста с углом 55 градусов.

Затыловочные резцы и перовые сверла закрепляются посредством болта. Зубострогальные резцы для конических колес крепятся с помощью клина. Зуборезные гребенки, плоские накатные плашки, стержневые резцы общего назначения не имеют специального элемента для крепления на станке. В этих случаях в качестве элементов крепления используют тело инструмента

Сборные инструменты

Сборные инструменты занимают значительное место при обработке металлов резанием. Они охватывают широкую номенклатуру инструмента, но чаще сборными изготавливаются фрезы, зенкеры, развертки. Из других типов сборных инструментов укажем токарно-строгальные расточные резцы, червячные зуборезные фрезы, протяжки, долбяки крупных размеров. Вторая группа отличается специфическими особенностями, присущими одному типу инструмента. Инструмент первой группы по методам крепления зубьев имеет ряд преимуществ по сравнению с монолитными, т.к. позволяет производить смену каждого из зубьев в отдельности после его выхода из строя, а корпус инструмента может быть использован многократно. Первоначально стоимость сборного инструмента всегда выше монолитного, однако долговечность сборного инструмента значительно выше и поэтому при правильной эксплуатации затраты на инструмент, приходящиеся на единицу выполненной продукции всегда будут меньше для сборного инструмента. Многозубые инструменты с разделяемым креплением разделяются на 2 группы:

- 1) механическое крепление пластинки режущего материала;

2) зубьями, состоящими из стальной вставки с припаянной или приваренной к ней пластинкой режущего материала.

Механическое крепление не получило широкого распространения для фрез, зенкеров, разверток. Это объясняется тем, что прочность и в особенности виброустойчивость при механическом креплении значительно понижены. Объясняется это тем, что пластинки из твердых сплавов или минералокерамики неплотно прилегают к стенке паза, что часто вызывает их изгиб и приводит к поломке режущего инструмента. Благодаря меньшей толщине зубьев она допускает расположение по периферии корпуса повышенного числа зубьев, обеспечивает больше пространства для размещения стружки, что особенно важно при изготовлении малогабаритного инструмента. В промышленности широкое применение получили инструменты, называемые вставками. Они выполняются в виде стержневых резцов, либо зубьев призматической формы с напаянным материалом. Державка обработана до твердости HRC 30...40 ед. Повышенная твердость необходима для обеспечения надежности опоры для пластинки режущего материала. Кроме двух групп в промышленности находят применение неразъемные конструкции сборного инструмента, в которые режущие пластинки либо припаиваются, либо привариваются. Напайка пластинок на многозубый инструмент отличается значительной сложностью и сопровождается появлением дополнительных напряжений, вызывающих в режущих пластинках микротрещины и трещины, приводящие к разрушению. Многозубый инструмент с припаянными пластинками не допускает многократного использования корпуса. Инструмент с неразъемным соединением благодаря своей монолитности обладает более высокой виброустойчивостью по сравнению с инструментом со вставными зубьями, поэтому высокоточные инструменты рекомендуют изготавливать неразъемными. Зубья сборного инструмента должны быть точно и надежно закреплены в пазах корпуса, регулирование зубьев должно быть точным, легким, быстрым, а также должно допускать, возможно, большее количество переточек. Это обеспечивается в тех случаях, когда расположение зубьев в пазах и направление их выдвигания совпадает с направлением максимального износа. Благодаря этому уменьшается слой, подлежащий удалению при переточке, и снижает трудоемкость. Од-

ним из самых распространенных элементов креплений зубьев сборных инструментов является рифление. Рифления позволяют при износе производить перестановку зуба на 1 или несколько делений или зубьев и тем самым установить величину слоя режущего материала, подлежащему удалению после переточек. Расположение рифлений на зубьях встречается 3-х видов:

- 1) направленное по радиусу инструмента (радиальное);
- 2) направленное вдоль оси инструмента (осевое);
- 3) направленное под углом 10...15 градусов к оси инструмента (угловое).

Выбор расположения рифлений обуславливается в основном направлением максимального износа зубьев и требуемой переточки. Радиальное расположение рифлений применяется в осевом инструменте, у которого необходимо восстанавливать размер по ширине, например дисковые трехсторонние фрезы.

При осевом расположении рифлений перестановка зубьев обеспечивает компенсацию размера по вершине зубьев, при осевом расположении может восстановить диаметр. Угловые рифления позволяют одновременно восстановить размер по диаметру и ширине. Наибольшее распространение получили осевые рифления как наиболее просто получаемые. Получение наклонных рифлений отличается сложностью, поэтому значительного распространения не получила. Существенным недостатком рифлений следует считать то, что режущая пластинка не имеет опоры у основания зуба. Такое же расположение при осевом. По мере перестановки площадь опоры уменьшается, уменьшается жесткость и виброустойчивость зубьев.

Помимо рифлений в практике встречаются рифления гладких призматических ножей, при помощи втулок, вкладышей, винтов с фасонными головками. В инструментальной промышленности в СССР и за рубежом встречается большое количество самых разнообразных видов сборного инструмента. Многие из них оформлены в качестве авторских работ или являются патентами фирм. При выборе конструкции крепления независимо от того осуществляется ли оно на практике или подлежит разработке, конструктор должен ясно представлять преимущества и недостатки элементов крепления. Это поможет правильно разрешить задачу в каждом отдельном конкретном случае.

РЕЗЦЫ

Резцы являются одним из наиболее простых, но и самых распространенных металлических режущих инструментов. Головка резца имеет следующие элементы: передняя грань, задние грани, режущие кромки и вершина. Передней гранью называют поверхность резца, по которой сходит стружка. Задними гранями называют поверхности, обращенные к обрабатываемой детали. Их две: основная и вспомогательная. Режущие кромки образуются пересечением передней и задних граней. Их также две: главная режущая кромка и вспомогательная режущая кромка. Главная режущая кромка выполняет основную работу резания. Она образуется пересечением передней и главной задней гранями. Вспомогательная режущая кромка образуется от пересечения передней и вспомогательной задней гранями. Вспомогательных режущих кромок, а, следовательно, вспомогательных задних граней может быть две: например у отрезного резца. Вершина резца – место сопряжения главной и вспомогательной режущих кромок.

Для определения углов резца устанавливаются следующие плоскости:

- 1) плоскость резания;
- 2) основная плоскость.

Плоскостью резания называется плоскость касательная к поверхности резания, проходящая через режущую кромку.

Основной плоскостью называется плоскость, параллельная продольной и поперечной подачам. У токарных резцов за эту плоскость может быть принята нижняя опорная поверхность резца.

Главные углы резца определяются в главной секущей плоскости.

Главной секущей плоскостью называется плоскость перпендикулярная проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Главным задним углом называют угол между главной задней гранью и плоскостью резания.

Углом заострения β называют угол между передней и задней главной гранями.

Передним углом γ называют угол между передней гранью и плоскостью, перпендикулярной плоскости резания, проведенной через главную режущую кромку.

Углом резания ε называют угол между передней гранью и плоскостью резания.

Вспомогательным задним углом α называют угол между вспомогательной задней гранью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку, перпендикулярную к основной плоскости.

Главным углом в плане φ называют угол между проекцией главной режущей кромки на основной плоскости и направлением подачи.

Вспомогательным углом в плане φ_1 называют угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Углом при вершине в плане ε называют угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок.

Углом наклона главной режущей кромки λ называют угол, заключенный между режущей кромкой и линией, проведенной через вершину резца, параллельной основной плоскости. Этот угол измеряется в плоскости, проходящей через главную режущую кромку, перпендикулярную основной плоскости.

Угол наклона главной режущей кромки может быть положительным и отрицательным. Положительным, если вершина наименьшей точкой режущей кромки, отрицательной – наивысшей точкой.

Конструирование резцов

При разработке конструкции резца необходимо учитывать ряд требований, предъявляемых к нему как со стороны потребителя, так и со стороны изготовителя. Потребителю надо чтобы, резец был достаточно прочным, имел необходимую стойкость при оптимальном режиме резания, простую форму режущей части и имел меньший удельный расход резцов на единицу выпускаемой продукции. С точки зрения потребителя резец должен обеспечивать стружкозавивание, гашение вибраций и ряд других. Завод изготовитель требует, чтобы резец по своей конструкции

был технологичен и партии изготавливаемых резцов были бы наибольшими, т.к. до 70% всего изготавливаемого режущего инструмента приходится на долю резцов, то соблюдение указанных требований может обеспечить народному хозяйству большую экономию. Порядок разработки конструкции резца состоит из следующих моментов:

- 1) установление марки применяемого инструмента;
- 2) выбор конструкции резца;
- 3) расчет сечения и длины резца;
- 4) установление целесообразности использования той или иной формы режущих пластинок и способа ее крепления в теле резца;
- 5) установление необходимых геометрических параметров режущей части резца и формы режущего лезвия.
- 6) Установление конструкции стружкозавивающего устройства;
- 7) Разработка технических условий на изготовление, контроль и приемку готового резца.

Расчет стержневых резцов на прочность

Расчет стержневых резцов на прочность ведут, исходя из составленной силы резания P_z , которая в первую очередь зависит от величины снимаемого слоя стружки, во-вторых, от механических свойств обрабатываемого материала.

l – вылет. Под действием составляющей силы P_z , прямой, проходящей резец подвергается плоскому изгибу вследствие изгибаемого момента $M = P_z \cdot e$, с другой стороны изгибающий момент, допускаемый сечением державки резца:

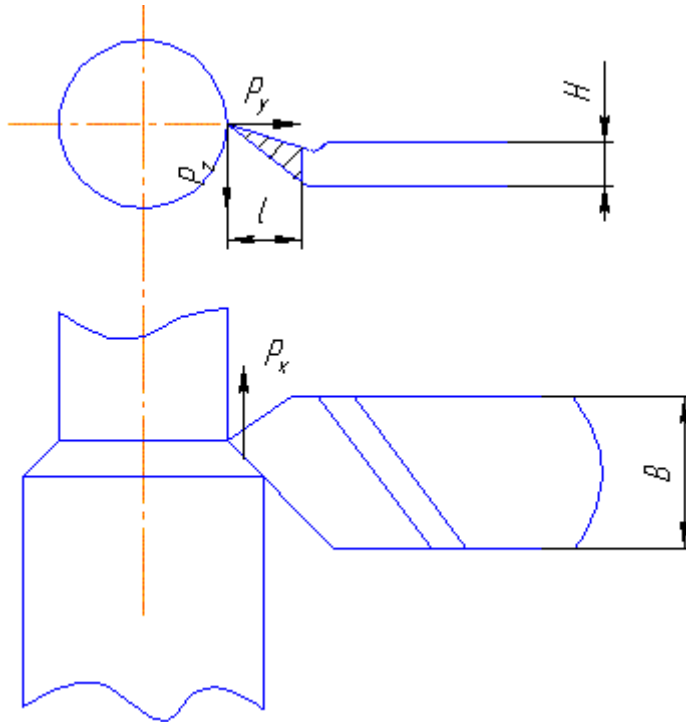


Рисунок 3. Схема действия сил при резании

$$M_1 = M_{\text{нпд}} \cdot \sigma_{\text{ср}} = W \cdot \sigma_{\text{ср}}, \text{ т.е. } P_z \cdot l \leq W_x \cdot \sigma_{\text{ср}};$$

$$W_x = \frac{B \cdot H^2}{6}$$

Для прямоугольного сечения

$$P_z \cdot l = \frac{B \cdot H^2}{6} \cdot \sigma_{\text{ср}}$$

$$H = 1,5B.$$

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,25 \cdot \sigma_{\text{ср}}}}$$

После такого расчета размеры поперечного сечения резца принимают по соответствующему ГОСТу. Для горячекатаной и ковальной, круглой, квадратной, углеродной и инструментальной стали. Для резцов с державкой из сырой углеродистой стали, ра-

ботающих без ударов, допускаемое напряжение на изгиб принимается 24 кг/мм. При прерывистом резании, связанном с динамическими нагрузками, напряжение 10...15 кг/мм². Радиальная составляющая сжимает державку резца, но т.к. вылет резца обычно незначителен, то расчет его на продольный изгиб делать не следует. Сила осевая значительно влияет на прочность резца за счет дополнительного изгибающего момента. В результате взаимного воздействия P_z и P_x резец подвергается косому изгибу. Когда производят расчет отогнутых проходных резцов, необходимо учитывать воздействие не только изгибающего, но и крутящего момента. При расчете отрезных резцов необходимо определять прочность головки в месте перехода от головки резца к телу, т.е. там, где площадь поперечного сечения наименьшая. Величины P_y и P_x приближенно оценивают следующим образом:

P_y принимается равным (0,4...0,5) P_z . $P_x=(0,3...0,4) P_z$ для острозаточенных резцов. По мере затупления резца P_x и P_y растут и у затупившегося резца имеют $0,75 P_z = P_y = P_x$.

Выбор формы передней грани

К форме передней грани предъявляется ряд определенных требований. Она должна максимально облегчать процесс стружкообразования, что требует больших передних углов. Во-вторых, передняя грань должна обеспечить достаточную прочность режущего клина, что требует применения малых передних углов, а иногда отрицательных. В-третьих, должна обеспечивать максимальное число переточек.

Форма передней грани резцов не стандартизована, но имеются нормы, в соответствии с которыми предусмотрены следующие формы заточки передней грани для твердосплавных резцов:

1) плоская с положительным передним углом. γ в зависимости от обрабатываемого материала. Такая передняя поверхность применяется для обработки серого чугуна, бронзы и других хрупких металлов.

2) с плоской отрицательной фаской. Применяется при обработке ковкого чугуна, стали и стального литья, а также при недостаточной жесткости технологической системы.

2а) плоская с отрицательной фаской и припаянном стружколомом. Применяется, при обработке стали и стального литья с временным напряжением до 80 МПа при необходимости завивания и дробления стружки.

3) криволинейная с отрицательной фаской. Применяется, при обработке стали при необходимости завивания и дробления стружки.

3а) плоская с мелкогазмерной лункой. Применяется, для обработки стали и стального литья невысокой прочности.

3б) плоская с мелкогазмерной лункой и отрицательным передним углом. Применяется, для обработки стали и стального литья.

4) плоская с отрицательным передним углом. Применяется, для черновой обработки стали и стального литья высокой прочности.

5) криволинейная с отрицательной фаской. Применяется для обработки нержавеющей сталей.

Стружколомающие устройства.

Стружка может считаться транспортабельной и удобной в работе, когда она отходит в виде отдельных кусочков или сегментов, колец или полуколец, коротких завитков, либо в виде сплошной спиральной пружины, направленной стружколомателем непосредственно в корыто станка. Стружка завивается и ломается в том случае, если встречается на своем пути по передней поверхности какое-либо препятствие. Форма стружки может служить критерием правильности стружколомателя. Для уменьшения дополнительных усилий на завивание и ломание стружки стружколоматель должен отламывать витки, когда он забьется в пределах 0,15...3 витка. Стружка в виде отдельных элементов или сегментов показывает, что давление, оказываемое им, слишком велико, то такая стружка хотя и удобна, но она разлетается во все стороны и требует дополнительных мер защиты от травм. Существенными факторами, влияющими и затрудняющими

стружконаполнение, является вязкость материала и сечение стружки с увеличением вязкости и с уменьшением сечения стружкоотделение ухудшается.

Скорость резания, равная 100...400 м/мин не оказывает существенное влияние на стружколомание, однако с повышением скорости резания наблюдаются некоторые ухудшения в стружколомании. Влияние глубины резания на стружколомателе тесно связано с выбором подачи.

Существует несколько методов ломания стружки:

- 1) определенная геометрия режущей части инструмента;
- 2) уступы на передней поверхности;
- 3) лунка на передней поверхности;
- 4) применение накладных стружколомателей;
- 5) применение стружколомателей, установленных вне инструмента;
- 6) специальные стружколоматели.

Стружколомание с помощью специальной геометрии режущей части резца имеет то преимущество, что оно не требует никаких дополнительных устройств или затрат.

Экспериментальным путем установлено, что наибольшее влияние на процесс стружколомания оказывает главный угол в плане – ϕ и передний угол α . С увеличением угла ϕ при одних и тех же глубине резания и подаче стружка становится толстой и жесткой.

По мере возрастания угла ϕ до 90, стружколомание улучшается. Резцы с ϕ -90 более удачны, чем проходные, поэтому в тех случаях, когда наряду с обработкой напроход требуется торцевая подрезка, лучше всего применить подрезные резцы. Угол наклона режущей кромки не оказывает существенного влияния на стружколомание. Уступы на передней поверхности обеспечивают удовлетворительное стружколомание при подачах более $0,25 \text{ мм/об} = S$. При меньших подачах стружколомание улучшается. Для особо вязких материалов стружколоматель в виде уступа не является универсальным. Размеры его, особенно ширина, зависят от режима резания, а также от механических свойств обрабатываемого материала.

Для предохранения от выкрашивания уступ рекомендуется затачивать под углом 105...115 градусов. Если уступ отклонен в пределах от 5...15 градусов, то стружколомание облегчается. Недостатки: повышенная прочность твердого сплава и отличается сложностью изготовления. Лунка на передней поверхности может быть легко получена путем абразивной заточки. Размеры лунки в зависимости от условий обработки в любой литературе.

Лунка подобна уступу, уменьшает использование твердого сплава, поэтому ее можно рекомендовать в тех случаях, когда применение накладного стружколомателя затруднительно. Накладные стружколоматели бывают как регулируемые, так и нерегулируемые. На практике применяются нерегулируемые. Когда на переднюю, поверхность резца напаивается стружколоматель, обычно армированной пластинкой твердого сплава. Он плотно прилегает к пластине.

Накладной стружколоматель позволяет повесить его высоту, это делает его несколько более универсальным.

Накладные нерегулируемые стружколоматели обладают рядом недостатков, основными из которых являются:

- 1) быстро изнашиваются;
- 2) отличаются сложностью изготовления и переточками;
- 3) недостаточно универсальны и не допускают полного использования твердосплавной пластинки.

Накладные, регулируемые стружколоматели более универсальны, т.к. позволяют широкое регулирование стружколомания при различных режимах резания. Все имеющиеся конструкции громоздки, они загромождают переднюю поверхность, на них скапливается стружка, поэтому широкого применения они не нашли.

Помимо приведенных предложен ряд новых методов и конструкций стружколомателей, основанных на других принципах:

- 1) динамически основанный на том, что сходящая стружка приводит во вращение стружколоматель, в виде ролика, установленный около передней поверхности.
- 2) Основанный на вибрации резца;
- 3) Кинематический метод, основанный на небольших колебательных движениях резца от движений кулачка.

Первые два метода требуют дальнейших доработок. Третий нашел применение в автомобилестроении при изготовлении роликовых подшипников.

Резцы, оснащенные твердыми сплавами

Конструкция резцов с твердыми сплавами должна обеспечивать:

- 1) высокую производительность за счет надежного крепления режущей пластинки и подборе соответствующей геометрии;
- 2) хороший отвод стружки, образующейся в большом количестве при работе резца;
- 3) экономичность за счет малого удельного расхода твердого сплава и простоты конструкции резцов.

В настоящее время существует 3 варианта твердосплавных резцов, когда твердосплавная пластинка напаяна на державку резца, с пластинкой, механически закрепленной в державке, с пластинкой, впаянной во вставку, которая механически крепится к державке резца. Крепление пластинки напайкой является наиболее старым способом. Механическое крепление разработано во многих вариантах. Действие изгибающих и скалывающих сил на пластинку при ее работе должно быть наименьшим. Для этого необходимо усиливать вершину пластинки за счет увеличения угла заострения. С этой целью принимают меньший передний угол.

При обработке закаленных сталей и обдирочных работах рекомендуется применять отрицательный передний угол. Резцы, оснащенные твердым сплавом, подвергаются износу, как по передней, так и по задней граням. Переточка резцов происходит по обеим поверхностям. Износ резца зависит от многих факторов, основными из которых являются род материала, инструмента, характер обрабатываемого материала, характер обработки, углы

Величина износа может колебаться в широких пределах. Теоретически при средних значениях, влияющих на износ параметров величина угла Θ колеблется в пределах $30-45^{\circ}$. Однако практически чистого износа не существует. При работе происходят мелкие сколы, выкрашивания. Эти дефекты обусловлены малой пластичностью твердых сплавов, сильно нарушают силу на-

правления износа, а следовательно, и напряженное перемещение вершины резца при переточках. Практически $\Theta=25-30^{\circ}$. В соответствии с этим, а также снижение трудоемкости заточки резцов с напаянными пластинками, а также снижение расхода твердого сплава, режущая пластинка впаивается обычно под углом $\gamma=15-18^{\circ}$ не зависимо от абсолютного значения переднего угла. Больше 18 градусов углы не принимаются. Стандартные резцы при работе с подачами более $0,5$ мм/об с общепринятой геометрией режущих элементов не обеспечивают задаваемого класса шероховатости поверхности. Для устранения этого недостатка новаторами производства предложены ряд разновидностей. Например, Чернавский разработал резцы со специальной конструкцией режущей головки. Основная особенность такого резца заключается в том, что часть вспомогательного режущего лезвия затачивается на длине к направлению подачи инструмента в работе. Углы ϕ и ϕ_1 принимаются обычной величины. Отрезные резцы

Отрезные резцы применяются как на токарных и револьверных станках, так и на автоматах и полуавтоматах. Работают отрезные резцы в наиболее тяжелых условиях, которые связаны с затрудненным отводом стружки из зоны резания, недостаточностью охлаждения, а также не благоприятной форме резца: при небольшом выступе тело имеет небольшое сечение. Причем ближе к центру заготовки, силы резания возрастают в $1,5...2$ раза по сравнению с началом отрезки. Большое значение для успешной работы отрезных резцов является правильность установки резца по отношению к заготовке. При установке отрезного резца выше центра на $0,1...0,2$ мм пластина твердого сплава напаяется вдоль передней поверхности. Установка резца ниже центра на величину более $1,5$ мм приводит к отрыву всей пластинки от державки. Практика показывает, что целесообразно устанавливать отрезные резцы из твердого сплава ниже центра детали на $0,5...1$ мм. Во избежание ослабления головки резца вспомогательные углы в плане приходится устанавливать небольшой величины в пределах $1^{\circ}30'-2^{\circ}$. Вспомогательные задние углы приходится делать тоже небольшой величины – $2...3$ градуса.

С целью повышения прочности твердых резцов приходится усиливать тело державки резца.

Наличие боковых сил, возникающих в процессе резания, часто вызывает отрыв твердосплавной пластинки от державки. В тех случаях, когда заготовку необходимо отрезать до конца приходится стачивать главную режущую кромку. В настоящее время широкое применение находят резцы с многогранными неперетачивающимися гранями. Они бывают с 3, 5, 6 гранями. Число граней выбирается в зависимости от необходимого угла φ . Эти пластинки держатся на державке механически, после износа поворачиваются и обработка ведется другой режущей кромкой. В тяжелом машиностроении широко применяются резцы с напаянными пластинами 60-80 кг. Головки сейчас снимаются и несут их на переточку, этот процесс упрощается. Резцы с минералокерамическими предметами могут изготавливаться:

- 1) припайкой;
- 2) механическое крепление пластинки.

Напайные резцы обычно недостаточно надежны, т.к. припай плохо спаивается с минералокерамической пластинкой и пластинкой предмета. Лучшие резцы получаются с предварительной металлизацией. Чаще всего пластинки крепятся механически.

Отрезные резцы

Отрезные резцы применяются как на токарных и револьверных станках, так и на автоматах и полуавтоматах. Работают отрезные резцы в наиболее тяжелых условиях, которые связаны с затрудненным отводом стружки из зоны резания, недостаточностью охлаждения, а также не благоприятной форме резца: при небольшом выступе тело имеет небольшое сечение. Причем ближе к центру заготовки, силы резания возрастают в 1,5...2 раза по сравнению с началом отрезки. Большое значение для успешной работы отрезных резцов является правильность установки резца по отношению к заготовке. При установке отрезного резца выше центра на 0,1...0,2 мм пластина твердого сплава напаяется вдоль передней поверхности. Установка резца ниже центра на величину более 1,5 мм приводит к отрыву всей пластинки от державки. Практика показывает, что целесообразно устанавливать отрезные резцы из твердого сплава ниже центра детали на

0,5...1 мм. Во избежание ослабления головки резца вспомогательные углы в плане приходится устанавливать небольшой величины в пределах $1^{\circ}30' - 2^{\circ}$. Вспомогательные задние углы приходится делать тоже небольшой величины – 2...3 градуса.

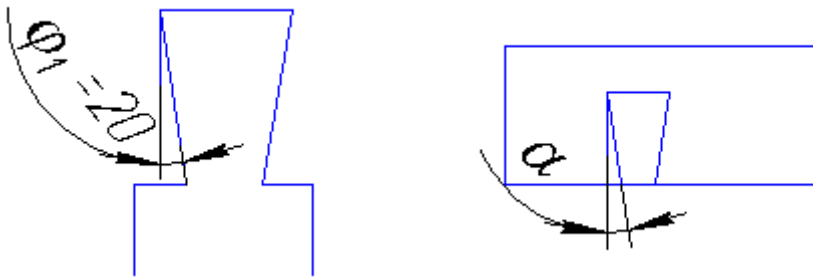


Рисунок 4. Форма отрезного резца.

С целью повышения прочности твердосплавных резцов необходимо усиливать тело державки резца.

Наличие боковых сил, возникающих в процессе резания, часто вызывает отрыв твердосплавной пластинки от державки. В тех случаях, когда заготовку необходимо отрезать до конца приходится стачивать главную режущую кромку. В настоящее время широкое применение находят резцы с многогранными неперетачивающимися гранями. Они бывают с 3, 5, 6 гранями. Число граней выбирается в зависимости от необходимого угла ϕ . Эти пластинки держатся на державке механически, после износа поворачиваются и обработка ведется другой режущей кромкой. В тяжелом машиностроении широко применяются резцы с напаянными пластинами 60-80 кг. Головки сейчас снимаются и несут их на переточку, этот процесс упрощается. Резцы с минералокерамическими предметами могут изготавливаться:

- 3) припайванием режущей пластики;
- 4) с механическим креплением пластинки.

Напаянные резцы обычно недостаточно надежны, т.к. припой плохо спаивается с минералокерамической пластинкой и пластинкой предмета. Лучшие резцы получаются с предварительной металлизацией. Чаще всего пластинки крепятся механически.

Фасонные резцы

При обтачивании фасонных деталей обычные токарные резцы не обеспечивают постоянства профиля. Кроме того они мало производительны, их применение для подобных целей может быть оправдано в условиях мелкосерийного производства. В условиях крупносерийного и массового производства в качестве основного инструмента для обработки фасонных деталей находят применение специальные фасонные резцы. Они обеспечивают идентичность формы, высокую точность размеров, высокопроизводительны и допускают большое количество переточек. Все фасонные резцы делят на 2 группы:

- 1) призматические;
- 2) круглые

Призматические резцы применяют для наружного обтачивания, а круглые как для наружного, так и для внутреннего.

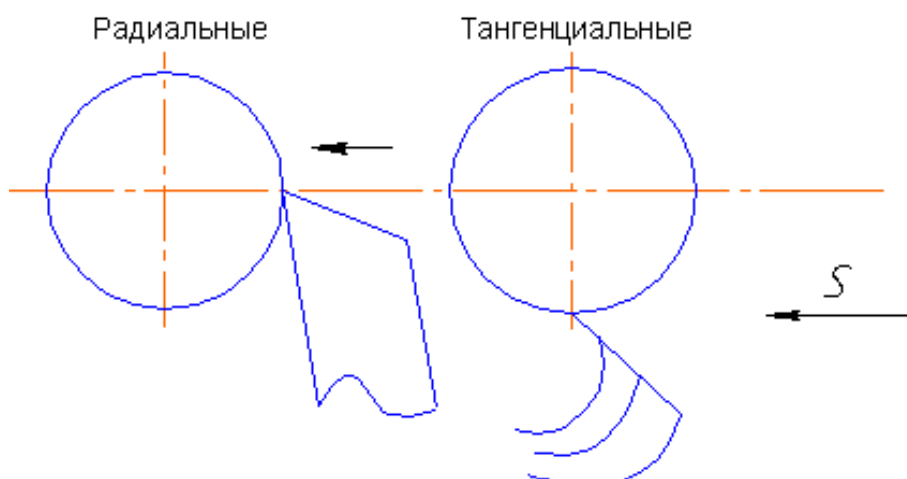


Рисунок 4. Схемы подачи фасонных резцов

В процессе работы призматические фасонные резцы могут иметь расположение базы крепления, может быть параллельна оси детали, либо наклонно к ней, с тем чтобы обеспечить благоприятные участки с целью получения оптимальных углов. Призматические фасонные резцы могут быть радиальными и тангенциальными. Радиальные резцы обычно имеют подачу радиально к обрабатываемой детали, а тангенциальные – касательно к обрабатываемой поверхности.

У радиальных снятие припуска осуществляется по всей ширине профиля, требуется снижение режима резания. У тангенциальных отдельные участки входят в работу постепенно и поэтому могут работать с более высокими режимами резания. Круглые фасонные резцы могут быть с кольцевыми образующими фасонными поверхностями, либо образующие, расположенными по винтовой линии.

Большее применение находят круглые фасонные резцы. Главным образом из-за простоты изготовления. Кроме того, эти резцы выдерживают большее количество переточек.

Призматические фасонные резцы обладают повышенной точностью и надежностью крепления.

Если у фасонного резца значения переднего и заднего углов будут равны 0, то профиль фасонного резца будет полностью идентичен профилю детали. В этом случае работать резец не будет. Поэтому как только α делается больше 0, появляется необходимость корректирования профиля фасонного резца, т.к. его профиль должен отличаться от требуемого профиля детали, т.е. наличие γ и α не устраняет необходимости коррекционных расчетов, не уменьшает ни трудоемкости расчетной работы, ни сложности технологии производства скорректированных фасонных резцов, поэтому и переднюю грань фасонных резцов следует затачивать по профилю, соответствующему обрабатываемой детали. Корректирование фасонных резцов может осуществляться двумя методами:

- 1) графический;
- 2) аналитический.

Преимуществом графического метода является его наглядность. К недостаткам следует отнести неточность, связанную с неточностью графических построений. Преимуществом аналитического метода является высокая точность определения размеров. Недостатком является сложность вычислений, особенно для криволинейных профилей. Графический метод применяют в тех случаях, когда фасонный резец рассчитывается для обработки неточных деталей криволинейной формы. Аналитический применяют тогда, когда деталь имеет высокую точность, но не сложную форму. При необходимости обработки детали высокой точ-

ности и сложной формы применяют оба метода и результаты сравнивают.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

В современном машиностроении для обработки отверстий применяются самые разнообразные инструменты в зависимости от назначения обрабатываемой детали, а также различных факторов технологического процесса. Самыми распространенными инструментами для обработки отверстий являются сверла, расточные инструменты, зенкеры, развертки, протяжки для внутреннего протягивания, шлифовальные круги, хонинговальные головки, алмазные резцы и т.п. инструменты.

Сверла предназначены для сверления отверстий в сплошном материале, для рассверливания отверстий – уже предварительно полученных литых, ковкой, для сверления конических углублений.

Основными типами сверл являются:

- 1) спиральные;
- 2) центрованные;
- 3) перовые;
- 4) специальные для глубоких отверстий;
- 5) головки для кольцевых сверл.

Из всех сверл наибольшее применение получили спиральные сверла. Они применяются для обработки отверстий, не требующих последующей обработки, под последующее зенкерование, развертывание, нарезание резьбы метчиками.

Существует ряд типов спиральных сверл:

- 1) длинные с цилиндрическим хвостовиком;
- 2) короткие с цилиндрическим хвостовиком;
- 3) левые с цилиндрическим хвостовиком;
- 4) с цилиндрическим хвостовиком и укороченной рабочей частью;
- 5) с коническим хвостовиком;
- 6) с усиленным коническим хвостовиком;
- 7) с удлиненным коническим хвостовиком;
- 8) с укороченным коническим хвостовиком;

9) с четырехгранным суживающимся хвостовиком.

За последнее время появилось много цельных твердосплавных хвостовиков.

Спиральные сверла, работающие в тяжелых условиях (для глубокого сверления), снабжаются каналами для подвода охлаждающей жидкости непосредственно к режущим кромкам. Для обработки ступенчатых отверстий применяются многоступенчатые спиральные сверла.

Конструктивные элементы спиральных сверл

Основными конструктивными элементами сверла являются: угол 2φ – угол режущей части; угол наклона винтовой канавки – ω . Углы режущих кромок – α и γ ; поперечная кромка (перемычка), от которой зависит ψ ; форма задней поверхности; форма канавки; ленточка; утонение калибрующей части; зажимная часть.

Угол φ является одним из основных конструктивных элементов сверла, который определяет его производительность и стойкость. Сверло имеет такое же значение как главный угол в плане у резцов. Наряду с углом наклона винтовой канавки он определяет передний угол, который измеряется в плоскости, перпендикулярной главной режущей кромки. Подобно главному углу в плане, угол φ у сверла влияет на составляющие усилия резания. При точении с увеличением φ осевая составляющая P_x возрастает, а P_z уменьшается.

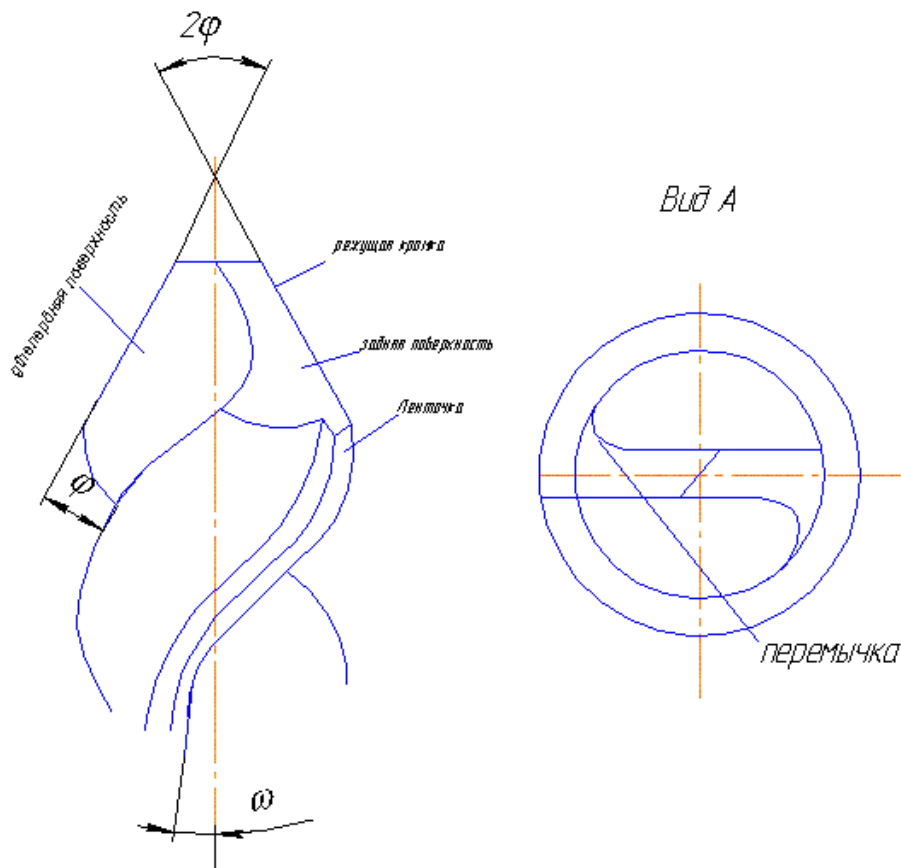


Рисунок 1. Элементы сверла

При сверлении сила подачи соответствует силе P_x , а крутящий момент включает в себя силу P_z , т.е. с увеличением угла 2ϕ осевая сила увеличивается и крутящий момент уменьшается. Большая заостренность вершины резца позволяет ему легче проникать в металл. С уменьшением угла ϕ - удлиняется режущая кромка, благодаря чему улучшается отвод тепла из зоны резания. Все эти факторы казалось должны были привести к использованию сверл с малыми углами 2ϕ , но в связи с невысокой погрешностью, при обработке металлов, малые углы не применяются. ϕ - выбирается на основании экспериментальных исследований, в зависимости от обрабатываемого материала. Для стали средней твердости принимается $\phi = 58^\circ \div 62^\circ$.

При сверлении листовой стали: $\phi = 62^\circ$,

При обработке мягких сплавов: $\phi = 58^\circ \div 60^\circ$

Самым быстроизнашивающимся местом являются уголки с ленточками, поэтому применяется двойная заточка сверл, место от конической и цилиндрической части.

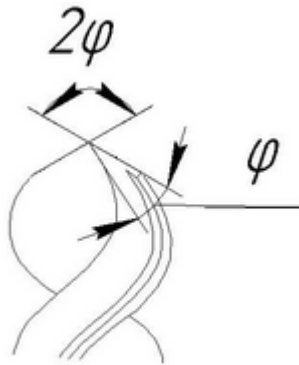


Рисунок 5. Схема двойной заточки

Двойная заточка приводит к лучшему теплоотводу и увеличению стойкости.

Затачивают по радиусу $r = 0,3-1,2$ в зависимости от размера сверла.

Геометрические параметры сверления, т.е. углы заточки определяются:

Задний угол α – есть угол между касательной к следу задней поверхности в данной точке режущей кромки и касательной в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла.

Измеряется задний угол в плоскости параллельной оси сверла.

Передний угол γ – есть угол между касательной к следу передней поверхности в данной точке режущей кромки к профилю в той же точке к окружности ее вращения вокруг оси сверла.

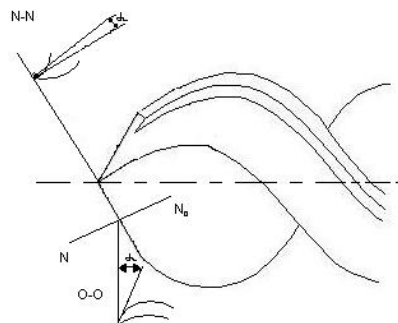


Рисунок 6. Углы режущей части

Измеряется передний угол в плоскости перпендикулярной кромке.

В процессе сверления сверло вращается и перемещается вдоль оси обрабатываемого отверстия в результате этих движений траектория резания в любой точке режущей кромки будет винтовая линия с шагом равным величине подачи.

Форма задней поверхности сверл

При заточке сверл оформляется главный угол ϕ , и задние углы на протяжении всей режущей кромки. Критерием правильной заточки является соблюдение значений углов в определенных пределах, а так же симметричности расположения этих кромок в осевом направлении, т.е. равенство длин у обеих режущих кромок. Не обладание симметричностью режущих кромок приводит к неравномерной их нагрузке.

Из-за биения сверло работает неправильно, отверстие получается повышенного размера. Заточка сверл обычно производится при относительном движении шлифовального круга и сверла создаваемого кинематикой станка. Задняя поверхность получается как огибающая последовательность положений соприкасающейся со сверлом плоскости круга. На практике встречаются 5 методов заточек:

1. По конической поверхности
2. По цилиндрической поверхности
3. По винтовой поверхности
4. по двум плоскостям
5. По одной плоскости

Наибольшее распространение получила заточка сверл по конической поверхности, т.е. поверхность сверла оформляется по воображаемому конусу.

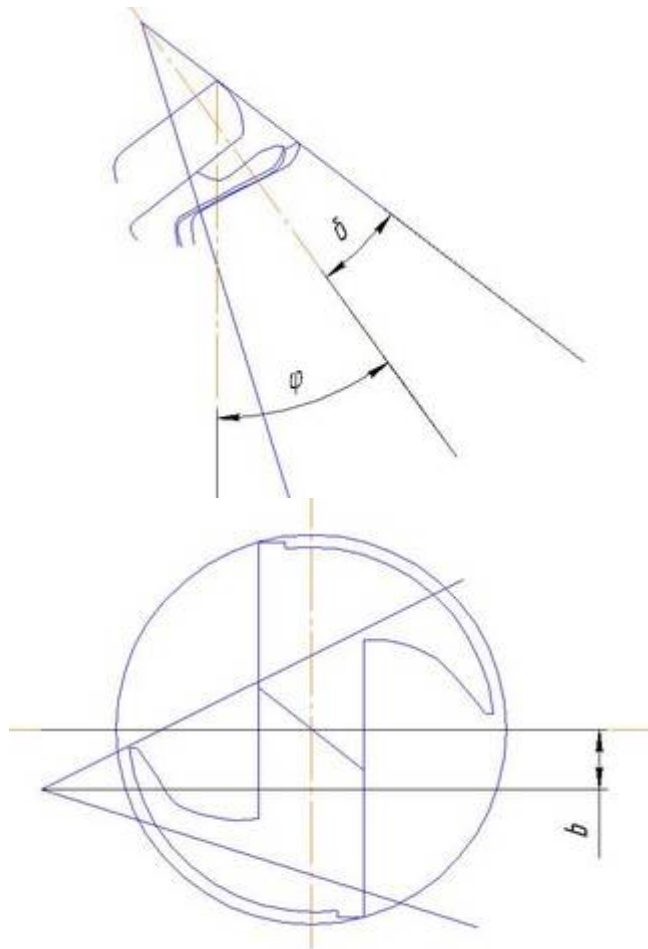


Рисунок 7. Схема заточки по конической поверхности

За счет смещения относительно оси обеспечивается величина угла. Заточка по цилиндрической поверхности производится также, только вместо воображаемого конуса принимается воображаемый цилиндр. Заточка по задней поверхности сверла по винтовой поверхности может быть осуществлена либо конусом шлифовального круга, либо его торцом. В первом случае заточка происходит по архимедовой винтовой поверхности. Во втором по эвольвентной винтовой поверхности. Преимущество первого метода – его непрерывность и легкое использование на станках, работающих по автоматическому циклу.

По двум плоскостям обычно затачиваются сверла оснащенные пластинами твердого сплава.

Заточка по одной плоскости производится для сверл малого диаметра, в том числе цельных твердосплавных сверл.

Форма канавки сверл

Профилю канавки сверл предъявляются следующие требования:

1. Форма должна обеспечивать необходимую прочность сверла.
2. Рациональное распределение металла по всему сечению сверла. Для предотвращения трещин во время термообработки.
3. Правильное образование стружки на режущей кромке и легкий отвод ее из канавки.

Обычно производят проектирование канавок сверл. Оно может выполняться либо графически, либо аналитически. Однако практически целесообразнее прежде установить форму образующую канавку сверла, способы контроля канавки сохранение этой формы в процессе работы, а потом проанализировать форму полученной канавки. Такое допущение вызывается тем, что ошибки, которые могут возникнуть при аналитических расчетах и при графическом построении профиля сверла, обычно приводят к большому его искажению. В настоящее время для образования канавок сверл приняты 2 профиля режущего инструмента:

1. упрощенный (рис. 8)
2. сложный (рис. 9)

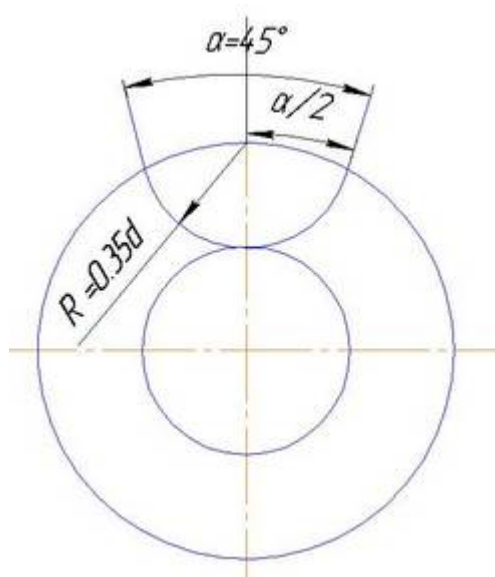


Рисунок 8. Упрощенный профиль канавки

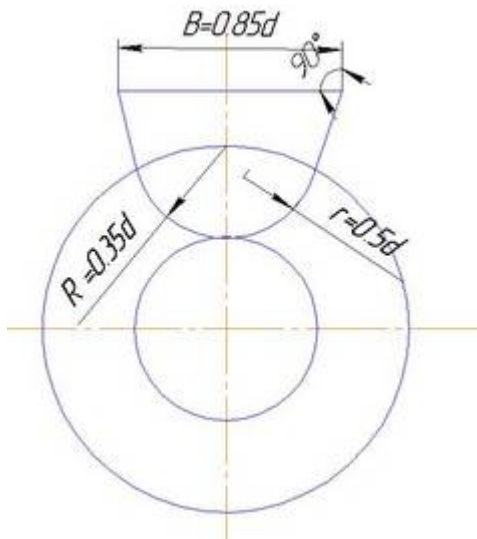


Рисунок 9. Сложный профиль канавки

Хвостовики сверла делают либо цилиндрическими либо коническими.

Сверла с цилиндрическим хвостовиком крепятся в центровочном патроне. Сверла с коническим хвостовиком крепятся в шпинделе или в переходниках втулок.

У сверл оснащенных твердым сплавом угол 2ϕ при сверлении закаленной стали чугуна $=130^\circ$, а при обработке цветных металлов – 118° . Передний угол принимается обработке чугунов $0-10^\circ$, при обработке закаленной стали $3-15^\circ$. Обратный конус у твердых сплавов сверл делается по длине режущей пластинки твердого сплава, остальная часть сверла делается цилиндрической. Сердцевина у них несколько увеличена.

Центровочные сверла

Для получения центровочных отверстий в деталях типа валик – применяются центровочные сверла типов:

1. Простые
2. Комбинированные
3. комбинированные с предохранительным конусом

Простые центровочные сверла по конструкции не отличаются от операционных сверл. С помощью них сверлятся цилиндрические отверстия.

Комбинированные сверла изготавливаются двух сторонними для лучшего использования материала.

Угол при вершине режущей части $\varphi=50-60^\circ$ в зависимости от обрабатываемого материала. Величина утонения преимущественно на 0,05–0,1мм на всю длину сверла в зависимости от диаметра сверла.

Передний угол у центрированного сверла $\gamma = 5-6^\circ$

Задний угол на периферии сверла $\alpha = 8^\circ$

Перовые сверла

Применяются редко. Режущая часть выполняется в виде пластинки снабженной режущими элементами. Применяются при обработке отверстий в отливках или поковках. Для больших диаметров изготавливаются со вставной рабочей частью. Угол резания угол при вершине выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для уменьшения трещин боковой стороны снабжены задним углом в пределах 5-8° утонения принимаются в пределах 0,05–0,1мм на всю длину сверла.

При длинных режущих кромках режущая часть делается с стружкоразделительными канавками. Они удобны тем, что могут использоваться как расточные резцы.

Сверла для глубокого сверления

Основные причины появления этих сверл:

1. Обеспечение прямолинейной оси.
2. Точность

Невозможно заточить одинаково режущие кромки. Спиральное сверло уходит и прямой линии невозможно обеспечить.

Под глубоким сверлением понимают сверление отверстий на глубину превышающую диаметр в 8 раз и выше. Применяются такие сверла на токарно - сверлильных станках; при вращающейся заготовке и не вращающимся инструменте.

Глубокому сверлению предъявляются следующие требования:

1. Прямолинейность оси отверстия

2. Концентричность отверстия по отношению к наружной поверхности
3. Цилиндричность отверстия по всей длине
4. Чистота и точность обработки в пределах между 2-м и 3-м классами точности

Сверла для глубокого сверления охватывают широкий диапазон диаметров в пределах от 6–400 мм. В практике встречаются различные конструкции сверл, обусловленные размерами деталей и техническими требованиями к ним. Наиболее часто для глубокого сверления применяются пушечные, ружейные сверла, спиральные сверла и головки для кольцевого сверления.

Пушечные сверла представляют собой стержень $\frac{1}{2}$ диаметра.

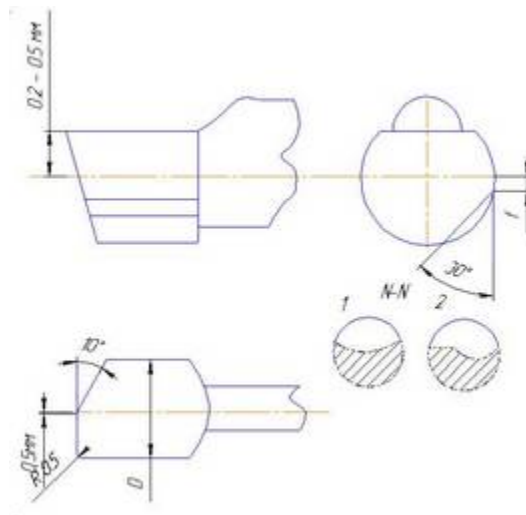


Рисунок 10. Пушечное сверло

Главная режущая кромка направлена перпендикулярно оси. А вспомогательная под углом 10° причем наличие главной режущей кромки на расстоянии 0,1 мм от оси сверла. Передняя поверхность во избежание заедания делается на 0,2–0,5 мм выше оси сверла. Вдоль всей длины режущей части на 30°
 $\alpha=8^\circ - 10^\circ$.

Величина утонения в пределах 0,03–0,5 на каждые 100 мм. длины. Для мелких сверл передняя поверхность с целью улучшения делается I-I, для других II.

По характеру своей работы такие сверла напоминают расточной резец, поэтому их можно применять при сверлении в кондукторе либо при предварительном надсверленном отверстии с

тем, чтобы обеспечить сверлу достаточную опорную поверхность. Более совершенным являются ружейные сверла. Они представляют цилиндрический стержень с внутренним отверстием для подвода охлаждающей жидкости. Особенность этих сверл заключается в следующем:

Вершина имеет одну режущую кромку, состоящую из двух частей. Вершина смещена относительно оси на величину b . Обычно принимается $b = a = 0,25d_{св}$ смещение вершины образует конус, служащий упором сверлу и обеспечивающим ему направление в процессе резания.

Обеспечение прямолинейности отверстия $\varphi < \varphi_1$, длина режущей кромки N больше другой режущей кромки W , поэтому усилие резания по кромке N больше чем усилие резания по кромке W . В частности радиальные составляющие $N > W$. Поэтому резание стремится к меньшей W -стороне.

Сверло не уведется и обеспечивает высокую точность обрабатываемого отверстия. Такими сверлами можно получить обработку с получением центра.

Для более глубокого сверления могут применяться и спиральные сверла с четырьмя режущими кромками и с четырьмя ленточками, которые обеспечивают лучшее направление такого сверла в работе. Они снабжаются центральными отверстиями для подвода охлаждающей жидкости. Такие сверла хотя и обладают высокой производительностью, но не обеспечивают достаточно чистой обрабатываемой поверхности, и не уведет от удара. Увод сверла связан с неправильной заточкой.

Сверла для кольцевого сверления

Кольцевые сверления применяются для отверстий больших диаметров (более 100 мм). Для отверстий малых диаметров этот процесс невыгоден, так как остающийся стержень получается небольшого диаметра и не может быть использован для других целей. В последнее время находят применение головки для колец сверления, которые целесообразно применять для диаметров 30 мм...

Сверло состоит из корпуса закрепленного в шпинделе резцами, причем режущие кромки резцов выступают за корпус со стороны наружного и внутреннего диаметра. При сверлении остается центральный стержень, который удаляется после окончания сверления. Направляющие головки в отверстии осуществляется с помощью направляющих пластин (деревянных, пластмассовых). Головка с пустотелым стержнем соединяется с помощью прямоугольной резьбы. Охлаждающая жидкость подается в зазор образуемый между стенкой головки и стенкой детали. Отвод стружки и охлаждающей жидкости производится между зазор обработанной поверхности и поверхностью корпуса головки. Особенность головки – принцип принудительного удаления стружки из сливной поверхности под действием СОЖ подаваемой под высоким давлением. Стружка не только деформируется, но и удаляется из зоны резания. Число зубьев таких головок выбирается четным в пределах от 6 до 12 в зависимости от диаметра отверстия или диаметра головки. Марка твердых сплавленных пластин выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Головки работают при скорости резания $50-60 \frac{м}{мин}$.

ЗЕНКЕРЫ

Зенкеры применяются для обработки ранее просверленных, отлитых или штампованных отверстий, а также для обработки конических и торцевых поверхностей. Зенкеры подразделяются:

1. Спиральные зенкеры. Служат для зенкерования отверстий, они могут давать увеличение отверстий от 0,7–3 мм в зависимости от размера и характера предварительной обработки отверстия.

2. Это цилиндрические зенкеры (зенковки) с направляющей цапфой, предназначенные для получения отверстия под цилиндрические головки вилок, или для обработки торцевых поверхностей отливок

3. Конические зенкеры (зенковки) применяемые для зенкерования конических отверстий под головки вместо удаления заусенцев с краев. А так же для зенкерования центровых отверстий в деталях. По способу крепления зенкеры бывают цепные и

насадные. По общему конструктивному отношению зенкеры подразделяют на цепные, сварные, сборные и с пластинками твердого сплава. Спиральные зенкеры широко применяют как промежуточные между сверлом и разверткой., подготавливая для расточки более точного отверстия. Спиральные зенкеры обычно бывают трех и четырехзубыми. Это обеспечивает лучшее поправление в отверстиях и более точную работу. У зенкера отсутствует поперечная кромка, что значительно улучшает и облегчает условия резания. Трехзубые зенкеры изготавливаются цельными, для обработки отверстий диаметром 10–32 мм. Четырехзубые зенкеры изготавливаются насадными и для лучшего центрирования имеют коническое отверстие, они изготавливаются для обработки отверстий диаметром 25–80 мм. Спиральные зенкеры обеспечивают точность не выше 4 класса.

Цилиндрические зенкеры с направляющей цапфой применяются для обработки цилиндрических углублений. Конические зенкеры применяются для проделывания конических отверстий под конические головки, для центрирования отверстий. Конические зенкеры различают конструктивно и углом конусности. По углу конусности зенкеры делятся на 4 группы: 30°, 60°, 90°, 120°. Наиболее распространенными являются зенкеры с углом конусности 60°, применяемые для зенкерования центров.

Основными конструктивными элементами зенкеров являются:

1. Форма режущей и калибрующей части
2. Число зубьев или канавок и их профиль
3. Углы резания и наклона канавок.

Зенкеры по своей форме напоминают сверло, для лучшего направления в работе, а также для получения большей точности и чистоты обработки они снабжаются большим числом режущих элементов. Его режущая часть выполняет основную работу по снятию припуска

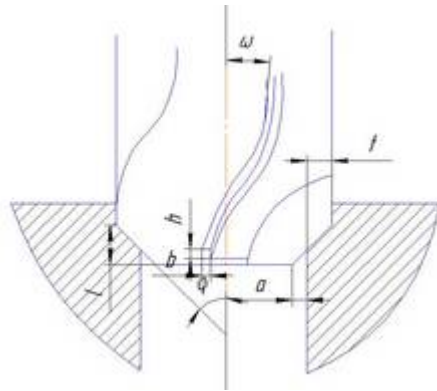


Рисунок 11. Конструктивные элементы зенкера

$$l = (t + a) \cdot \operatorname{ctg} \varphi$$

Основную работу резания по снятию припуска выполняет режущая часть – заточенная под углом φ .

l – длина торцевой части

φ – главный угол в плане резания.

a – дополнительная величина, которая принимается в пределах $0,5t < a < t$.

φ – принимается в зависимости от обрабатываемого материала. Для стали средней твердости φ колеблется в пределах $45^\circ - 60^\circ$.

Для твердых чугунов φ до 65°

Калибрующая часть зенкера, обрабатывая отверстия, обеспечивает точный размер и необходимую шероховатость поверхности. Калибрующая часть снабжается ленточками. Каждый зуб имеет свою ленточку.

Ширина и глубина ленточки принимается в зависимости от диаметра зенкера. Ширина колеблется в пределах: 1,2–2,8 мм.

Глубина колеблется в пределах: 0,35–0,8 мм в зависимости от размеров зенкера.

Слишком узкие ленточки не обеспечивают хорошего направления, не имеют запаса на переточку, а при слишком широком ухудшается процесс резания, так как увеличивается трение и происходит прилипание стружки на ленточке. Спиральные зенкеры аналогичны сверлам изготавливаются с обратной конусностью. Величина обратной конусности в пределах 0,004–0,1 мм на каждые 100 мм длины рабочей части зенкера. Профиль зубьев зависит от числа зубьев. Для трех зубьев, профиль имеет следующую форму:

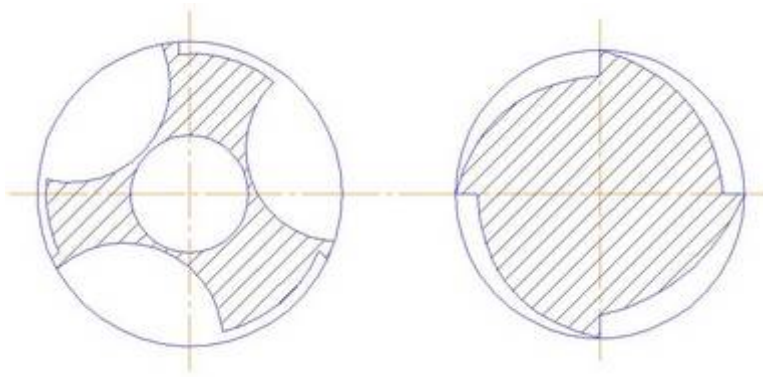


Рисунок 12. Профиль зубьев зенкера

Передний угол у зенкеров измеряется в плоскости перпендикулярной режущей кромке, а задний угол в плоскости параллельной оси зенкера.

При зенкерах со встроенными зубьями и твердо-сплавных зенкеров $\varphi=20^\circ$.

Передний угол зенкеров для быстрорежущих сталей применяется $\gamma=20^\circ$, для твердых сталей $\gamma=8^\circ$.

В зависимости от обрабатываемого материала потребитель перетачивает зенкеры, получает такой передний угол, который необходим для данного случая. При обработке твердых материалов, для твердосплавных зенкеров принимаем такие же передние углы.

Угол наклона канавок зенкера ω для трехзубых зенкеров $\omega=20-30^\circ$, для четырехзубых зенкеров $\omega=12^\circ - 15^\circ$

При обработке твердых материалов в твердых сплавах зенкер изготавливается с $\omega=0^\circ$. Качество зенкеров определяется техническими условиями по их составу. Они регламентируются ГОСТ 1677-53. Согласно этим техническим условиям ленточки, задней поверхности, конусы и отверстия под оправку должны быть шлифованы. Режущая кромка должна быть остро заточена, без завалов, трещин, направление ленточки относительно центров не должно превышать 0.0 мм. Твердость всех зенкеров должна быть в следующих пределах: Сталь 9ХС: HRC= 61-63 ед., быстрорежущая сталь HRC=63 - 65 ед.

РАЗВЕРТКИ

Развертки применяются для окончательной обработки отверстий предварительно просверленных, расточенных резцом или обработанных зенкером, к развернутому отверстию предъявляются следующие требования:

1. Строго цилиндрические формы.
2. Иметь заданное направление оси и чистые гладкие стенки.
3. размер отверстий должен быть в пределах допусков установленных классом точности. Развертками обычно получают отверстия третьего или второго класса точности. Третий класс точности обычно получают одной разверткой. Для получения второго класса точности два или три раза разворачивать.

Процесс разворачивания происходит при двух совместных движениях: поступательном вдоль оси и вращательном.

Развертки разделяются на ручные и машинные. Ручные применяются при работе вручную с помощью воротка или трещетки. Машинные применяют при работе на станках.

Как первые, так и вторые подразделяются на

1. цилиндрические цельные.
2. цилиндрические развернутые (установочные)
3. цилиндрические раздвижные.
4. спиральные, конические
5. коническая для получения различных конусов.

Конические развертки разделяются на группы в зависимости от того, для чего они предназначаются:

1. под метрические конуса
2. под конус Морзе
3. под конусные штифты
4. под отверстия конусностью 1:30

Развертки первых двух типов изготавливают комплектами, состоящими из 3-х или 2-х штук.

Цилиндрические развертки могут быть как цельными, так и насадными.

Меньше шести зубьев у развертки не бывает.

Основными конструктивными элементами являются:

1. Внешняя форма

2. Число зубьев
3. Шаг зубьев и их направление
4. Углы резания
5. Профиль канавки

Цилиндрическую развертку можно представить состоящую по длине из специальных частей:

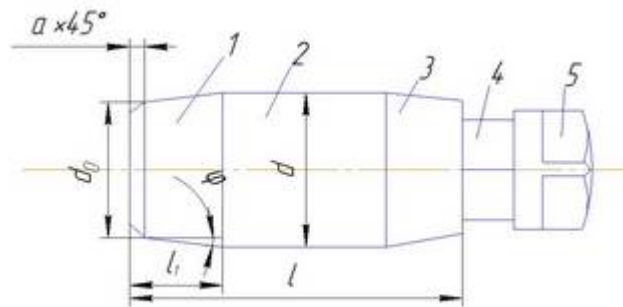


Рисунок 13. Общий вид развертки.

- 1 – заборный конус
- 2,3 – калибрующая часть
- 4 – шейка
- 5 – хвостовик.

Основную работу снятия припуска выполняет заборная часть. Калибрующая часть обеспечивает направление и калибрует отверстие. У разверток длин заборной части $l_1 = 0.2l$. Угол заборного конца:

- $\varphi = 1^\circ$ - у ручных
- $\varphi = 4-15^\circ$ у машинных

для машинных разверток ширина принимает короткую заборную часть, что способствует получению узкой длинной стружки, которая не забивает отверстия. На конце заборной части отверстия должна стоять фаска 45° , что предохраняет от выкрашивания зубьев при повешенном припуске, при других недостатках предварительно подготовленного отверстия. Калибр частично состоит из цилиндрической и конической частей с утонением по направлению к хвостовику. Цилиндрическая часть развертки калибрует отверстия, в то же время должна обеспечить точное направление развертки в работе. Длина цилиндрической части при-

нимается в зависимости от диаметра 14–48 мм. Цилиндрическая часть и машинных разверток принимается значительно короче: примерно в 2 раза меньше чем у ручных. Это возможно, потому что при станочной работе направление развертки уже достаточно обеспечено. Излишнее увеличение цилиндрической части может вызвать растачивание отверстия, а так же повышенный нагрев развертки. Конус калибрующей части уменьшает трение развертки о поверхность. Величина утонения конической части принимается в пределах 0.01–0.015 мм для машинных разверток. И от 0.04–0.06 мм для ручных разверток. Чем длиннее калибрующая часть развертки, тем тяжелее она работает, поэтому калибрующая часть машинных разверток принимают (0.25–0.3) диаметра развертки. На зубьях по цилиндрической части делают ленточку для лучшего направления. Ширина при машинной развертке в пределах (0.15–0.3) мм в зависимости от размера развертки. У ручных разверток в пределах (0.15–0.18). Шейка (у ручной и машинной) разверток предназначена для выхода и заточке зубьев. Длина принимается в пределах 8–8 мм, а диаметр на (0.5–1) мм меньше диаметра хвостовика. Хвостовая часть служит для закрепления развертки в работе. У ручной она выполняется в виде квадрата, а машинные либо с коническим, либо с цилиндрическими хвостовиком.

Число зубьев у разверток принимается в зависимости от их диаметра. Для ориентированного расчета пользуются следующими формулами:

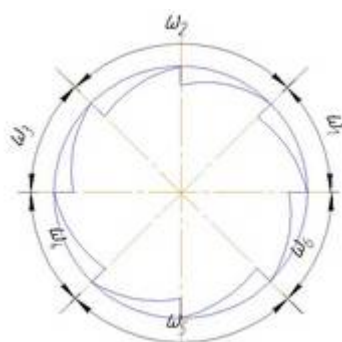
При развертывании стали и меди: $z = 2 - 1.5\sqrt{d}$

Для чугуна, бронзы: $z = 4 + 1.5\sqrt{d}$

d – диаметр развертки.

С целью улучшения технологии число зубьев принимается четным, при этом следующий размер легко замерить. При нечетном числе зубьев, измерение диаметра происходит в процессе изготовления, с помощью калибров, либо путем изготовления поковок развертки из легкоплавкого металла измеряемым после шлифования. Что бы получить отверстие строго цилиндрической формы, начальное число зубьев по окружности делают не одинаковым. Иначе при неравномерном снятии стружка в отдельных местах стенок отверстия (вследствие неоднородности), все по-

следующие зубья будут претерпевать удар в этих местах и развертка будет дробить и давать не круглые отверстия. При неодинаковым шаге зубьев периодичности не будет и отверстие даже при неоднородном материале получится строго цилиндрическим.



$$W_1 = 58^{\circ}2'$$

$$W_2 = 69^{\circ}3'$$

$$W_3 = 62^{\circ}5'$$

$$W_4 = 58^{\circ}2'$$

$$W_5 = 53^{\circ}5'$$

$$W_6 = 62^{\circ}5'$$

Рисунок 14. Расположение зубьев развертки

Число зубьев следует выбирать четным. Для удобства измерения необходимо центральные углы выбирать так, что бы каждая пара находилась на противоположном диаметре: $W_1 = W_4; W_2 = W_5; W_3 = W_6$. Величина углов колеблется. Разница между ними $7-10^{\circ}$, в зависимости от размеров развертки и конструктивных особенностей. Зубья разверток должны быть расположены так, что бы они могли резать и обеспечивать соответствующую точность отверстия. Они делаются или с угловыми выемками или без выемок, в частности пятигранник. Эти развертки работают трудно, так как угол резания 144° . Хотя они трудно режут, но зато делают отверстия очень высокой точности. Развертка первого типа обеспечивает лучший процесс резания, но не обеспечивает такую точность, как развертки с прямыми, так и с винтовыми канавками. Развертки с прямыми канавками обеспечивают высокую точность обработки и легкость изготовления. Развертки с винтовыми канавками легче режут, обеспечивают более высокое качество поверхности, но трудоемки в изготовлении. Развертки с винтовыми канавками применяются в основном при обработке прерывистых отверстий:

Угол наклона винтовых канавок противоположен резанию. Такая развертка давлением стружки не увлекается в отверстие, и благодаря этому плотно сидит в гнезде шпинделя. Она хотя и ре-

жет с большими углами, но дает отверстия точные и чистые. Углы подъема зубьев для разверток с углом $3^\circ - 5^\circ$ доходят до 30° .

Передний угол выбирается в зависимости от обрабатываемого материала и колеблется в пределах до 10°

Расчет допуска на размер развертки

Основным параметром, который обеспечивает точность обработки, является диаметр развертки.

Диаметр развертки является важнейшим параметром, так как, в конечном счете назначение размера развертки заключается в том, что бы обеспечить отверстия определенных размеров. Развертки для отверстий первого класса точности в машиностроении практически не встречаются. Отверстие 4 класса точности можно получить зенкером, либо простым растачиванием, поэтому при развертке система допусков включает 1 класс точности, наиболее применяемы 2–3 классы точности, тем более что эти классы охватывают наибольшее количество посадок (всего 22 посадки, 13 из них находятся во 2-м и 3-м классах точности).

Развертка имеет допуски, необходимо находить виз основных положений:

1. Развертка должна обеспечивать возможно большее количество переточек и она должна иметь определенный период износа.
2. Развертка в пределах запаса должна давать отверстия удовлетворительной точности. Точность размера и шероховатость поверхности.
3. Развертка должна иметь допуск на изготовление такой величины, чтобы его получение было технически возможно и экономически целесообразно.

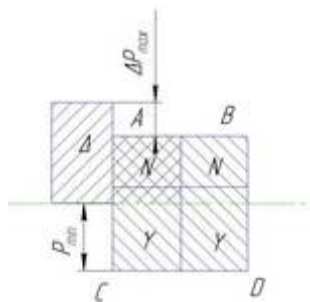


Рисунок 15. Схема расположения допусков развертки

Принята следующая схема расположения допуска га диаметр развертки:

Δ – необрабатываемое отверстие.

AB – верхнее отклонение

CD – нижнее отклонение

N – допуск на изготовление

Y – гарантированный запас на износ развертки в процессе эксплуатации.

P_{\max} - максимальная развертки отверстия.

P_{\min} - минимальная величина развертки отверстия.

При установлении системы допуска наибольшие затруднения возникают при определении верхнего отклонения. Развертка в процессе работы увеличивает размер отверстия. Во избежание брака приходится идти на занижение верхнего отклонения уменьшая этим гарантированный запас на износ. Разбивка отверстия производится с целью увеличения запаса на износ установить нижнее отклонение диаметра изношенной развертки ниже нижнего отклонения диаметра на величину P_{\min} . На величину развертки большое влияние оказывают следующие факторы:

конструктивные элементы развертки, обрабатываемый материал, режим резания, род СОЖ, метод крепления развертки, точность станка, и другие факторы.

Из-за сложности процесса развертывания, причины получения разбивки следующие: Разбивка может быть как отрицательной, так и положительной.

Отрицательная разбивка встречается при обработке высокопрочных закаленных материалов в условиях применения разверток с отрицательными углами. Отрицательные разбивки применяются при обработке материалов обладающих пластичностью и вязкостью.

Чаще встречается положительная разбивка отверстий и в частности применяется вертикальная $\frac{1}{3}\Delta$ max развертка. P_{\min} регламентируются.

Инструментальные заводы выпускают стандартные развертки трех размеров, которые рассчитаны на удовлетворение наи-

большому количеству посадок путем соответственно перешлифования диаметров развертки непосредственно у потребителя.

Протяжки и прошивки

Протяжки применяются для обработки свободных отверстий и наружной поверхности различных деталей. А прошивки лишь для обработки отверстий.

Протяжки работают на разрыв, а прошивки на сжатие (под прессом проталкиваются). Протяжки появились в начале текущего столетия и до сих пор получили широкое распространение.

Протяжки по сравнению с другими обладают:

1. Они одни из самых производительных инструментов.
2. Они позволяют получать высокую точность обработки и шероховатости поверхности при низкой квалификации рабочего.
3. Имеют высокую стойкость, как между отрицательными переточками, так и суммарную. Благодаря чему одна протяжка может обработать большое количество деталей (до нескольких десятков тысяч).
4. Вследствие, этого протяжки являются высокоэкономичным инструментом, то есть их стоимость, входящая в состав стоимости детали относительно не велика.

Протяжки являются узкоспециализированным инструментом, предназначенным и рассчитанным для обработки одной или нескольких деталей и достаточно дорогой. Это и обуславливает рентабельность применения протяжки в условиях массового и крупносерийного производства. За последние годы благодаря расширению шпоночных и шлицевых соединений протяжки для них применяться в условиях мелкосерийного производства. Протяжки обладают высокой производительностью, несмотря на то, что они работают с невысокими скоростями резания (3–8 м/мин), высокая производительность обеспечивается тем, что в работе одновременно находится большая часть длины режущей кромки. Высокая производительность протяжек обеспечивается тем, что на протягивание идут черновые, чистовые и калибрующие зубья.

Одной операцией протягивания могут быть заменены 2 или 3 операции.

Особенность: В процессе резания стружка не может быть удалена из впадин между зубьями протяжки, и должна полностью размещаться во впадине канавок.

Протяжки, применяемые в современном машиностроении, подразделяются на 2 вида:

1. Для протягивания замкнутых контуров – внутренние протяжки.
2. Для протягивания открытых поверхностей - наружные протяжки.

Внутренние протяжки применяются для обработки цилиндров, многогранных, шлицевых отверстий, шпоночных пазов.

Протягивание цилиндрических отверстий является завершенной операцией после предварительного сверления или черного растачивания. Обработка многогранного отверстия производится протягиванием, предварительно изготовленного круглого отверстия.

Протягивание шпоночных отверстий производится с помощью простой односторонней протяжки с применением направляющей втулки. Обработка шлицевых отверстий: производят так же предварительно обработанного круглого отверстия (все шлицы должны обрабатываться одновременно). У шлицевых соединений центрирование может быть по наружному диаметру, либо по внутреннему диаметру. Протяжка должна иметь круглые зубья для того, что бы снять припуск, и обеспечить центрирование. Протягиванием можно получить прямые и винтовые шлицы. Принудительное вращение получает либо протяжка, либо деталь.

Припуски под протягивание

Припуск под протягивание - слой металла, который остается после предварительной обработки соответствующим инструментом и удаляется в последствии протяжкой.

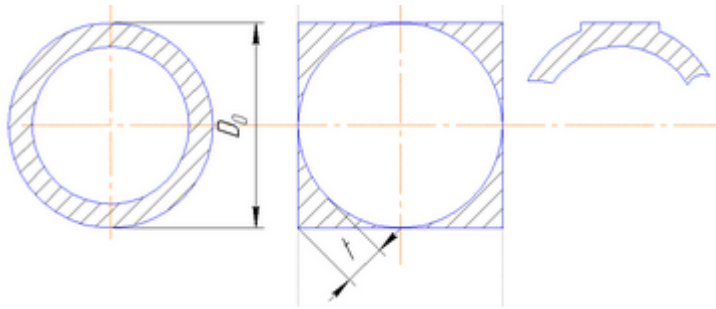


Рисунок 16. Припуски под протягивание

Для уменьшения длины протяжки припуск под протягивание должен приниматься возможно минимальным.

Схемы резания при протягивании

Схемы резания при протягивании показывают передаточное распределение работы по срезанию припуска между зубьями протяжки.

При выборе схемы резания необходимо учитывать ряд требований обеспечивающих лучшие условия при протягивании. Они следующие:

1. использование по возможности больших подач на зуб.
2. Обеспечение наилучшей длины протяжки.
3. Достижение заданной точности и шероховатости обрабатываемой поверхности.
4. Лучшее стружкообразование и соответствующая геометрия на главных и вспомогательных кромках.

При протягивании зубья протяжки могут срезать с заготовки заданный припуск в различной последовательности: сразу по всему контуру, поперечными слоями по определенной части контура. Каждый процесс срезания предопределяется своей схемой резания. Выбор схемы резания зависит от размеров и формы протягиваемой поверхности, от масштабов производства. От правильно выбранной схемы резания зависит длина протяжки, ее стойкость и технологичность изготовления в целях экономичности производить схемы протягивания:

Схемы резания:

1. Профильная

2. Генераторная
3. Прогрессивная

Первые две схемы являются методами одинарного резания, а третий – группового.

Профильная схема резания характеризуется тем, что каждый режущий зуб протяжки удаляет металл со всего обрабатываемого контура, срезает слой за счет превышения каждого последующего зуба относительно предыдущего.

Режущая кромка профиля параллельна обрабатываемой поверхности и не участвует в ее построении кроме последующего зуба, который образует обрабатываемую поверхность.

Если при обработке поверхности, круглая профильная схема резания нашла широкое распространение, то при шпоночных пазов профильная схема резания не применяется, так как протягивание протяжки очень затруднено.

Генераторная схема резания характеризуется отрезанием припуска, отличается узкими слоями расположенными перпендикулярно плоскости резания обработанной поверхности.

При этой схеме резания каждый зуб, отрезая припуск, одновременно с этим участвует в построении обработанной поверхности, которая получается в результате смещения ряда других элементарных поверхностей, обрабатываемых отдельными зубьями протяжки. При обработке происходит генераторная схема.

Наиболее выгодна эта схема при протягивании шпоночных пазов, но качество поверхности при генераторной схеме резания несколько хуже.

Для улучшения качества поверхности последние зубья следует делать по профильной схеме резания.

Прогрессивная схема характеризуется тем, что отдельные широкие слои металла срезаются не каждым зубом протяжки, а группой из нескольких зубьев. Зубья в пределах группы имеют одинаковые диаметры и высоты и срезают общий слой металла за счет улучшения режущей кромки последующего зуба в группе по отношению к предыдущему зубу. На каждый зуб при этой схеме приходится более узкая, но более толстая стружка, чем при профильной схеме резания. Обработанная поверхность обра-

зуются либо последней группой, либо зубьями работающими по профильной схеме.

Протяжки работающие по прогрессивной схеме резания получаются более короткими, но и более трудными в изготовлении. Применяют схему резания в тех случаях, когда используют экономично стали в условиях массового и крупносерийного производства. Несмотря на то, что все зубья секции имеют один и тот же размер, то есть высоту или диаметр, последующий зуб секции обычно уменьшают на 0,04–0,002 мм по сравнению с предыдущим, что бы в случае упругой деформации металла при резании зубьями секции, последующий зуб не срезал слой, на участках режущих кромок предыдущих зубьев, и тем самым не создавал стружку.

В зависимости от используемых разделительных устройств, групповая схема резания имеет различные варианты своего исполнения:

1. Шахматная
2. Переменная
3. трапециидальная и ряд других.

Если секция состоит из трех или более зубьев, то у первых кроме последующих шлицевые выступы располагаются в шахматном порядке, а последующие делаются без выступов по профильной схеме резания.

Достоинство схемы резания: она допускает большие подачи на зуб, и позволяет значительно сократить длину протяжки.

Недостаток: на боковых сторонах выступов, создать задние углы, в связи с этим условия резания значительно затрудняются.

Вариант смешанного резания групповой схемы: имеет черновые зубья, так же работающие секциями, но не затылованные шлицевые выступы.

Многогранный вариант групповой схемы резания имеет так же черновые зубья построенные секциями, но построение режущих участков производится с помощью затыловочных ленточек. Применять указанный вариант схемы резания наиболее целесообразно при четырех- и пятизубых секциях, так как при двух- и трехзубых значительно уменьшается величина подачи, величина подъема и допуск, условия разделения стружки. Схемы резания

предположительно имеют черновые секции, состоящие из 2-х зубьев.

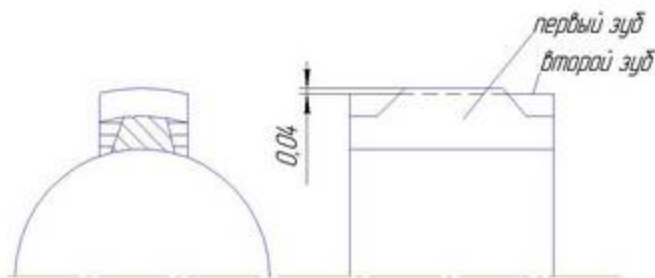


Рисунок 17. Схема срезания припуска при групповой схеме резания

Такие протяжки позволяют применять подъем на зуб 0,4 мм, что значительно уменьшает длину протяжки. Традиционный вариант групповой схемы обеспечивает срезание припуска секциями, состоящими из 2 и 3 зубьев. Сопоставляя приведенные схемы резания при протягивании необходимо отметить, что профильная схема резания обладает недостатком, который препятствует повышению производительности и эффективности процесса протягивания, который заключается в следующем:

1. Протягивание осуществляется периметром зуба, что требует создания стружкоразделительных устройств, которые уменьшают стойкость протяжки.
2. Ослабляется прочность режущих кромок на уголках в месте сопряжения стружкоразделительных канавок. С режущей кромкой.
3. Отсутствие заднего угла на вспомогательных режущих кромках.

Протяжки, изготовленные по генераторной схеме резания, являются более технологичными в изготовлении, но обеспечивают более точный профиль. Прогрессивная схема резания позволяет сжимать более толстые стружки, что важно при протягивании необработанных поверхностей литья и поковок. Они менее технологичны в изготовлении, но тем не менее эта схема шире применяется.

Силы резания при протягивании

Протяжка при работе находится под воздействием силы резания, для противодействия которой она должна иметь соответствующую прочность. Усилия суммарные резания при протягивании складываются. Расчет протяжек на прочность проще под воздействием $P=P_z+P_y+P_x$ силы P_z . Силы P_x P_y обычно не велики. Работают на сжатие тела протяжки и при расчете не учитываются. Усилие резания P_t можно определить эмпирически g_j формуле

$$P_t=p \times f \times z,$$

где p - удельная сила резания срезаемого слоя,

f – площадь, снимаемая одним зубом,

z – число зубьев, одновременно находящихся в работе.

Величина удельной силы резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала и толщины срезаемого слоя. Известно, чем хрупче обрабатываемый материал, тем больше значение имеет удельная сила.

ФРЕЗЫ

Фрезы являются одним из самых распространенных инструментов в машиностроении. Из общего парка станков 18% составляют фрезерные станки. В ряде производств доля фрезерных станков составляет до 50–60%. Ни один инструмент не обладает таким разнообразием типов использования как фрезы. Их огромное преимущество заключается в том, что фрезы позволяют производить фасонную обработку деталей, причем для этого не требуется ни сложных приспособлений, ни высокой квалификации рабочих. Фрезы – единственный инструмент, допускающий сложную фасонную обработку. Фрезерование по своим техническим факторам, то есть по экономичности, производительности, сложности и др. часто является более выгодной операцией по сравнению со строганием, точением и так далее.

Помимо универсальных фрезерных станков широко применяются станки резьбонарезные, зубонарезные – узкая специали-

зация. Все типы фрез в зависимости от условий классифицируют следующим образом:

1. По назначению:
 - а) фрезы общего назначения;
 - б) фрезы затылованные.
2. По форме задней поверхности зубьев:
 - а) фрезы с острозаточенными зубьями;
 - б) фрезу затылованные;
3. По форме зубьев:
 - а) с прямыми зубьями;
 - б) с винтовыми зубьями;
4. По способу крепления:
 - а) фрезы насадные;
 - б) фрезы концевые (с цилиндрическим или коническим хвостовиком).
5. По конструкции инструмента:
 - а) цельные
 - б) составные
 - в) сборные со вставными зубьями, корпус у которой изготавливают из легированных сталей, а зубья из быстрорежущей стали или легированных сталей.

Фрезы применяются для обработки плоских и фасонных поверхностей.

Для обработки плоскостей применяют: цилиндрические, торцевые, дисковые, фрезы-пилы, угловые, концевые.

Цилиндрические фрезы имеют винтовые зубья, расположенные по цилиндрической поверхности, угол стружечных канавок в пределах $30\text{--}40^\circ$. Стандартные фрезы диаметром $40\text{--}700$ мм. Торцевые насадные фрезы имеют зубья, как на цилиндрической, так и на торцевой поверхности. Основная работа выполняется зубьями, расположенными на цилиндрической поверхности, а торцевые зачищают обработанную поверхность. Стандартный диаметр: $40\text{--}100$ мм.

Дисковые фрезы бывают 4-х типов:

Пазовые, двухсторонние, трехсторонние, регулируемые.

Пазовые фрезы имеют зубья на цилиндрической части.

Двухсторонние фрезы имеют зубья на цилиндрической поверхности и зубья на одном их торцов. У трехсторонних зубья на

расположены как на цилиндрической, так и на обоих торцах. Часто такие фрезы изготавливают с переменным наклоном зубьев, что бы осевые усилия уравновесить. Пазовые фрезы изготавливают диаметром 50–100 мм. У 2- и 3-сторонних фрез диаметр 63–125 мм. Так как основным размером дисковых фрез является его ширина, то часто делают регулируемые фрезы (за счет прокладки регулируют фрезы, ширина не менее 12 мм.)

Фрезы пилы являются разновидностью инструментов применяемых на отдельных станках, в связи с тем, что они находят применение при фрезерных работах, они введены в номенклатуру фрезерных инструментов. Размеры фрез пил стандартизованы. Угловые фрезы находят применение преимущественно при фрезеровании канавок на инструментах, они могут быть одно угловыми и двух угловыми. 2-угловые фрезы бывают симметричными и не симметричными. Угловые несимметричные фрезы применяют для фрезерования прямых и винтовых канавок у различных деталей и инструментов. А симметричные, при фрезеровании стружечных канавок у фасонных фрез. Кольцевые фрезы представляют собой группу фрез отличающихся тем, что они крепятся в шпинделе станка либо с помощью конического, либо цилиндрического хвостовика. Они разделяются на кольцевые обыкновенные, на кольцевые шпоночные, кольцевые для Т-образных пазов и кольцевые для сегментных шпонок, кольцевые твердосплавные.

Сборочные фрезы со вставными зубьями получили широкое распространение, так как они требуют значительно меньшего количества высококачественной инструментальной стали и позволяют более эффективно использовать твердые сплавы. Изготовление твердосплавных фрез обычно обходится дороже, но в эксплуатации они более рентабельны, так как износившиеся и поломавшиеся зубья можно сменить, корпус может служить длительное время. Сборные фрезы должны быть не сложными, то есть технологичными в изготовлении, удобными при сборке и разработке, прочными и жесткими в условиях ударных нагрузок. Детали должны быть взаимозаменяемы. Сборными могут изготавливаться все типы фрез.

Фрезы для обработки фасонных поверхностей обычно делят на 6 типов:

1. полукруглые
2. для сложных очертаний.
3. для канавок спиральных сверл
4. для насадных зенкеров
5. для канавок развертки
6. для канавок метчиков

Полукруглые фрезы бывают выпуклые и вогнутые.

Полукруглые фрезы применяются для фрезерования полукруглых канавок и с выступом радиусом 1,5–16 мм

КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И РАСЧЕТ ФРЕЗ С ОСТРОЗАТЕЧЕННЫМИ ЗУБЬЯМИ

Основными конструктивными элементами фрез и острозаточенными зубьями являются: диаметр фрезы, число зубьев и их шаг, форма зуба, его высота. Радиус закругления у основания зуба и геометрические параметры режущих элементов фрез.

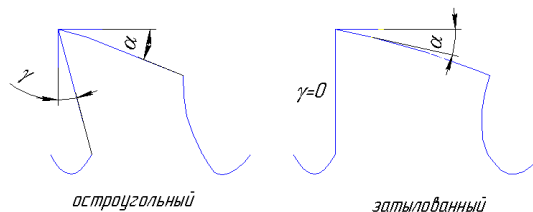


Рисунок 17. Форма зубьев фрезы.

Диаметр фрезы является важным конструктивным элементом, влияет на процесс фрезерования.

С повышением диаметра фрезы увеличивается время, то есть снижается производительность. Но с увеличением диаметра фрезы увеличивается число зубьев, улучшается отвод тепла, и если другие факторы режимов резания остаются неизменными, то несколько снижается производительность.

Обычно наружный диаметр фрезы выбирается в зависимости от диаметра оправки: $D = (2.2 \dots 2.3)d$, то задача по определению диаметра фрезы сводится к определению диаметра оправки. Диаметр оправки определяют двумя путями:

1. Расчет на прочность под действием изгибающего и крутящего момента.

2. по максимальному допустимому прогибу оправки.
Оправки чаще всего просчитываются на прочность:

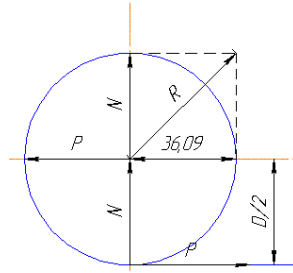


Рисунок 18. Схема действия сил при фрезеровании.

Перенесем N вверх:

$$M_{кр} = \frac{P \cdot D}{2},$$

$$R = \sqrt{P^2 + N^2}$$

Если фреза насадная, то

$$M_{изг} = \frac{3}{16} \cdot R \cdot l$$

- цилиндрическая насадная

$$M_{изг} = R \cdot l$$

где l – расстояние от точки приложения силы до шпинделя.

$$M_c = \sqrt{M_{изг}^2 + M_{ср}^2}$$

$W = 0.1d^3$ - момент сопротивления круглого сечения

$$D = \sqrt[3]{\frac{10M_c}{\delta_u}}$$

где δ – дополнительное напряжение на изгиб.

Диаметры оправок нельзя принимать произвольно. Наиболее часто применяются: 16, 22, 27, 32, 40, 50, 60,...

Наружные диаметры фрез в соответствии с ГОСТом будут располагаться в соответствии со знаменателем ряда ϕ . Основной ряд будет принят с $\phi = 1.26$, $\phi = 1.58$. Будет давать совпадение через 1 значение диаметра, а для $\phi = 1.41$ через 2 числа.

Новый ряд сокращает номенклатуру диаметров фрез на 30%. Обеспечивает получение на станках заранее выбранной скорости путем соответствия: подбора чисел оборотов шпинделя. Разность не превышает 12%

Ширина фрезы выбирается в зависимости от ширины фрезеруемой поверхности.

Число зубьев у различных фрез зависит от характера их работы и режимов резания. Обработка практических данных показывает, что для условий свободного размещения стружки в пространстве между зубьями при обработке стали, можно установить следующие зависимости: для цилиндрических концевых и фасочных фрез:

$$z = \frac{0.2 \cdot D}{t_{\max}^{0.5} \cdot S_{z \max}^{0.5}},$$

Для торцевых:

$$z = \frac{0.6 \cdot D}{t_{\max}^{0.5} \cdot S_{z \max}^{0.5}},$$

где t_{\max} - максимальная глубина резания, $S_{z \max}$ - наибольшая подача на 1 зуб в мм.

При обработке чугунов и других хрупких материалов, пространство между зубьями не шлифуется, число зубьев можно увеличить до 50%. Для цилиндрических фрез число зубьев можно определить по формуле:

$$z = m \cdot \sqrt{D}$$

Для цилиндрических фрез с мелким зубом коэффициент принимается $m = 2$, а для фрез с крупным зубом коэффициент $m=0.9 \dots 1$. Фрезы с мелким зубом, обычно применяют при обработке хрупких материалов и деталей с небольшим припуском, а фрезы с крупным зубом, при обработке стали и других материалов и деталей со значительным припуском. Определяют шаг:

$$t = \frac{\pi \cdot D}{z}$$

При выборе формы зуба необходимо учитывать, что зуб должен иметь надлежащую прочность и впадина перед ним должна свободно размещать отделяемую стружку.

В настоящее время находят применение 3-и формы зубьев:

1. Трапециидальная форма

Не высокая прочность, плохо работает, так как $\gamma=0$ и применяется для малоответственного инструмента.

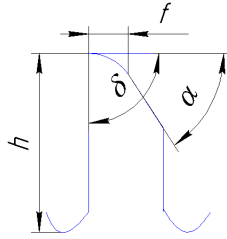


Рисунок 19. Трапециидальная форма зуба

2. Форма зуба с двойной спинкой.

Отличительная особенность этой формы, состоит в том, что она кроме обычного затылования поверхности имеет дополнительную затыловочную поверхность, благодаря этому зуб этот более прочный и может работать при снятии стружки большого сечения наличие переднего угла γ – улучшает условия резания. Повышенная толщина зуба приводит к увеличению шага, а, следовательно, и уменьшению числа зубьев фрезы.

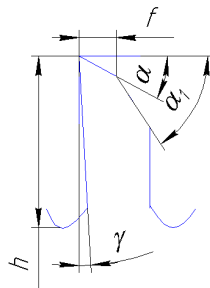


Рисунок 20. Форма зуба с двойной спинкой

3. Криволинейная форма зуба.

Данная форма зуба отличается большой прочностью и применяется для изготовления фрез снимающих большой припуск.

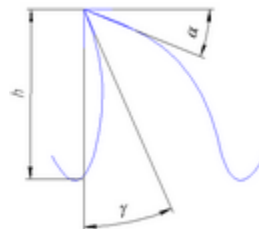


Рисунок 21. Криволинейная форма зубьев

ВЫСОТА ЗУБА ФРЕЗЫ

Чем выше зуб фрезы, тем она долговечнее, так как допускает большее количество переточек с другой стороны, чем выше зуб, тем меньше его прочность, так как увеличивается изгибающий момент, действующий на зуб. Обычно высоту зуба ограничивают:

$$h = k \cdot \frac{D}{z},$$

где k – коэффициент, принимаемый для
кольцевых протяжек: $k = 0.9 \dots 1.2$

торцевых и цилиндрических с круглым зубом: $k = 1.2 \dots 1.5$

для цилиндрическим с мелким зубом: $k = 0.8 \dots 0.9$

D – наружный диаметр фрезы

z – число зубьев фрезы.

У основания зуб заканчивается радиусом r

Величина радиуса выбирается из условия свободного размещения отходящей стружки во впадине. Обычно:

$$r = \sqrt{\frac{S_z \cdot t \cdot k_c}{\pi}},$$

где z – радиус закругления,

S_z - величина подъема на зуб.

t – глубина резания

k_c - коэффициент, учитывающий плотность стружки.

$K = 3 \dots 4$.

π – известно

выводим:

$$\begin{cases} F_{\text{стружки}} = S_z \cdot t \\ F = \pi \cdot r^2 \end{cases}$$

Геометрические параметры режущих элементов

К геометрическим параметрам режущих элементов фрез относятся: γ , α , φ – главный угол в плане и вспомогательный угол в плане, φ_1 и угол наклона зубьев ω .

Передний угол γ – выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для чугунов $\gamma=10\dots15^\circ$, при обработке стали $\gamma=10\dots20^\circ$. Величину заднего угла на основной затыловочной части принимают от условий обработки $\alpha=12\dots30^\circ$, в зависимости от типа фрез главный угол в плане φ предназначается для изменения соотношения между шириной и толщиной стружки, чаще $\varphi=60^\circ$.

Вспомогательный угол предназначается для свободного перемещения торцевой плоскости в процессе резания. В зависимости от типа фрезы необходимо проектировать с косыми или винтовыми зубьями. Прямые зубья хотя и просты в изготовлении, но работают крайне не равномерно. Косые и винтовые зубья входят в заготовку и выходят из нее постепенно, поэтому работают более плавно.

ФРЕЗЫ С ЗАТЫЛОВАННЫМИ ЗУБЬЯМИ

У фрез с затылованными зубьями затылованная поверхность оформляется по определенной кривой, для обеспечения точности формы обрабатываемой поверхности передний угол принимается равным 0. В некоторых случаях γ делают положительным до $+10^\circ$, но это приводит к искажению профиля и требуется дополнительная корректировка профиля по высоте. Задний угол у таких фрез образуется касательной по направлению резания и касательной к кривой образующей заднюю поверхность зуба фрезы. $A=10^\circ\dots15^\circ$, зная α можно подсчитать падение зуба фрезы – k , позволяющее получить величину хода затыловочного резца.

Требования к затылованным поверхностям:

1. При затыловании необходимо, чтобы высота профиля фрезы после переточки оставалась постоянной. Этому условию удовлетворяет ряд кривых.

2. Зуб при переточках должен сохранять первоначальный задний угол α , то есть угол между касательной в определенной точке и радиус-вектором в той же точке должен быть постоянным, этому условно удовлетворяет лишь одна кривая логарифмическая спираль.

На практике для оформления затыловочной поверхности затылованных фрез применяют архимедову спираль. Ее можно получить на станке, так как и ϕ и R_e изменяется по арифметической прогрессии.

$$k = \frac{\pi \cdot D}{z} \operatorname{tg} \alpha$$

Во-первых, величина падения затылка - точно соответствует архимедовой спирали. Архимедова спираль не обеспечивает постоянство заднего угла, но разница не велика и разница составляет $1^\circ 46'$, что существенного влияния на погрешность профиля не оказывает. При упрощенном оформлении профиля зубьев логарифмические или архимедовые спирали могут быть заменены дугой круга, так как радиусы кривых как логарифмической или архимедовой спирали мало отличаются от радиуса окружности. В выражение для определения падения затылка зуба фрезы подставляется значение заднего угла на вершине зуба. Минимально допустимая величина заднего угла - не должна быть меньше 4° . В противном случае условия резания значительно ухудшаются.

Задний угол на боковых сторонах профиля можно увеличить несколькими путями:

1. За счет увеличения заднего угла на вершине зуба в пределах до 15° (но не выше, так как в противном случае зуб становится излишне заостренным и слишком увеличивается глубина канавки для выхода затылованного резца)

2. Установка детали под углом, обеспечивающим оптимальное значение заднего угла; этот способ пригоден при открытом одностороннем резании, но не приемлем для фрезерования замкнутого или вогнутого профиля.

3. Косое заднее затылование при котором движение затыловочного резца происходит под углом к оси фрезы за счет поворота под этим углом верхней части суппорта станка.

Оформлять затылки зубьев фрез целесообразно по архимедовой спирали, так упрощается изготовление фрез и задние углы зубьев, хотя и перемещены по длине кривой, но не имеющей существенного влияния на условия резания. Диаметр кулачка к затыловочному станку должен выбираться в соответствии с расчетным диаметром фрезы, так как заданные задние углы получаются

только тогда, когда диаметр кулачка соответствует расчетному диаметру фрезы. Наружный диаметр таких фрез выбирается, как и обычных, число зубьев затылованных фрез должно быть выбрано, так чтобы толщина зуба обеспечивала значительное количество переточек по передней поверхности, а так же обеспечивала достаточное пространство между зубьями для свободного размещения отходящей стружки.

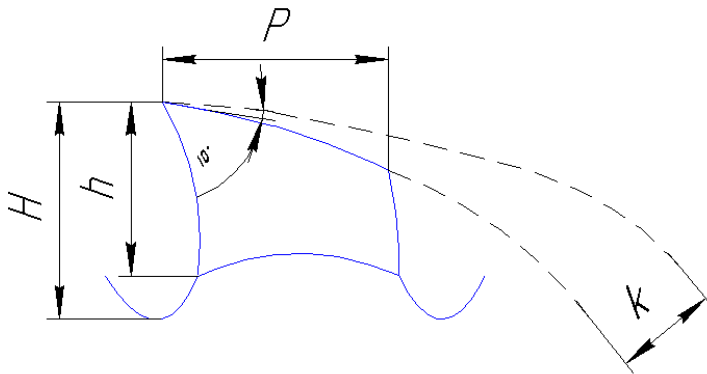


Рисунок 22. Форма и размеры затылованного зуба

$$P = (0.8 \dots 1.0)H$$

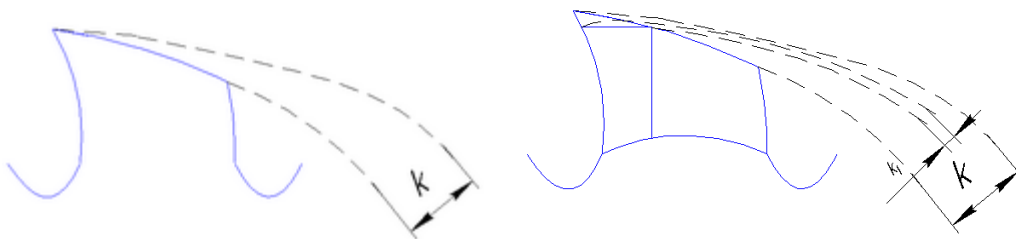
H – высота зуба

h – высота профиля

k – величина падения

r – радиус закругления у основания зуба

Затылование может быть одинарным и двойным. У фрез со шлифованным профилем применяются двойное затылование.



а) Одинарное затылование

б) Двойное затылование

Рисунок 23. Виды затылования

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

В машиностроении самыми распространенными деталями с резьбой. Резьбу можно получать:

1. Нарезанием, пластичной деформацией (накатывание). Наибольшее распространение для получения резьбы имеют следующие инструменты: метчики, которые применяются на гайко-нарезных станках и автоматах, резьбонарезные на токарных станках, а так же для ручного получения, обычно для получения внутренней резьбы.

2. Для нарезания наружной резьбы чаще применяются круглые резьбонарезные плашки, которые, не смотря на недостатки, имеют широкое распространение в машиностроении из-за универсальности, дешевизны и простоты в эксплуатации.

3. Нарезание резьбы резцами и гребенками находят широкое применение на токарно-винторезных станках и автоматах, при небольших партиях деталей, либо в тех случаях, когда нарезание резьбы другими методами нецелесообразно или невозможно, например, нарезание круглых резьб.

4. Резьбонарезные фрезы применяются для наружной и внутренней резьбы трапециидального и остроугольного типа. Отличительной особенностью является: высокая производительность, однако невысокое качество получаемой резьбы.

5. Резьбонарезные головки применяются для наружной и для внутренней резьб, имеют ряд преимуществ особенно по сравнению с круглыми плашками, но они не нашли широкого применения из-за сложности в эксплуатации.

6. Резьбошлифование получает все большее распространение из-за высоких показателей, как по точности, так и по качеству поверхностей. Эта операция применяется не только как отделочная, но и для получения резьб на закаленных деталях. Шлифовальные круги могут быть одновинтовой или многвинтовой формы.

7. Накатывание резьбы роликами и плашками. Формообразование резьбы осуществляется за счет пластичной деформации металла. Новым методом резьбонарезания является скоростное нарезание резьбы с помощью вращающихся головок, нарезание осуществляется стальными резцами из твердых сплавов. Этот ме-

тод высокопроизводительный, делает особо чистую поверхность близкую к шлифованной.

МЕТЧИКИ

Метчики представляют собой инструмент для нарезания резьб в отверстиях. Процесс нарезания происходит при двух относительных движениях. Поступательное движение инструмента и вращающееся движение инструмента или детали. В зависимости от нарезания метчики делятся на: ручные, гаечные, машинно-ручные, плашечные и маточные, сборные и специальные. Ручные метчики обычно изготавливают комплектами, состоящими из 2-х или 3-х метчиков. Все метчики имеют различные диаметры, причем реальный профиль имеет чистовой метчик. Ручные метчики по виду нарезанной резьбы разделяются на 4 типа: для нарезания метрической резьбы, дюймовой, трубной резьбы, прямоугольной и трапецеидальной. Первые 2 типа стандартизованы, а другие не стандартизованы. Гаечные метчики бывают 4-х типов:

1. с коротким хвостовиком
2. с длинным хвостовиком
3. длинные хвостовики машинные
4. с изогнутым хвостовиком.

К гаечным с коротким хвостовиком относятся такие, у которых отношение рабочей длины к общей длине составляет;

$$\frac{l}{z} = 0.45$$

Для метчиков с длинным хвостовиком;

$$\frac{l}{z} \leq 0.45$$

Гаечные метчики с коротким хвостовиком находят применение на заводах изготовителях гаек на токарных станках либо вручную. Гаечные метчики с длинными хвостовиками применяют на многошпиндельных станках, на которых гайка навинчивается на конец хвостовика и их делают с длинным хвостовиком.

Метчики с изогнутым хвостовиком применяют для нарезания резьб на специальных гайконарезных автоматах. Гайки по-

даются к заборной части метчика для последующего нарезания. После чего сходят к изогнутому хвостовику.

Ручные метчики применяются для получения мелких резьб. Машинным путем нарезают резьбы всех размеров, а вручную только с шагом до трех миллиметров включительно.

Плашечные и маточные метчики служат для нарезания резьбы в круглых резьбонарезных плашках. Плашечный метчик производит предварительное нарезание резьбы, а для получения совершенно правильной и чистой резьбы применяется маточный. Он за один проход обеспечивает $0,9t$ глубины резьбы. Маточный снимает $0,1t$, при этом маточный метчик имеет более мелкие канавки и часто они делаются винтовыми.

Сборные метчики могут быть 3-х видов:

1. регулируемые
2. нерегулируемые
3. самовыключающиеся

У нерегулируемых метчиков режущие элементы изготавливают из быстрорежущей стали, которые крепят механически или приваривают к корпусу метчика из конструкционной стали. Регулируемые метчики применяются для нарезания резьб большого диаметра, причем благодаря конструкции можно регулировать. Самовыключающиеся метчики изготавливают в виде резьбонарезных головок размером в зависимости от диаметра нарезаемой резьбы. Они отличаются особенностью: после окончания нарезания резьбы плашки раздвигают и метчики выводят из отверстия поступательно.

Метчик-протяжка. Он предложен токарем-новатором – Даниловым. Этот инструмент предназначен для многозаходных трапецеидальных и метрических резьб. Основной особенностью является расположение хвостовика впереди режущей части. Выполнение заборной части по всей длине метчика с небольшой конусной частью. У этого инструмента обычный метод нарезания заменен методом протягивания. Применение таких метчиков значительно сокращает количество метчиков в комплекте. Исследования показали, что применение таких метчиков при нарезании многозаходных резьб повышает производительность до 15 раз при высоком качестве резьбы.

ПЛАШКИ

Предназначены для нарезания наружных резьб как вручную, так и на станках. В зависимости от конструктивных форм и применения плашки делят на 2 группы:

1. круглые
2. раздвижные

Круглые бывают: цельные, прорезные и трубчатые. Круглые применяют для нарезания цилиндрических и конических резьб на токарных, револьверных станках и автоматах. Они обеспечивают получение достаточно чистой резьбы, но быстро изнашиваются. Цельные плашки по мере изнашивания могут превращаться в прорезные.

Качество резьбы нарезанной прорезными, невысокий, так как диаметры не искажаются.

Круглые плашки для нарезания конической резьбы стандартизованы. Они не отличаются по внешнему виду от плашек для цилиндрической резьбы, но высота плашек зависит от вида нарезаемой резьбы.

Трубчатые плашки, представляют собой цилиндрическую трубу, на которую надевают кольцо, с помощью которого калибруют резьбу, для нарезания резьбы трубчатые плашки применяются.

Раздвижные плашки состоят из 2-х половинок, что позволяет нарезать резьбу без предварительной обработки заготовки.

РЕЗЬБОНАРЕЗНЫЕ ГОЛОВКИ ДЛЯ НАРУЖНОЙ РЕЗЬБЫ

Самораскрывающиеся резьбовые головки являются более совершенным инструментом для нарезания резьбы по сравнению с плашками. Они имеют большую производительность. В резьбонарезных головках гребенки по окончании нарезания резьбы отходят от детали, это позволяет возвращать головки в исходное положение без реверсирования заготовки, что сокращает время холостого хода. Различают 2 вида:

1. радиальные
2. тангенциальные

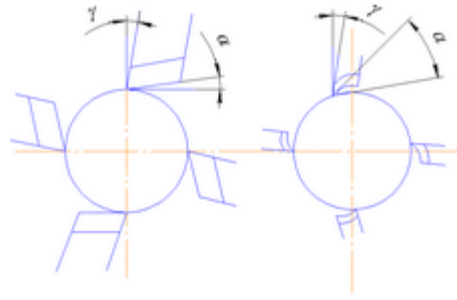


Рисунок 24. Схема работы резбонарезной гребенки

Радиальные подразделяются на:

- 1) гребенки с прямолинейной задней поверхностью,
- 2) с криволинейной задней поверхностью.

При настройке радиальные гребенки сдвигаются по радиусу, а так же смещаются по касательной к нарезаемой детали.

Головки различают так же по форме гребенок. Это головки с призматическими или круглыми гребенками радиального типа. Гребенки устанавливаются на $\frac{1}{4}$ оборота относительно друг друга. Больше применение имеют головки с радиальными гребенками, так как они допускают большое количество переточек и обеспечивают быстрое и точное регулирование на размер резьбы.

РЕЗБОНАРЕЗНЫЕ ГОЛОВКИ С РАДИАЛЬНЫМИ КРУГЛЫМИ ПЛАШКАМИ

Резбонарезные головки с радиальными круглыми плашками могут быть вращающимися и стационарными, тему и другими можно нарезать резьбы с шагом 4 – 90мм. Вращающиеся головки типа 1КА,...,6КА предназначены для нарезания резьбы на сверлильных станках и специальных автоматах. Установку гребенок на угол подъема нарезаемой резьбы производят за счет шлифовального кулачка, каждую гребенку при установке на головку смещают относительно друг друга в осевом направлении.

ВИХРЕВОЙ МЕТОД НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Метод вихревого или скоростного нарезания резьбы, вращающимся резцом осуществляется с помощью быстроходной головки, установленной на суппорте токарно-винторезного станка.

При этом происходит процесс прерывистого резания с большой скоростью. Такое нарезание резьбы может быть осуществлено 2-я способами:

1. способ внутреннего касания, когда нарезаемая деталь находится внутри траектории резца, это достигается смещением оси резца, по отношению к оси детали;
2. способ внешнего касания, когда деталь находится вне траектории резца.

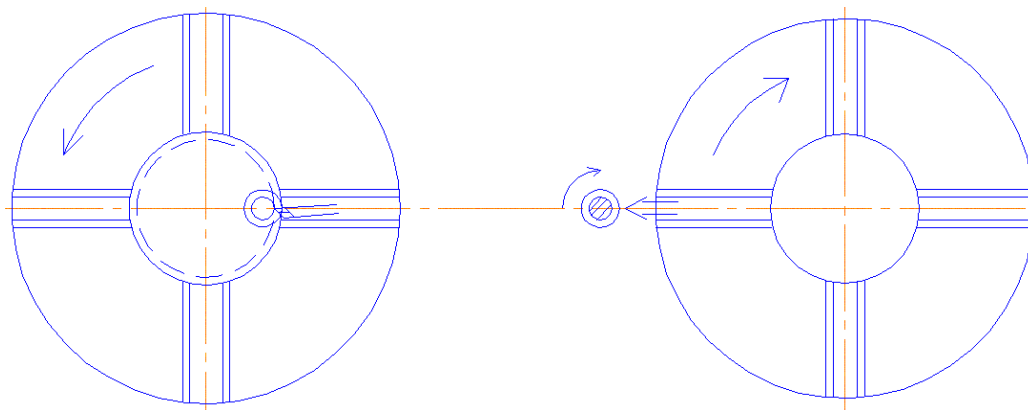


Рисунок 25. Схема вихревого метода нарезания резьбы

Первый способ лучше. Эффективность этого метода в 2.5–3 раза выше по сравнению с обычным резьбонарезанием. Для скоростного резьбонарезания могут быть использованы любые токарные станки имеющих возможность вращения со скоростью $V=100\dots450$ об/мин. Заготовка вращается со скоростью 6...40 об/мин (это движение подачи) головка имеет и поступательные перемещения равные шагу нарезаемой резьбы за время одного оборота заготовки. Направление вращения головки обычно противоположное, но могут и совпадать. Нарезание резьбы происходит за 1 проход. Ударные нагрузки не особенно осуществляются. Число резцов у таких головок принимается от 2 до 12. При нарезании однозаходных резьб, все резцы устанавливаются в одной плоскости. При нарезании многозаходных резьб в нескольких плоскостях в зависимости от числа заходов. Скорост-

ное нарезание резьбы обеспечивает высокую точность а шероховатость поверхности близка к шлифованной.

РЕЗЬБОВЫЕ ФРЕЗЫ

Резьбовые фрезы встречаются двух типов:

1. дисковые
2. цилиндрические или гребенчатые

Форма зубьев, как у дисковых, так и у гребенчатых, соответствует профилю нарезаемой резьбы. Дисковые фрезы применяют для нарезания крупных резьб (наружных), гребенчатые фрезы применяют для использования мелких фрез как наружных, так и внутренних гребенчатых. Фрезы могут быть хвостовые или насадные. Хвостовую фрезу применяют для нарезания внутренней резьбы.

Наружные диаметры гребенчатых фрез зависят от высоты профиля резьбы от диаметра окружности и метода крепления. Применяют диаметры 45–70 мм, диаметры отверстия 16–32 мм.

Гребенчатые фрезы изготавливают длиной не более 100мм. с увеличением длины усложняется его термическая обработка. Для каждого конкретного случая длина фрезы больше на 2 – 3 витка, чем длина наружной резьбы. В качестве нормализации приняты длины 15–90 мм через каждые 5 мм. Число зубьев выбирается таким путем, что бы в зацеплении с заготовкой находилось не менее двух зубьев с целью обеспечения равномерного фрезерования. Для обеспечения выхода резца из затылования угол впадины делается значительно больше, чем обычных фрез в пределах 45°.

Наружный диаметр дисковых фрез принимается в зависимости от размеров нарезанной резьбы и конструкции резьбофрезерного станка. Обычно оси бывают с симметричным профилем или нет. При симметричном профиле: для уменьшения диаметра фрез, ее устанавливают под углом и профиль не симметричен, это уменьшает их диаметр. Стандартно дисковые фрезы изготавливают: диаметров 60–180 мм с диаметром отверстия 20–60 мм и толщиной 10–40 мм

Дисковые фрезы затылуются. Число зубьев выбирается из условия равномерности фрезерования. Что бы в процессе работы в зацеплении находились не меньше 2-х зубьев.

ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАКАТЫВАНИЯ РЕЗЬБ

Накатывание резьб по сравнению с другими методами обеспечивает более высокую производительность резьбообразования. Достоинства во многих случаях точность нарезанной резьбы и высокое качество обработанной поверхности. Накатывание резьбы осуществляется на резьбонакатных станках, которые по виду применяют накатной инструмент следующих типов:

1. с плоскими резьбовыми плашками;
2. с круглыми резьбовыми;
3. с круглым резьбовым роликом и дуговой пластиной.

АБРАЗИВНЫЕ И АЛМАЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

К абразивным инструментам относятся шлифовальные круги, головки, бруски, у которых режущими элементами являются зерна абразивного материала. Шлифовальные круги представляют собой пористое тело, состоящее из абразивных зерен, связанных друг с другом цементирующим составом (связкой). Абразивные зерна являются режущими, снимающими в процессе обработки стружку с обрабатываемого изделия. Шлифовальные круги как режущий инструмент имеют по сравнению с другими инструментами ряд преимуществ:

1. Они обеспечивают высокую точность и малую шероховатость поверхности.
2. Имеют высокую твердость абразивных зерен, позволяющих обрабатывать материал любой твердости, а также закаленных сталей.
3. Шлифовальные круги обладают свойством самозатачивания, т.е. в процессе резания восстанавливают режущие свойства.

Шлифовальные круги характеризуются:

- 1) родом абразивного материала;
- 2) зернистостью;
- 3) родом связки;
- 4) структурой;
- 5) формой и размерами.

Все абразивные материалы подразделяют на естественные и искусственные. К естественным относят наждак, кварцекорунд. К

искусственным относятся электрокорунд, монокорунд, карбид кремния, карбид бора.

Естественные абразивные материалы обладают неоднородностью и содержат примеси и изготавливаются для домашних нужд (точить ножи, косы).

Искусственные абразивные материалы при изготовлении шлифовальных кругов – широкое применение электрокорунды. Выплавляют в электрических печах при $T=2000...2050$ градусов из Al_2O_3 . В зависимости от % Al_2O_3 электрокорунды подразделяются:

1. Электрокорунд нормальный с содержанием Al_2O_3 89-91%. Марки: 12А, 13А, 14А, 15А, 16А.

2. Электрокорунд белый с содержанием Al_2O_3 до 97% Марки: 23А, 24А, 25А, (22А).

Последнее время появились электрокорунды легированные различными присадками: электрокорунд хромистый и электрокорунд титанистый.

3. Зерна монокорунда состоят из отдельных кристаллов или их осколков (они имеют значительное количество режущих кромок). Применяется с зернистостью не выше 60. Обозначается 4А(М). Марки: 43А, 44А, 45А.

4. Карбид кремния (карборунд) получают в электропечах при $T=1800...1850$ градусов из материалов, богатых кремнием (кварцевый песок или желтый кварц), а также материалов с высоким содержанием кокса. В зависимости от процентного содержания различают 2 основных вида этого материала: 1) карбид кремния зеленый с содержанием 97% карбида кремния (SiC). Обозначается 6С (КЗ). Марки: 62С, 63С, 64С; 2) карбид кремния черный (темно-синего, черного цвета) с содержанием карбида кремния до 95%. Обозначается 5С (КЧ). Марки: 53С, 54С, 55С.

Карбид кремния зеленый обладает большой твердостью, но меньшей вязкостью. Карбид бора получают при плавке борной кислоты и кокса. При травлении зерна получают очень мелкими и применяется этот материал для изготовления микропорошков.

Борсиликокарбид получают путем восстановительной плавки в печах смеси борной кислоты, песка и угля. Шлифовальная способность выше чем карбида бора.

Электрокорунд нормальный применяется для обработки материалов с высоким сопротивлением на разрыв: стали, ковкого чугуна, бронзы, серого чугуна, алюминия и т.д. Электрокорунд белый может быть применен для обработки тех же материалов; в связи с высокой стоимостью его применяют для ответственных операций (шлифование резьбы, зубья, суперфиниш, хонингование).

Карбид кремния зеленый применяется для обработки твердых сплавов.

Карбид кремния черный применяется для обработки хрупких материалов с малым сопротивлением на разрыв (латунь, медь, бронза). Карбид кремния в некоторых случаях применяется для правки шлифовальных кругов.

Монокорунд применяется при заточке инструмента, для шлифования шеек коленчатых валов, т.к. позволяет получать шероховатость.

Карбид бора применяется для изготовления порошковых паст, для доводки твердосплавного инструмента.

Электрокорунд хромистый и титанистый применяют в тех же случаях что и нормальный. У них более высокая стойкость.

Зернистость

Абразивные материалы по крупности зерна подразделяют:

- 1) шлифовальное зерно с 200...16 ~ 2000 мкм;
- 2) шлифовальные порошки с 12...3 ~ 160 мкм;
- 3) микропорошки М40...М14;
- 4) тонкие микропорошки М10...М5.

Зернистость регламентируется ГОСТом. № зерна и шлифовальных порошков определяется методом 2-х смежных предельных сит, снабженных квадрат. Зерна, проходящие через одно сито, но остающиеся на другом, более мелком, обозначают номером первого сита. Из-за колебания линейных размеров зерна, а также неточности изготовления сита, в кругах допускают до 20% крупного зерна и до 30% более мелкого зерна. № зерна для микропорошков и тонких микропорошков устанавливают микроскопическим методом. В зависимости от % содержания основной фракции при соблюдении норм по остальным фракциям № зернистости дополняется соответственно буквенным индексом: В, П (55% (2000мкм)); Н (45%); Д (41% (2000мкм)).

Выбор зернистости зависит от вида точности и качества обработки. Для круглого предварительного шлифования выбирается в пределах 40...50. Для окончательного шлифования 10...25. Для внутреннего шлифования 16...40. Причем с уменьшением диаметра отверстия зерно должно быть мельче. Для плоского предварительного шлифования 80...160. Для окончательного шлифования 16...40. Эти рекомендации являются ориентировочными. № зерна приходится выбирать экспериментальным путем в зависимости от свойств обрабатываемого материала, режимов обработки и т.д.

Связка круга

Качество и экономичность работы шлифовального круга зависят от правильно выбранной связки. Для изготовления кругов применяют 2 группы связок:

1. Неорганическая. К ней относятся: магнезиальные, силикатовые, керамические.

2. Магнезиальная связка: бакелитовая и вулканитовая.

Для малоответственных кругов из наждака и естественного корунда. Состоит из магнезита и хроститого магния

3. Силикатовая связка состоит из смеси глины, кремневой пыли и жидкого стекла. Эта связка обладает достаточной прочностью, однако плохо сцепляется с зернами абразивного материала. (Обозначение - О).

1. Керамические связки содержат полевой шпат и кварцевую глину. Благодаря своей универсальности является основной для изготовления шлифовальных кругов. По водоупорности, огнеупорности и химической стойкости она превосходит все связки. Из-за малой упругости и большой хрупкости керамическая связка не допускает изготовление тонких кругов. Круги на керамической связке не обеспечивают зеркальную поверхность из-за своей хрупкости. Они требуют длительную термообработку, поэтому цикл их обработки составляет несколько недель. Все-таки 70% шлифовальных кругов изготавливают на керамической связке.

2. Из органических связок получила распространение бакелитовая связка (Б), представляющая собой смолу. Получают из

фенола и формалина. К преимуществам бакелитовых связок следует отнести:

- 1) высокую прочность;
- 2) большую упругость;
- 3) повышенную температурную устойчивость по сравнению с другими органическими связками;
- 4) повышенное теплообразование в процессе шлифования;
- 5) небольшую длительность технологического процесса.

Недостатки:

- 1) пониженная стойкость профиля режущей части, вызывающая быстрый износ круга;
- 2) малая пористость, затрудняющая удаление стружки из зоны резания;
- 3) повышенная плотность по сравнению с керамикой;
- 4) недостаточная сцепляемость связки с абразивным зерном;
- 5) пониженная огнеупорность (при $T=300$ градусов связка выгорает).

На бакелитовой связке изготавливаются круги практически любой твердости. Бакелитовую связку применяют в тех случаях, когда керамические круги из-за своей повышенной хрупкости применять нецелесообразно (плоская обдирка, отрезные работы, плоское шлифование и т.д.). Большая упругость бакелитовой связки позволяет использовать ее при изготовлении кругов небольшой толщины и больших диаметров. Из-за опасности разрушения бакелитовой связки охлаждающая жидкость не должна содержать более 1,5 % соды, т.к. под действием щелочи связка разрушается.

3. Вулканитовая связка (В) получается путем вулканизации каучука. Она обладает большей упругостью по сравнению с бакелитовой. При $T=150$ градусов связка размягчается и зерна вдавливаются в нее и круг перестает резать. Круги с В имеют ограниченный круг твердости. Круги на В имеют ограниченную область применения. Применяются для изготовления отрезных кругов, бесцентровое шлифование и для чистового шлифования.

Твердость круга

Под твердостью круга понимается сопротивление связки выкрашиванию зерен абразива под действием усилия резания. Твердость зависит как от количества связки, так и от технологического процесса изготовления, от усилия прессования.

Для правильной работы круга необходимо чтобы связка по мере затупления зерен не препятствовала их вырву из тела круга. Если круг повышенной твердости, зерна удерживаются, рабочая поверхность круга сглаживается, все поры в круге затираются связкой и шлифуется (или говорят круг засаживается). Это может привести к прекращению процесса резания, резкому повышению теплообразования в зоне резания и повышенному усилию резания. Такой круг подлежит частой правке или замене на более мягкий.

В круге пониженной твердости преждевременно высвобождаются еще, не потеряв своей остроты из-за повышенного износа круга. Такой круг должен подвергаться частой правке. При обработке мягких материалов зерна абразива более медленно теряют режущую способность, поэтому круг может быть более твердым. Для твердого материала из-за быстрого затупления зерен круг должен быть мягким. Вывод: чем мягче материал, тем тверже выбирается круг и наоборот.

Для удовлетворительного потребления производство по ГОСТ3751-47 установлена шкала твердости кругов:

- 1) мягкие круги:
- 2) среднемягкие:
- 3) средней твердости;
- 4) среднетвердые:
- 5) твердые:
- 6) весьма твердые:
- 7) чрезвычайно твердые:

Степень твердости абразивного инструмента обозначается на самом круге.

В настоящее время существуют способы изменения твердости шлифовальных кругов за счет физико-химической обработки. Круги для этого обрабатывают в растворах кислот или щелочей.

Полученные результаты закрепляют путем пропитки шлифовальных кругов в растворах силиката.

Структура круга

Для сохранения режущей способности шлифовального круга необходимо, чтобы в процессе шлифования отделяемая стружка не застревала в порах между зернами. Обычно чем больше пространство между зернами, тем лучше удаляется стружка при шлифовании. Под структурой шлифовального круга понимается количественное соотношение зернами, связкой и порами.

Различная плотность расположения зерен достигается изменением давления при прессовании заготовок кругов. В практике принято 13 заготовок круга: 0...12. Номер структуры обозначает относительное количество зерен, отнесенных к единице поверхности или единице объема круга. Чем меньше номер структуры, тем плотнее располагаются зерна. Различают 3 группы структур:

- 1) плотные (0...3) с объемом зерна 56...62%;
- 2) средней плотной структуры (4...6) с объемом зерна 50...54%;
- 3) открытые (7...12) с объемом зерна 38...48%.

Абразивные изделия

К ним относят бруски для ручной обработки, порошки, шкурки.

Бруски изготавливают различных сечений. Размеры регламентируются ГОСТом. Порошки состоят из мелких зерен шлифовального материала. Применяются для полирования, притирки, доводки и т.п. работ.

Зернистость их обозначается номером в зависимости от номера зерна абразива. Выбираются соответственно роду и характеру обработки. Шкурки представляют собой бумагу виде длинных кусков определенного размера с нанесенными на них шлифовальными зернами. Шкурки применяются для зачистки или полирования изделий либо вручную, либо на машинах. Шкурки различаются по номерам в зависимости от номера зерна. Послед-

нее время широкое распространение получило шлифование на специальных станках непрерывными лентами с основаниями, на которые нанесены абразивные зерна.

АЛМАЗЫ И АЛМАЗНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Алмазные шлифовальные круги имеют значительное преимущество перед другими. Правильное шлифование алмазными шлифовальными кругами не только улучшает качество обработки, но в значительной мере снижает доводочные работы, значительно повышается стойкость твердосплавного инструмента. Алмазные шлифовальные круги применяются для шлифования, заточки, доводки твердого инструмента, различных изделий из твердых сплавов и других высокотвердых материалов: керамики, синтетического корунда, стекла, различных полупроводников и т.д. Твердость алмаза превосходит твердость всех абразивных материалов. Теплостойкость алмаза несколько ниже других материалов. При $T=1000$ градусов алмаз сгорает и превращается в графит. Алмазные круги состоят из металлического или пластмассового корпуса и режущей части алмазоносного кольца. Формой расположения режущие части обусловлены назначением круга. Алмазоносное кольцо изготавливают из порошков естественного алмаза и связки, и наполнителя. Алмазные круги характеризуются:

1. формой;
2. связкой;
3. зернистостью алмазного порошка;
4. концентрацией алмазов в алмазоносном слое.

В маркировке алмазных кругов указывается размер круга, вес алмаза, связка и т.п.

Обозначение:

АПП 150x10x3x32 А16 Б1-5030№56175

АПП – алмазный круг прямого профиля;

150 – наружный диаметр;

10 – толщина;

3- толщина алмазоносного слоя;

32 – диаметр отверстия;

A16 – алмаз естественный, зернистость №16 (АС – алмаз синтетический);

Б1 – связка бакелитовая первая;

50 – концентрация;

30 – общее количество алмазов: 30 карат;

561-75г – номер круга.

В настоящее время выпускается 15 различных форм алмазных шлифовальных кругов диаметром 3...320 мм. Выбор формы круга производится с учетом формы обрабатываемого круга или изделия, а также типа станка, на котором производится обработка. Диаметр выбирается в зависимости от типа и характеристик оборудования для того чтобы получить необходимую окружную скорость.

Ширина алмазной части выбирается от конфигурации детали. Для изготовления алмазных шлифовальных кругов в нашей стране применяются органические и металлические связки. Круги на органической связке применяются для изготовления шлифовальных кругов из алмазных порошков зернистостью от А40, АМ40. Рекомендуются такие круги для окончательной доводки твердого инструмента. Допускается доводка сталей, содержащих карбид вольфрама вследствие быстрого износа связки. Круги на органической основе не долговечны. Круги на металлической связке используются для работ со снятием большого слоя материала. Они изготавливаются из алмазов большой зернистости и большим номером зерна. Применяются для заточки твердого инструмента и других высокотвердых материалов.

Алмазные круги изготавливаются из алмазных порошков синтетической или естественной зернистостью по ГОСТ9206-59. Наибольшая зернистость А50 (от 500 до 650 мкм). Мелкие микророшки АМ1, АСМ1 (размер 1 мкм в среднем). Зернистость алмазных порошков рекомендуется выбирать в зависимости от требований шероховатости поверхности. Эффективность работы алмазных кругов зависит от концентрации алмазов, т.е. от количества алмазов, содержащихся в 1 мм³ алмазоносного слоя.

Алмазные круги изготавливаются с концентрацией 25%, 50%, 100%. За 100% концентрацию условно принято содержание в 1 мм³ алмазоносного слоя 4,39 карато-алмазов. При 25% и 50% концентрации количество алмазного порошка в 1 мм³ соответст-

венно в 4 и 2 раза меньше. Наиболее универсальной пригодной для большинства операций является 100% концентрация для кругов на металлической и на органической связке. Круги с 25% и 50% концентрацией принимают для шлифования стекла и других высокотвердых материалов. Алмазные круги должны поступить потребителю со вскрытыми алмазными зернами. Причем диаметр 100 и выше. Круги на металлической связке диаметром более 125 мм и круги на органической связке диаметром более 100 мм должны быть проверены на прочность. При эксплуатации алмазных шлифовальных кругов учитывают следующие требования:

- 1) снимать алмазный круг со станка следует только при необходимости его замены;
- 2) запрещается класть алмазные круги на металлические предметы алмазной частью, стучать по кругу и производить алмазным кругом притирку деталей вручную;
- 3) подводить алмазный круг необходимо плавно, избегая ударов и толчков.

Правку алмазных шлифовальных кругов обычно не производят, а если производят, то:

- 1) в случае засаливания круга, т.е. когда поверхность алмазоносного слоя засорена металлом;
- 2) при неравномерном изнашивании;
- 3) при восстановлении формы профиля кругов.

Правку алмазных шлифовальных кругов на органической связке следует производить мелкозернистыми мягкими абразивными брусками из карбида кремния зеленого при скорости шлифования круга 15-20 м/см. Правку кругов на металлической связке можно производить методом шлифования абразивными кругами или брусками из карбида кремния зеленого. В ответственных случаях для правки применяются алмазные карандаши.

Алмазные резцы применяются для тонкой обработки цветных металлов, а также неметаллов: фибра, эбонит, пластмассы, твердый каучук. Для обработки черных металлов их эффективность незначительна из-за недостаточной точности и быстрого их разрушения.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1 Роль металлорежущего инструмента в производстве.
- 2 Методы повышения производительности режущего инструмента.
- 3 Конструктивные и геометрические параметры режущего инструмента
5. Абразивные материалы и изделия
- 6 Шлифовальные круги. Зернистость и связки шлифовальных кругов.
- 7 Шлифовальные круги. Твердость и структура круга. Маркировка шлифовальных кругов. Специальные шлифовальные круги.
- 8 Зернистость и связки алмазных шлифовальных кругов. Концентрация алмазов в кругах. Правила эксплуатации алмазных кругов.
- 9 Инструменты для обработки отверстий. Сверла. Конструктивные элементы сверл. Угол режущей части, угол наклона винтовой канавки.
- 10 Углы режущей кромки сверл. Методы улучшения геометрии сверл
- 11 Зенкеры. Классификация и назначение. Выбор конструктивных и геометрических параметров зенкеров.
- 12 Развертки. Конструктивные и геометрические элементы развертки. Допуски на наружный диаметр развертки.
- 13 Фрезы. Их назначение и классификация. Конструктивные элементы и расчет фрез с острозаточенными зубьями (диаметр, число зубьев, шаг)
- 14 Конструктивные элементы и расчет фрез с затылованными зубьями. 15 Требования к материалам для изготовления металлорежущих элементов. 16 Инструментальные стали. Требования к ним. Углеродистые и легированные инструментальные стали.
- 17 Твердые сплавы. Классификация, назначение и область применения.
- 18 Быстрорежущие инструментальные стали. Классификация, назначение и область применения.
- 19 Керамические режущие материалы и керметы. Классификация, назначение и область применения.

20 Алмазы и алмазные инструменты. Классификация, назначение и область применения.

21 Резцы. Форма передней поверхности. Стружколоматели.

22 Инструмент для нарезания резьбы.

23 Резьбонарезные головки для нарезания наружных резьб. Головки с круглыми радиальными плашками. Вихревой метод нарезания резьб.

24 Инструменты для накатывания резьб.

25 Резьбонарезные фрезы, их классификация и назначение.