



А.Т. Дыков, Г.И. Ясинский

Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении

А. Т. Дыков, Г. И. Ясинский

Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении

*Изд. 2-е, переработанное
и дополненное*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАД 1972

6П4.6-08
Д87

УДК 621.9.02

Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении. Дыков А. Т., Ясинский Г. И. Л., «Машиностроение», 1972 г. 224 стр. Табл. 41. Илл. 144. Библ. 196 назв.

В книге приведены наиболее характерные прогрессивные конструкции режущих инструментов различных типов. Рассмотрены современные инструментальные материалы, область их применения, общие требования, предъявляемые к высокопроизводительному режущему инструменту. Даны практические рекомендации по выбору рациональных значений геометрических параметров и элементов режущей части инструмента по абразивно-алмазной заточке и доводке.

По сравнению с первым изданием (1963 г.) в книге дополнительно даны общие сведения об элементах режущих инструментов, процессе резания и рассмотрены отдельные конструкции зенкеров и разверток.

Книга предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных и приборостроительных заводов.

$$\begin{array}{r} 3-12-4 \\ \hline 124-72 \end{array}$$

Рецензент д-р техн. наук проф. *Н. А. Шевченко*

Алексей Терентьевич ДЫКОВ, Герман Иосифович ЯСИНСКИЙ
ПРОГРЕССИВНЫЙ РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Редактор издательства Л. И. В о ж и к
Технический редактор А. А. Б а р д и н а
Обложка художника И. П. К р е м л е в а
Корректор З. С. Р о м а н о в а

Сдано в производство 12/IV 1972 г. Подписано к печати 31/VIII 1972 г. М-13052
Формат бумаги 60×90^{1/8} Бумага типографская № 3 Печ. л. 14 Уч.-изд. л. 15,1
Тираж 14000 экз. Зак. № 1675 Цена 90 коп.

Ленинградское отделение издательства «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
191065, Ленинград, ул. Дзержинского, 10
Ленинградская типография № 6 Главполиграфпрома Государственного комитета
Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, ул. Моисеенко, 10

ПРЕДИСЛОВИЕ

XXIV съезд КПСС поставил перед советским народом задачу — максимально использовать имеющиеся резервы в промышленности. Выполнению этой задачи подчинено развернувшееся социалистическое соревнование, позволяющее вскрывать мощные резервы, дополнительные потенциальные возможности на рабочих местах в производстве.

Возросший технический уровень производства и повышенные технико-экономические показатели выпускаемой продукции дали возможность ЦК КПСС и Совету Министров СССР в ноябре 1970 г. принять постановление «О повышении роли стандартов в улучшении качества выпускаемой продукции». Это постановление направлено на борьбу за всемерное улучшение качества продукции, ускорение темпов технического прогресса и повышение эффективности общественного производства.

Одним из основных технологических процессов в машиностроении является обработка металлов резанием на металлорежущих станках с применением современных инструментов, оснащенных новыми твердыми сплавами и другими инструментальными материалами повышенной производительности, позволяющими с наименьшей затратой времени добиваться увеличения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

Ряд исследований в области резания металлов и особенно труднообрабатываемых сталей и сплавов показывает, что от рационального выбора инструмента, его геометрических параметров, соблюдения условий заточки и доводки во многом зависит повышение производительности труда.

При выборе наиболее выгодного режима резания следует учитывать физико-механические свойства обрабатываемого металла, а также зависимости между принятыми элементами режима резания (скорость резания, глубина и подача), требуемую жесткость технологической системы станок — приспособление — инструмент — деталь. Основные требования, предъявляемые к режущему инструменту, сводятся к возможно полному и рациональному использованию мощности металлорежущих станков при минимальном штучном времени, затрачиваемом на каждую технологическую операцию.

В настоящей книге описаны наиболее рациональные конструкции режущего инструмента — токарных резцов, фрез и сверл, зенкеров

и разверток, предложенные научно-исследовательскими учреждениями и передовиками-новаторами производства. Значительная часть описанного инструмента демонстрировалась на ВДНХ СССР в павильоне «Машиностроение» и получила положительную оценку совета новаторов и специалистов-инструментальщиков.

Второе издание книги значительно переработано и дополнено новыми применяющимися конструкциями режущего инструмента.

В книге приведены также основные данные для выбора геометрических параметров инструмента и новые инструментальные материалы.

Использование указанных конструкций режущего инструмента и оптимальных режимов резания на предприятиях машиностроительной и приборостроительной промышленности будет способствовать ускорению технического прогресса и росту производительности труда.

В книге все зависимости приведены в системе МКГСС. Перевод их в систему СИ может быть произведен по следующей таблице.

Наименование физической величины	В системе МКГСС	
	Единица измерения	Содержит единиц СИ
Масса	$\text{кг} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}$	9,80665 кг
Сила	кг	9,80665 Н
Работа	$\text{кг} \cdot \text{м}$	9,80665 Дж
Мощность	$\text{кг} \cdot \text{м} / \text{сек}$	9,80665 Вт
Напряжение	$\text{кг} / \text{мм}^2$	$9,80665 \cdot 10^3$ Па
Удельный вес	$\text{кг} / \text{м}^3$	$9,80665 \text{ Н} / \text{м}^3$
Ударная вязкость	$\text{кг} \cdot \text{м} / \text{см}^2$	$9,80665 \text{ Дж} / \text{см}^2$
Удельное количество теплоты	$\text{ккал} / \text{кг}$	$4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж} / \text{кг}$
Удельная теплоемкость	$\text{ккал} / \text{кг} \cdot \text{град}$	$4,1868 \cdot 10^3 \text{ Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К})$
Теплопроводность	$\text{ккал} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$	$1,1630 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$
Коэффициент теплоотдачи (теплопередачи)	$\text{ккал} / \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$	$1,1630 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$

Глава I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И О ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

1. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Используемые на металлорежущих станках режущие инструменты выполняют значительную работу в процессе резания. Удаляя заданный припуск с заготовки, режущие инструменты при принятых рациональных режимах резания должны обеспечить необходимую точность размеров, форму, взаимное расположение и качество обработанных поверхностей деталей. Вследствие этого к режущим инструментам предъявляются высокие технические требования.

Несмотря на большое многообразие различных видов режущих инструментов, применяемых в металлообработке, они имеют много аналогичных конструктивных и геометрических элементов, основанных на общих закономерностях процессов резания [1, 11, 75, 116, 155 и др.].

Режущие инструменты состоят из следующих основных частей: рабочей, зажимной и крепежной.

Рабочая часть инструмента служит как для предварительной, так и для окончательной обработки поверхностей. В ряде режущих инструментов рабочая часть состоит из режущей и калибрующей частей. Режущая часть любого инструмента производит основную работу резания и может иметь одну или несколько режущих кромок. Калибрующая часть — служит для обеспечения заданных окончательных размеров и чистоты обработанной поверхности. В зависимости от конструкции и назначения инструментов режущая и калибрующая части могут быть оформлены в виде отдельных составляющих конструктивных элементов (развертки, метчики и др.) или могут не иметь конструктивного разграничения (резцы и др.). Таким образом, калибрующая часть не всегда является выделенным элементом в рабочей части инструмента.

Для эффективного использования инструментов режущая часть должна иметь надлежащую форму, размеры и оптимальные геометрические параметры заточки.

Зажимная часть инструмента служит для закрепления режущих элементов рабочей части в стержне или корпусе и может составлять с ней как одно целое (цельные или монолитные инструменты), так и быть сборной (механическое крепление, сварка или пайка).

Крепежная (или хвостовая) часть инструмента должна обеспечить жесткое и надежное крепление его на станке или в приспособлении, учитывая конструкцию и присоединительные размеры основного исполнительного рабочего органа — шпинделя станка или других элементов [175, 184]. Крепежная (хвостовая) часть инструмента может иметь призматическую или другую форму (резцы призматические стандартные, резцы фасонные и др.), может быть насадной, имея специальное отверстие в корпусе, располагать коническим или цилиндрическим хвостовиком, который центрирует инструмент относительно оси шпинделя станка. Следует отметить, что конические хвостовики обеспечивают более точную и соосную установку инструмента в шпинделе станка или в приспособлении.

Основным конструктивным элементом режущих инструментов в общем виде можно отнести: режущие и калибрующие зубья с геометрическими параметрами заточки, канавки для стружки, стружкозавивающие и стружколомающие устройства, элементы зажима режущей части (ножей или пластинок из инструментального материала) в стержне или корпусе инструмента и др. Кроме того, к конструктивным элементам инструментов можно также отнести устройства для подвода смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания и конструктивные базы для проверки качества инструмента (проверка биения режущих зубьев и др.), используемые как при изготовлении, так и при эксплуатации инструмента на станках.

В зависимости от вида, конструкции и назначения каждый режущий инструмент может располагать различными конструктивными элементами, но для осуществления процесса резания каждый режущий инструмент должен включать режущую часть с его геометрическими параметрами, зажимными и крепежными элементами.

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

Режущая часть инструмента состоит из геометрических элементов, с помощью которых с заготовки удаляется заданный слой материала (припуск) и обеспечивается необходимая точность формы, размеры и чистота обработанной поверхности.

Если проанализировать большое разнообразие применяемых инструментов при обработке различных конструкционных материалов резанием, то можно определить, что любой режущий инструмент состоит из резцов или их комбинаций, расположенных в определенной последовательности.

Как показывают исследования, основные закономерности, относящиеся к резцу, являются в основном справедливыми и для других режущих инструментов.

Форму режущей части инструмента и углы заточки принято называть геометрическими параметрами или геометрией режущей части инструмента.

Наиболее выгодная (рациональная) геометрия режущей части инструмента, оснащенного современным инструментальным материалом, при принятых условиях обработки должна обеспечивать высокую производительность труда и необходимое качество деталей.

Исследованиями установлено и практикой подтверждено, что наиболее выгодная геометрическая форма режущей части инструмента, независимо от его вида и размера, представляет собой клиновидное тело, ограниченное поверхностями — передней, обращенной к поверхности резания, и задней, обращенной к обработанной поверхности. В результате пересечения передней и задних поверхностей режущей части инструмента образуются режущие кромки.

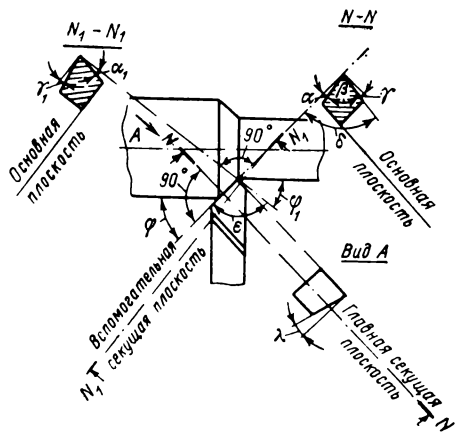


Рис. 1. Геометрические параметры токарного проходного резца

Заострение режущего клина (угол заострения β) и его расположение по отношению к плоскости резания определяются главными углами — задним α и передним γ . Угол резания δ определяется суммой заднего угла и угла заострения — $\alpha + \beta$ (рис. 1).

Задним углом α называется угол, заключенный между плоскостью резания и положением главной задней поверхности резца; передним углом γ — угол, заключенный между передней поверхностью резца, по которой сходит стружка, и плоскостью, перпендикулярной к плоскости резания¹.

Главные углы резца α и γ измеряют в главной секущей плоскости — перпендикулярной к проекции главной режущей кромки на основную плоскость.

Основная плоскость — плоскость, параллельная продольной и поперечной подачам. Плоскостью резания называется плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку.

Углом наклона главной режущей кромки λ называется угол, заключенный между главной режущей кромкой

¹ Точнее углы замерыются между следами соответствующих плоскостей и поверхностей.

и линией, проведенной через вершину резца параллельно основной плоскости. Угол λ измеряется в плоскости, проходящей через главную режущую кромку перпендикулярно основной плоскости. Угол λ считается положительным, когда вершина резца является низшей точкой режущей кромки ($+\lambda$); отрицательным — когда вершина резца является высшей точкой режущей кромки ($-\lambda$), и равным нулю, когда главная режущая кромка параллельна основной плоскости ($\lambda = 0$). Угол λ влияет на направление схода стружки и при положительном его значении укрепляет вершину резца.

Главный и вспомогательный задние углы α и α_1 служат для уменьшения трения между задней поверхностью резца и поверхностью

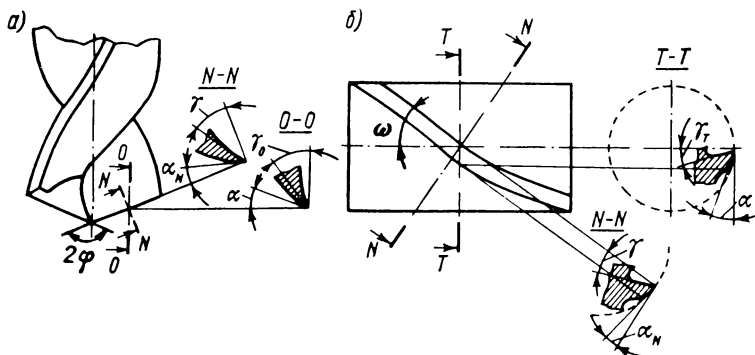


Рис. 2. Главные передние и задние углы режущей части: а — винтового сверла; б — цилиндрической фрезы

резания. Если выбрать значение заднего угла малым, будет увеличиваться трение, в результате чего повысится износ инструмента. При большом же значении заднего угла α прочность инструмента будет уменьшена и он будет разрушаться.

При выборе заднего угла α необходимо учитывать физико-механические свойства обрабатываемого материала и режущего инструмента, а также условия обработки. Исследования показали, что интенсивность износа инструмента уменьшается при оптимальном значении заднего угла, который зависит от толщины срезаемого слоя a [99]: $\sin \alpha_{opt} \approx \frac{\text{const}}{a_{\max}^k}$. Поэтому величины задних углов назна-

чают положительными. Исключения могут допускаться при назначении отрицательных значений задних углов на небольших по величине виброгасящих фасках (0,1—0,3 мм) от -5 до -10° [155].

Величины главных углов α и γ у ряда режущих инструментов так же, как и у резцов, измеряются в главной секущей плоскости. Главный задний угол α у сверл принято измерять в плоскости $O-O$, параллельной оси сверла, а у цилиндрических фрез — в плоскости $T-T$, перпендикулярной оси фрезы (рис. 2). Иногда задние углы задаются в нормальном сечении к главной режущей кромке $N-N$

(для сверла и фрезы α_N), но при этом необходимо сделать их пересчет [45, 134, 135, 155].

Передние углы инструментов γ облегчают процесс пластической деформации. При увеличении переднего угла вследствие уменьшения пластической деформации облегчается процесс резания, уменьшается сила резания и расход мощности, потребной на процесс обработки. Однако при этом уменьшается и угол заострения, что снижает прочность инструмента и повышает интенсивность его из-

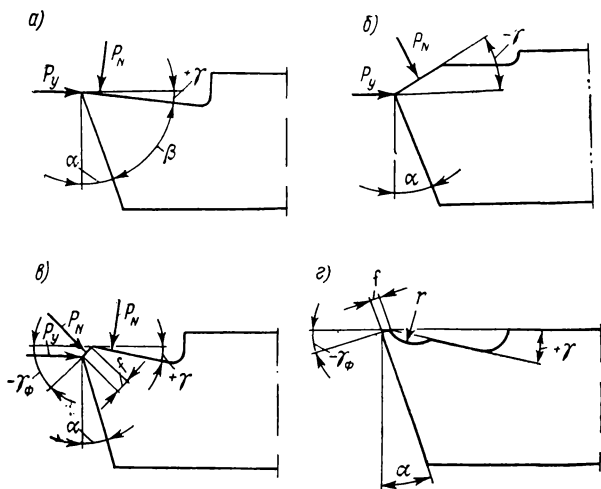


Рис. 3. Схема действия сил резания P_N и P_y на переднюю и заднюю поверхности резца: *а* — при положительном переднем угле γ ; *б* — при отрицательном переднем угле γ ; *в* — при положительном переднем угле γ и отрицательном переднем угле на фаске γ_ϕ ; *г* — форма передней поверхности резца с фаской f , расположенной под отрицательным углом — γ_ϕ , с радиусной лункой и при положительном переднем угле γ

носа. Поэтому при обработке конструкционных материалов с повышенной прочностью и хрупкостью следует выбирать меньшие значения передних углов, а при обработке мягких и вязких — большие значения. Передний угол может иметь положительное значение ($+\gamma$), когда передняя поверхность направлена вниз от плоскости, перпендикулярной плоскости резания, отрицательное значение ($-\gamma$) и быть равным нулю.

При работе инструментами из твердых сплавов, вследствие их недостаточной прочности при деформации изгиба и повышенной хрупкости передний угол назначается меньшим, чем для инструментов из быстрорежущей стали.

Как видно из рис. 3, *а*, при положительном угле γ на переднюю поверхность резца действует нормально расположенная к ней сила P_N , а на заднюю поверхность — сила P_y . Вследствие действия нормальной силы P_N вершина клинообразно заточенного резца будет подвергаться деформации изгиба и при увеличении силы резания может произойти поломка резца. При отрицательном значении переднего

угла будут действовать те же силы, но сила P_N , будучи направлена нормально к передней поверхности, будет подвергать резец (его вершину) деформации сжатия, а не изгиба (рис. 3, б). Эта форма заточки резца дает возможность лучше использовать твердые сплавы и минералокерамические инструментальные материалы, так как прочность твердых сплавов и минералокерамики на изгиб меньше, чем на сжатие.

Но вместе с тем исследования показали, что при больших значениях отрицательных передних углов растут силы резания и особенно радиальная сила P_y , что повышает вибрации в процессе обработки; при этом ухудшается чистота обработанной поверхности и снижается точность размеров. Вследствие этого отрицательные передние углы на всей передней поверхности инструмента назначаются весьма осторожно, с учетом жесткости технологической системы: станок — приспособление — инструмент — деталь (СПИД).

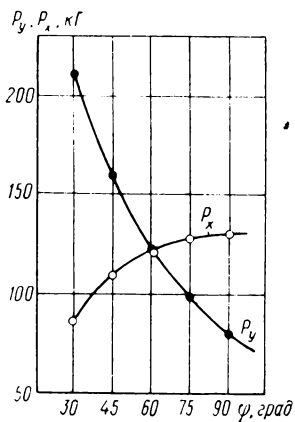


Рис. 4. Влияние главного угла в плане φ на изменение сил резания P_y и P_x

выкрашивания, повышает стабильность работы и стойкость инструмента. Проведенные рядом организаций исследования, подтвержденные новаторами производства, показали, что уменьшение пластической деформации срезаемого слоя материала, уменьшение сил резания и износа инструмента достигается при форме заточки, представленной на рис. 3, г. При этой форме заточки облегчается процесс стружкообразования. Поэтому такая форма заточки получила широкое распространение в промышленности при обработке вязких металлов [23 и др.].

Кроме рассмотренных углов α , γ и λ , существуют углы в плане.

Главный угол в плане φ — угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Вспомогательный угол в плане φ_1 — угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи.

Исследованиями установлено, что чем меньше значение углов в плане, тем выше стойкость режущих инструментов и меньше шероховатость обработанной поверхности, но вместе с тем это приводит к увеличению радиальной составляющей силы резания P_y , что при

малой жесткости технологической системы СПИД может дать нежелательные явления — вибрации.

На рис. 4 показаны изменения радиальной силы резания P_y и силы подачи P_x в зависимости от величины главного угла в плане φ [1].

Из соотношений сил резания следует, что

$$P_y = P_N \cos \varphi;$$

$$P_x = P_N \sin \varphi,$$

где P_x — сила подачи в $\kappa\Gamma$

Таким образом, при назначении главного угла в плане φ резцов необходимо учитывать изменение этих сил.

Главный угол в плане влияет также на изменение толщины и ширины срезаемого слоя при постоянных величинах подачи и глубины резания (рис. 5).

Из приведенных соотношений параметров среза следует, что толщина срезаемого слоя при $\gamma = 0^\circ$ $a = s \sin \varphi$ мм, а ширина срезаемого слоя при $\lambda = 0^\circ$ $b = \frac{t}{\sin \varphi}$ мм.

Таким образом, из данных зависимостей можно сделать вывод, что при постоянных заданных глубине резания t и подаче s с уменьшением главного угла в плане φ толщина срезаемого слоя a будет уменьшаться, а ширина срезаемого слоя b увеличиваться, что в свою очередь будет влиять на улучшение теплоотвода из зоны резания.

Углы в плане φ , φ_1 обычно на чертежах инструментов обозначаются в основной плоскости.

На рис. 6 показаны углы в плане у различных типов режущих инструментов.

У сверл и разверток главный угол в плане назначается в зависимости от требований, предъявляемых к данному отверстию, и физико-механических свойств обрабатываемого материала. У режущих инструментов, предназначенных для образования фасонных поверхностей (фрезерование и др.), в зависимости от конфигурации обработанной поверхности и др.

Вспомогательный угол в плане φ_1 способствует уменьшению трения вспомогательной режущей кромки, получению более чистой обработанной поверхности и повышению стойкости режущего инструмента.

Следует отметить, что режущие инструменты в зависимости от вида и типа могут располагать одной или несколькими передними и задними поверхностями и режущими кромками. Режущие кромки инструментов разделяются на главные, вспомогательные, переходные и дополнительные.

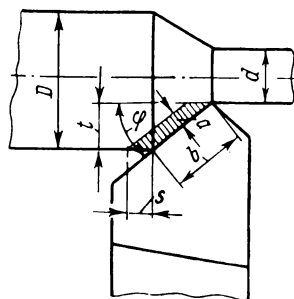


Рис. 5. Элементы сечения среза при точении

Главные режущие кромки производят основную работу резания, вспомогательные осуществляют незначительную работу резания, переходные режущие кромки являются сопрягающими между главными и вспомогательными режущими кромками.

Переходные режущие кромки в зависимости от назначения инструмента могут иметь различные формы: радиусные или в виде прямых линий (рис. 7).

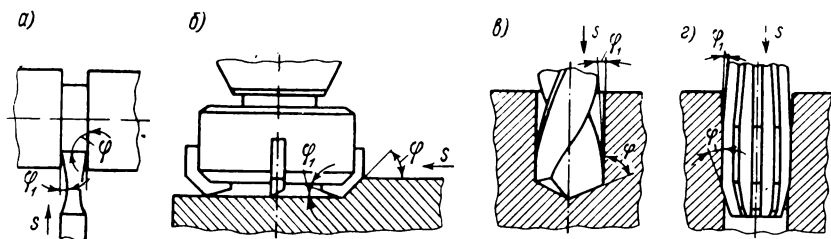


Рис. 6. Главные и вспомогательные углы в плане у отрезного резца (а), у торцевой фрезы (б), у винтового сверла (в), у развертки (г)

Для повышения прочности резцов и увеличения длины основной режущей кромки сопряжение ее со вспомогательной рекомендуется осуществлять в виде прямой переходной режущей кромки, расположенной под углом φ_0 , равным примерно половине главного угла в плане φ .

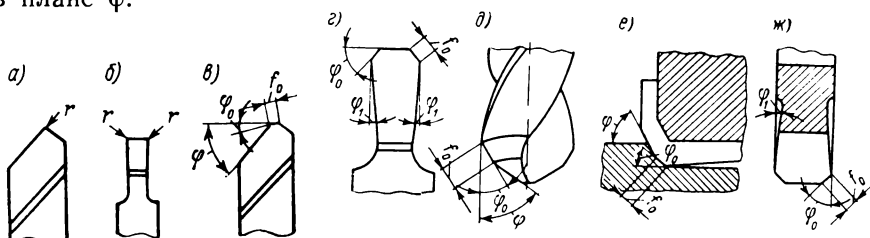


Рис. 7. Переходные режущие кромки у различных типов режущих инструментов: а, б — радиусная у проходного и отрезного (прорезного) резцов; в — прямая у проходного резца; г — прямая у отрезного резца ($\varphi_0 > 0^\circ$); д — у сверла с двойной заточкой; е — у торцевой фрезы; ж — прямая у дисковой фрезы

В ряде инструментов предусматривают дополнительную режущую кромку, расположенную параллельно направлению подачи; при этом $\varphi_0 = 0^\circ$ (рис. 8). Длина ее выбирается в зависимости от выбранной подачи [обычно $(1,1 \div 1,2) s$]. Этим обеспечивается повышение чистоты обработанной поверхности, так как дополнительная режущая кромка, являясь зачистной, позволяет работать на увеличенных подачах, обеспечивает повышение производительности труда и чистоту обработанной поверхности на один-два класса (ГОСТ 2789—59). Но при работе режущими инструментами, в частности резцами, необходимо располагать дополнительную режущую кромку строго параллельно направлению подачи (для проходных резцов

параллельно центрам станка), учитывая жесткость технологической системы СПИД.

Анализ геометрических элементов режущего инструмента показывает, что у инструментов существуют кинематические элементы (углы α , γ и др.), которые в процессе обработки изменяются. Таким образом, геометрические элементы (параметры) инструмента, связанные с установкой, с кинематикой резания (главным движением и подачей), в процессе резания изменяются и отличаются от статических параметров. При проектировании режущих инструментов эти факторы должны учитываться.

Исследования в области кинематики резания проведены профессорами Г. И. Грановским, Н. А. Шевченко и др. и изложены в спе-

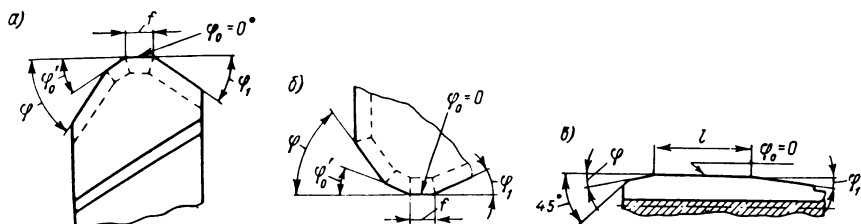


Рис. 8. Расположение дополнительных (зачистных) режущих кромок у проходного резца (а), у режущего ножа торцевой фрезы (б), у развертки (в)

циальной литературе [22, 183]. В данной книге все геометрические элементы и параметры режущей части инструмента рассматриваются в статическом состоянии, т. е. при отсутствии движения ¹.

Однако действительные углы заточки будут изменяться в зависимости от установки резца (при положении вершины резца выше или ниже оси обрабатываемой заготовки, при изменении положения оси резца в плане и др.), углы могут изменяться в процессе резания, а также в зависимости от износа рабочих поверхностей режущей части инструмента [61, 135 и др.].

3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ИЗНОСЕ И СТОЙКОСТИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Исследования, проведенные советскими и зарубежными учеными, показали, что важнейшими факторами, влияющими на условия трения и износа режущих инструментов, являются: физико-механические свойства обрабатываемого материала и режущего инструмента, химический состав и структурное состояние трущихся поверхностей, скорость резания (трения), величина срезаемого слоя материала, величина нормального давления (напряжения), температура

¹ Геометрические параметры режущих инструментов, описанные выше, были рассмотрены в статическом состоянии. При рассмотрении углов заточки резца были приняты условия, когда вершина резца установлена по оси заготовки, а основные движения (главное вращательное движение и подача резца) отсутствуют.

в зоне трения, применение смазочно-охлаждающих жидкостей, состояние станка, жесткость технологической системы СПИД и др. [1, 11, 34, 136 и др.].

Указанные факторы, влияющие на износ, определяют период стойкости режущих инструментов, расчетное количество переточек и расход инструментов. При резании металлов возникают высокие удельные давления и температуры. Удельные давления доходят до 200—400 кГ/мм², а температура в зоне резания часто превышает 800—900° С [34]. Следует также учесть, что величина контактных

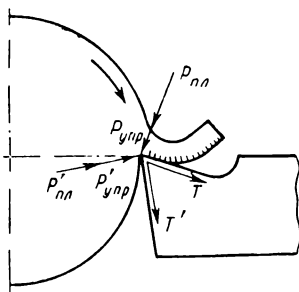


Рис. 9. Схема сил, действующих на резец

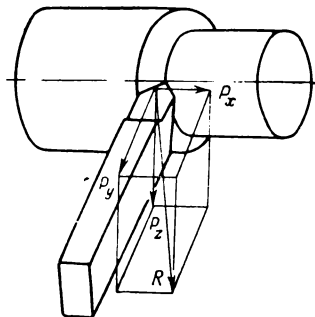


Рис. 10. Схема разложения равнодействующей силы резания на составляющие при обработке на токарном станке

поверхностей в процессе резания в большинстве случаев весьма небольшая. Все это влияет на интенсивность процесса износа режущего инструмента.

Возникающие силы трения зависят непосредственно от сил, действующих на поверхности режущего инструмента. Впервые силы, действующие в процессе резания, были изучены русскими учеными профессорами И. А. Тиме (1870 г.), К. А. Зворыкиным (1892 г.) и др. Впоследствии схемы сил были уточнены советскими учеными [25, 61, 116, 117 и др.].

На рис. 9 показана упрощенная схема сил, действующих на резец в процессе резания при точении. В процессе резания нормально к передней и задней поверхности инструмента действуют силы упругой и пластической деформации. На переднюю поверхность резца действуют силы P_{ynp} и P_{nl} , на заднюю поверхность — силы P'_{ynp} и P'_{nl} . В связи с тем, что инструмент и заготовка относительно перемещаются, на переднюю и заднюю поверхности резца действуют и силы трения:

$T = \mu (P_{ynp} + P_{nl})$ — сила трения, направленная вдоль передней поверхности резца;

$T' = \mu' (P_{ynp} + P'_{nl})$ — сила трения действующая вдоль задней поверхности инструмента.

Здесь μ и μ' — коэффициенты трения.

Данная система сил может быть приведена в одной силе R (рис. 10), называемой равнодействующей силой резания, приложенной к главной режущей кромке резца.

Сила R для практических целей раскладывается на три составляющие: P_z — тангенциальную силу, действующую в направлении главного движения и определяющую мощность, затрачиваемую на процесс резания; P_y — радиальную составляющую силу резания, обуславливающую точность обработки; P_x — силу подачи, действующую вдоль оси обрабатываемой заготовки. По этой силе определяется нагрузка на механизм подачи.

Следует отметить, что соотношение сил P_z , P_y , P_x зависит от ряда факторов и не остается постоянным.

Если принять $\varphi = 45^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $\gamma = 15^\circ$, то при обработке стали средней твердости это соотношение примерно может быть следующим: $P_z: P_y: P_x \approx 1 \quad (0,4 \div 0,5) \quad (0,25 \div 0,35)$.

Соотношение сил резания изменяется по мере износа инструмента, изменения режима резания, физико-механических свойств обрабатываемого материала, геометрических параметров заточки инструмента и др.

Для определения основной силы резания P_z обычно пользуются экспериментальными формулами. В общем виде для расчета силы резания при точении эта формула имеет следующий вид:

$$P_z = C_p t^{x_z} s^{y_z} v^n K_z \text{ кг}, \quad (1)$$

где C_p — коэффициент, характеризующий условия обработки (физико-механические свойства обрабатываемого материала и др.); t — глубина резания в мм; s — подача в мм/об; v — скорость резания в м/мин; x_z , y_z и n — показатели степеней; K_z — общий поправочный коэффициент, учитывающий измененные условия обработки. Значения коэффициентов для различных видов обработки приводятся в справочниках по режимам резания [123, 156].

Основная мощность, потребляемая на резание (эффективная мощность), определяется по формуле

$$N_{рез} = \frac{P_z v}{60 \cdot 102} \text{ кВт}. \quad (2)$$

Зная $N_{рез}$, можно определить расчетную мощность электродвигателя

$$N_{эл} = \frac{N_{рез}}{\eta_{ст}} \text{ кВт}, \quad (3)$$

где $\eta_{ст}$ — к. п. д. станка.

Скорость резания влияет на интенсивность образования нароста, величину коэффициента трения, изменение переднего угла резца, усадку стружки [11, 55, 61 и др.].

При осуществлении процесса резания, например, стали средней твердости со скоростью резания более 80—100 м/мин будут уменьшаться коэффициент трения и усадка стружки [61 и др.]. Вместе с тем следует отметить, что применение смазочно-охлаждающих

жидкостей (СОЖ) способствует уменьшению общей работы деформации, теплообразования в зоне резания, уменьшению трения и износа режущего инструмента, повышению его стойкости и производительности [11, 25, 61, 62, 136 и др.].

Экспериментальными исследованиями установлена функциональная зависимость между стойкостью режущего инструмента и элементами режима резания

$$T^m = \frac{C_v}{v t^{x_v} y_v} K_v, \quad (4)$$

где T — стойкость, т. е. период работы режущего инструмента между двумя переточками в мин; m — показатель относительной стойкости; C_v — коэффициент, зависящий от обрабатываемого металла, инструментального материала, геометрии заточки режущей части инструмента, сечения рабочей части инструмента, применяемой смазочно-охлаждающей жидкости и других условий обработки; x_v и y_v — показатели степеней¹; K_v — общий коэффициент, учитывающий измененные условия обработки.

В табл. 1 даны примерные величины периодов стойкости при наименьшей стоимости обработки для различных режущих инструментов при работе на станках в некоторых средних условиях их эксплуатации [176].

Зависимость между скоростью резания и стойкостью режущего инструмента может быть представлена в общем виде следующим образом:

$$v = \frac{A}{T^m} \text{ м/мин}, \quad (5)$$

где A — коэффициент, зависящий от условий обработки.

Как показали эксперименты, показатели степеней x_v и y_v меньше единицы. Следует отметить, что на выбор стойкости режущего инструмента глубина резания и подача оказывают меньшее влияние, чем скорость резания. Поэтому величины t и s необходимо назначать возможно большими с учетом технологических факторов (припуск на обработку, требования к точности и чистоте обработанной поверхности, жесткость технологической системы СПИД).

Как следует из формул (4) и (5), чем выше скорость резания при принятых условиях обработки, тем меньше стойкость режущего инструмента.

В процессе резания происходит износ режущего инструмента. Этот износ внешне будет проявляться истиранием рабочих поверхностей режущей части инструмента и выкрашиванием режущей кромки. Если величина износа будет превосходить допустимую величину, практически процесс резания затупившимся инструментом необходимо прекратить, во избежание потери точности, резкого ухудшения чистоты обработанной поверхности и др.

¹ Коэффициенты C_v , K_v и показатели степеней выбираются по справочникам в зависимости от условий обработки [123, 156].

**Примерные периоды стойкости при наименьшей себестоимости
обработки для различных режущих инструментов общего назначения**

Наименование инструмента	Диаметр инструмента D в мм	Период стойкости (в мин) при обработке	
		стали	чугуна
Резцы из быстрорежущей стали	—	40—50	50—60
Резцы с пластинками твердого сплава	—	40—60	40—60
Резцы с пластинками минералокерамики	—	10—15	10—15
Сверла спиральные из быстрорежущей стали	20, 60	25, 75	35, 140
Фрезы цилиндрические с вставными ножами	130	100	150
Фрезы цилиндрические с мелким зубом	60	30	45
Фрезы торцовые из быстрорежущей стали	60, 150	90, 135	130, 200
Фрезы торцовые с пластинками твердого сплава	300	240	400
Фрезы дисковые трехсторонние	90	70	100
Фрезы концевые с коническим хвостовиком	20, 50	40, 70	60, 100
Фрезы червячные	Модуль 6	300	300
Зуборезные долбяки:			
черновые	Модуль 7	300	300
чистовые	—	100	100

В практике обработки резанием наблюдаются следующие формы износа режущих инструментов: по задней поверхности, по передней поверхности и износ по задней и передней поверхностям.

Исследования показали, что преимущественный износ по задней поверхности режущих инструментов наблюдается при обработке хрупких материалов, при которых образуется стружка надлома; во время обработки вязких материалов (стали) с малыми толщинами ($a = 0,1 \div 0,15$ мм) при высоких скоростях резания, при которых не образуется нарост, износ протекает больше по задней поверхности; при малых толщинах среза ($a < 0,1$ мм) с применением СОЖ, в случаях когда условия для образования нароста в этой зоне скорости резания ухудшаются, износ будет наблюдаться и по задней поверхности.

Преимущественный износ по передней поверхности инструмента будет наблюдаться при обработке пластичных металлов в случаях больших удельных давлений на передней поверхности, при больших толщинах срезаемого слоя и высокой температуре в зоне резания, когда создаются условия образования лунки на передней поверхности. Эта форма износа наблюдается при образовании нароста. В дальнейшем по мере износа образовавшейся лунки у резца наступает окончательный износ.

Следует указать, что приведенные формы износа при обработке стали для резцов из быстрорежущей стали в основном проявляются и для твердосплавного режущего инструмента.

На чистовых операциях при обработке заготовок из высокопрочных материалов (аустенитные стали) преимущественный износ наблюдается в виде округления режущей кромки.

Наиболее часто наблюдается одновременный износ инструмента по передней и задней поверхностям при обработке вязких металлов инструментами, оснащенными твердыми сплавами (резцы, сверла, зенкеры, фрезы и др.). Однако ввиду хрупкости твердых сплавов, износ преимущественно может больше

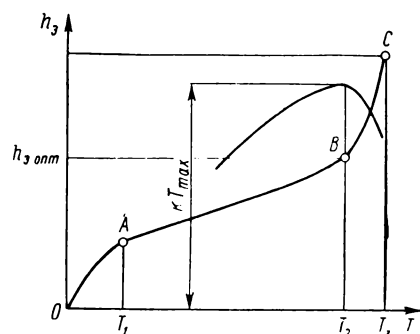


Рис. 11. Зависимость износа инструмента по задней поверхности от продолжительности работы

проявляться по задней поверхности и особенно это заметно при работе с малыми скоростями резания. По мере износа, когда ширина образовавшейся лунки достигнет главной режущей кромки, резец разрушится.

Металлокерамические твердые сплавы группы ВК при резании стали изнашиваются меньше, чем при обработке чугуна. Инструменты в основном изнашиваются по передней и задней поверхностям, но в зависимости от обрабатываемого материала, скорости резания, толщины среза, геометрии режущего инструмента и др. может преобладать тот или другой вид износа [1, 34, 50, 61 и др.].

На уменьшение износа режущих инструментов влияет состояние шероховатости поверхностей рабочей части инструмента после заточки. Значительное уменьшение износа наблюдается у тех инструментов, у которых после заточки осуществляется доводка рабочих поверхностей и режущих кромок. Стойкость таких инструментов повышается в два-три раза.

На рис. 11 показана характерная зависимость износа инструмента по задней поверхности от периода продолжительности работы режущего инструмента.

Как видно из графика, интенсивный износ режущего инструмента по задней поверхности h_z наблюдается на протяжении отрезка вре-

мени OT_1 . Кривая OA характеризует приработку инструмента. Далее на протяжении отрезка времени $T_1 - T_2$ наблюдается замедленный износ — кривая AB , которая характеризует нормальный (рабочий) период работы инструмента. Он составляет 90—95 % от всего времени работы инструмента. В период времени $T_2 - T_3$ (кривая BC) происходит катастрофический ускоренный износ инструмента, резко повышается температура и ухудшаются условия трения. В этот период времени работы инструмента значительно увеличиваются силы резания, растет мощность, ухудшается шероховатость обработанной поверхности, нарушается точность размеров и формы и т. д. Из-за большого износа инструмента резец дальше работать не может, считается затупленным и подлежит переточке или замене.

Существуют несколько критериев (признаков) затупления. В тех случаях, когда по характеру выполняемой работы не предъявляются особые требования к точности размеров, форме и шероховатости обработанной поверхности, целесообразно доводить затупление режущего инструмента до такой величины, которая даст возможность получить общий срок работы инструмента максимальным. Такой износ инструмента называется оптимальным износом или оптимальным критерием износа¹.

В данном случае оптимальный износ ($h_{з. \text{онм}}$) будет соответствовать максимальному сроку работы инструмента, т. е. $kT\text{-мах}$, где k — количество переточек при данном износе; T — соответствующая стойкость инструмента в мин.

При оптимальном критерии (величине) износа расход режущих инструментов будет также наименьшим, а следовательно, производительность труда будет возрастать.

Если же при выполнении той или иной операции мы ограничены заданной точностью и чистотой обработанной поверхности, тогда решающую роль будут играть технологические соображения. В этих случаях пользуются так называемым технологическим критерием износа режущего инструмента.

Обычно такой износ наступает раньше конца кривой AB , т. е. точки B , хотя по стойкости режущий инструмент еще может продолжать работу.

Этот критерий затупления состоит в том, что величина затупления режущего инструмента определяется по какому-либо технологическому признаку: когда чистота обработанной поверхности детали ухудшается и не отвечает техническим требованиям ГОСТ 2789—57, или когда размеры детали нарушаются и выходят за пределы поля допуска.

В условиях эксплуатации автоматических линий, механизации технологических процессов при резании металлов и высоких требований к точности размеров введено понятие «к р и т е р и й р а з м е р н о г о и з н о с а» [61, 99, 137, 155, 156 и др.].

¹ Этот критерий износа режущих инструментов был предложен проф. М. Н. Ларным.

Стойкость режущего инструмента, соответствующая достигнутой величине износа в радиальном направлении, при котором теряется заданный размер обрабатываемой заготовки и ухудшается чистота обработанной поверхности, называется *размерной стойкостью*.

Следует отметить, что лимитирующей величиной износа режущего инструмента чаще всего является износ по задней поверхности.

Износ инструмента по мере его работы связан с изменением геометрии заточки (углы γ , α и др.).

Как показали исследования и практика обработки вязких металлов, по мере износа резцов и другого инструмента изменяется вид стружки, по которой можно судить о выработке лунки на передней поверхности и приближении полного затупления инструмента.

Рассмотренные в этом разделе основные положения об износе резцов могут быть распространены и для других режущих инструментов.

Для режущих инструментов общего назначения допускаемый износ по задней поверхности, рекомендуемый в качестве критерия затупления, можно характеризовать следующими средними величинами [123, 156].

1. Для токарных проходных, подрезных и расточных резцов, оснащенных пластинками из быстрорежущей стали P18, при черновой обработке сталей (углеродистой и легированной) износ $h_z = 1,5 \div 2$ мм, при чистовой обработке износ допускается до 1 мм; при обработке сталей жаропрочных, нержавеющей и сплавов (черновая и чистовая обработка) — до 1 мм.

2. Для резцов, оснащенных твердым сплавом, при черновой обработке сталей (углеродистой и легированной) $h_z = 1,0 \div 1,4$ мм, при чистовой $h_z = 0,4 \div 0,6$ мм; при обработке сталей жаропрочных, нержавеющей и сплавов (черновая и чистовая обработка) — до 1,0 мм; при черновой обработке чугуна $h_z = 0,8 \div 1,0$ мм, при чистовой обработке чугуна $h_z = 0,6 \div 0,8$ мм.

3. Для резцов отрезных и прорезных из стали P18 при обработке стали и ковкого чугуна $h_z = 0,8 \div 1,0$ мм, при обработке серого чугуна $h_z = 1,5 \div 2,0$ мм; для резцов с твердосплавными пластинками, обрабатывающими стали и чугуны, $h_z = 0,8 \div 1,0$ мм.

4. Для сверл рекомендуется замерять износ по задней поверхности. Для сверл из стали P18, обрабатывающих стали (углеродистые и легированные) при работе с охлаждением при $D \leq 20$ мм, $h_z = 0,4 \div 0,8$ мм, при $D > 20$ мм $h_z = 0,8 \div 1$ мм; для твердосплавных сверл ВК8 при сверлении чугуна при $D = 15 \div 30$ мм $h_z = 0,4 \div 1,0$ мм, при сверлении жаропрочных, нержавеющей сталей и сплавов, тугоплавких металлов $h_z = 0,35 \div 0,5$ мм.

5. Для зенкеров из стали P18 при обработке стали $h_z = 1,2 \div 1,5$ мм; для зенкеров, оснащенных твердыми сплавами, при обработке стали и чугуна с охлаждением при $D \leq 20$ мм $h_z = 1$ мм, при $D \leq 40$ мм $h_z = 1,2$ мм.

6. Для машинных разверток из стали P18 при обработке стали с охлаждением износ по задней поверхности заборного конуса $h_z =$

= $0,6 \div 0,8$ мм; для твердосплавных разверток при обработке стали и чугуна $h_3 = 0,4 \div 0,7$ мм.

7. Для торцовых фрез из быстрорежущей стали при черновой обработке стали $h_3 = 1,5 \div 2$ мм, при чистовой обработке $h_3 = 0,3 \div 0,5$ мм; для торцовых фрез, оснащенных пластинками из твердых сплавов, при обработке стали (черновая и чистовая обработка) $h_3 = 0,8 \div 1,2$ мм.

8. Для концевых фрез из быстрорежущих сталей при обработке стали $h_3 = 0,3 \div 0,5$ мм, для концевых твердосплавных фрез $h_3 = 0,2 \div 0,5$ мм.

4. ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ

Современные режущие инструменты должны удовлетворять ряду требований. Они должны обеспечить необходимое качество обработанной поверхности, точность размеров и формы деталей; в условиях автоматизированного производства режущие инструменты должны обладать размерной стойкостью. Кроме того, они должны отвечать требованиям прочности, надежности, способствуя повышению технологической жесткости, с целью уменьшения вибраций при работе на станках.

Конструкция режущих инструментов должна также быть технологичной, облегчающей изготовление новых инструментов, производство их ремонта при поломках или сколах режущих элементов и частей.

Конструкция инструментов должна допускать возможность свободной регулировки на размер режущих элементов инструмента как на станке, так и вне станка, должна допускать возможность быстрой замены режущих пластинок (у сборных типов инструментов) на станке, не снимая крепежной части инструмента и др.

При конструировании режущих инструментов должны предусматриваться необходимой точности посадочные места и базы крепления с учетом присоединительных размеров к рабочим органам станка (шпиндель станка и др.).

Для инструментов общего назначения, работающих на станках нормальной точности, допуски на размеры посадочных мест крепления обычно назначаются по 2-му классу точности, а для режущих инструментов, работающих на станках повышенной точности (прецизионные станки), — по 1-му классу точности и выше.

Для высокоточных инструментов чистота обработанных опорных и установочных поверхностей должна быть 9—10-го классов, а для менее точных может быть понижена до 8-го класса.

Отклонения размеров инструментов, не связанных с обеспечением точности изготавливаемых деталей, выбираются по допускам на свободные размеры. Угловые отклонения геометрических параметров режущей части обычно принимаются в пределах ± 1 — 2° , а для инструментов, предназначенных для обработки точных деталей, допуски

на угловые величины геометрических параметров выбираются в более узких пределах и зависят от допусков на изготовление этих деталей.

Режущие инструменты должны обеспечить при обработке деталей на станках высокую производительность труда. Как было сказано выше, производительность труда при работе режущими инструментами тесно связана с необходимой стойкостью, что, в свою очередь, позволяет снизить себестоимость операций механической обработки на станках и повысить качество выпускаемой продукции.

Достижение высокой производительности режущими инструментами на станках зависит от ряда факторов. Основным при конструировании и создании режущих инструментов является оправданный выбор для режущей части инструмента инструментального материала. Следует отметить, что физико-механические свойства инструментального материала оказывают большое влияние на выбор допустимой скорости резания и сечения срезаемого слоя: чем большей красностойкостью, теплопроводностью и сопротивляемостью адгезии обладает инструментальный материал, тем меньше будет подвергаться износу режущая часть инструмента, тем с большей скоростью, при заданной стойкости и других данных, будет работать инструмент.

Режущие инструменты в своей рабочей части должны располагать необходимым объемом стружечных канавок, для того чтобы отделяемая в процессе резания стружка могла свободно выходить из зоны резания и не скопляться (не спрессовываться). Это имеет большое значение при работе ряда типов режущих инструментов (сверла, зенкеры, развертки, многозубые фрезы, метчики и др.). В этой связи важным является определение рациональной формы режущих зубьев и стружечных канавок.

Практика показывает, что у тех режущих инструментов, где не обеспечиваются эти требования, особенно у инструментов, оснащенных твердыми сплавами, происходят частые поломки инструментов, а вследствие этого снижение производительности труда.

В целях исключения возможного травмирования рабочих-станочников, особенно при обработке вязких и пластичных металлов, в современных конструкциях инструментов необходимо предусмотреть элементы для завивания и ломания стружки. Это может быть достигнуто специальной формой заточки режущей части инструмента или применением специальных устройств.

Для повышения производительности труда в зависимости от технологических требований и условий обработки необходимо предусматривать рациональные геометрические параметры, форму заточки и доводку режущих кромок.

При конструировании и создании высокопроизводительных режущих инструментов необходимо предусмотреть рациональный отвод тепла от режущей кромки (кромки). Для этого заранее, исходя из конкретных условий использования инструмента, выбираются по справочникам или устанавливаются экспериментально оптималь-

ные параметры заточки режущей части инструмента. Кроме того, особенно при создании многокромочных режущих инструментов, следует устанавливать достаточные сечения режущих зубьев и предусматривать способы подвода СОЖ.

Широкие исследования ряда ученых в области резания металлов и инструментального производства и передовой опыт новаторов ведущих заводов в нашей стране (ЗИЛ, ГПЗ-1, московский инструментальный завод «Фрезер», Ленинградский Кировский завод, Сестрорецкий инструментальный завод и др.) показали, что прогрессивность режущих инструментов, их производительность во многом зависят от выбранной заранее рациональной схемы резания и правильного распределения нагрузки на отдельные режущие элементы (особенно многозубого инструмента) с учетом кинематики резания [11, 22, 134, 155, 183 и др.].

Большие резервы производительности при работе режущего инструмента заложены в возможности применения в процессе обработки на станках смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). С этой точки зрения важным при создании прогрессивных конструкций режущих инструментов является возможность осуществления современных способов подвода СОЖ в зону резания, особенно при обработке высокопрочных и вязких металлов. К этим способам подвода СОЖ, оправдавшим себя в практике работы ряда заводов, можно отнести устройства в конструкциях режущего инструмента внутреннего подвода СОЖ под давлением (резцы, винтовые сверла, сверла для осуществления глубокого сверления, кольцевые сверла и др.), применение распыленных смазочно-охлаждающих жидкостей в зоне обработки и др. [11, 31, 34, 62, 75 и др.].

Качество выпускаемых режущих инструментов в СССР обусловлено государственными общесоюзными (отраслевыми) стандартами. В государственных стандартах на режущие инструменты предусматриваются разделы: «Типы и основные размеры» и «Технические требования» (условия).

В технических требованиях на изготовление инструментов предусмотрены правила приемки и методы испытания, а также раздел по маркировке инструмента и его упаковке. Там же отображаются требования не только к материалам режущей, но и к зажимной крепящей части инструментов, их твердости и, что имеет важное значение, указываются допуски — предельные отклонения рабочих исполнительных размеров режущей и калибрующих элементов инструмента; даются также предельные отклонения габаритных и рабочих конструктивных элементов режущих инструментов; допуски на посадочные, опорные и соединительные поверхности и размеры к рабочим исполнительным органам станков.

Режущие кромки должны иметь чистоту обработанной поверхности после заточки и доводки не ниже 8—9-го классов (ГОСТ 2789—59), там же, где отдельные конструктивные элементы не шлифуются, чистота поверхности допускается до 5—6-го классов.

При обработке высокоточных деталей (обработка фасонных поверхностей, точных отверстий и др.) допуски, предусмотренные для режущих инструментов, должны обеспечивать заданные размеры и поля допусков этих деталей. Допуски на изготовление режущих элементов инструментов, которые непосредственно обеспечивают размеры и форму точных деталей, ориентировочно принимаются в пределах 0,1—0,25 от величины допуска на соответствующие размеры детали.

Центровые отверстия инструментов должны быть без царапин, выбоин и др., а для инструментов, предназначенных для точной обработки (чистовые развертки и др.), должны быть тщательно зачищены (чистота обработанной поверхности должна быть 7—8-го классов). Опорная поверхность стержней (державок) резцов должна иметь чистоту не ниже 6-го класса.

Радиальное биение режущих кромок, направляющих элементов и других по отношению оси при изготовлении режущих инструментов должно быть минимальным и соответствовать техническим условиям.

Важное значение имеет твердость режущей части инструментов: инструменты из быстрорежущей стали после термической обработки должны иметь твердость не менее *HRC* 62—65, а инструменты из углеродистой и легированной стали — не менее *HRC* 59—62 (см. гл. II).

В целях экономии дорогостоящих инструментальных материалов и повышения качества инструмента в процессе эксплуатации различные типы режущих инструментов имеют сборные конструкции: напайные, сварные или с механическим креплением режущей части. Кроме сборных конструкций, в промышленности получают распространение монолитные инструменты, главным образом твердосплавные.

При конструировании сборных режущих инструментов необходимо предусмотреть правильное расположение опор под режущие зубья и равномерную передачу на них сил крепления.

При создании режущих инструментов, при выборе марок инструментальных материалов, форм и размеров пластинок следует пользоваться ГОСТами.

Для режущих инструментов из инструментальных сталей используют преимущественно марки быстрорежущих сталей по ГОСТ 9373—60*, руководствуясь «Техническими требованиями» по ГОСТ 5952—63*.

Марки твердых сплавов для обработки конструкционных материалов выбираются по ГОСТ 3882—67, руководствуясь «Техническими требованиями» по ГОСТ 4872—65. Формы и размеры пластинок из твердых сплавов следует выбирать по ГОСТ 2209—69.

При производстве сборных конструкций нерабочая часть инструментов (державки, стержни, хвостовая часть, корпуса и др.) изготавливаются из конструкционных сталей. Для этих целей рекомендуется применять углеродистые горячекатаные стали, мартеновские горя-

чекатанные стали МСТ6 и др. (ГОСТ 380—60), углеродистые стали сортовые — качественные конструкционные (стали 40, 45 и 50 по ГОСТ 1050—60) и качественные стали (40Х и 45Х по ГОСТ 5443—50).

Корпусы ножей следует изготавливать из инструментальных углеродистых сталей У7 и У8 по ГОСТ 1435—54.

В «Технических требованиях» (условиях) должны быть даны рекомендации по применяемому припою и требованиям к ним, а также должны быть оговорены требования, предъявляемые к сварке (в случае сварных конструкций инструментов).

Алмазные резцы должны соответствовать ГОСТ 13288—67 — ГОСТ 13296—67, которые должны удовлетворять «Техническим требованиям» ГОСТ 13297—67.

Следует отметить, что в сборных конструкциях режущего инструмента режущие ножи (зубья) должны быть прочно и надежно закреплены в пазах корпуса; при конструировании сборных типов режущего инструмента необходимо пользоваться унифицированными крепежными деталями (желательно небольших размеров) с тем, чтобы обеспечить большее число режущих зубьев (многозубые фрезы и др.).

Расположение режущих зубьев в корпусе инструмента должно обеспечивать точное регулирование и возможно большее число переточек инструмента¹.

С точки зрения техники безопасности важно учесть возможность скрыть в корпусах, стержнях и др. болтовые крепления, сделав их потайными.

Режущий инструмент после его изготовления должен быть подвергнут испытанию на станках на режущие свойства с определенными режимами резания, обычно по стали марки 40 или 45 (ГОСТ 1050—60), или по стали Ст. 6 (ГОСТ 380—60), кроме тех случаев, когда инструмент предназначен для обработки других металлов. Условия испытания предусматривают металлорежущие станки соответствующей точности.

Точность размеров, форм и шероховатость обработанной поверхности, стойкость при заданном режиме обработки должны удовлетворять техническим требованиям на изготовление инструмента.

При контрольных испытаниях режущих инструментов различных типов стойкость инструмента и режимы резания должны быть не ниже общемашиностроительных нормативов режимов резания и времени технического нормирования работ на станках, в условиях различного производства, разработанных ЦБТН при НИИтруда Госкомитета труда и зарплаты при СМ СССР.

Режущий инструмент, предназначенный для использования на заводах, должен иметь соответствующую маркировку (марка инструментального материала и основные технические характеристики инструмента); для ряда режущих инструментов, предназначенных

¹ Варианты крепления режущих ножей в сборных инструментах рассматриваются в гл. III—VII.

для обеспечения высокой точности, должны быть указаны класс точности (или степень) и номенклатурный номер инструмента.

Каждый инструмент, вновь изготовленный и прошедший соответствующую проверку, подготовленный для транспортировки (или предназначенный для консервации), должен быть тщательно смазан жировым составом, предохраняющим от коррозии, завернут в упаковку и помещен в надлежащую тару с целью предохранения от механических повреждений.

Основной задачей при создании режущего инструмента является обеспечение высокого качества, усовершенствование существующих типов и создание более прогрессивных конструкций с учетом передового опыта.

Глава II

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

При изготовлении режущего инструмента применяют инструментальные стали, металлокерамические твердые сплавы, минеральную керамику и алмазы.

К инструментальным материалам, предназначенным для изготовления режущих инструментов, работающих в условиях больших тепловых нагрузок, предъявляются следующие основные требования:

высокая твердость ($HRC \geq 62 \div 65$), превышающая твердость обрабатываемого материала;

большая прочность, так как в процессе резания инструменты испытывают значительные усилия;

высокая износостойчивость, заключающаяся в способности инструментальных материалов сопротивляться износу при резании;

высокая тепловая стойкость, т. е. способность режущего инструмента сохранять свою твердость, а следовательно, и режущие свойства при высокой температуре (красностойкость) и др.¹.

Инструментальные материалы неодинаково устойчивы против действия тепла: одни теряют свои режущие свойства при температуре 200—250° С, а другие способны резать при температуре 1000° С и выше.

5. ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ

Углеродистые инструментальные стали (ГОСТ 1435—54) содержат от 0,6 до 1,4% углерода. Эти стали имеют высокую твердость после термической обработки ($HRC\ 60—63$). Однако эта твердость при сравнительно невысокой температуре (200—250° С) в зоне резания резко падает, что является существенным недостатком. Поэтому область применения этих сталей для изготовления режущего инструмента весьма ограничена. Из сталей марок У10А, У11А и У12А могут быть изготовлены метчики, плашки, развертки, напильники и другие режущие инструменты, работающие при малых скоростях резания.

¹ Свойства инструментальных сталей и других инструментальных материалов рассмотрены в специальной литературе [16, 26, 64, 170, 191 и др.].

Легированные инструментальные стали (ГОСТ 5950—63) благодаря наличию в своем составе легирующих элементов — хрома, вольфрама, ванадия, кремния и марганца обладают по сравнению с углеродистыми сталями повышенной вязкостью в закаленном состоянии, более глубокой прокаливаемостью, меньшей склонностью к деформациям и трещинам при закалке.

Режущие свойства легированных инструментальных сталей несколько выше, чем углеродистых. Наибольшее распространение получили легированные инструментальные стали марок ХВГ, 9ХС и др.; например, сталь марки ХВГ (хромовольфрамомарганцовистая) может быть использована для изготовления протяжек длинных метчиков, разверток и др.

Режущий инструмент, изготовленный из инструментальной быстрорежущей стали, обладает большим сопротивлением износу, высокой производительностью, способностью сохранять твердость ($HRC \geq 62-65$) и режущие свойства при многократном нагреве до температуры $620-640^\circ\text{C}$.

Указанные свойства быстрорежущих сталей позволяют при обработке сталей с $\sigma_s = 90-100 \text{ кг/мм}^2$ и чугунов с твердостью $HВ 270-280$ применять значительно большие скорости по сравнению со скоростями работы инструмента из легированной инструментальной стали.

Основным легирующим элементом, входящим в состав всех быстрорежущих сталей, является вольфрам.

По ГОСТ 9373—60 изготавливаются быстрорежущие стали марок Р18 и Р9 — нормальной производительности и марок Р18Ф2, Р14Ф4, Р9Ф5, Р9К5, Р9К10, Р10К5Ф5, Р18К5Ф2 и др. — повышенной производительности (табл. 2).

Обозначение марок стали составляется из букв и цифр: буква Р указывает, что сталь относится к группе быстрорежущих, а цифра после буквы Р показывает среднее содержание вольфрама в стали (в процентах). Среднее содержание ванадия в стали (в процентах) обозначается цифрой после буквы Ф, кобальта — цифрой, следующей за буквой К. Во всех марках быстрорежущей стали (за исключением Р6М3) допускается содержание молибдена до 1%, при этом содержание вольфрама должно быть в пределах, указанных в табл. 2 (не ниже нижнего предела). При содержании в стали молибдена более 0,5% к обозначению марки стали добавляется буква М (Р18М или Р9М).

Сталь Р18 по структуре более мелкозерниста, менее чувствительна к перегреву при закалке и лучше шлифуется, чем сталь марки Р9, хотя тепловая стойкость обеих марок примерно одинакова (620°C) и они мало отличаются по режущим свойствам.

Сталь Р18Ф2 достаточно теплоустойчива (доходит до 640°C), обладает более высокими режущими свойствами, чем стали Р18 и Р9, и поэтому используется для обработки сталей повышенной прочности.

Быстрорежущие стали, содержащие кобальт с повышенным содержанием ванадия (Р10Ф5К5, Р18Ф2К5 и др.), а также повышен-

Таблица 2

Химический состав быстрорежущих сталей (в %) ¹

Марка стали	Углерод]	Марга- нец	Крем- ний	Хром	Вольфрам	Ванадий	Кобальт	Молибден	Ни- кель	Сера	Фос- фор
		не более						не более			
P18	0,7—0,8	0,4	0,4	3,8—4,4	17,5—19,0	1,0—1,4	—	0,3	0,4	0,03	0,03
P9	0,85—0,95	0,4	0,4	3,8—4,4	8,5—10,0	2,0—2,6	—	0,3	0,4	0,03	0,03
P12	0,8—0,9	0,4	0,4	3,1—3,6	12,0—13,0	1,5—1,9	—	0,5	0,5	0,03	0,03
P9Φ5	1,4—1,5	0,4	0,4	3,8—4,4	9,0—10,5	4,3—5,1	—	0,4	0,4	0,03	0,035
P14Φ4	1,2—1,3	0,4	0,4	4,0—4,6	13,0—14,5	3,4—4,1	—	0,4	0,4	0,03	0,035
P18Φ2	0,85—0,95	0,4	0,4	3,8—4,4	17,5—19,0	1,8—2,4	—	0,5	0,4	0,03	0,03
P9K5	0,9—1,0	0,4	0,4	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	5,0—6,0	0,3	0,4	0,03	0,03
P9K10	0,9—1,0	0,4	0,4	3,8—4,4	9,0—10,5	2,0—2,6	9,5—10,5	0,3	0,4	0,03	0,03
P10K5Φ5	1,45—1,55	0,4	0,4	4,0—4,6	10,0—11,5	4,3—5,1	5,0—6,0	0,3	0,4	0,03	0,035
P18K5Φ2	0,85—0,95	0,4	0,4	3,8—4,4	17,5—19,0	1,8—2,4	5,0—6,0	0,5	0,4	0,03	0,03
P6M3	0,85—0,95	0,4	0,4	3,0—3,6	5,5—6,5	2,0—2,5	—	3,0—3,6	0,4	0,03	0,03

¹ ГОСТ 9373—60.

ный процент ванадия (P9Ф5, P14Ф4, P18Ф2), обеспечивают повышенную производительность при обработке нержавеющей и жаропрочных сплавов, а также конструкционных сталей. Наряду с этим быстрорежущие стали, легированные кобальтом, особенно стали с повышенным содержанием ванадия и с высоким содержанием углерода шлифуются значительно хуже стали P18.

Примерное назначение быстрорежущих сталей приведено в табл. 3.

Сталь P12 по режущим свойствам практически не отличается от быстрорежущей стали марок P18 и P9, но обладает лучшей шлифуемостью, чем сталь P9, достаточно высокой красностойкостью и прочностью. Карбидная неоднородность у стали P12 немного меньше, чем у стали P18. Вследствие этого и меньшего содержания хрома эта сталь превосходит сталь P18 в пластичности при температурах деформации и в прочности после термической обработки. Таким образом, сталь P12 лучше обрабатывается давлением и более пригодна для изготовления режущих инструментов способами пластической деформации.

Инструменты, изготовленные из новых вольфрамомолибденовых быстрорежущих сталей марок P6M3, P6M5, P9M4 и др., обладают повышенной прочностью и стойкостью.

Частичная замена молибдена вольфрамом (5—6%), как показали исследования д-ра техн. наук Ю. А. Геллера и канд. техн. наук Г. А. Коссовича [26, 158], мало изменяет распределение карбидов. Например, карбидная неоднородность в прокате стали P6M3 на 1—1,5 балла меньше, чем в стали P18. Этому способствует уменьшенное содержание хрома.

Механические свойства вольфрамомолибденовых сталей значительно выше вольфрамовых сталей. Эти стали обладают большей пластичностью по сравнению с вольфрамовыми сталями типа P18. В стадии промышленных испытаний находятся вольфрамомолибденовые стали марок P6M3K5, P9M4K8Ф, P6M4Ф4 и др., изготавливаемые по техническим условиям.

Вместе с тем рядом исследований установлено, что с повышением содержания молибдена в стали увеличивается степень обезуглероживания при нагреве. Сталь P6M3, в которой содержание молибдена не превышает 3,6%, менее чувствительна к обезуглероживанию и окислению. Содержание молибдена в этих сталях следует допускать не более 4%. Шлифуемость этой стали по сравнению со сталью P9 также лучшая.

Вольфрамомолибденовые быстрорежущие стали рекомендуется применять для режущего инструмента, работающего в условиях динамических нагрузок, когда необходима повышенная износостойкость инструмента, работающего при больших подачах, когда необходимо обеспечить повышенную механическую прочность (фрезы, обдирочные резцы, долбяки, протяжки, метчики, сверла и др.).

Ряд приведенных выше марок быстрорежущих сталей наряду с содержанием вольфрама имеют в своем составе легирующие эле-

Основные свойства и примерное назначение быстрорежущих сталей

Марка стали	Красностойкость, твердость в горячем состоянии, износостойкость	Шлифуемость	Область применения стали
P18Ф2	Несколько повышенная износостойкость, более высокая красностойкость и твердость в горячем состоянии, чем у сталей P18 и P9	Удовлетворительная	Для изготовления различных инструментов, обработки материалов разной твердости, нержавеющей и жаропрочных сплавов
P9 (P9M)	Близка к стали P18. Обладает меньшей карбидной ликвацией, чем сталь P18, и лучшими механическими свойствами	Пониженная, но лучше, чем у сталей P9Ф5 и P14Ф4	Для изготовления инструментов не трудоемких при шлифовании
P9К5, P9К10 и P18К5Ф2	Повышенная твердость в горячем состоянии и красностойкость	Пониженная, но лучше, чем у стали с более высоким содержанием ванадия и углерода (стали P9Ф5 и P14Ф4)	Для обработки нержавеющей и жаропрочных сплавов, твердых материалов; для изготовления режущих инструментов, нагреваемых в работе до высоких температур. Сталь P9К5 пригодна для работы ударом как более вязкая, а сталь P9К10 обладает более высокой красностойкостью
P10К5Ф5	Высокая износостойкость, повышенная твердость в горячем состоянии и красностойкость	Низкая	

Марка стали	Красностойкость, твердость в горячем состоянии, износостойкость	Шлифуемость	Область применения стали
P9Ф5	Повышенная износостойкость и незначительно повышенная красностойкость	Низкая	Для изготовления режущих инструментов для чистовой обработки, обработки жаропрочных сплавов на основе титана и материалов, обладающих абразивными свойствами
P14Ф4			По химическому составу, свойствам и применению занимает промежуточное положение между сталями марок P9Ф5 и P18Ф2

менты: ванадий, кобальт, молибден и др., что в значительной мере улучшает режущие свойства инструментов.

Вместе с тем стали, содержащие эти элементы, имеют различную степень шлифуемости, отличающуюся от шлифуемости быстрорежущей стали P18, что необходимо учитывать при выборе характеристики круга и режимов при шлифовании и заточке этих инструментов¹.

Следует отметить, что степень ухудшения шлифуемости быстрорежущих марок сталей, приведенных выше, зависит главным образом от возрастающего увеличения содержания в стали ванадия [40], а также от количества остаточного аустенита.

Способы улучшения поверхностных слоев режущих инструментов и целесообразность улучшения зависят от условий работы инструмента, износа, способа переточки и др. Вопросы цианирования, сульфидирования, азотирования и другие способы улучшения поверхностных слоев подробно рассмотрены в д-ром техн. наук Ю. А. Геллером [26].

Быстрорежущие стали повышенной производительности P9K5, P9K10, P10K5Ф5, P9Ф5, P14Ф4 и др. не являются универсальными и повышают производительность по скорости резания по сравнению со сталью P18 на 10—15%. Вместе с тем эти стали в ряде случаев имеют пониженные технологические свойства.

¹ Вопросы выбора кругов для точки различных марок инструментальных сталей и других материалов рассматриваются в гл. VII.

Проведенные в ЦНИИТмаше [56] исследования новых быстрорежущих сталей Р12Ф2К8МЗ (ЭП657), Р12Ф3К10М2 (ЭП682), Р12Ф4К5 (ЭП600), Р9М4К8Ф2 (ЭП688), Р9МЗК6С (ЭП722), Р6Ф2К8М5 (ЭП658), Р6М5К5 и др. при обработке сталей с повышенным пределом прочности дали возможность выявить преимущества отдельных новых марок этих сталей. Так, например, новая быстрорежущая сталь Р9М4К8 при точении (непрерывном и прерывистом) стали Х18Н10Т и сплава ЭИ893 дала повышение стойкости инструмента по сравнению со сталью марки Р18 в три-четыре раза. Стали Р9МЗК6С, Р9М4К8 и др. показали повышение стойкости по сравнению со сталью Р18, а также по сравнению с твердым сплавом ВК6 в 4—4,5 раза.

Следует отметить, что стали марок Р9МЗК6С, Р9М4К8Ф2, обладая равной красностойкостью, имеют большой предел прочности на изгиб ($\sigma_u = 250\div 270$ кг/мм²) и высокую ударную вязкость и др.

При сверлении стали Х18Н10Т сверла из стали Р9М4К8Ф2 при повышенных режимах резания показали увеличение стойкости до трех-четырех раз. Новая быстрорежущая сталь Р9М4К8Ф2 дает возможность повысить стойкость инструмента в три-четыре раза по сравнению со сталью Р18, особенно при операциях прерывистого точения, торцового фрезерования, долбления и др. [56].

Особо следует отметить использование дисперсионотвердеющих инструментальных сплавов ЗВ20К20Х4 (ЭП634), В16М4К16Х4Н2 (ЭП724), разработанных во ВНИИ, и сплава В14М7К25 (ЭП723), разработанного кафедрой металловедения и термической обработки Станкина совместно с ЦНИИТмашем. Например, при непрерывном точении жаропрочных сплавов ЭИ607, ЭИ893, ЭИ202 и др. сплав В14М7К25 показал повышение стойкости резцов до шести раз по сравнению со сталью Р18. Эти новые инструментальные сплавы после термообработки обладают высокой твердостью ($HRC\ 67\text{—}69$), повышенной тепловой стойкостью (до 750°С) и другими достоинствами.

При точении нержавеющей стали 2Х13 резцы из сплава В14М7К25 дали возможность повысить стойкость инструмента до 12 раз по сравнению со сталью Р18. Эффективные результаты при использовании нового инструментального сплава В14М7К25 были получены при фрезеровании жаропрочных сплавов, аустенитных сталей и др., а также при строгании титановых сплавов.

Основная область применения дисперсионотвердеющего сплава В14М7К25 — это обработка высокопрочных и труднообрабатываемых материалов, т. е. там, где проявляется явное преимущество этого сплава по сравнению с быстрорежущими сталями повышенной производительности (ГОСТ 9373—60).

6. МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Для изготовления режущего инструмента, обладающего в сравнении с быстрорежущими сталями более повышенными эксплуатационными свойствами, в промышленности широко применяют металлокерамические твердые сплавы.

Твердые сплавы получают методами порошковой металлургии путем прессования и спекания порошков тугоплавких металлов. Основными компонентами, служащими для приготовления твердых сплавов, являются карбиды вольфрама WC , титана TiC и тантала TaC . Кобальт (Co) в составе твердых сплавов является связующим веществом.

В зависимости от состава твердых сплавов спекание смеси тугоплавких порошков осуществляется в электрических печах при температуре, достигающей $1550^{\circ}C$, в присутствии жидкой фазы [170, 171]. В качестве защитной атмосферы применяют водород (или окись углерода).

Основной важный показатель твердых сплавов — это повышенная твердость, так как от нее зависит износостойкость сплавов. На твердость оказывают влияние количество карбидной фазы и величина зерна. Исследованиями установлено, что титано-вольфрамовые твердые сплавы обладают более высокой твердостью, чем вольфрамовые, так как карбид титана тверже, чем карбид вольфрама; с увеличением плотности твердость сплавов также возрастает.

Тепловая стойкость твердых сплавов находится в пределах $800—900^{\circ}C$ и выше, что непосредственно влияет на повышение производительности процесса резания при обработке твердых металлов (включая закаленные стали) и неметаллических материалов. Но наряду с достоинствами твердые сплавы обладают существенным недостатком — они хрупки и имеют пониженные показатели прочности на изгиб (табл. 4).

Один из основных технологических способов изменения прочности и износостойкости твердых сплавов — это изменение концентрации связующей фазы. Например, сплавы с невысоким содержанием кобальта (3—8%), отличаются высокой износостойкостью, но имеют относительно низкий предел прочности на изгиб, а сплавы, содержащие большой процент кобальта (15—20%), имеют более высокий предел прочности и более пластичны при сравнительно низкой износостойкости [66, 67, 170].

В последние годы во ВНИИТСе, ВНИИ, ЦНИИТмаше, НИИ-автопроме и в других организациях проводились работы по повышению прочности твердых сплавов. В результате было установлено, что повышение физико-механических свойств твердых сплавов и повышение эксплуатационных свойств их может быть достигнуто за счет изменения зернистости карбидной фазы (размер зерен карбида вольфрама), марки сплавов ВКЗМ, ВК6М и др. Изменение размера зерен карбида вольфрама может привести к существенному изменению прочности, пластичности и вязкости твердых сплавов.

В настоящее время при спекании твердых сплавов средний размер зерен может изменяться (фаза Co) от 1 до 15 μm , при этом толщина связующей фазы составляет 1—5 μm [171].

ГОСТ 3882—67 * устанавливает марки по следующим группам твердых сплавов:

**Химический состав и физико-механические свойства
металлокерамических твердых сплавов (ГОСТ 3882—67 *)**

Группа твердых сплавов	Марка твердого сплава	Оrientировочный состав смеси (без учета примесей) в %				Физико-механические свойства		
		Карбид воль- фрама	Карбид титана	Карбид тантала	Кобальт	Предел прочно- сти при изгибе в кгс/мм ² (не менее)	Плотность в г/см ³	Твердость HRA (не менее)
Вольфра- мовая	BK2	98	—	—	2	110	15,0—15,4	90,0
	BK3	97	—	—	3	100	15,0—15,3	89,0
	BK3M	97	—	—	3	110	15,0—15,3	91,0
	BK4	96	—	—	4	135	14,9—15,1	89,5
	BK4B	96	—	—	4	140	14,9—15,1	88,0
	BK6M	94	—	—	6	135	14,8—15,1	90,0
	BK6	94	—	—	6	145	14,6—15,0	88,5
	BK6B	94	—	—	6	150	14,6—15,0	87,5
	BK8	92	—	—	8	160	14,4—14,8	87,5
	BK8B	92	—	—	8	170	14,4—14,8	86,5
	BK10	90	—	—	10	160	14,2—14,6	87,0
	BK15	85	—	—	15	180	13,9—14,1	86,0
	BK20	80	—	—	20	190	13,4—13,7	84,5
	BK25	75	—	—	25	200	12,9—13,2	83,0
Титано- вольфра- мовая	T30K4	66	30	—	4	90	9,5—9,8	92,0
	T15K6	79	15	—	6	115	11,0—11,7	90,0
	T14K8	78	14	—	8	125	11,2—12,0	89,5
	T5K10	85	6	—	9	135	12,3—13,2	88,5
	T5K12B	83	5	—	12	160	12,8—13,3	87,0
Титано- тантало- вольфра- мовая	TT7K12	81	4	3	12	160	13,0—13,3	87,0
	TT10K8B	82	3	7	8	140	13,5—13,8	89,0

1) вольфрамовые твердые сплавы, однокарбидные (ВК); 2) титано-вольфрамовые твердые сплавы, двухкарбидные (ТК); 3) титано-тантало-вольфрамовые твердые сплавы, трехкарбидные (ТТК).

Структура вольфрамовых твердых сплавов состоит из зерен карбида вольфрама, цементированных кобальтом; структура титано-вольфрамовых твердых сплавов — из зерен твердого раствора карбида вольфрама в карбиде титана и избыточных зерен карбида вольфрама, цементированных кобальтом, или только из зерен твердого раствора карбида вольфрама в карбиде титана, цементированных кобальтом; структура титано-тантало-вольфрамовых твердых сплавов — из зерен твердого раствора карбида титана, карбида тантала, карбида вольфрама и избыточных зерен карбида вольфрама, цементированных кобальтом.

Химический состав и физико-механические свойства твердых сплавов, приведены в табл. 4.

Как было указано выше, кроме химического состава на свойства твердых сплавов оказывает влияние и их структура (величина зерна, плотность и т. д.). При равном содержании кобальта сплавы группы ВК более вязки, чем сплавы группы ТК. Так, сплав Т15К6 более хрупок, чем сплав ВК6. Именно поэтому сплавы группы ВК как более вязкие применяются при обработке чугунов и других хрупких материалов. Сплав ВК6М (буква М обозначает мелкозернистый сплав) используется при чистовой обработке чугуна (в том числе закаленного) и нержавеющей сталей. Сплав ВК6М по физико-механическим свойствам превосходит другие твердые сплавы. Особным преимуществом является то, что твердость его в пределах температур 400—900° С выше, чем твердость других сплавов [191].

Сплав ВК8В (крупнозернистый), разработанный ВНИИТС, хорошо зарекомендовал себя при обработке труднообрабатываемых жаропрочных сталей аустенитного класса, как 1Х18Н9Т, 1Х18Н12Т. Созданные новые марки твердых сплавов (Т5К12В, Т17К12, ТТ7К15) обладают высокой изнosoустойчивостью, высокой эксплуатационной прочностью, сопротивлением удару, вибрациям и выкрашиванию.

Эти свойства дают возможность изготавливать инструмент, требующий пониженных усилий резания, что весьма существенно при неблагоприятных ударных условиях обработки стальных поковок и литья. Такие сплавы позволяют повысить скорость резания почти в два раза по сравнению с инструментом из быстрорежущей стали при резании труднообрабатываемых сталей аустенитного класса 45Г17ЮЗ, 1Х18Н9Т, 1Х18Н12Т, Х18М12Т, Х18Н12М2Т и 15Х11МФ.

В результате длительных лабораторных и производственных испытаний, проведенных на ряде машиностроительных заводов (Уралмашзавод, Коломенский тепловозостроительный завод им. Куйбышева, Ново-Краматорский завод, ЛМЗ им. ХХII съезда и др.), была установлена целесообразность применения новых марок твердого сплава для тех видов обработки, при которых

невозможно применение твердых сплавов марок Т5К10 и ВК8 (вследствие их хрупкости).

Несмотря на явные преимущества твердосплавного инструмента, обладающего большой износостойчивостью и теплостойкостью по сравнению с инструментом, изготовленным из инструментальных сталей, применение его часто ограничивается выпуском необходимых стандартных пластин и вставок, используемых для токарных резцов, фрез и другого многолезвийного инструмента. В промышленности металлообработки в настоящее время все большее распространение получает цельный (монокристаллический) твердосплавный инструмент для обработки труднообрабатываемых материалов.

Такой инструмент обладает повышенной жесткостью и износостойкостью.

Следует отметить, что проведенные исследования ряда организаций по обработке резанием труднообрабатываемых материалов показали эффективность применения металлокерамических твердых сплавов вольфрамо-кобальтовой группы, обладающих наибольшим сопротивлением микроконтактным хрупким разрушениям, а следовательно, наибольшим сопротивлением износу [34, 50]. Режимы резания, применяемые при обработке высокопрочных материалов, как известно, не высокие. Поэтому температурный фактор не играет в этом случае большой роли и не определяет интенсивность износа режущего инструмента.

К наиболее эффективным следует отнести металлокерамические твердые сплавы вольфрамо-кобальтовой группы с мелкой и особо мелкой структурой карбидной фазы.

В этом отношении твердый сплав ВК6М при точении жаропрочных сталей и сплавов дает возможность повысить скорость резания до 30% по сравнению со сплавом ВК8 [34].

Проведенные исследования в ЦНИИТмаше [51] по испытанию режущих свойств особо мелкозернистых твердых сплавов ВК6-ОМ, ВК10-ОМ, ВК15-ОМ и выпускаемых по ГОСТ твердых сплавов ВК6М, ВК8 и Т30К4 показали, что при точении горячепрессованного вольфрама при небольших сечениях среза ($t = 1$ мм и $s = 0,1$ мм/об) сплав Т30К4 имел большую интенсивность износа. Сплав ВК6М с мелкозернистой структурой дал возможность повысить скорость резания до двух раз по сравнению со сплавом ВК8. Наилучшие результаты показал твердый сплав ВК10-ОМ. Этот сплав дал возможность повысить скорость резания в два раза по сравнению со сплавом ВК6М и до четырех раз по сравнению со среднезернистым сплавом ВК8.

Как показали исследования и практика применения твердых сплавов вольфрамо-кобальтовой группы, при постоянном содержании кобальта уменьшение величины зерна карбида вольфрама повышает сопротивление твердого сплава адгезионно-усталостному износу, которое увеличивается по мере увеличения содержания кобальта в твердом сплаве до оптимального его значения в сплаве.

Вместе с тем исследования и практика применения твердых сплавов показали, что двухкарбидные твердые сплавы (группа ТК) и трехкарбидные сплавы (группа ТТК), имеющие повышенную тепловую стойкость и производительность при обработке углеродистых конструкционных сталей, не обеспечивают необходимую производительность процесса резания при обработке некоторых жаропрочных сталей и сплавов и других труднообрабатываемых материалов (тугоплавких металлов и др.).

Особо большой эффект дает применение СОЖ: при точении вольфрама твердым сплавом ВК10-ОМ применение 5-процентной эмульсии дало возможность повысить скорость резания на 70%, а применение химически активных СОЖ повысило скорость резания в 4,5—5 раз [51].

Исследования режущих свойств новых марок твердых сплавов были проведены также при точении тугоплавкого металла на основе молибдена ВМ-1. В этом случае были выявлены значительные резервы, заложенные в сплаве ВК10-ОМ; при фрезеровании стали 2Х13 наилучшие результаты показал также сплав ВК10-ОМ, при этом было достигнуто повышение скорости резания до 70% по сравнению со сталью Р18; при фрезеровании стали 15Х11МФ лучшие результаты были получены при работе фрез, оснащенных твердым сплавом ВК15-ОМ, который дал возможность повысить скорость резания более чем в два раза¹.

Следует также отметить, что значительные преимущества особо мелкозернистых твердых сплавов, по сравнению с выпускаемыми сплавами (по ГОСТ), были выявлены в ЦНИИТмаше канд. техн. наук О. М. Кирилловой и инж. А. Д. Вершинской при обработке фрезерованием недеформируемого жаропрочного сплава на никелевой основе ЖС-65, коррозионной стали 0Х15Н9Ю и никелевого сплава ЭИ893.

Таким образом, применение особо мелкозернистых твердых сплавов (ВК10-ОМ и ВК15-ОМ) дает возможность значительно повысить производительность.

7. МИНЕРАЛЬНАЯ КЕРАМИКА

Минеральная керамика не содержит никаких дефицитных и дорогостоящих материалов. Ее основу составляет технический глинозем (окись алюминия Al_2O_3), подвергнутый спеканию при температуре более 1750° С. Минералокерамика обладает высокой твердостью ($HRA\ 91—93$), теплостойкостью (1100—1200° С) и неокисляемостью, но уступает металлокерамическим твердым сплавам по теплопроводности (0,046 кал/см·сек·град) и прочности на изгиб (30—40 кг/см²). Предел прочности на изгиб у минералокерамики в два-три раза ниже, чем у металлокерамических сплавов, и это является по существу основной причиной ограниченного ее применения.

¹ Данные исследования в ЦНИИТмаше были выполнены канд. техн. наук Н. И. Ташлицким,

Московский комбинат твердых сплавов выпускает минералокерамические пластины марки ЦМ332 различных форм. Инструмент, оснащенный минералокерамикой, вследствие повышенной теплоустойчивости и износоустойчивости позволяет применять более высокие режимы резания, чем металлокерамика.

Минералокерамический инструмент может быть использован при полуставом и чистовом точении чугуна, конструкционных легированных сталей, но из-за присущей минералокерамике особенности — хрупкости он имеет пока ограниченную область применения. Для повышения прочности минералокерамики в ее состав добавляют молибден, вольфрам, титан, никель, бор и т. д. Такие материалы называют керметами, позволяющими обрабатывать труднообрабатываемые стали и сплавы [104].

8. АЛМАЗЫ

В связи с широким применением в машиностроении различных труднообрабатываемых материалов возникает настоятельная необходимость всемерного внедрения в технологию механической обработки более совершенных высокопроизводительных способов. Один из наиболее прогрессивных способов — способ применения алмазного инструмента. Дорогой и дефицитный по сравнению с другими инструментами алмазный инструмент отличается высокой производительностью и длительным сроком службы.

Алмазная обработка с использованием природных кристаллов применяется главным образом при тонком точении цветных металлов, сплавов и пластмасс, при этом достигается точность обработки 1-го класса и шероховатость поверхности около $\nabla 9$ — $\nabla 12$. Крепление алмаза осуществляется пайкой или механическим способом (см. гл. III).

Алмазы могут быть использованы также при изготовлении алмазных кругов и мелкозернистых порошков. Наиболее характерные виды резцов, предусмотренные ГОСТ, рассмотрены в гл. III.

Благодаря высокой твердости и износоустойчивости алмазы намного превосходят указанные свойства всех других инструментальных материалов. По шкале Мооса твердость алмаза характеризуется числом 10, микротвердость — 10 060 (микротвердость карбида бора 4000, карборунда около 3500, металлокерамических твердых сплавов в пределах 1400—1600 кг/мм^2). Несмотря на высокую твердость алмазы обладают повышенной хрупкостью, что ограничивает область их применения.

В табл. 5 приведены сравнительные характеристики прочностных свойств алмазов и других высокопрочных материалов. Как видно из таблицы, алмазы характеризуются самым высоким модулем упругости, что обуславливает высокие их режущие свойства. Алмазы также благодаря высокой теплопроводности (0,35 $\text{кал/см} \cdot \text{сек} \cdot \text{град}$) лучше отводят тепло, выделяемое в зоне резания, что способствует повышению стойкости инструмента. Тепловая стойкость натуральных алмазов находится в пределах 700—800° С.

Прочность алмазов и других высокопрочных материалов

Материал	Предел прочности в кг/мм^2		Модуль упругости в кг/мм^2
	при изгибе	при сжатии	
Алмаз	30	200	72 000—93 000
Карбид бора	30	180	29 600
Карбид кремния	10—15	100—200	36 500
Металлокерамические сплавы	90—155	330—460	44 000—60 000

Наряду с естественными алмазами, добываемыми в Якутии, широкое применение за последнее время имеют синтетические алмазы, особенно в машиностроении и приборостроении, авиационной и автотракторной промышленности [139].

9. СИНТЕТИЧЕСКИЙ ВЫСОКОТВЕРДЫЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ — ПОЛИКРИСТАЛЛЫ НИТРИДА БОРА — ЭЛЬБОР

Разработанные институтом физики высоких давлений АН СССР под руководством акад. Л. Ф. Верещагина способы получения поликристаллических соединений нитрида бора — эльбора дали возможность применить при изготовлении режущих инструментов (резцов, фрез) крупные кристаллы.

Эльбор представляет собой химическое соединение бора и азота (~40% бора и ~50% азота). Важное преимущество эльбора — это высокая микротвердость (до $10\,000\text{ кг/мм}^2$), высокая тепловая стойкость (до $1400\text{—}1500^\circ\text{C}$), отсутствие сродства с металлами и др.

Эльбор по физико-механическим свойствам не уступает алмазам [28, 139 и др.].

Высокие физико-механические свойства этого поликристаллического соединения позволяют эффективно обрабатывать инструментом, оснащенным пластинками этого сплава, высокопрочные материалы (закаленную сталь, легированный чугун, металлокерамику, стеклопластики и др.).

Ленинградским абразивным заводом «Ильич» освоено изготовление этого нового синтетического материала (размеры заготовок: диаметр 3—4 мм, высота 4—6 мм).

Стойкость резцов, оснащенных эльбором, при тонком точении и растачивании деталей из закаленной стали ($HRC\ 48\text{—}66$) в 20—30 раз выше, чем твердосплавных резцов. При расточке отверстий по 1—2-му классам точности чистота обработанной поверхности соответствовала 7—9-му классам. Производительность труда возрастает в 1,5—3 раза.

Глава III

РЕЗЦЫ

Новаторы производства в содружестве с инженерами, техниками и научными работниками внесли и продолжают вносить и внедрять на заводах много ценных предложений, направленных на улучшение геометрических параметров и конструкций различных типов инструмента. Ряд предложений по инструменту уже внесен в новые стандарты и нормали машиностроения.

В данной главе рассмотрены наиболее характерные конструкции высокопроизводительных резцов.

10. ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

Элементы геометрических параметров резцов были рассмотрены в гл. I. Как там было сказано, геометрические параметры оказывают большое влияние на процесс резания. От правильного их выбора зависит интенсивность износа поверхностей режущей части инструмента, стойкость, производительность при работе на станках, а также расход режущего инструмента.

Выбор геометрических параметров для каждого типа режущего инструмента должен производиться с учетом износа и особенности его работы [11, 25, 75 и др.].

Геометрические параметры рабочей части резцов, форма заточки для резцов из быстрорежущей стали по данным ВНИИНмаш отражены в МН 5218—64 [118] и рекомендуются ЦБПН [123].

Форма передней поверхности резцов, оснащенных пластинками из твердых сплавов. На рис. 12 показаны основные формы заточки резцов, рекомендуемые ВНИИНмаш [118].

Плоская с положительным передним углом — форма I (рис. 12, а) рекомендуется для резцов при обработке серого чугуна, бронзы и других хрупких материалов. Плоская с отрицательной фаской — форма II (рис. 12, б) — для обработки ковкого чугуна, стали и стального литья с $\sigma_s \leq 80 \text{ кг/мм}^2$, а также с $\sigma_s > 80 \text{ кг/мм}^2$ при недостаточной жесткости технологической системы (для отвода и дробления стружки рекомендуется применять стружколом).

Элементы заточки передней поверхности резцов (размеры в мм)

Резцы		Элементы режущей части резцов	Ширина головки									
Вид	Тип		До 3	4		6—8	10—12	15—20	Св. 20			
Токарные, строгаль- ные, долбежные	Отрезные, прорезные	Радиус при вершине <i>r</i>	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0			
		Ширина фаски <i>f</i>	0,15	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5			
Резцы			Сечение резца									
Вид	Тип	Элементы режущей части резцов	—	—	—	—	16×12	20×16	25×20	32×25	40×32	50×40
			6×6	8×8	10×10	12×12	16×16	20×20	25×25	32×32	40×40	63×40
			—	—		16×10	20×12	25×16	32×20	40×25	50×32	63×50
			ø 6*	ø 8*	ø 10*	ø 12*	ø 15*	ø 20*	—	—	—	—
Строгаль- ные	Проходные, подрезные	Радиус при верши- не <i>r</i>	—				1,5	2	2,5	3	4	
	Проходные, подрезные		0,5				1	1,5	2	2,5		
	Расточные		0,5				1			1,5		

Токарные

Проходные, подрезные	Ширина фаски f	0,15—0,2		0,3—0,4		0,6—0,8		0,9—1,2	
		0,1—0,15		0,2—0,3		0,4—0,5		* 0,6	—
Проходные, подрезные, расточные	Форма заточ- ки III (рис. 12, з)	A	—		4		5		
		B	—		2,5		3,5		
		R	—		1,5		1,8		
	Форма заточ- ки IIIa, IIIб (рис. 12, д, ж)	l	3—4	6—8	8—10	10—12	14—16	16—18	22—24 28—30
Проходные	Форма заточ- ки IIa (рис. 12, в)	P	—		3—4		5—6	7—8	

* Диаметры оттянутой части расточных резцов.

Плоская с отрицательной фаской и припайным стружколомом — форма IIa (рис. 12, в) применяется для резцов при обработке стали и стального литья с $\sigma_s \leq 80 \text{ кг/мм}^2$ при необходимости завивания и дробления стружки.

Криволинейная с отрицательной фаской — форма III (рис. 12, г) рекомендуется для резцов при обработке стали с $\sigma_s \leq 80 \text{ кг/мм}^2$ при необходимости завивания и дробления стружки.

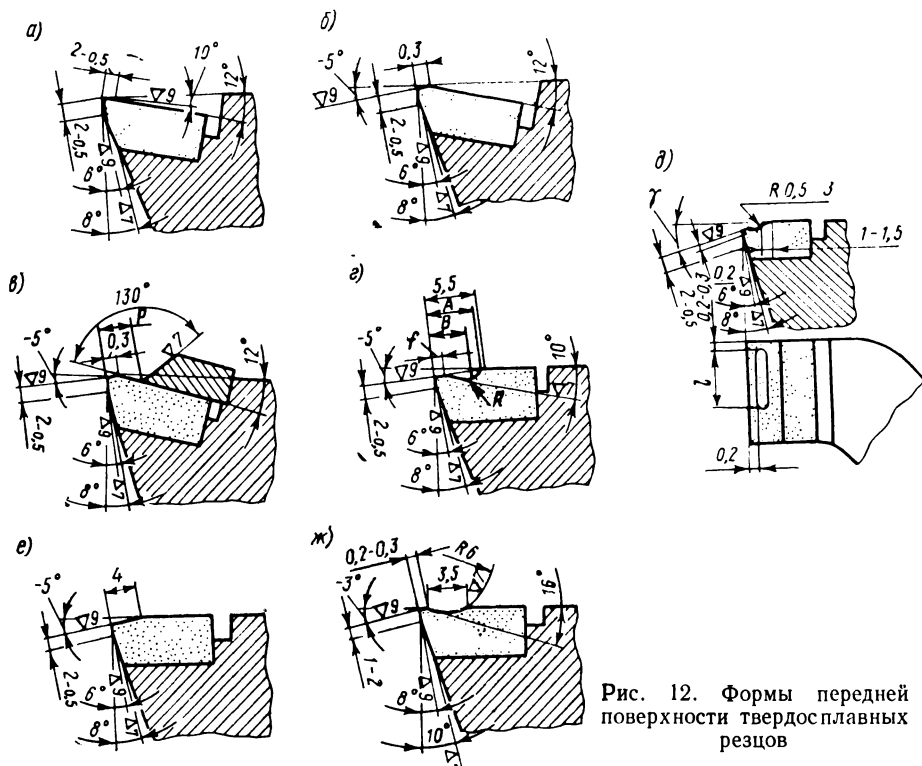


Рис. 12. Формы передней поверхности твердосплавных резцов

Плоская с мелко размерной лункой — форма IIIa и IIIб (рис. 12, д) с передним углом $\gamma = 0^\circ$ рекомендуется для резцов при обработке стали и стального литья с $\sigma_s \leq 60 \text{ кг/мм}^2$, а с углом $\gamma = -5^\circ$ — для резцов при обработке стали и стального литья с $\sigma_s = 60 \div 80 \text{ кг/мм}^2$.

Плоская с отрицательным передним углом — форма IV (рис. 12, е) применяется при черновой обработке стали и стального литья ($\sigma_s > 80 \text{ кг/мм}^2$) с неметаллическими включениями, при работе с ударами в условиях жесткой технологической системы¹.

¹ Как показали исследования канд. техн. наук М. О. Надельмана, для экономии твердого сплава и снижения сил резания целесообразно применять $\gamma_\phi > 0^\circ$

Криволинейная, с отрицательной фаской — форма V (рис. 12, ж) рекомендуется при обработке нержавеющей сталей с $\sigma_s \leq 85 \text{ кг/мм}^2$. Угол врезания пластинки $\gamma' = \gamma + (4 \div 5)^\circ$.

Доводку передней и задней поверхностей рекомендуется осуществлять вдоль главной режущей кромки и по радиусу.

Рекомендуемые элементы заточки передней поверхности резцов по данным ВНИИНмаша приведены в табл. 6.

НИБТН в нормативах по режимам резания и ВНИИ рекомендуют [123] следующие размеры криволинейной (радиусной) лунки (рис. 12, з, ж): радиус лунки $R = 4 \div 6 \text{ мм}$, ширина лунки $B = 2 \div 2,5 \text{ мм}$ и глубина лунки $h_d = 0,1 \div 0,15 \text{ мм}$.

Размеры лунки даны для резцов с углом $\phi = 45 \div 60^\circ$, используемых при обработке стали с подачей $s \leq 0,8 \text{ мм/об}$. Для резцов с углом $\phi = 90^\circ$ ширину лунки B и ее радиус R следует увеличивать примерно на 30%.

Рекомендации по выбору фаски и радиуса лунки по передней поверхности резца (рис. 12, з) в зависимости от подачи приведены в табл. 7.

По разработанным нормам на Одесском машиностроительном заводе им. Январского восстания выпускают резцы, оснащенные пластинками твердого сплава [35], с заточкой по поверхностям и с доводкой их. В этих нормальях учтены рекомендации по выбору размеров стержней, рациональное расположение пластинок, что позволило более чем в четыре раза сократить число типоразмеров и улучшить эксплуатационные данные.

На заводах тяжелого машиностроения при черновом точении стали с крупными сечениями среза применяется плоская форма передней поверхности с отрицательной фаской и опущенной вершиной (рис. 13).

Благодаря специальной заточке переднему углу лишь на участке вершины резца придается большое отрицательное значение (вершина опускается), вследствие чего не наблюдаются поломки твердосплавных пластин при снятии крупных сечений среза.

Применение отрицательных передних углов при работе на расточных станках не рекомендуется, за исключением отдельных случаев (неметаллические включения, ударная нагрузка и др.).

Всесоюзным научно-исследовательским инструментальным институтом [35] разработаны две формы передней поверхности твердосплавных резцов (рис. 14). Резцы с плоской передней поверхностью

Таблица 7
Величины фаски и радиуса лунки

Элементы режущей части в мм	Подача s в мм/об		
	До 0,25	0,25—0,8	0,8—1,5
Ширина фаски	До 0,2	0,25—0,8	0,8—1,0
Радиус лунки	4—5	5—6	10—12
Примечание. В случае плоской формы передней поверхности резца ширину фаски следует принимать равной 3 мм. У резцов с криволинейной формой заточки ширину лунки следует принимать равной $0,5R$.			

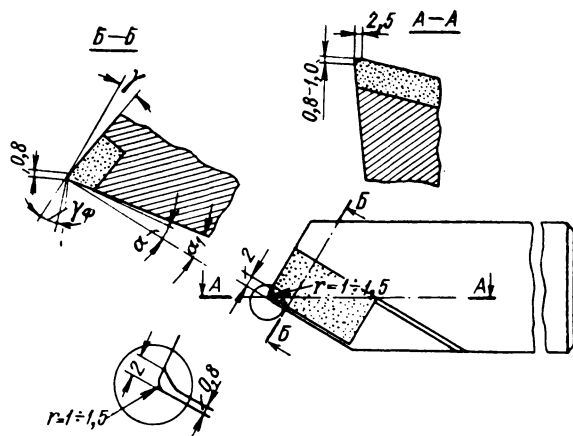


Рис. 13. Резец с опущенной вершиной для обработки стали с крупными сечениями среза

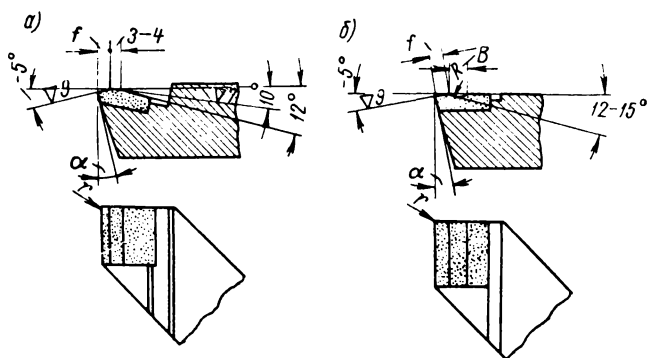


Рис. 14. Формы передней поверхности резцов, оснащенных пластинками твердого сплава: а — плоская с фаской; б — криволинейная с фаской

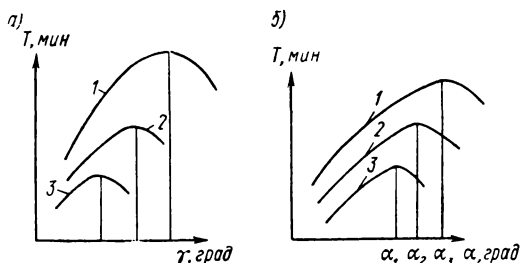


Рис. 15. Влияние переднего γ и заднего α углов на стойкость резцов T : а — влияние переднего угла γ при различной прочности обрабатываемого материала ($1 - \sigma_s = 80 \text{ кг/мм}^2$; $2 - \sigma_s = 100 \text{ кг/мм}^2$; $3 - \sigma_s = 120 \text{ кг/мм}^2$); б — влияние заднего угла α на стойкость при различных значениях подачи ($1 - s = s_1$; $2 - s = s_2$; $3 - s = s_3$)
Здесь $s_1 < s_2 < s_3$; $\alpha_1 < \alpha_2 < \alpha_3$

(рис. 14, а) предназначены для обработки стальных и чугуновых заготовок, резцы с криволинейной передней поверхностью (рис. 14, б) — для обработки стальных заготовок.

Выбор углов заточки твердосплавных резцов. Передний угол γ играет большую роль в процессе резания. На рис. 15, а показано влияние переднего угла γ на стойкость резцов при различной прочности обрабатываемого материала [25]. Как видно из показанной зависимости, максимальное значение стойкости соответствует при заданном режиме резания и принятых условиях обработки оптимальной величине переднего угла γ . Исследования показывают, что чем выше прочность и твердость обрабатываемого материала и чем меньше прочность инструментального материала, тем меньше должна быть величина переднего угла γ .

Задний угол резца α обеспечивает свободное перемещение резца относительно обрабатываемой поверхности и оказывает значительное влияние на стойкость и производительность инструмента.

Исследования показывают, что, изменяя угол α в определенных пределах при принятых условиях обработки, можно выявить оптимальное его значение (рис. 15, б).

В табл. 8 приведены данные для выбора значений передних и задних углов по материалам НИБТН и ВНИИТС.

Главный угол в плане ϕ влияет на стойкость и производительность и выбирается в зависимости от условий обработки.

Величина главного угла в плане ϕ у твердосплавных резцов:

Условия работы	Угол ϕ в град
Точение с малыми глубинами резания в условиях особо жесткой системы и строгание с большими подачами ($s = 4 \div 6$ мм/об)	10—30
Точение в условиях жесткой системы, строгание	45
Точение и строгание при недостаточно жесткой системе. Растачивание стали	60
Точение при недостаточно жесткой системе. Растачивание чугуна	70—75
Подрезка, прорезка и отрезка. Обтачивание и растачивание ступенчатых поверхностей в упор. Обработка в условиях нежесткой системы	90

Вспомогательный угол в плане ϕ_1 влияет на чистоту обработанной поверхности и упрочнение вершины резца. Величина вспомогательного угла в плане ϕ_1 у твердосплавных резцов:

Условия работы	Угол ϕ_1 в град
Обработка резцами с дополнительной режущей кромкой и широкими резцами	0
Прорезка пазов и отрезка	1—3
Чистовая обработка	5—10
Черновое растачивание	15—20
Черновое точение, строгание	10—15
Обработка с подачей в обе стороны без перестановки резца с радиальным врезанием	30—45

Величины главных задних углов α и передних углов γ
у твердосплавных резцов ($\varphi_1 > 0$) в град [1]

Обрабатываемый материал	Точение и растачивание			Строгание		
	черно- вое	чисто- вое	γ	черно- вое	чисто- вос	γ
Сталь и стальное литье:						
$\sigma_{\sigma} \leq 80 \text{ кг/мм}^2$	8	12	12—15	6	8	12
$\sigma_{\sigma} > 80 \text{ кг/мм}^2$	8	12	10	6	8	10
$\sigma_{\sigma} > 100 \text{ кг/мм}^2$ (при корке, за- грязненной ме- таллическими включениями, при работе с ударами)	8	12	—10	6	—	8
Чугун серый:						
$HB \leq 200$	6	10	12	6	10	8
$HB > 200$	6	10	8	6	10	5
Чугун ковкий	8	10	8 **	8	10	8

П р и м е ч а н и я:

1. Заточка резца по передней поверхности под углом γ осуществляется на участке фаски f_1 , который образуется в результате врезания пластинки на угол $\gamma_{\text{вр}}$ (обычно $\gamma_{\text{вр}} = 10 \div 12^\circ$, ширина фаски $f_1 = 3 \div 5 \text{ мм}$). У резцов с лункой, предназначенных для обработки стали, в случаях их заточки угол $\gamma_{\text{вр}}$ должен быть равен 0° . Заточка по задней поверхности производится на участке шириной 2 мм.

2. При черновой обточке ковкого чугуна с неравномерным припуском рекомендуется применять резцы с передним углом γ от 0 до -5° . При заточке расточных резцов, устанавливаемых в борштангах, передний угол γ следует увеличивать, а задний угол α уменьшать на $4-6^\circ$ против данных в таблице.

Угол наклона главной режущей кромки λ служит для изменения направления схода стружки и при положительном его значении упрочняет режущую кромку.

Величина угла наклона главной режущей кромки λ у твердосплавных резцов:

Условия работы

Угол λ в град

Чистовое точение и растачивание

(—2)—(—4)

Точение и растачивание резцами с $\varphi = 90^\circ$

0

Черновое точение и растачивание резцами с $\varphi < 90^\circ$

0—5

Строгание и точение прерывистых поверхностей
(работа с ударами)

12—15

При обработке закаленной стали угол λ повышается до 25—35°. Малые величины угла λ на эксплуатации сказываются незначительно, вследствие чего у токарных резцов общего назначения в большинстве случаев $\lambda = 0$. Следует указать, что с увеличением угла λ качество обработанной поверхности ухудшается, так как в этом случае (с увеличением угла λ более 5—6°) значительно растут силы резания P_z и P_y (хотя сила P_x уменьшается).

В литературе [155 и др.] указано, что назначение угла λ в пределах 4—5° в практике эксплуатации резцов не оправдывается.

Выбор геометрических параметров заточки резцов для точения различных жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов рекомендуется проводить исходя из основной классификации этих материалов по их обрабатываемости резанием [34].

Группа I. Теплостойкие хромистые, хромокремнистые и хромокремнемолибденовые стали перлитного и мартенситного классов. К ним относятся стали 20Х3МВФ (ЭИ415), Х5М, Х6СМ и др.

Группа II. Коррозионностойкие (нержавеющие) высокохромистые стали ферритного, мартенситно-ферритного и мартенситного классов. К ним следует отнести стали 1Х13, 2Х13, 3Х13, 4Х13, 15Х, 12ВМФ, 1Х12Н2ВМФ (ЭИ961) и др.

Группа III. Коррозионностойкие, кислотоупорные, жаростойкие и жаропрочные хромоникелевые стали аустенитного и переходного аустенитно-мартенситного классов. К ним можно отнести стали 1Х18Н9Т, Х18Н12Т, 1Х21Н5Т (ЭИ811), Х23Н18 (ЭИ417), 4Х14Н14В2М (ЭИ69) и др.

Группа IV. Жаропрочные, жаростойкие, кислотоупорные хромоникелевые и хромоникелемарганцовистые сложнолегированные стали аустенитного класса. К ним относятся стали 4Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481), ЭИ395, Х25Н16Г7АР (ЭИ835), Х12Н20ТЗР (ЭИ696) и др.

Группа V. Жаропрочные деформируемые сплавы на железоникелевой и никелевой основах. К этим сплавам можно отнести сплавы ХН77ТЮ (ЭИ437А), ХН77ТЮР (ЭИ437Б), ХН35ВТЮ (ЭИ787), ХН70ВМТЮ (ЭИ617) и др.

Группа VI. Жаропрочные литейные сплавы ВЖ36-Л2, ЖС6-К и др.

Группа VII. Сплавы на титановой основе марок ВТ1, ВТ3, ВТ3-1, ВТ5, ВТ6, ОТ4-2, ВТ14, ВТ2 и др.

Группа VIII. К этой группе относятся тугоплавкие металлы и их сплавы — ниобий, тантал, молибден, вольфрам и др.

В табл. 9 даны рекомендуемые геометрические параметры заточки твердосплавных резцов, используемых при точении различных жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов. Эти данные могут быть в производственных условиях изменены в зависимости от заданных условий. Следует указать, что при точении жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов за критерий износа по задней поверхности рекомендуется принимать 0,6—0,8 мм, учитывая большую вязкость и склонность их к наклепу. На ряде заводов при черновом точении сталей 1Х18Н9Т и других твердосплавными резцами допускают больший износ (до 1,5 мм и выше).

Таблица 9

Геометрия резцов, оснащенных твердыми сплавами, для точения жаропрочных сталей и сплавов и титановых сплавов

Обрабатываемый материал		Подача в мм/об	Геометрия резцов							
Группа	Характеристика		γ°	α°	γ_1°	f	B	R	R_1	
I	Теплостойкие нержавеющие и жаропрочные стали ($\sigma_s = 60 \div 80$ кг/мм ²)	$< 0,3$	16	8	От 0	0,1—0,2	3,5	6	0,5—1	
II		0,3—0,5			до —3	0,3—0,4	5	10	1	
III		0,6—0,8	20	6	От 0	0,5—0,7	8	12	1,5—	
		$> 0,8$	24		до —5	0,8—1	16	20	20	
IV	Жаропрочные стали ($\sigma_s = 70 \div 100$ кг/мм ²)	$< 0,3$	10	10	От 0	0,1—0,2	3	8	0,5—1	
		0,3—0,5	12		до —5	0,3—0,4	4	10	1	
V	Жаропрочные сплавы ($\sigma_s = 80 \div 130$ кг/мм ²)	$< 0,3$	5	15	От 0	0,1—0,2	2	10	0,5—1	
VI		0,3—0,5	10	10	до —5	0,3—0,4	3	8	1	
II	Нержавеющие стали ($\sigma_s > 100$ кг/мм ²)	$\leq 0,3$	—5	8	—	2—3	—	—	0,5—1	
VII	Сплавы на титановой основе ($\sigma_s = 60 \div 140$ кг/мм ²)	$< 0,5$	От 0 до —5	10	—	2—3	—	—	0,5—1	

Примечание: Допуск на углы α и $\gamma \pm 1^\circ$. Размеры в мм.

Переходные режущие кромки. Сопряжение кромок осуществляется радиусом при вершине или переходной кромкой шириной f_0 , расположенными под углом в плане φ_0 (см. рис. 7).

Для твердосплавных проходных резцов $\varphi_0 = 15 \div 20^\circ$ и $f_0 \leq \leq 2$ мм. Большие значения φ_0 и f_0 применяются в условиях достаточной жесткости. Задние углы α_1 на переходных поверхностях равны главному заднему углу α .

Завивание и дробление стружки. Над разрешением проблемы обеспечения безопасного и рационального формообразования и удаления стружки при обработке на станках (особенно вязких материалов) работает ряд ученых и производственников, которые достигли определенных результатов [75 и др.].

Исследования показали, что с увеличением вязкости обрабатываемого материала и уменьшением сечения срезаемого слоя стружколомание ухудшается. Следует отметить, что для завивания и дробления стружки при обработке на станках резанием нет универсального способа и решения, так как в каждом конкретном случае необходимо учитывать все основные факторы, влияющие на процесс.

В настоящее время в практике металлообработки существуют разные устройства и способы завивания и дробления стружки сливного типа. К основным из них следует отнести:

1) уступы (порожки) на передней поверхности резца, образуемые различными способами (вышлифовывание, формообразование при спекании инструментальных сплавов, электроискровая обработка);

2) лунки (выкружки) на передней поверхности резца, в том числе мелкоразмерные лунки; неперетачиваемые пластинки с выкружками;

3) накладные стружколоматели из инструментальных сталей или твердых сплавов на передней поверхности резца;

4) различные геометрические параметры заточки режущей части инструмента в зависимости от элементов режима резания и др.

Уступы (порожки) на передней поверхности резца осуществляют ломание стружки при подачах обычно более 0,25 мм/об. При меньших подачах, особенно при обработке вязких металлов, дробление стружки ухудшается, а с повышением глубины резания стружколомание улучшается. Значительное влияние на дробление стружки оказывают ширина уступа и другие параметры [155 и др.].

Недостатками стружколомания при помощи уступов на передней поверхности являются необходимость изменения параметров заточки резцов при сравнительно небольшом изменении режимов резания, а также трудоемкость шлифовки уступов, повышенный расход твердого сплава и опасность появления трещин, вследствие чего будет снижаться стойкость инструмента.

К недостаткам ломания стружки при помощи лунки следует отнести ослабление главной режущей кромки вследствие больших ее размеров, частые сколы твердосплавных пластинок резцов.

Кроме того, в момент большого износа уменьшается число возможных переточек пластинок твердого сплава.

Таким образом, описанные два способа наряду с достоинствами имеют свои недостатки, что в ряде случаев ограничивает их применение.

Выбор углов заточки режущей части резца с подбором элементов режима резания выгодно отличается от других способов тем, что в этом случае не требуется никаких дополнительных стружкоотводящих устройств или специального профилирования передней поверхности резца.

Кроме указанных способов и конструкций стружколомов, предложен ряд других способов, основанных на применении динамических и экранных стружколомов, ломающих стружку без ее принудительного завивания.

Одним из перспективных способов, обеспечивающих надежное и устойчивое дробление стружки независимо от материала, характера изменения припуска, геометрии заточки инструмента, режимов резания и других условий обработки, являются кинематические способы дробления стружки: вибрационное резание, когда режущему инструменту сообщают дополнительные колебательные движения в направлении подачи, и дискретное резание с периодическим выключением подачи при вращающейся заготовке.

Эти способы могут быть применены на универсальных станках и в условиях автоматизированного производства [124].

Из перечисленных способов дробления стружки наиболее простым, не требующим больших затрат, следует считать применение в производственных условиях резцов с мелкими лунками¹ или мелкими уступами.

Нанесение на передней поверхности резцов мелких лунок и уступов эффективно осуществляется кругами из синтетических алмазов формы АП5, шириной 2—3 мм. В условиях автоматизированного производства наиболее эффективным и надежным способом, исходя из опыта таких заводов как 1-й ГПЗ, 11-й ГПЗ и др., следует считать кинематический способ дробления стружки.

Некоторые данные о конструктивном оформлении резцов. Конструкции резцов в зависимости от способа крепления режущих пластинок можно разделить на следующие основные группы: с припаянными или приваренными режущими пластинками к стержням (или корпусу ножа); с механическим креплением пластинок, закрепляемых в стержне или корпусе ножа (жесткое или свободное крепление); цельнометаллические, т. е. монолитные из инструментальной стали или твердого сплава. Наиболее распространенной конструкцией резцов являются резцы сборных конструкций с припаянными или приваренными пластинками из быстрорежущей стали или твердого сплава, хотя и резцы с механическим креплением пластинок имеют

¹ Автор предложения канд. техн. наук И. С. Штейнберг.

большие преимущества. Следует отметить, что наиболее широкое применение в промышленности получили резцы, оснащенные пластинками твердых сплавов (80—90% и выше).

Типы и размеры, а также качество выпускаемых стандартных резцов обусловлено ГОСТами. Основные типы и размеры токарных, строгальных и долбежных резцов из быстрорежущей стали должны соответствовать ГОСТ 10043—62 — ГОСТ 10046—62, технические требования (условия) — ГОСТ 10047—62. Форма и размеры пластинок обусловлены в ГОСТ 2379—67, а оснащение режущей части резцов различными марками быстрорежущей стали должны назначаться в соответствии с ГОСТ 9373—60.

Резцы токарные различных типов, оснащенные пластинками из твердых сплавов, предусмотрены в ГОСТ 6743—61, резцы расточные державочные в ГОСТ 9795—61, резцы строгальные в ГОСТ 9796—61. Качество резцов, оснащенных твердыми сплавами, должно соответствовать техническим требованиям по ГОСТ 5688—61. Формы и размеры пластинок должны соответствовать ГОСТ 2209—69.

11. НАПАЯННЫЕ И СБОРНЫЕ КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВ, ОСНАЩЕННЫХ ПЛАСТИНКАМИ ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА

Резцы с напаянными пластинками. На рис. 16, а приведена форма заточки передней поверхности, предложенная инж. Савиным и токарем-новатором Брейкиным. Особенность заточки этого резца — это наличие переменного переднего угла вдоль главной режущей кромки, имеющей отрицательный угол у вершины резца, нулевой передний угол в середине и положительную величину на периферии. Этот резец является разновидностью резцов с торцовым креплением пластин и обеспечивает хорошее дробление стружки, уменьшение вибраций и повышенную стойкость при обдирке стальных заготовок. Благодаря вертикальному расположению твердосплавной пластинки увеличивается число возможных переточек, но переточка усложнена.

Канд. техн. наук Н. Д. Троицкий и инж. В. И. Захаров предложили комбинированную форму заточки передней поверхности резца (рис. 16, б).

На передней поверхности резца заточена лунка под углом 8° к режущей кромке. Радиус лунки $R = 10 \text{ мм}$ и глубина ее $h_1 = 1,5 \text{ мм}$, фаска переменной ширины, $\gamma_\phi = -5^\circ$, угол $\lambda = 0^\circ$. Резец с данной формой заточки обеспечивает ломание стружки при обдирочном точении конструкционной легированной стали с пределом прочности $\sigma_s = 75 \div 80 \text{ кг/мм}^2$.

Усовершенствованная форма заточки передней поверхности резца, предложенная С. С. Можаяевым и Т. Г. Саромотиной, обеспечивает

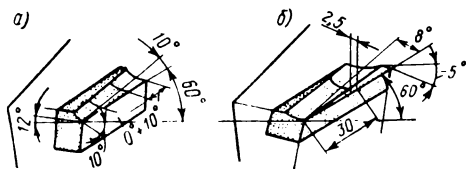


Рис. 16. Различные формы заточки передней поверхности обдирочных резцов

надежное завивание и ломание стружки при точении конструкционных и легированных сталей с пределом прочности $\sigma_s = 50 \div 60 \text{ кг/мм}^2$ [102].

Пластика твердого сплава может быть расположена под углом -10° , равным переднему углу резца γ , и под углом $+18^\circ$, равным углу наклона главной режущей кромки λ . На передней поверхности резца имеется лунка $R = 10 \text{ мм}$, расположенная под углом 9° к главной режущей кромке. Фаска переменной ширины изменяется от нуля при вершине до $2,5 \text{ мм}$ на расстоянии 30 мм от вершины резца.

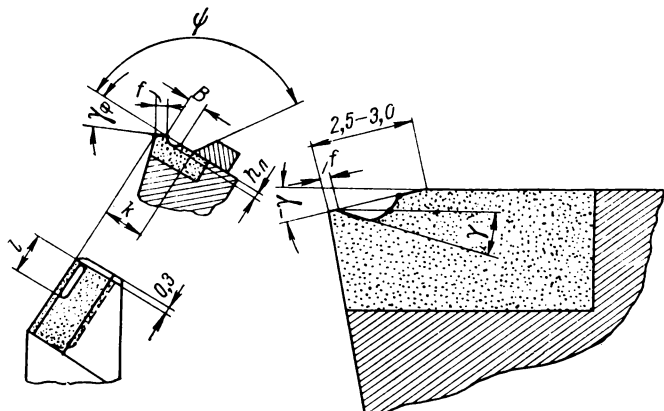


Рис. 17. Схема заточки резца конструкции Горьковского автозавода

На Горьковском автозаводе была испытана и внедрена заточка, которая представляет собой сочетание лунки и упора (порожка). На рис. 17 показана заточка резца с накладным стружколомающим уступом [13].

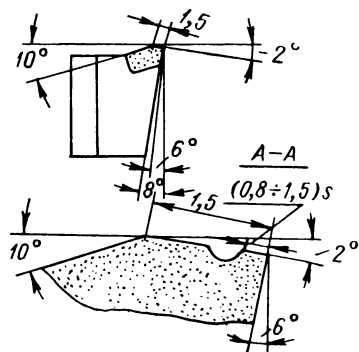
Если при обработке заготовки размеры лунки или порожка не позволяют получить эффективного результата, все же такая форма заточки дает возможность изгибать стружку, отклоняя ее от прямолинейного движения, а в дальнейшем при соприкосновении с упором (порожком) легко завивать и дробить стружку.

Рекомендуемая геометрия заточки резцов была испытана при продольной и торцовой обточке различных сталей (сталь 45, 40, 40X, 20XНМ, 35ХГС и др.) на режимах резания: скорость резания $v = 45 \div 150 \text{ м/мин}$, подача $s = 0,195 \div 0,5 \text{ мм/об}$, глубина резания $t = 0,5 \div 0,8 \text{ мм}$.

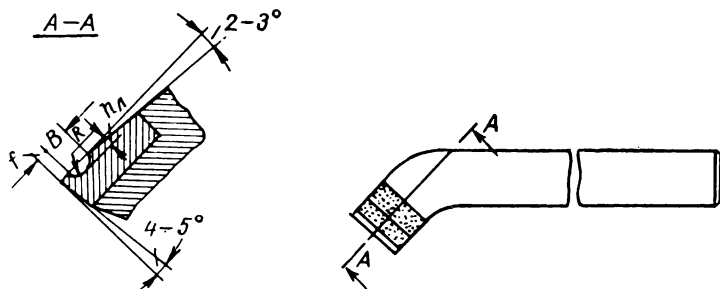
Результаты проведенных испытаний показали, что резцы с указанной формой передней поверхности с постоянными геометрическими параметрами почти во всех случаях (90%) обеспечивали дробленую или спиральную (в виде коротких витков) стружку.

Геометрические параметры, характеризующие заточку резцов, следующие: ширина $B = 1 \div 2 \text{ мм}$, глубина $h_a = 0,2 \text{ мм}$, ширина фаски $f = 0,3 \text{ мм}$, длина лунки $l = 7 \div 8 \text{ мм}$, $k = 3,5 \div 4,5 \text{ мм}$ и $\psi = 115 \div 125^\circ$

Токарями-новаторами лауреатами Государственной премии Г. С. Борткевичем и П. Б. Быковым предложены высокопроизводительные конструкции проходных резцов, получивших общее признание и широкое распространение на заводах машиностроительной промышленности.



Резец конструкции Г. С. Борткевича (рис. 18) оснащен пластиной твердого сплава Т15К6 и предназначен для скоростной обработки стали. Резец имеет следующие углы заточки: передний угол $\gamma = -2^\circ$ на фаске шириной 1,5 мм, угол наклона главной режущей кромки $\lambda = +2^\circ$, главный угол в плане $\phi = 90^\circ$, вспомогательный



угол в плане $\varphi_1 = 8^\circ$, задние углы у пластинки и державки равны 6 и 8° , радиус закругления $r = 0,5$ мм. Вдоль режущей кромки затачивается ленточка (фаска) $f = (0,8 \div 1,5)$ с мм и радиусная лунка.

Этот резец оснащается твердым сплавом (Т15К6 или Т30К4) и применяется при обработке сталей марок 35, 45 и др. Геометриче-

ские параметры резца: передний угол $\gamma = 2 \div 3^\circ$, задний угол $\alpha = 4 \div 5^\circ$, главный угол в плане $\varphi = 45^\circ$. Фаска выбирается в зависимости от подачи и обрабатываемого материала в пределах $f = 0,2 \div 1,5$ мм. Радиус лунки $R = 2$ мм. Угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$, ширина лунки выбирается в пределах $B = 4 \div 2,5$ мм в зависимости от обрабатываемого материала. Глубина лунки выбирается в пределах $0,5 \div 1,5$ мм.

Универсальный проходной резец отогнутого типа московского станкозавода «Красный пролетарий», усовершенствованный токарем-новатором лауреатом Государственной премии В. Ф. Шумилиным (рис. 20), применяется для скоростной обработки стали как при

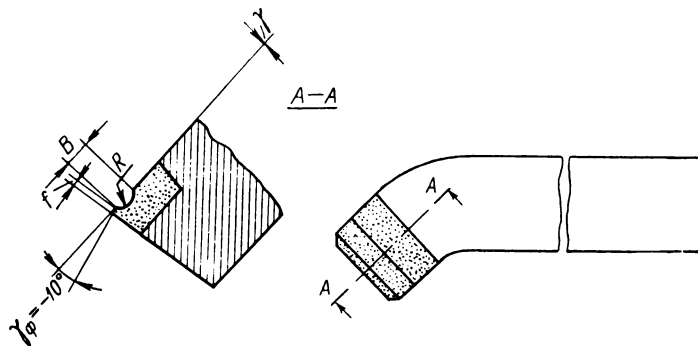


Рис. 20. Проходной отогнутый резец конструкции В. Ф. Шумилина

черновой, получистовой, так и при чистовой обработке. Резец оснащается пластинками твердого сплава Т5К10, Т14К8, Т15К6 или Т30К4.

Геометрические параметры резца В. Ф. Шумилина в зависимости от вида обработки приведены в табл. 10.

Таблица 10

Геометрические параметры резца В. Ф. Шумилина

Марка твердого сплава	Виды обработки	Подача в мм/об	Геометрические параметры лунки			
			γ в град	R в мм	B в мм	f в мм
Т5К10 Т14К8	Черновая и по- лучистовая	0,35—0,6	6	6	$2,5^{+0,5}$	0,3
		0,6—1,2	6	10	$4,0^{+1,0}$	0,6
Т15К6	Получистовая и чистовая	0,2—0,35	6	3,5	$1,5^{+0,5}$	0,2
		0,35—0,6	6	6,0	$2,5^{+0,5}$	0,3
Т30К4	Чистовая	0,2—0,35	0	3,5	$2,0^{+0,5}$	0,2

При чистовой обработке стали резцами с пластинками Т30К4 токарь-новатор В. Ф. Шумилин применяет следующие режимы: $v = 300 \div 350$ м/мин, $s = 0,2 \div 0,3$ мм/об при $t = 1 \div 1,5$ мм. Угол заточки передней поверхности под лунку $\gamma = 0^\circ$ обеспечивает хорошее завивание и ломание стружки при больших скоростях резания. Упрочняющая фаска $f = 0,2$ мм направлена под углом -10° и значительно увеличивает стойкость резца.

На рис. 21 показан проходной резец конструкции токаря-новатора лауреата Государственной премии В. М. Бирюкова. Этот резец предназначен для чернового и получистового точения, но при

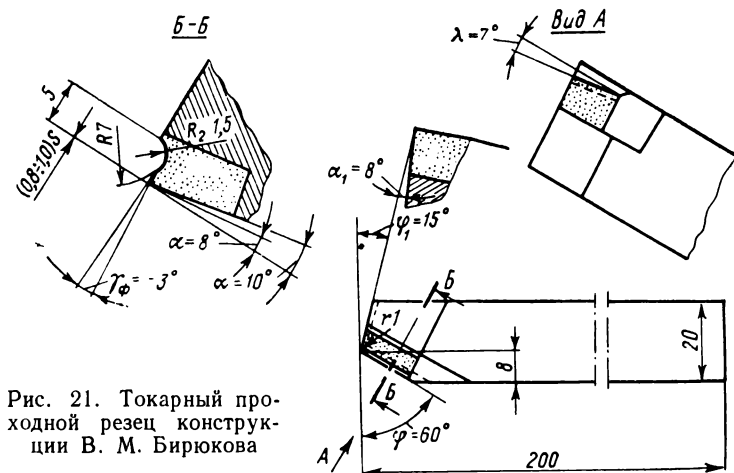


Рис. 21. Токарный проходной резец конструкции В. М. Бирюкова

изменении геометрии заточки может быть использован и для чистового точения. Твердосплавная пластинка для увеличения количества возможных переточек резца располагается в вертикальном положении. На резце заточена фаска под углом $\gamma_\phi = -3^\circ$, ширина фаски выбирается в пределах $(0,8 \div 1,0)$ s. Выкружка на передней поверхности резца имеет два радиуса кривизны, что обеспечивает плавный сход стружки при обработке стали и надежное стружколомание [129].

Токарный проходной резец токаря-новатора лауреата Государственной премии В. К. Семинского (рис. 22) предназначен для обточки ступенчатых валов с помощью разработанного им приспособления. Этот резец имеет главный угол в плане $\phi = 75^\circ$, для того чтобы при установке в приспособлении, пиноль которого наклонена под углом 15° , режущая кромка стала под прямым углом к оси обрабатываемой заготовки.

Особенностью предложенной конструкции является торцовое крепление режущей пластинки, что увеличивает количество переточек, выдерживаемых резцом при износе по передней поверхности.

На рис. 23 приведены основные геометрические параметры и форма заточки режущей части токарного проходного резца

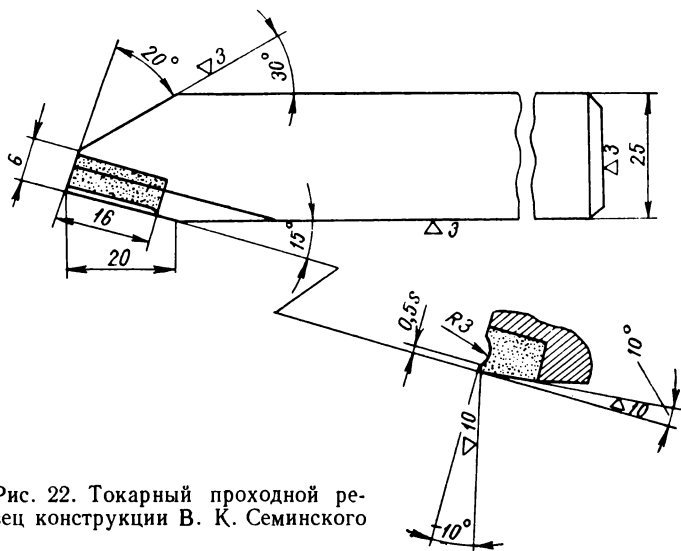


Рис. 22. Токарный проходной резец конструкции В. К. Семинского

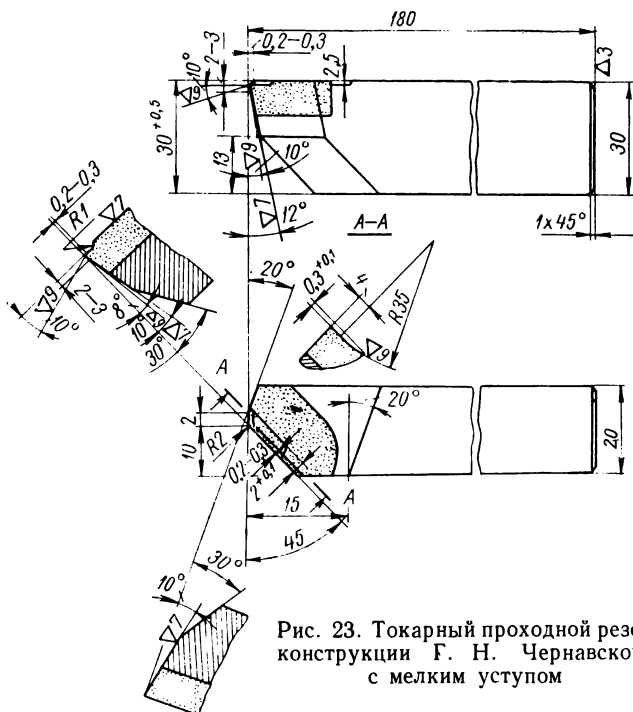


Рис. 23. Токарный проходной резец конструкции Г. Н. Чернавского с мелким уступом

конструкции Г. Н. Чернавского с мелким уступом (лыской)¹ на передней поверхности. На Минском подшипниковом заводе разработаны нормали основных типов твердосплавных резцов (Т14К8 и др.) с мелкими уступами (проходные, подрезные, расточные). Эти резцы могут быть использованы на автоматах, полуавтоматах и других станках токарной группы при обработке стали с увеличенными подачами.

Такая форма заточки передней поверхности резца мелкого стружколомающего уступа (лыски) выгодно отличается от других предложенных геометрических параметров и форм уступа тем, что в этом случае сочетается отрицательная фаска на главной и переходной режущих кромках с мелким уступом (лыской), чем обеспечивается упрочнение вершины резца. Так как глубина лунки на передней поверхности резца не превышает 0,3 мм, то количество возможных переточек твердосплавной пластинки значительно увеличивается [36]

Повышенную прочность вершины резца, хорошее дробление стружки и повышенную стойкость обеспечивают резцы лауреата Государственной премии токаря-новатора Одесского завода радиально-сверлильных станков Г. С. Невеженко (рис. 24). Эти резцы имеют упрочняющие фаски $\gamma_\phi = -5^\circ$ как вдоль главной, так и вдоль вспомогательной режущей кромки.

Г. С. Невеженко создал ряд типов высокопроизводительных резцов для обдирочных, получистовых, чистовых токарных операций. Резцы имеют широкие фаски, пересечение которых образует у вершины резца перемычки, облегчающие дробление стружки при $t = 1 \div 3$ мм и $s = 0,2 \div 0,5$ мм/об. Применение резцов Г. С. Невеженко особенно эффективно при жесткой технологической системе станок—инструмент—деталь.

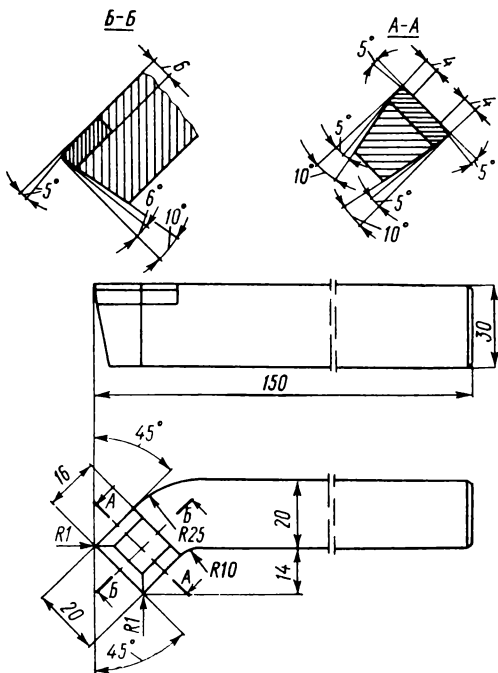


Рис. 24. Проходной отогнутый токарный резец конструкции Г. С. Невеженко

¹ Автор предложения канд. техн. наук Г. Ф. Дзанашвили.

На рис. 25 приведены основные типы резцов токаря-новатора завода «Уралэлектроаппарат» Л. Я. Мехонцева [35].

Проходные и подрезные резцы рекомендуются при обработке сталей Ст.3 и Ст.5 ($\sigma_s = 40 \div 60 \text{ кг/мм}^2$), причем проходные резцы с углом в плане $\varphi = 70 \div 80^\circ$ используются для чернового точения стали при средних значениях глубины резания $t \leq 8 \text{ мм}$, подаче $s = 0,3 \div 0,5 \text{ мм/об}$ (рис. 25, а).

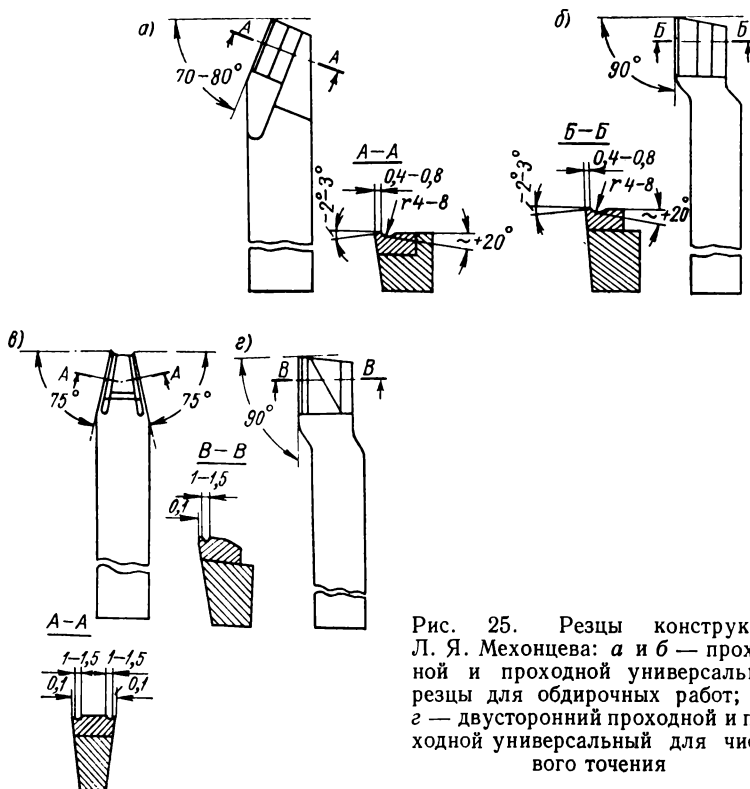


Рис. 25. Резцы конструкции Л. Я. Мехонцева: а и б — проходной и проходной универсальный резцы для обдирочных работ; в и г — двусторонний проходной и проходной универсальный для чистового точения

Проходной упорный резец применяется для обработки стали при большой глубине резания $t \geq 12 \div 15 \text{ мм}$ и подаче $s \geq 0,7 \div 0,9 \text{ мм/об}$. Этот же тип резца используется и в качестве подрезного. На передней поверхности резцов осуществлена лунка и фаска (рис. 25, б).

Размеры лунки и фаски выбирают главным образом в зависимости от подачи: радиус лунки должен быть в 8—10 раз больше подачи s , а ширина фаски равна примерно подаче $f = (0,8 \div 0,9) s$.

Кроме того, при выборе параметров лунки необходимо учитывать глубину резания и твердость обрабатываемого материала, хотя влияние их меньше, чем влияние подачи. При увеличении глубины резания стружка становится шире и завивается хуже. Поэтому следует уменьшить радиус лунки,

Фаска затачивается под нулевым углом ($\gamma_\phi = 0^\circ$) или под небольшим отрицательным углом $\gamma_\phi = -2 \div -3^\circ$. Благодаря лунке передний угол γ — переменный, он составляет около $+30^\circ$ у режущей кромки, а ближе к середине $\gamma \approx 0^\circ$. В среднем $\gamma \approx +20^\circ$.

Угол λ принимается равным $4-5^\circ$. Радиус при вершине резца $r \approx 1,5s$. Применение большого радиуса вызывает вибрации.

Резцы Л. Я. Мехонцева, предназначенные для обработки чугуна, по своей форме в основном такие же, что и резцы для обработки стали, но параметры углов заточки несколько другие. Например, передний угол $\gamma = 8 \div 15^\circ$ в зависимости от твердости чугуна. Передняя поверхность резца для чугуна плоская. Л. Я. Мехонцев применяет резцы и для чистового точения мягких сталей (рис. 25, в, г).

У чистовых резцов размеры лунки и фаски следующие: при $t \leq 2$ мм и $s = 0,12 \div 0,15$ мм/об $R_{\text{лунки}} = 1 \div 1,5$ мм, $f = 0,1$ мм. Угол наклона λ имеет отрицательное значение: $\lambda = 4 \div 5^\circ$.

Для чистового точения применяются двусторонние резцы (рис. 25, в). Эти резцы могут работать как правые и левые. При этом резец с резцедержателем надо немного повернуть в плане в сторону, обратную подаче. Такой резец можно использовать и для резания на увеличенных подачах при получистовом точении.

Проходной резец для получистового точения создан в ЛПИ им. М. И. Калинина [129]. Резец имеет малый угол в плане ϕ при вспомогательном угле в плане $\phi_1 = 0^\circ$. Такая конструкция резца может быть использована при работе с увеличенными подачами, но при условии жесткой технологической системы СПИД.

Следует отметить, что на этом же принципе применения малых углов в плане были внесены и другие предложения по усовершенствованию токарных резцов.

На рис. 26 представлены высокопроизводительные резцы конструкции МАИ—КБЕК¹. Эти резцы оснащены пластинками твердого

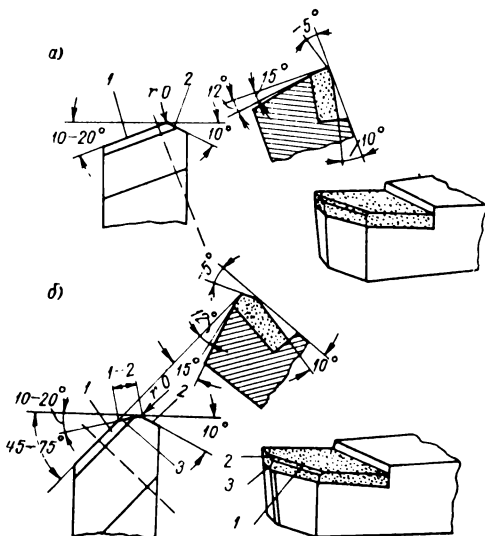


Рис. 26. Токарные резцы конструкции МАИ—КБЕК: а — для получистовой и чистовой обработки; б — для работы с большими глубинами резания

¹ Начальные буквы соответствуют заглавным буквам фамилий авторов Кривоухов, Бруштейн, Егоров, Козлов.

сплава Т15К6 и др., применяют их при обработке высокопрочных труднообрабатываемых металлов с большой скоростью резания, например закаленной на высокую твердость стали 30ХГСА с $\sigma_s = 160 \text{ кг/мм}^2$. Эти резцы характеризуются малыми углами в плане ($\varphi = 10 \div 20^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$), радиуса при вершине резца нет ($r = 0$).

Наличие малых углов в плане способствует повышению стойкости резцов и скорости резания. Но, с другой стороны, возрастает радиальная сила P_y и при нежесткой технологической системе могут возникнуть вибрации. Резцы КБЕК рекомендуются для получистовой и чистовой обработки (рис. 26, а, где 1 — главная режущая кромка, 2 — вспомогательная режущая кромка).

Для работы с большими глубинами резания предложена новая конструкция резца КБЕК (рис. 26, б) с главной режущей кромкой 1,

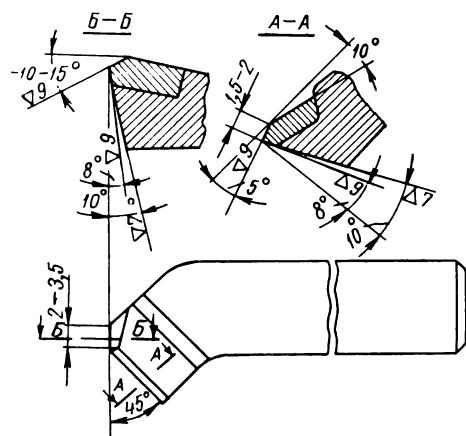


Рис. 27. Токарный проходной резец конструкции токаря-новатора Меркулова

вспомогательной 2 и переходной 3. Величина переходной кромки 1—2 мм, угол в плане $10\text{—}20^\circ$. Этот резец имеет углы $\varphi = 45 \div 75^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $\gamma_\varphi = -5^\circ$, $\alpha = \alpha_1 = 12^\circ$, $r = 0$.

В технической литературе широко освещены высокопроизводительные резцы конструкции токаря-новатора В. А. Колесова, оснащенные пластинками твердого сплава [1, 61, 155 и др.].

Особенностью резцов В. А. Колесова является наличие дополнительной (зачищающей) и переходной режущих кромок.

Резцы В. А. Колесова рекомендуют применять при жесткой технологической системе, на увеличенных подачах до $s = 3 \div 5 \text{ мм/об}$, при этом обеспечивается получение $\nabla 5\text{—}\nabla 6$ классов чистоты по ГОСТ 2789—59 и достигается высокая производительность. Для обеспечения указанной шероховатости обработанной поверхности дополнительная режущая кромка должна быть строго прямолинейной, например, при наружном точении цилиндрических поверхностей она должна быть параллельна линии центров станка.

Большое значение имеет правильный выбор длины дополнительной кромки резца В. А. Колесова по отношению к подаче. Отношение $\frac{t}{S}$ в исходном варианте было принято равным $(1,1 \div 1,2) S$.

Однако исследования, проведенные во ВНИИ под руководством канд. техн. наук П. П. Грудова, Куйбышевским авиационным институтом под руководством проф. д-ра техн. наук Н. И. Резникова

и др., показали, что отношение $\frac{l}{S} = 1,1 \div 1,2$ не является оптимальным. В нормативах по режимам резания величина дополнительной кромки принята $l = (1,2 \div 1,8) s$.

На рис. 27 показан токарный проходной твердосплавный резец токаря-новатора Новокраматорского завода (г. Краматорск) Меркулова с двойным углом наклона режущей кромки. Этот резец обеспечивает безопасный отвод стружки при подачах более 1,5 мм/об и глубине резания 10—12 мм, ширина отрицательной фаски (сечение Б—Б) у вершины выбирается так, чтобы гребень, образованный пересечением ее с фаской на главной режущей кромке, находился на расстоянии $(1,5 \div 1,8) t$ от вершины резца.

Стойкость этих резцов с указанной геометрией режущей части при черновой обработке стальных поковок оказалась в 1,5—2 раза выше стойкости стандартных проходных резцов.

Лауреат Государственной премии токарь-новатор московского завода «Красный пролетарий» Н. М. Кузьмин внес ряд предложений по усовершенствованию геометрических параметров и конструкций резцов (рис. 28), представляющих практический интерес для использования на токарно-карусельных станках.

Резец с закругленной режущей кромкой (рис. 28, а) оснащен пластинкой твердого сплава Т5К10 для обработки стали или пластинкой из сплава ВК8 для чугуна. Передней поверхности резца придается

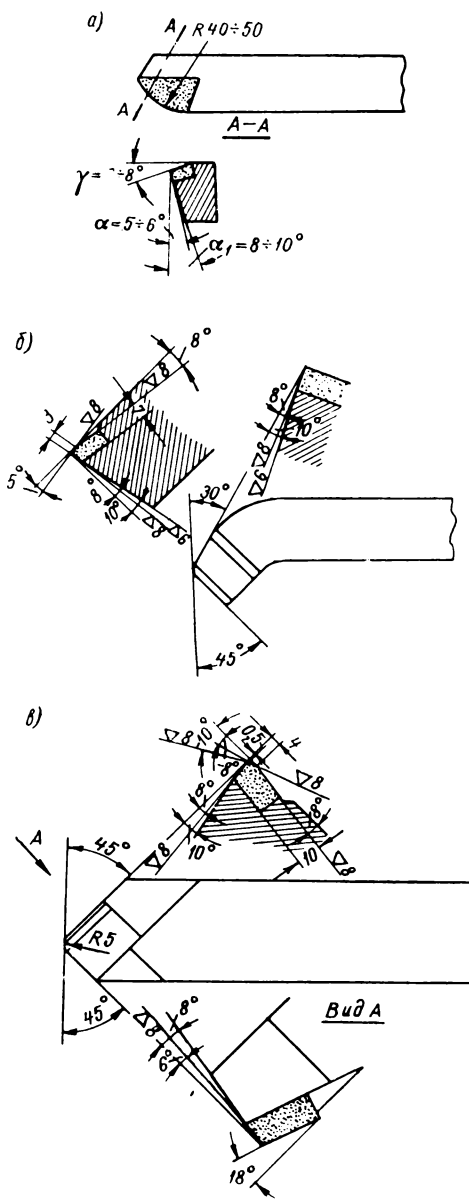


Рис. 28. Токарные проходные резцы конструкции Н. М. Кузьмина; а — с закругленной режущей кромкой; б — проходной отогнутый резец для обработки стали и чугуна; в — проходной обдирочный резец

отрицательный угол $\gamma = 6 \div 8^\circ$, а задний угол $\alpha = 5 \div 6^\circ$ затачивается с закругленной режущей кромкой радиусом $R = 40 \div 50$ мм. В связи с тем, что в начале операции нагрузка при резании воспринимается радиусной (средней) частью режущей кромки резца, он выдерживает большую динамическую нагрузку и является более устойчивым по сравнению с обычным резцом.

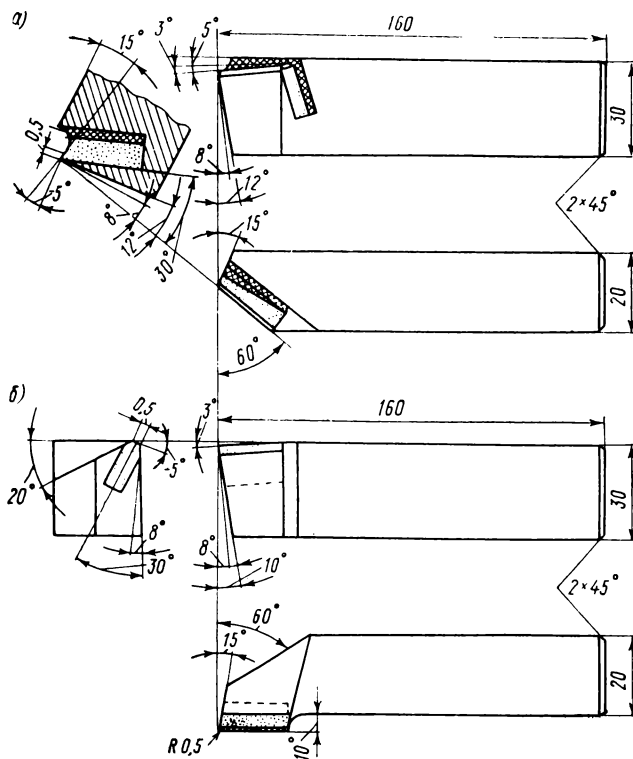


Рис. 29. Усовершенствованные токарные резцы конструкции В. И. Гургаля: а — токарный проходной резец; б — токарный подрезной резец

Проходной отогнутый резец (рис. 28, б) для обработки чугуна и стали имеет следующие геометрические параметры: $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 30^\circ$. Положительные углы наклона главной режущей кромки $\lambda = 10^\circ$ для чугуна и $\lambda = 15^\circ$ для стали усиливают режущие кромки и повышают стойкость резца.

Токарный универсальный проходной резец (рис. 28, в), оснащенный твердосплавной пластинкой ВК8, предназначен для черновой обработки чугуна. Главный передний угол $\gamma = 8^\circ$, задний главный угол $\alpha = 8^\circ$, угол в плане $\varphi = 45^\circ$ с радиусом при вершине $r = 5$ мм. Широкая фаска вдоль главной режущей кромки заточена под отри-

цательным углом -10° , угол наклона главной режущей кромки $\lambda = +18^\circ$

Конструкция резца обеспечивает плавное резание. Данный резец позволяет работать на повышенных режимах.

Большой вклад в усовершенствование конструкции резцов для получистовой обработки ступенчатых деталей с применением больших подач внес ленинградский токарь-новатор К. В. Лакур [92].

На рис. 29 представлены твердосплавные резцы токаря-новатора Львовского машиностроительного завода Героя социалистического труда В. И. Гургаля. Он имеет большой практический стаж работы на токарных станках и, изучив теоретические положения процессов резания, внес ряд новаторских предложений по повышению производительности труда. В частности, им предложены конструкции твердосплавных резцов с рациональным размещением твердосплавных пластинок, позволяющих увеличить количество переточек.

В. И. Гургаль, проверяя различные способы заточки, установил, что резцы, независимо от формы, должны иметь положительный передний угол с отрицательной фаской, величина которого составляет примерно -5° . Усовершенствованные им

резцы дали возможность значительно повысить производительность труда при обработке кривошипных стальных валов к прессу.

На промышленных предприятиях г. Куйбышева нашел широкое применение ряд высокопроизводительных режущих инструментов, предложенных учеными, инженерно-техническими работниками и новаторами производства [68].

Токарь-новатор Рижского завода ВЭФ Э. Дамберг предложил конструкцию проходного твердосплавного резца повышенной производительности с дополнительной режущей кромкой. Этот резец (рис. 30) позволяет работать на увеличенных подачах ($s = 1,5 \div 2$ мм/об), он используется при получистовой и чистовой обработке. Э. Дамберг добился значительного повышения производительности труда.

Точение труднообрабатываемых сталей в настоящее время имеет широкое распространение. Ему посвящены работы ряда авторов [34, 75, 83, 102, 140, 141 и др.].

На рис. 31 представлены геометрические параметры твердосплавного резца для точения стали 1Х18Н9Т, рекомендуемые канд. техн. наук А. Ш. Шифриным [185].

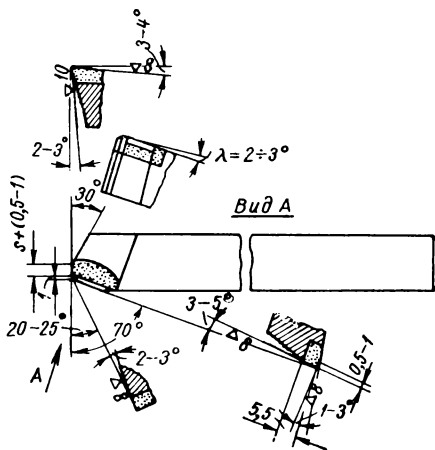


Рис. 30. Проходной токарный резец конструкции Э. Дамберга, оснащенный пластинкой из твердого сплава

Опыты показали, что для точения по грубой корке с ударами лучшими являются резцы с пластинками твердого сплава ВК8, для точения проката по корке и без корки, а также для чистового точения закаленной стали — резцы с пластинками Т15К6¹.

Резцы с пластинками твердого сплава Т30К4 наиболее пригодны для точения стали 1Х18Н9Т в закаленном состоянии при небольших сечениях среза.

При прерывистом точении жаропрочных сплавов проф. В. А. Кривоухов и другие авторы [34, 75] рекомендуют следующие основные

геометрические параметры для резцов из быстрорежущей стали Р18: $\gamma = 10 \div 15^\circ$, $\alpha = 12 \div 15^\circ$, $\lambda = +10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ и $r = 1,5$ мм. Обработка ведется с охлаждением 10-процентной

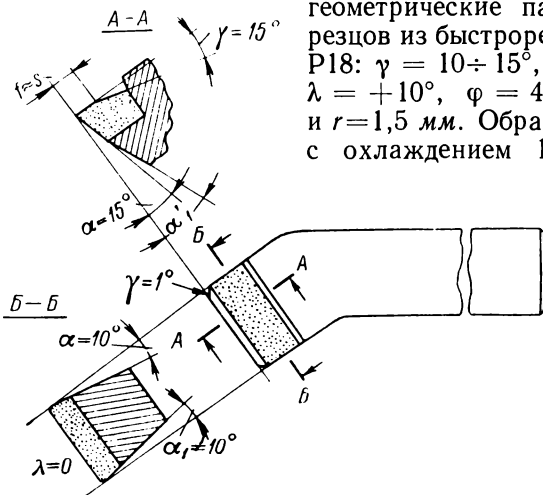


Рис. 31. Геометрические параметры твердосплавного резца для обработки стали 1Х18Н9Т

эмульсией и добавлением 2-процентного сульфозрезола.

Непрерывное точение большинства жаропрочных сплавов весьма эффективно можно производить резцами, оснащенными твердыми сплавами ВК8 или ВК6М со следующей геометрией резца: $\gamma_\phi = -5^\circ$, $\alpha = 20^\circ$, $\lambda = +10^\circ$, $\varphi = 30^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$ при $\varphi_0 = 15^\circ$ и $r = 0,8 \div 1$ мм.

Для обеспечения хорошего стружкозавивания на передней поверхности резца рекомендуется применять стружкозавивающий порожек, расположенный на расстоянии 6—10 мм от режущей кромки напаянной пластинки высотой 1,5—3 мм, или порожек с механическим креплением; при этом оптимальные значения размеров пластинки зависят от свойств обрабатываемого материала и режима резания [140].

Токарные проходные резцы с подкладкой из быстрорежущей стали под пластинкой твердого сплава повышают жесткость резцов в процессе обработки [159].

¹ Опыт ряда заводов показывает целесообразность использования режущего инструмента с применением пластинок из твердого сплава ВК6М, ВК10М и др.

Резцы с пластинками твердого сплава Т5К10, имеющие специальные подкладки толщиной 10 мм из стали Р18, испытывались на стойкость в сравнении с резцами без подкладок. Обработывались заготовки из стали 30ХГВТ прочностью $\sigma_s = 65 \text{ кг/мм}^2$ при больших сечениях среза. Как указывают авторы, резцы с подкладками показали большую прочность и повышенную стойкость по сравнению с резцами без подкладки (в 1,85 раз), количество поломок пластин твердого сплава значительно сократилось.

Резцы, оснащенные такими пластинками, дают положительные результаты при обточке поковок из специальных сталей. Аналогичные конструкции резцов описаны в работе [93].

Расточные резцы. Ниже рассматриваются отдельные конструкции расточных резцов, обеспечивающих повышение жесткости инструмента. Это особенно важно, так как при расточке заготовок в ряде случаев необходимо иметь большой вылет стержня резца.

Конструкции расточных резцов высокой жесткости токаря-новатора лауреата Государственной премии В. К. Семинского (рис. 32, а) значительно повышают жесткость резцов. Резец со скрученным стержнем имеет квадратное сечение по всей длине, но в рабочей части это сечение повернуто на угол 35—45° относительно опорной части [160].

На отдельных операциях В. К. Семинский, применяя такие резцы, увеличил скорость резания в два-три раза. В результате значительно улучшилась чистота поверхности при отсутствии конусности и овальности обработанного отверстия. Двусторонний расточной резец (рис. 32, б) используется В. К. Семинским как зенкер для скоростного чернового растачивания при одновременной работе обеих режущих кромок или как расточной резец.

Одна режущая кромка производит черновое растачивание, а другая, последовательно вступающая в работу, — чистовое растачивание.

Аналогичная конструкция разработана В. К. Семинским и для резьбовых резцов (для нарезания внутренней резьбы), которые вследствие их повышенной жесткости обеспечивают хорошее качество резьбы.

Большой интерес представляет конструкция расточного резца повышенной жесткости ленинградского токаря-новатора К. В. Лакура.

Расточные резцы конструкции К. В. Лакура (рис. 33) по жесткости, производительности, стойкости, чистоте обработанной поверхности превосходят резцы обычной конструкции [92]. Особенность конструкции резцов заключается в том, что режущая кромка расположена на нейтральной оси державки. Для резцов К. В. Лакура использует державку цилиндрической формы увеличенного размера, чем повышается жесткость. Вылет резца регулируется за счет выдвижения его из расточной оправки, в которую он закрепляется.

Виброустойчивые расточные резцы К. В. Лакура позволяют работать на увеличенных скоростях резания по сравнению с обычными.

Резцы К. В. Лакура введены в ГОСТ 6743—61 на твердосплавные резцы и в ГОСТ на быстрорежущие расточные резцы. Как указывает

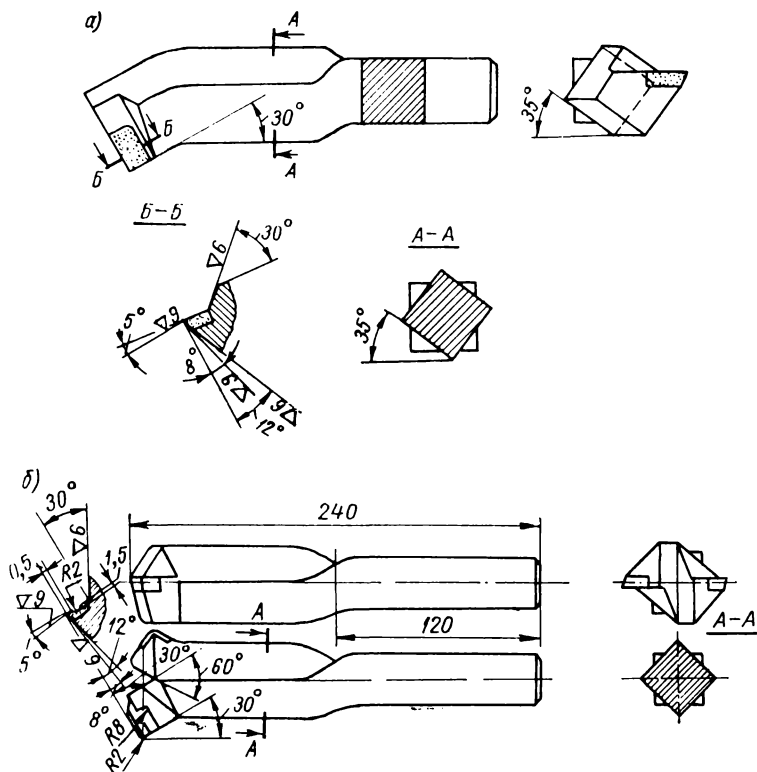


Рис. 32. Расточные резцы со скрученным стержнем конструкции В. К. Семинского: а — с одной режущей кромкой; б — двусторонний комбинированный

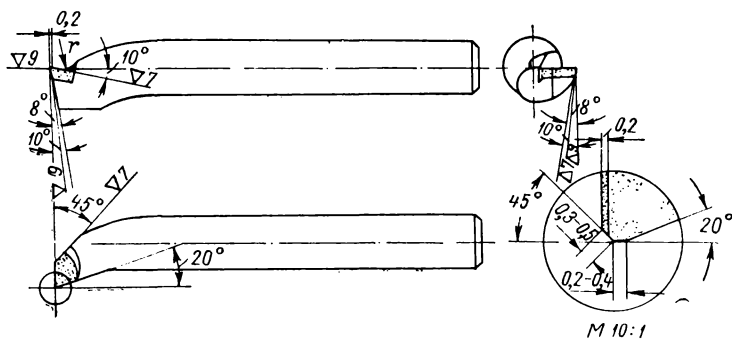


Рис. 33. Расточной виброустойчивый резец конструкции К. В. Лакура

К. В. Лакур, в расточных резцах его конструкции допускается расположение режущей кромки на 1—1,5 мм выше нейтральной оси стержня.

Исследования, проведенные Ленинградским научно-исследовательским проектно-конструкторским институтом технологии машиностроения совместно с К. В. Лакуром, показали значительные преимущества его резцов.

Расточные цельнотвердосплавные резцы типа «улитка» конструкции токаря-новатора В. С. Павлова [94] предназначены для высоко-

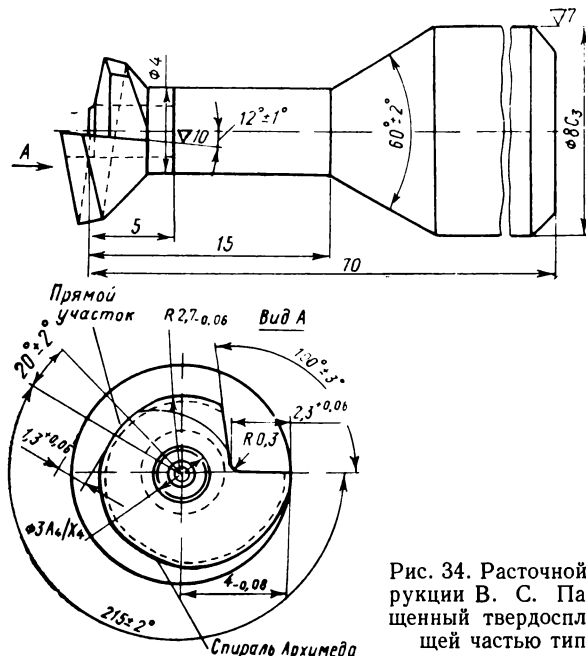


Рис. 34. Расточной резец конструкции В. С. Павлова, оснащенный твердосплавной режущей частью типа «улитка»

производительной расточки отверстий с повышенной точностью обработки (1—2-го классов) и с высокой чистотой обработанной поверхности (8—10-го классов чистоты). Формы резцов «улиток» предусмотрены ГОСТ 2209—69. Форма 45 режущей части предназначена для расточных резцов при обработке сквозных отверстий, форма 46 — для расточных резцов, обрабатывающих глухие отверстия. Режущая часть резцов типа «улитка» может быть нестандартных размеров и выполнена по технологии, рекомендуемой для твердосплавных изделий из пластифицированных заготовок, или изготовлена из быстрорежущей стали.

На рис. 34 показан расточной резец типа «улитка» и форма режущей части из твердого сплава. Эти резцы отличаются значительным количеством переточек и большой суммарной стойкостью. Переточка резцов осуществляется по передней поверхности; задние поверхности

резцов этого типа образуются путем перемещения режущих кромок относительно шлифовального круга по винтовой линии в специальном приспособлении.

Следует отметить, что резцы типа «улитка» можно использовать на токарных, токарно-револьверных станках и станках-автоматах, причем форма и размеры хвостовика, к которому припаивается рабочая режущая часть, должны сочетаться с применяемыми станками и вспомогательным инструментом.

Отрезные резцы. Такие резцы работают обычно в тяжелых условиях. Резцы, оснащенные твердым сплавом, в процессе резания часто скалываются, чем понижается производительность труда.

По усовершенствованию конструкций отрезных резцов имеется ряд предложений новаторов производства. Ниже рассматриваются отдельные наиболее характерные конструкции отрезных токарных резцов.

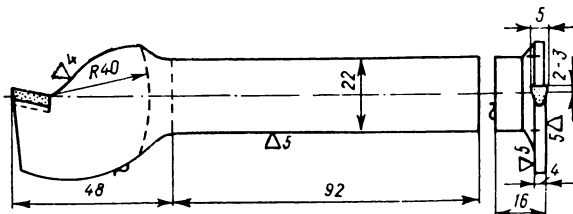


Рис. 35. Отрезной виброустойчивый резец конструкции К. В. Лакура

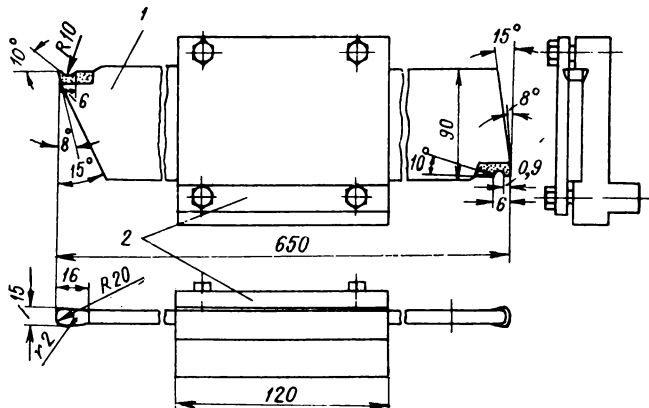
На рис. 35 показан отрезной резец К. В. Лакура упрощенной конструкции, оснащенный пластинкой твердого сплава.

Режущая кромка отрезного резца расположена на 2—3 мм выше нейтральной оси. После нескольких переточек режущая кромка размещается по оси державки резца. Припаянная пластинка твердого сплава имеет призматическую нижнюю опорную плоскость, а задняя поверхность режущей пластинки упирается в стержень резца. Данная конструкция резца обеспечивает виброустойчивость и высокую производительность и может быть использована при отрезке труднообрабатываемых заготовок.

Расположение режущей кромки на оси резца уменьшает вибрации. В этих резцах использован тот же принцип, что и у расточных резцов. К. В. Лакур основывается на работах известного исследователя Я. Г. Усачева, который пришел к выводу о целесообразности применения резцов с нейтрально расположенной режущей кромкой.

Новатор завода «Красное Сормово» В. Н. Годяев предложил изменить форму твердосплавной пластинки у отрезного резца и напаять ее в угловой паз державки резца под углом 60° . Проверка в лабораторных и производственных условиях показала целесообразность такой конструкции резца, увеличивающей прочность припайки. Предложения В. Н. Годяева учтены в ГОСТ 6743—61. При работе такими резцами скорость резания достигает $v = 100 \text{ м/мин}$, а подача $s = 0,4 \div 0,5 \text{ мм/об}$.

На державку двустороннего отрезного резца напаиваются пластинки твердого сплава — на одном конце ВК8 для разрезки чугуновых заготовок, а на другом конце — пластинка твердого сплава



Т5К10 для стали. Как видно из рисунка, резец 1 закрепляется в оправке 2, которая устанавливается в резцедержателе станка.

По идее конструкция резца А. Попкова аналогична конструкции отрезного резца В. И. Бичугова [35].

Отрезной напайной твердосплавный резец усовершенствованной конструкции токаря-новатора И. К. Евсеева (рис. 37) имеет три режущих кромки: две с углом заточки в плане по 45° и третью, равную 1—1,2 мм, у вершины резца [94].

71

В табл. 11 даны рекомендуемые геометрические параметры резцов и марки твердых сплавов, применяемые в зависимости от обрабатываемого материала.

Новая форма заточки резца повышает производительность труда на отрезных операциях при обработке конструкционных легированных сталей в 2,5—3 раза, а при обработке титановых и жаропрочных сталей—в три-четыре раза. Этот резец работает с подачей до 9,35 мм/об. Особенно хорошо он зарекомендовал себя при отрезке заготовок из легированных, нержавеющей и жаропрочных сталей, а также ти-

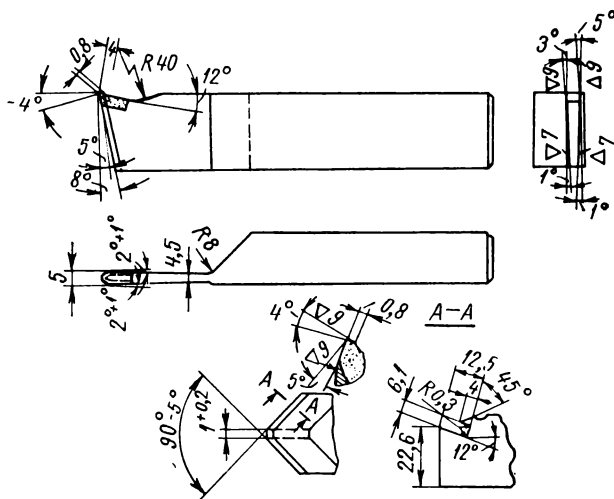


Рис. 37. Отрезной резец конструкции И. К. Евсеева, оснащенный пластинками из твердого сплава

тана. Данная конструкция резца демонстрировалась на ВДНХ и получила высокую оценку новаторов и специалистов-инструментальщиков.

Резцы сборной конструкции. В группу резцов сборной конструкции входят резцы со сменной вставкой, на которую напайвается пластинка, резцы с механическим креплением режущей пластинки и резцы с креплением пластинки силами резания.

Напайные резцы имеют ряд недостатков, основным из которых является появление в пластинках твердого сплава трещин при напайке и заточке, что ведет к снижению стойкости инструмента и производительности труда.

Сборные конструкции резцов по сравнению с напайными обладают рядом преимуществ, основное из которых — легкая и быстрая смена затупившейся или поломавшейся пластинки. Резцы со сменной вставкой имеют преимущество по сравнению с резцами с механическим креплением режущей пластинки, так как при этом лучше используется пластинка, напаянная на вставке. Ряд конструкций резцов с механическим креплением пластинки имеет тот основной недо-

**Выбор геометрических параметров резцов и марок твердого сплава
в зависимости от обрабатываемого материала**

Обрабатываемый материал	Передний угол γ в град	γ_f в град	α в град	α_1 в град	f в мм	Марка сплава пластины	Скорость резания в м/мин
Сталь 30ХГСА (хромансиль)	0 (для отрезки с торцовкой), + 10° (для отрезки без торцовки)	—4	5	8	0,6—0,8	Т15К6	300—600
Стали 45, 40Х (конструкционные качественные)			5	8			
Стали 20, 30 (подельчатая)	12—30	0	5	8	Без фаски	Т15К6	300—600
Титан	+ 15 (для труб) 0 (для отрезки до центра)	—4	5	8	0,4	ВК6М, ВК6, ВК8	100—150 150—200
Жаропрочная сталь	+ 15 (для отрезки до центра)	—4	15	18	0,2	ВК6М, ВК8, ВК6	80—120
	+ 10 (для труб)	—4	5	8	0,4		220—300
Алюминий	30—35	0	15	18	Без фаски	Р9, Р18	250—400

статок, что пластинка, являясь режущей, частично используется и для закрепления в державке.

Как при изготовлении, так и при эксплуатации к резцам сборной конструкции предъявляются повышенные требования [155]:

- 1) универсальность, позволяющая использовать их для различных операций и переходов;
- 2) обеспечение необходимой прочности, надежности и виброустойчивости, которая должна быть не меньше, чем у резцов напаянных;
- 3) экономичность расходования твердого сплава;
- 4) безопасное ломание и отвод сливной стружки в диапазоне установленных режимов резания;
- 5) многократное использование державки резца;

- 6) возможность регулирования вылета пластинки в зависимости от максимального износа и переточек;
- 7) технологичность, простота и удобство в обслуживании;
- 8) детали сборной конструкции резцов не должны выходить из строя в случае поломки режущих пластинок и др.

Резцы сборной конструкции с механическим креплением подразделяются на резцы с перетачиваемыми режущими пластинками и неперетачиваемыми.

По усовершенствованию конструкций сборных резцов как с механическим креплением сменной вставки, так и непосредственным креплением твердосплавной пластинки к державке резца имеется

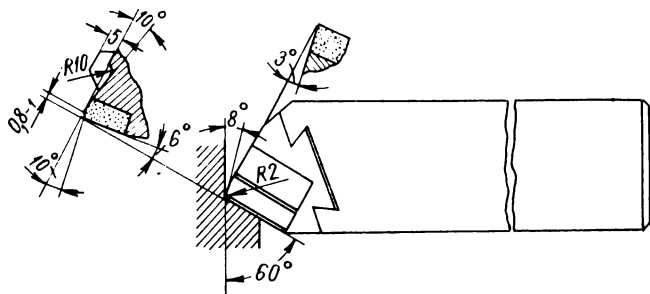


Рис. 38. Резец УЗТМ с клиновым сменным вкладышем

весьма большое количество предложений. Приведем наиболее характерные конструкции сборных резцов.

Резцы со сменной клиновидной вставкой. ВНИИ созданы проходные резцы сборной конструкции с клиновидной вставкой и регулируемым стружколомом с главным углом в плане ϕ , равным 45, 60 и 90°

На резцы с клиновидными вставками ВНИИ были разработаны отраслевые нормы. Резцы рекомендуются для обработки стали и чугуна.

На Уральском заводе тяжелого машиностроения им. С. Орджоникидзе применяются резцы для чернового точения со сменными вставками. В сборных резцах вставки крепятся в клиновом пазу, имеющем форму ласточкина хвоста (рис. 38). Вставки изготавливаются из стали 40Х и подвергаются термической обработке. Геометрия режущей части вставки не отличается от обычной вставки для твердосплавных резцов, предназначенных для снятия крупных сечений среза.

Конструкция державки резца позволяет использовать вставки различной формы. Стружкозавивание обеспечивается наварным уступом. Режущая часть клиновой вставки затачивается отдельно от стержня резца.

Резцы конструкции УЗТМ успешно применяются и на других заводах тяжелого машиностроения, например на Ново-Краматор-

Режущая пластинка после износа подлежит замене.

На передней поверхности стружколома, расположенного под углом $35\text{--}40^\circ$, для меньшего износа припаяна пластинка твердого сплава Т15К6.

Резец обеспечивает хорошие условия резания при обработке жаропрочных, нержавеющих и других сталей повышенной прочности.

Виброустойчивые резцы с механическим креплением пластинки созданы Д. И. Рыжковым [142]. По сравнению с другими конструкциями эти резцы имеют малый вылет (длина головки резца 35 мм).

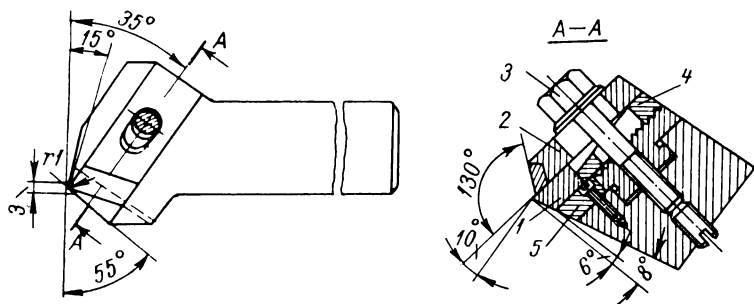


Рис. 40. Резец конструкции ЦНИИТмаш с механическим креплением пластинки из твердого сплава

Расстояние от режущей кромки до стружкодробящего порошка равно 4—6 мм, что обеспечивает завивание и дробление стружки.

Резцы рекомендуется использовать в тех случаях, когда необходимо обеспечить прочность крепления пластинки, высокую виброустойчивость резца в процессе обработки и устранить возникающие вибрации.

На рис. 40 показан резец конструкции ЦНИИТмаш с механическим креплением пластинки твердого сплава. Пластика твердого сплава закрепляется при помощи прижимной планки 2 и винта 3. Прижимная планка служит одновременно и стружколомом. Режущая пластинка 1 после переточки устанавливается и фиксируется упорной планкой 4 с рифлениями. Часть державки 5, служащая опорой для пластинки, выполнена сменной.

Резцы конструкции ЦНИИТмаш имеют надежное крепление пластинки твердого сплава и удобное регулирование стружкозавивателя. Несмотря на относительную сложность их конструкций, они могут быть использованы с различными углами в плане на средних и тяжелых станках при выполнении чистовых и обдирочных операций.

12. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРОХОДНЫХ РЕЗЦОВ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ПЛАСТИНОК И ОТРЕЗНЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЗЦОВ С ЗАКРЕПЛЕНИЕМ ПЛАСТИНОК СИЛАМИ РЕЗАНИЯ

Резцы сборные минералокерамические. Резцы, оснащенные минералокерамическими режущими пластинками, по сравнению с резцами с пластинками из твердых сплавов, имеют ограниченное применение из-за большой хрупкости пластинок и сравнительно низкого

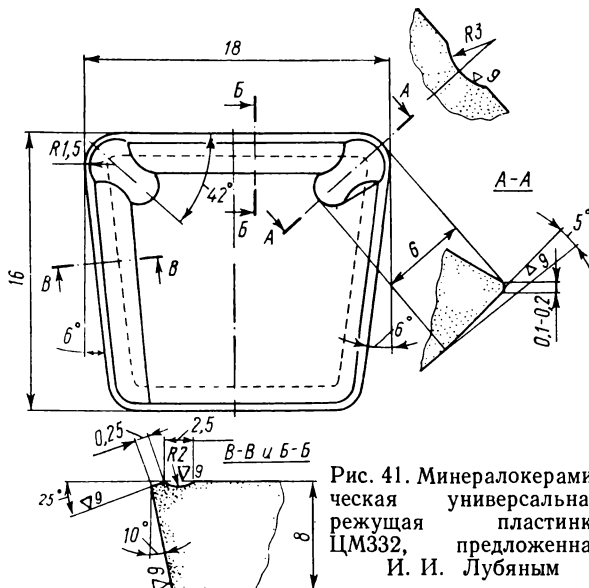


Рис. 41. Минералокерамическая универсальная режущая пластинка ЦМ332, предложенная И. И. Лубяным

коэффициента прочности на деформацию изгиба. Для повышения стойкости минералокерамических резцов в Научно-исследовательской лаборатории станков и инструментов (НИЛСИ) при Горьковском политехническом институте им. А. А. Жданова были проведены исследовательские работы по изучению и созданию универсальных многокромочных режущих минералокерамических пластинок и их рациональных геометрических параметров [97].

На рис. 41 представлена универсальная режущая пластинка из минералокерамики ЦМ332 и ее геометрические формы. На пластинках нанесены различные сочетания стружкозавивательных канавок. Пластины предназначены для использования на проходных, подрезных и расточных резцах с главным углом в плане $\varphi = 45 \div 90^\circ$.

В НИЛСИ созданы державки резцов, отличающиеся высокой надежностью и простотой конструкции. Предусмотренные в резцах специальные прижимы режущих пластинок обеспечивают их надежное закрепление в рабочей части. Для нанесения на передней поверхности пластинок стружкозавивающих канавок и их заточки пользуются

алмазными кругами. Минералокерамические резцы применяются на Горьковском заводе фрезерных станков, заводе «Двигатель революции» и др. Конструкции резцов с минералокерамическими пластинками, разработанные НИЛСИ, рекомендуются для использования на универсальных токарно-винторезных станках моделей 1К62, 1А62, 1Д63 и др., при обработке заготовок из различных марок сталей (стали Ст.3, Ст.5, 20, 45, 40Х, инструментальные стали Р9 и др., конструкционные легированные стали 30ХГСА, 18ХНВА и др.). Кроме перечисленных марок сталей резцами, оснащенными минералокерамическими пластинками, рекомендуется обрабатывать также закаленные стали твердостью до *HRC* 50, серые чугуны, цветные металлы и отдельные типы пластмасс.

Для продольного течения и подрезки торцов в условиях получистовой и чистовой обработки обычно применяют токарные резцы с отогнутой рабочей частью и с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$

Вариант режущей пластинки V рекомендуется применять для обдирочного и получистового точения. Во избежание большого износа резцов при продольном точении углеродистых сталей НИЛСИ рекомендует работать со скоростью резания не ниже 100 м/мин; при подрезке торцов и обработке нежестких заготовок скорость резания следует снижать до 60 м/мин.

На Горьковском заводе фрезерных станков НИЛСИ была проведена работа по внедрению минералокерамических резцов в условиях крупносерийного производства на токарных гидрокопировальных полуавтоматах моделей 1712 и МР-24 [53].

Обрабатывались заготовки типа валов (гладкие и ступенчатые) диаметрами 35—70 мм и длиной 160—640 мм из сталей 10, 20Х, 40Х.

На рис. 42 показаны сборные конструкции резцов с минералокерамическими пластинками ЦМ332, используемые для работы на токарном полуавтомате моделей 1712 (рис. 42, а) и на токарном полуавтомате модели МР-24 (рис. 42, б).

На Горьковском заводе фрезерных станков при использовании минералокерамических резцов на токарных полуавтоматах были подобраны такие режимы и условия работы, при которых можно достичь сокращения машинного времени при обработке заготовок типа валов в 1,5 раза и выше по сравнению со временем обработки их твердосплавными резцами (Т15К6).

Ряд конструкций сборных резцов с механическим креплением минералокерамических пластинок был создан новаторами-инженерами Ф. И. Морозовым (Московский машиностроительный завод им. Калинина), М. Ф. Беляевым (завод «Красное Сормово»), П. Г. Терентьевым, Н. М. Лопатковым (Мичуринский механический завод) и др. [35].

В настоящее время как в Советском Союзе, так и за рубежом проводятся работы по усовершенствованию минералокерамики путем создания нового режущего керамикометаллического материала — кермета. Например, кермет НС20М [104] состоит из 75% Al_2O_3 и

25 % твердого раствора (Ti, W, Mo) C, содержащего 6 % WC, 41 % Mo₂C и 53 % TiC.

Проведенные работы в МНИИПТмаше (г. Кемерово) показали, что при чистовой обработке различных сталей (40X, 4X5B2ФC, 30XГТ, Г13Л, 0XНЗМФА, 38XМЮА и др.) резцы, оснащенные режущими пластинками из керметов, дали значительное повышение стойкости инструментов, более высокую по сравнению с твердым сплавом Т15К6 и минералокерамикой ЦМ332.

Керметы имеют в 1,8—5 раз более высокую стойкость по сравнению со сплавом Т15К6 и в 1,6—3,8 раза — по сравнению с минералокерамикой ЦМ332.

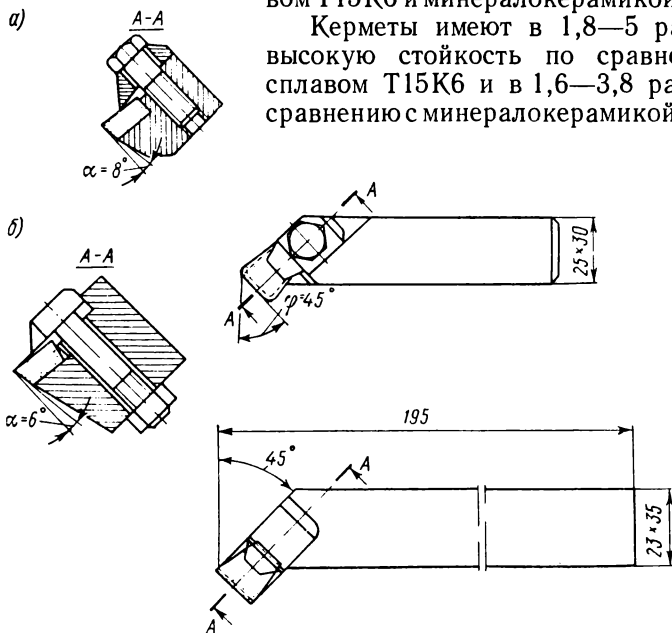


Рис. 42. Токарные резцы с механическим креплением минералокерамических пластинок

Таким образом, совершенствование минералокерамики ЦМ332 за счет добавления легирующих элементов дает возможность значительно повысить стойкость режущих инструментов. Так как износ керамикометаллических инструментов небольшой (в основном по задней поверхности), то это дает возможность применять такие инструменты в условиях автоматизированного производства.

Резцы сборные твердосплавные отрезные. На рис. 43 представлена конструкция сборного отрезного резца токаря-новатора В. А. Бондаренко. Резец состоит из державки 1, вставки (ножа) 2 с пластинкой из твердого сплава или из быстрорежущей стали, прихвата 3, амортизационной прокладки 4 и болта с гайкой 5.

Конструкция резца В. А. Бондаренко по данным ВНИИ является наиболее удачной [35], так как усилия, действующие на нож, воспринимаются державкой, а не деталями резца, за счет наличия амортизационной прокладки под головку крепежного винта

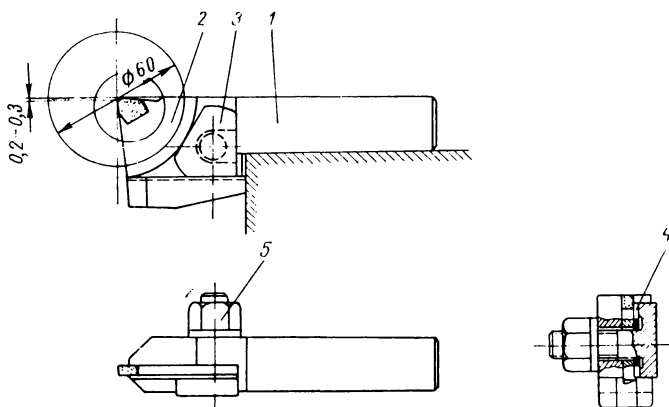


Рис. 43. Отрезной сборный резец конструкции В. А. Бондаренко

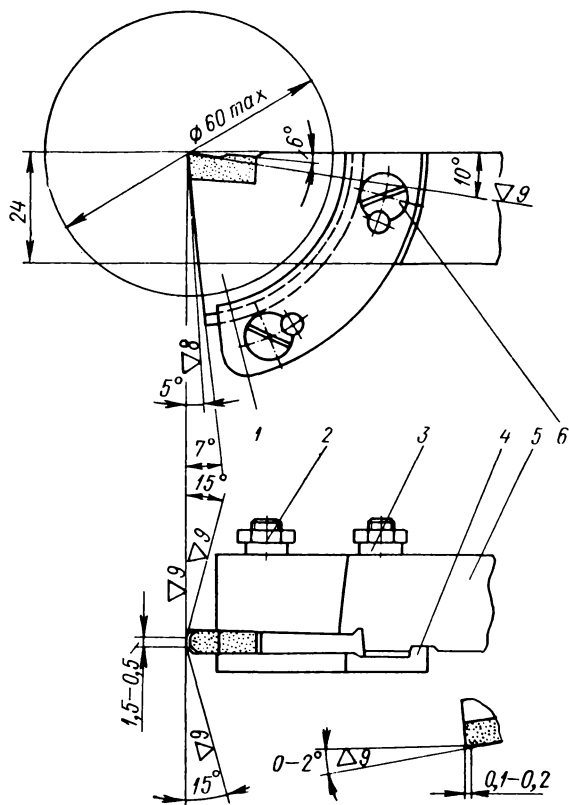


Рис. 44. Отрезной сборный секторный резец конструкции Г. М. Родионова

повышена виброустойчивость. Резец данной конструкции с пластинкой твердого сплава работает удовлетворительно при отрезке стальных заготовок при режиме резания $v = 100 \div 200$ м/мин и $s = 0,1 \div 0,25$ мм/об.

На рис. 44 представлен аналогичный отрезной сборный секторный резец с твердосплавной пластинкой конструкции ленинградского токаря-новатора Г. М. Родионова.

Геометрические параметры заточки этого отрезного резца выполнены по типу комбинированной заточки, предложенной токарем-новатором И. К. Евсеевым.

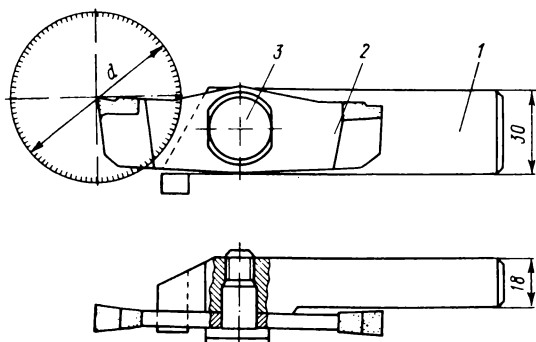


Рис. 45. Сборный двусторонний отрезной резец конструкции М. Г. Аникина и ВНИИ

Резец предназначен для работы по стали и чугуну с максимальным диаметром отрезки заготовок 60 мм. Он состоит из следующих основных частей: сектора 1 с режущей частью, прижимной планки 4, державки 5. Винт 6 фиксирует положение сектора 1 резца с помощью гаек и шайб 2, 3.

Державка резца может быть использована неоднократно и в случае поломки режущей части резца. Пластика твердого сплава припаяется к сектору после его термической обработки до твердости $HRC\ 40-42$. При работе резца используются повышенные подачи и скорости резания по сравнению с обычными резцами [57]. Сектор в случае поломки или износа режущей пластинки заменяется другим резервным сектором с припаянной и доведенной пластинкой.

На рис. 45 показан сборный двусторонний отрезной резец со сменной вставкой с пластинками из твердого сплава, предложенный новатором М. Г. Аникиным и разработанный ВНИИ [161]. Резец состоит из корпуса 1, сменной двусторонней вставки 2, оснащенной пластинками твердого сплава, и винта 3 для закрепления сменной вставки.

Корпус изготавливается из стали 40X (ГОСТ 4543—61) с твердостью после термической обработки $HRC\ 40-45$; материал корпуса вставки и винта—сталь 45 (ГОСТ 1050—60). Разработанная ВНИИ нормаль (ОН-035-18—68) предусматривает двусторонние вставки из быстро-

режущей стали Р18 (ГОСТ 9373—60) с твердостью после термической обработки $HRC\ 62—65$. Пластины твердого сплава и геометрические параметры выбираются в зависимости от условий обработки. Сменные вставки позволяют разрезать заготовки диаметром 40—75 мм.

На рис. 46, а представлен сборный отрезной резец конструкции ВНИИ, оснащенный твердосплавной пластиной (рис. 46, б).

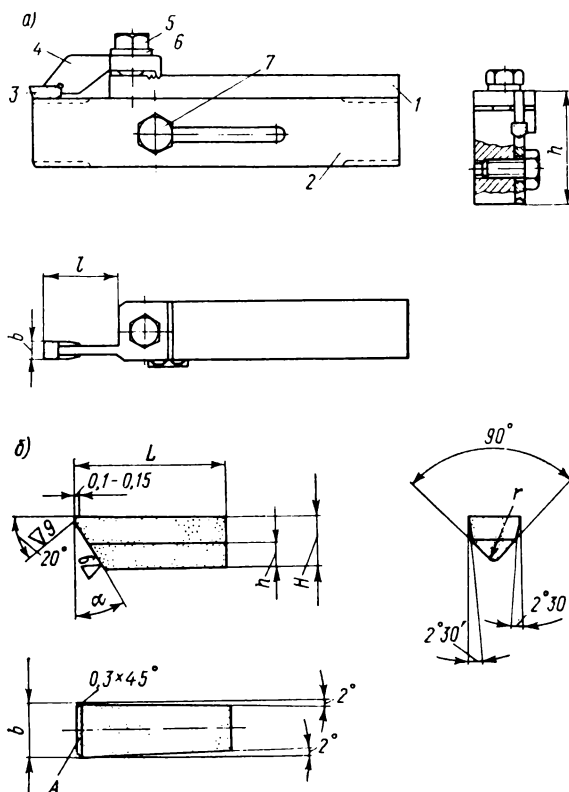


Рис. 46. Сборный отрезной резец (а) конструкции ВНИИ, оснащенный пластиной из твердого сплава (б):

1 — корпус; 2 — сменная планка с четырьмя У-образными пазами для базирования режущей пластинки 3; 4 — прихват-стружколом; 5 — прижимный винт; 6 и 7 — шайба и винт

L	b	H	h		α
12	4,8	4,2	1,8	0,8	11°
20	7,2	6,5	3,1	1,1	16°

Такие резцы внедрены на московском станкозаводе «Красный пролетарий» и на других заводах.

Корпус резца 1 устанавливается в резцедержателе суппорта станка. Затем в корпус устанавливается сменная планка 2 с четырьмя У-образными пазами для базирования режущей пластинки 3, которая закрепляется прихватом 4. Замена сменной планки осуществляется без снятия корпуса со станка. Для токарно-винторезных станков моделей 1К62 и 1К62П используются резцы двух типоразмеров с шириной режущей кромки $b = 4$ и 5 мм, вылет резцов $l = 35$ и 27 мм с высотой рабочей части резцов $h = 22$ и 25 мм.

Как указывают авторы, конструкция резца позволяет прочно и надежно закреплять твердосплавные пластинки, предназначенные для нарезания резьбы, прорезания канавок и др. Для увеличения

производительности канавочные и резьбовые пластинки изготавливаются двусторонними.

Следует отметить, что конструкция резца предусматривает возможность многократного использования сменной вставки, а также переточки твердосплавной режущей пластинки. В конструкции корпуса резца предусмотрены рифления, позволяющие перемещать прихват по мере переточки режущей пластинки. Кроме того, на сменной вставке предусмотрен специальный паз, позволяющий регулировать ее положение.

Практика эксплуатации этих резцов на заводе показала, что при оснащении их твердосплавными пластинками марки Т5К10, скорость резания может быть установлена в пределах 70—80 м/мин при подаче 0,1—0,15 мм/об; для резцов, оснащенных твердым сплавом марки Т14К8, при той же подаче скорость резания может быть повышена до 100 м/мин. Твердосплавные пластинки затачивают по задней поверхности и по упрочняющей фаске. В отдельных же случаях на передней поверхности резца рекомендуется затачивать лунку (особенно при разрезке сталей и других материалов невысокой прочности). Резцы предназначены для отрезки заготовок из прутка диаметром до 70 мм, а также разрезания труб больших диаметров толщиной стенки до 60 мм на токарных и отрезных станках.

Резцы с закреплением режущих пластинок силами резания. На рис. 47 показан резец, в котором закрепление режущей пластинки

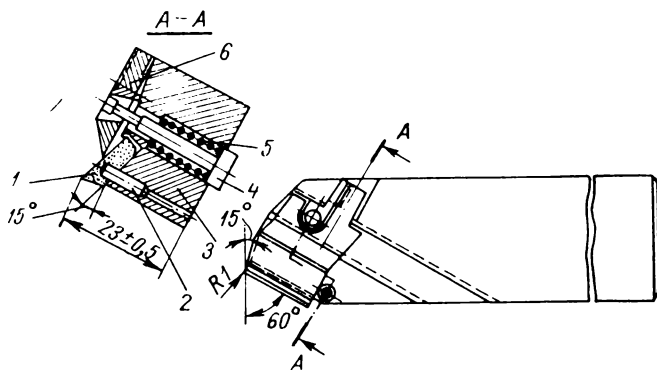


Рис. 47. Резец конструкции Г. М. Рывкина и Б. И. Самойлова

осуществляется силами резания. Резец разработан научными сотрудниками ВНИИ Г. М. Рывкиным и Б. И. Самойловым [143].

Стабильное положение пластинки 1 и стружкозавивателя 6 относительно державки резца 3 во время работы резца обеспечивается в этой конструкции соответствующими направлениями реакций опор. В нерабочем состоянии стружкозавиватель 6 и пластинка 1 удерживаются на державке 3 с помощью штока 4 и пружины 5. Штифт 2 служит упором для пластинки.

Резцы этого типа могут быть использованы главным образом при снятии сравнительно небольших припусков.

Токарем-новатором Рижского завода гидрометприборов А. П. Аграфениным предложена конструкция токарных резцов с механическим закреплением пластинок способом самозаклинивания.

А. П. Аграфенин создал несколько конструкций резцов: проходной (рис. 48), подрезной и расточной.

У этих резцов используются как минералокерамические, так и твердосплавные пластинки, которые крепятся механически. Резцы состоят из корпуса 1, режущей пластинки 2, подвижного упора 3 и винта 4. Подвижной упор 3 является также и стружколомателем. Опорный буртик на корпусе резца предназначен для заклинивания режущей

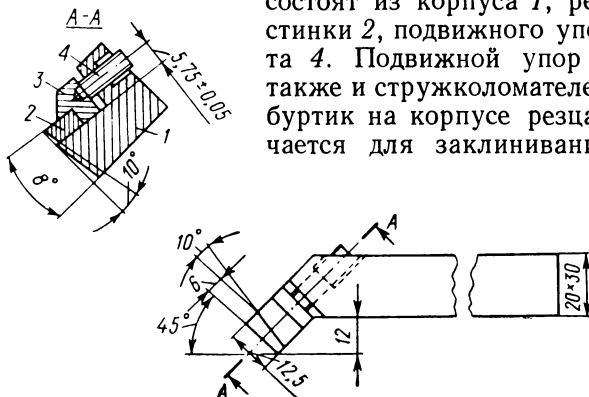


Рис. 48. Токарный проходной резец конструкции А. П. Аграфенина

пластинки под действием силы резания. Этим создается надежное закрепление пластинки в корпусе резца. При сборке между пластинками и опорной поверхностью резца остается клиновой просвет величиной 0,2—0,3 мм.

Под действием силы резания режущая пластинка плотно прижимается к нижней опоре и заклинивается между буртиком и стенками упора. Аналогичную конструкцию имеют и другие типы резцов. Применение этих резцов на универсальных токарных станках дает возможность сократить вспомогательное время.

13. РЕЗЦЫ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ МНОГОГРАННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИНОК

В последнее время как в СССР, так и за рубежом много внимания уделяется конструированию инструмента с многогранными режущими пластинками. Следует отметить, что применение в промышленности многогранных неперетачиваемых режущих пластинок является новым перспективным направлением.

Принципиально новые конструкции резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластинок твердого сплава обладают рядом преимуществ по сравнению со стандартными напай-

ными резцами. Основные из них: возможность исключения трудоемких процессов напайки и переточки, снижение затрат времени на замену затупившегося инструмента, дальнейшее использование возврата пластинок твердого сплава для переработки и др. В связи с этим улучшение конструкций режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, идет в направлении замены там, где это представ-

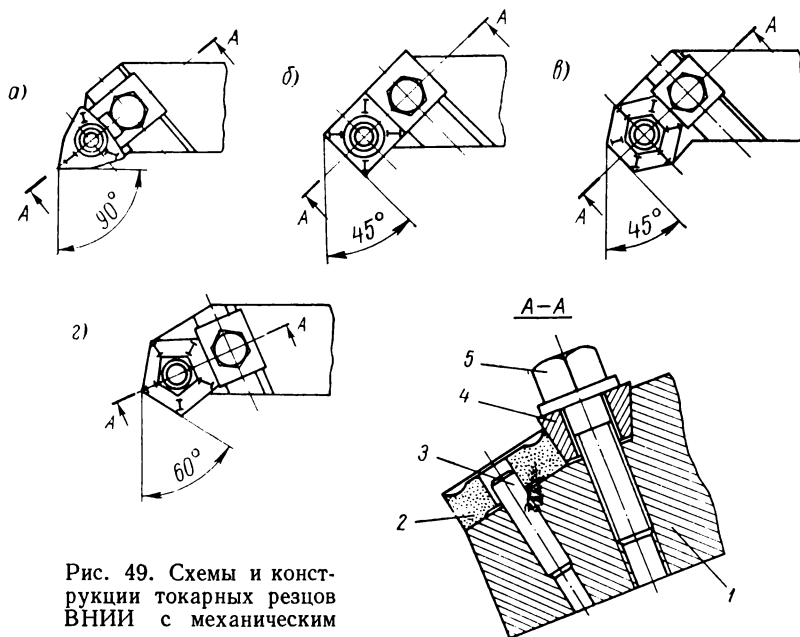


Рис. 49. Схемы и конструкции токарных резцов ВНИИ с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластинок: а — трехгранной; б — четырехгранной; в — шестигранной; г — пятигранной

1 — де жавка; 2 — многогранная пластинка; 3 — штифт; 4 — клин; 5 — болт

ляется возможным и целесообразным, напайных пластинок многогранными, круглыми и других форм вставок с их механическим креплением. Это способствует, как показали исследования и производственная практика ряда заводов, повышению стойкости инструмента в два-три раза.

Разработанные ВНИИ многогранные режущие пластинки имеют трех-, четырех-, пяти- и шестигранную форму (рис. 49).

Трехгранная пластинка (рис. 49, а) устанавливается на проходных упорных резцах с главным углом в плане $\varphi = 90^\circ$, пятигранная пластинка (рис. 49, г) — на проходных резцах с $\varphi = 60^\circ$, шестигранная пластинка (рис. 49, в) — на резцах с $\varphi = 45^\circ$. Четырехгранная пластинка (рис. 49, б) используется на резцах с углами $\varphi = 45$ и 60° , работающих с врезанием, и на резцах с $\varphi = 75^\circ$, предназначенных для обточки нежестких валов.

Закрепление пластинки осуществляется ее заклиниванием между штифтом и задней опорной стенкой державки с помощью клина 4 и болта 5 (рис. 49, д). Смещением клина по вертикали выбирается зазор (около 0,5 мм) и создается достаточная надежность крепления режущей пластинки.

Задние углы α и α_1 , обеспечиваются за счет установки режущей пластинки под соответствующим отрицательным углом γ_y . Для того чтобы создать положительный угол γ , на режущей части многогранной пластинки вдоль режущих кромок изготавливаются лунки и фаски.

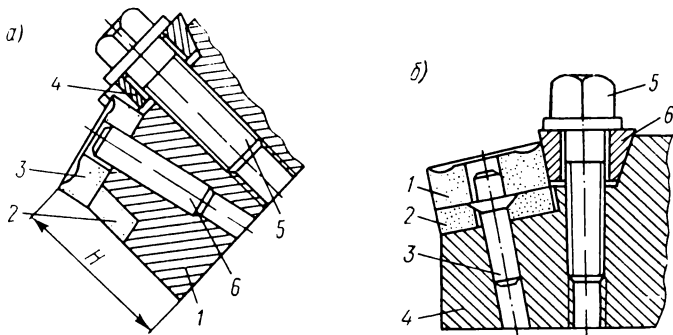


Рис. 50. Схемы усовершенствованной конструкции державок резцов с механическим креплением твердосплавной многогранной пластинки: а — с припаянной пластинкой (1 — державка, 2 — припаянная твердосплавная пластинка, 3 — сменная режущая пластинка, 4 — клин, 5 — болт, 6 — штифт); б — со сменной твердосплавной подкладкой (1 — режущая пластинка, 2 — сменная твердосплавная подкладка; 3 — штифт, 4 — державка, 5 — винт, 6 — клин)

Резцы с многогранными неперетачиваемыми пластинками предназначены для обработки стали и чугуна как на универсальных токарных станках, так и в условиях автоматизированного производства [155 и др.].

Для повышения долговечности державок резцов на задней поверхности их устанавливают твердосплавную пластинку (рис. 50, а). Как показала практика, эта конструкция резца рациональна для крупногабаритных резцов. Однако при этом следует учитывать большую трудоемкость изготовления и восстановления таких типов державок.

Для повышения долговечности державок резцов во ВНИИ было предложено введение сменной твердосплавной подкладки под режущую пластинку (рис. 50, б). Твердосплавная подкладка изготавливается по принятой технологии для твердых сплавов, имеет специальную форму с отверстием и зенковкой для закрепления державки штифтом с конической головкой.

Следует отметить, что жесткость резцов с подкладками не уступает жесткости резцов с многогранными неперетачиваемыми пластинками без подкладок, но вместе с тем это значительно повышает долговечность державок (не менее чем в четыре-пять раз) и возмож-

ность использования многогранных плоских пластинок с двух сторон при снятии небольших сечений срезов. МН 3899—62—МН 3914—62 и РТМ 63—62 предусмотрены две формы режущих твердосплавных пластинок: форма I с выкружками, формируемыми в процессе прессования для обеспечения положительных значений переднего угла γ , а также для завивания и дробления стружки при обработке стальных заготовок; форма II — плоская без выкружек. Режущие пластинки формы II рекомендуются для использования при работе в условиях автоматизированного производства (полуавтоматы, автоматы и агрегатные станки). Для обеспечения рационального отвода сливной стружки на переднюю поверхность этих пластинок следует наносить мелкие лунки.

Материал твердого сплава для пластинок выбирается по ГОСТ 3882—67 в зависимости от обрабатываемого материала. Технические требования на многогранные пластинки изложены в МН 3914—62. Так как твердосплавные неперетачиваемые пластинки после спекания имеют достаточно правильную геометрическую форму и чистоту поверхностей 7—8-го классов, то на них осуществляют только доводку фасок по периметру пластинки на доводочном чугуном диске или алмазными кругами¹, доводка опорных поверхностей может быть осуществлена на специальных доводочных станках.

В табл. 12 даны рекомендуемые геометрические параметры режущей части резцов с многогранными пластинками формы.

Таблица 12

**Геометрические параметры режущей части
неперетачиваемых пластинок (по данным ВНИИ) в град**
(МН 3899—62÷МН 3914—62, РТМ 63—62)

Резцы с многогранными пластинками	φ	φ_1	γ_y	γ	α	α_1
Трехгранные	90	10	12	12 *	7,5	7,5
Четырехгранные	45	45	10	10 **	10	4
Пятигранные	60	12	10	12	8	8
Шестигранные	45	15	10	10	10	5

* Для резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава, с диаметром описанной окружности 14 мм передний угол $\gamma = 17^\circ$.
 ** Для резцов, оснащенных пластинками твердых сплавов, с диаметром описанной окружности 14 мм $\gamma = 15^\circ$.

Следует отметить, что резцы с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками прошли испытания на заводах и получают все большее распространение в металлообработке. Было установлено, что эти резцы могут заменить от 50 до 75% односторонних

¹ Для высокопроизводительной доводки фасок на полуавтоматическом приспособлении ВНИИ время на доводку резко сокращается (до 4—5 сек).

цельных напайных резцов, обеспечивая при этом надежный и удовлетворительный отводливной стальной стружки.

В табл. 13 приводятся рекомендуемые ВНИИ данные по применению неперетачиваемых пластинок и режимы резания при обработке стали 45.

Таблица 13

Рекомендуемые данные по применению неперетачиваемых пластинок и режимы резания (МН 3899—62 — МН 3914—62, РТМ 63—62)

Диаметр описанной окружности пластинки в мм	Форма пластинки	Рабочая высота резца H в мм	Модель токарного станка	Максимальное сечение срезаемого слоя $F = t_s$ в мм ²	Режимы резания при обработке стали 45
14	Трехгранная Четырехгранная	16 и 20	1616	1,6	$t = 1 \div 5$ мм $s = 0,2 \div 0,4$ мм/об $v \leq 200$ м/мин
18	Трехгранная Четырехгранная Пятигранная Шестигранная	20 и 25	1616 1К62	3—3,5	$t = 1 \div 6$ мм $s = 0,3 \div 0,7$ мм/об $v \leq 200$ м/мин
22	Трехгранная Четырехгранная Пятигранная Шестигранная	25 и 32	1К62, 163	5—5,5	$t = 2 \div 8$ мм $s = 0,4 \div 0,8$ мм/об $v \leq 150$ м/мин
26	Трехгранная Пятигранная Шестигранная	32 и 40	163, 1А64	8—8,5	$t = 2 \div 9$ мм $s = 0,4 \div 1,0$ мм/об $v \leq 150$ м/мин

Наряду с разработкой и внедрением резцов с многогранными твердосплавными пластинками во ВНИИ созданы аналогичной конструкции резцы, оснащенные минералокерамическими пластинками ЦМ332.

Резцы с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками марки Т14К8, испытанные на Ленинградском Кировском заводе при обработке нержавеющей сталей 4Х14Н14В2М, 1Х18Н9Т и др., показали повышение скорости резания в два раза по сравнению с обычными стандартными резцами. В результате были рекомендованы следующие режимы резания при обработке нержавеющей сталей многогранными пластинками из сплава Т14К8: $v = 75 \div 100$ м/мин, $s = 0,115 \div 0,3$ мм/об, $t = 5$ мм.

Резцы с многогранными пластинками из сплавов ВК6 и ВК8 также успешно используются для обработки ряда марок жаропрочных сплавов. При обработке машиноподелочной стали этими резцами: $t = 1 \div 3 \text{ мм}$, $s = 0,3 \div 0,5 \text{ мм/об}$, $v = 200 \div 500 \text{ м/мин}$; при обработке чугуна: $t = 2 \div 5 \text{ мм}$, $s = 0,4 \div 0,6 \text{ мм/об}$, $v = 200 \div 400 \text{ м/мин}$.

Производственные испытания на ряде заводов показали, что многогранные резцы имеют повышенную стойкость по сравнению с однотипными напайными резцами и обладают высокими надежными эксплуатационными качествами. Широкое внедрение всех разработанных типоразмеров многогранных резцов только по затратам на инструмент дает значительный экономический эффект.

Токарь-новатор лауреат Государственной премии В. Н. Трутнев предложил применять трех- и четырехгранные



Рис. 51. Токарный проходной резец конструкции В. К. Семинского с неперетачиваемой многогранной твердосплавной пластинкой и механическим креплением

твердосплавные пластинки для скоростной расточки отверстий (начальное отверстие для такой державки должно быть не менее 45—50 мм) [172]. При этом обеспечивается хорошая виброустойчивость резца, повышается его стойкость; производительность труда увеличивается на 10—15%.

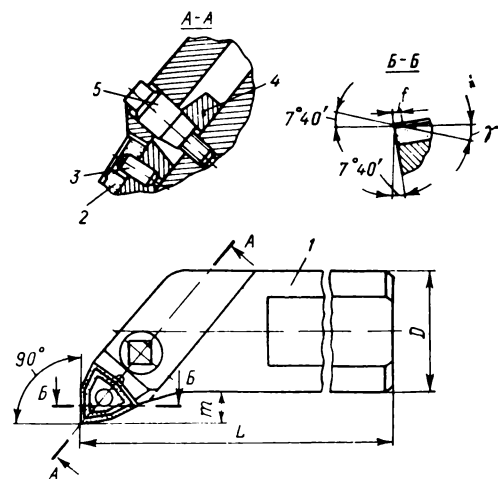
Этим резцом можно снимать сечения среза до 6—8 мм² при скорости резания $v = 120 \div 150 \text{ м/мин}$. Резец обеспечивает надежное стружколомание.

На рис. 51 представлен токарный проходной резец с неперетачиваемой многогранной твердосплавной пластинкой токаря-новатора лауреата Государственной премии В. К. Семинского [162]. В предложенной автором конструкции державки твердосплавная пластинка надежно крепится зажимным пальцем специальной конструкции, вследствие чего устранено выкрашивание режущих пластин. Резец состоит из корпуса 3, зажимного пальца 4 (специальной конструкции), пружины 5, твердосплавной пластинки 2, предохраняющей от износа державку, и режущей многогранной пластинки 1. Пружина 5 прижимает режущую пластинку 1 к опорной плоскости и к задней стенке корпуса державки. Следует отметить, что при правильной установке зажимного пальца 4 получается надежное

крепление режущей пластинки и исключается возможность проворота пальца при затягивании.

Расточные резцы сборной конструкции с механическим креплением режущей части разработаны во ВНИИ [2, 3 и др.). Для обработки отверстий $\varnothing 10\text{--}25\text{ мм}$ рекомендуются резцы с механическим креплением цилиндрических твердосплавных вставок, для обработки отверстий $\varnothing 22\text{--}40\text{ мм}$ — расточные резцы сборной конструкции с механическим боковым креплением твердосплавной неперетачиваемой пластинки¹.

Следует отметить, что лабораторные и производственные испытания этих резцов дали хорошие результаты по



Наименьший диаметр растачиваемого отверстия в мм	D в мм	L в мм	m	Диаметр описанной окружности пластинки в мм	Диаметр резцы в мм (дет. 5)
35	26	240	9	14	M10 × 1
50	32	340	8	18	

Рис. 52. Токарные сборной конструкции расточные отогнутые резцы с подкладками и механическим креплением твердосплавных пластинок (1 — державка; 2 — пластинка; 3 — штифт; 4 — подкладка; 5 — винт)

стойкости и виброустойчивости по сравнению со стандартными расточными резцами.

Для обработки отверстий $\varnothing 35\text{--}50\text{ мм}$ и выше ВНИИ предложены резцы с креплением трех- и четырехгранных пластинок с введением специальной подкладки (рис. 52).

В головке державки 1 имеется сквозной паз, в который вставляется подкладка (сталь 40X, HRC 40—45) с запрессованным в ней штифтом 3. По мере перемещения подкладки вдоль паза благодаря клинообразному винту 5 режущая пластинка 2 будет плотно прижиматься к торцевой поверхности державки. Сменные подкладки повышают долговечность державки и расточного резца. Для державок расточных резцов применяются пластинки с различными размерами. Боковой вылет у этих типов резцов $m = 6\div 8\text{ мм}$.

Как показали исследования, резцы обладают высокой стойкостью и виброустойчивостью и позволяют работать даже в невыгодных условиях (при максимальном вылете) при скорости резания $v = 100\div 200\text{ м/мин}$.

¹ Авт. свид. № 183569, 1967.

На рис. 53 показан комбинированный расточной резец, оснащенный трех- и четырехгранными твердосплавными неперетачиваемыми пластинками, предложенный новатором Н. Е. Кинжаловым (ВНИИ)¹.

Резец предназначен для обработки глухих и сквозных отверстий на токарных станках с минимальным диаметром расточки 70 мм.

Регулировка вылета допускается в пределах от 70 до 180 мм, державка резца 1 имеет лыски для устойчивого закрепления ее в резцедержателе суппорта. Трех-, четырехгранные пластинки 2 свободно надеваются на штифты 3 и прочно закрепляются клиньями 4 и винтом 5.

При максимальном вылете при обработке стали 45 эти резцы допускают следующие режимы резания: $t = 6$ мм; $s =$

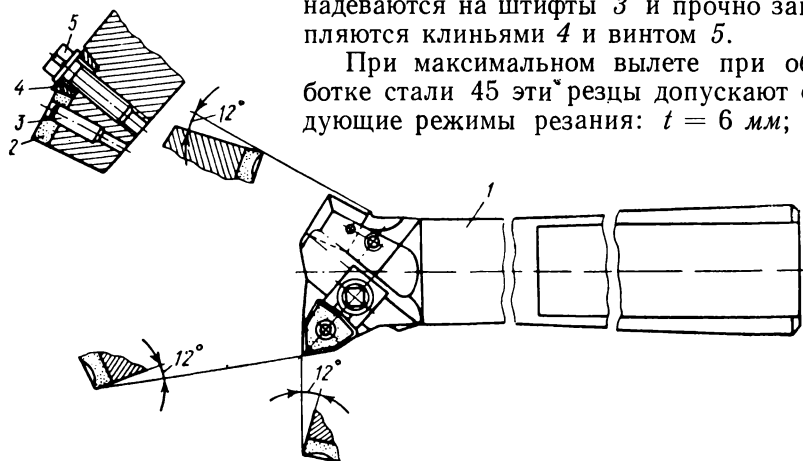


Рис. 53. Расточной комбинированный резец конструкции Н. Е. Кинжалова с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластинок из твердого сплава

$= 0,45$ мм/об; $v = 150$ м/мин. Представленная конструкция резцов по сравнению с напайными удобна в эксплуатации и достаточно виброустойчива. Она обладает всеми преимуществами, присущими сборным резцам с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластинок.

Для растачивания отверстий диаметром больше 75 мм рекомендуется использовать расточные резцы с прямоугольным поперечным сечением державки (тип стандартных расточных напайных твердосплавных резцов по ГОСТ 6743—61, исполнение Б); для выполнения расточных тяжелых операций разработана конструкция расточного резца, оснащенного твердосплавной неперетачиваемой пятигранной пластинкой с увеличенной прочностью вершины резца, что дает возможность при массивной державке (вылете ее 150 мм) работать по стали 45 с режимами $t = 10$ мм, $s = 0,6$ мм/об и $v = 100 \div 150$ м/мин.

Следует отметить, что резцы, применяемые на копировальных автоматах и полуавтоматах, имеют свои особенности. Большое распространение, особенно на заводах автомобильной и тракторной промышленности, получила токарная обработка на гидрокопировальных

¹ Авт. свид. № 158766, 1967.

автоматах и полуавтоматах. Напайные твердосплавные резцы имеют ряд недостатков, связанных с получением трещин в процессе напайки и последующей заточки.

Это обстоятельство технологи учитывают и назначают более прочные твердые сплавы, но менее стойкие, что часто ведет к снижению производительности труда, особенно если учесть большую трудоемкость при перетачивании инструмента.

Применение неперетачиваемых резцов с механическим креплением твердосплавных пластин дает определенный эффект не только на универсальных станках, но и на станках в автоматизированном производстве.

В резцах с механическим креплением неперетачиваемых пластинок твердого сплава обычно применяются трех- и четырехгранные пластинки, имеющие форму параллелограмма. Пластины твердых сплавов и подкладки к ним выпускаются Московским комбинатом твердых сплавов по «Техническим условиям».

На рис. 54 показаны характерные профили обрабатываемых

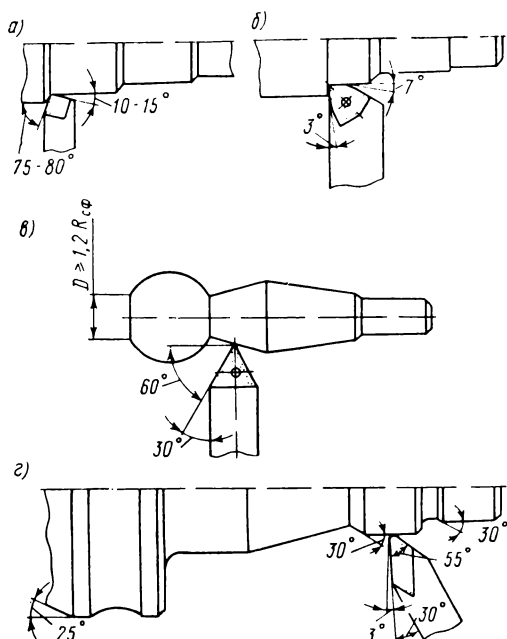


Рис. 54. Схемы характерных профилей, обрабатываемых на токарно-копировальных станках

поверхностей заготовок на токарно-копировальных станках [174]. Несложные профили поверхностей можно обрабатывать четырех- или трехгранными твердосплавными пластинками с углом при вершине 80° . Четырехгранную пластинку целесообразно использовать в случаях, когда нет перехода по подрезке торцов (рис. 54, а и б), в случаях обработки более сложных профилей рекомендуется применять трехгранную пластинку с углом при вершине 60° (рис. 54, в), для обработки на копировальных станках с еще более сложным профилем рекомендуется применять проходные токарные резцы с твердосплавными пластинками в виде параллелограмма, с углом при вершине 55° (рис. 54, г). При использовании трехгранных пластинок, имеющих угол при вершине 60° и 80° , наибольшее применение могут найти пластинки с углом при вершине 60° (нормализованные).

Следует отметить, что в конструкциях резцов с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластинок, предназначенных для работы в условиях автоматизированного производства, кроме

резцов с малыми сечениями державок, под режущими пластинками предусматривают твердосплавные подкладки.

На рис. 55 показан токарный резец с механическим креплением твердосплавных многогранных пластинок конструкции ВНИИ, предназначенный для точения деталей на копировальных автоматах и полуавтоматах.

Основные геометрические параметры резца: главный угол в плане $\varphi = 75^\circ$; вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 30^\circ$; передний угол $\gamma = 0^\circ$; главный задний угол $\alpha = 7^\circ$; вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 2^\circ 30'$;

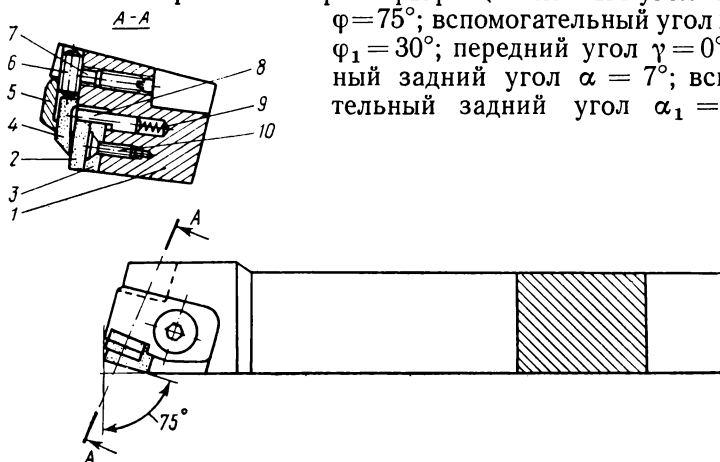


Рис. 55. Резец для копировальных работ с механическим креплением твердосплавной пластинки и накладным стружкозавивателем:

1 — корпус; 2 — режущая пластинка; 3 — твердосплавная подкладка; 4 — твердосплавный стружкозавиватель; 5 — прижим; 6 — винт; 7 — медная приставка; 8 — штифт; 9 — пружина; 10 — винт

угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 7^\circ$ и радиус при вершине пластинки $r = 2,0$ мм. Сечения применяемых резцов 32×25 , 40×32 мм.

На рис. 56 приведен резец с механическим креплением твердосплавных (или минералокерамических) многогранных столбиков-вставок конструкции Горьковского автозавода и научно-исследовательского института технологии автомобильной промышленности (НИИТавтопром). Эти резцы рекомендуются для использования в условиях крупносерийного и массового производства [130, 181].

Показанная конструкция резцов с многогранными твердосплавными столбиками-вставками 1 обеспечивают повышение стойкости и производительности. В начале работы используются поочередно все режущие кромки вставок верхних режущих поверхностей, а после их износа, не разлаживая упорного винта 2, твердосплавную вставку переворачивают и используют все режущие кромки нижней поверхности. Только после этого твердосплавные вставки вновь перетачиваются; необходимые углы заточки резца получают за счет установки вставок в корпусе державки резца в наклонном положении.

По мере стачивания столбик-вставка выжимается из гнезда поворотом винта 2. Отвод стружки осуществляется при помощи лунок, заточенных на передней поверхности столбика-вставки.

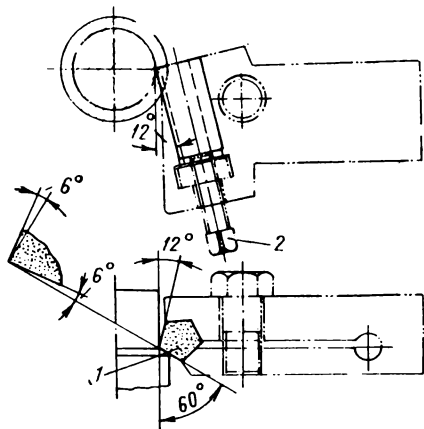


Рис. 56. Резец с многогранным режущим твердосплавным столбиком-вставкой

Следует отметить, что хотя данная конструкция компактна и проста в обслуживании, державки резцов все же трудоемки в изготовлении. Эти резцы могут быть использованы при снятии небольших сечений срезаемого слоя.

На рис. 57 показаны конструкции проходных и подрезных резцов с механическим креплением цилиндрических твердосплавных столбиков-вставок, которые были внедрены на заводах Куйбышева, где была показана экономическая целесообразность замены ими стандартных резцов с напайными пластинками твердого сплава [131]. Цилиндрическая форма твердосплавных столбиков-вставок имеет

ряд преимуществ перед другими формами. Резцы-столбики с круглой режущей кромкой используются более рационально, увеличивается суммарная стойкость и число переточек; сравнительно большой ра-

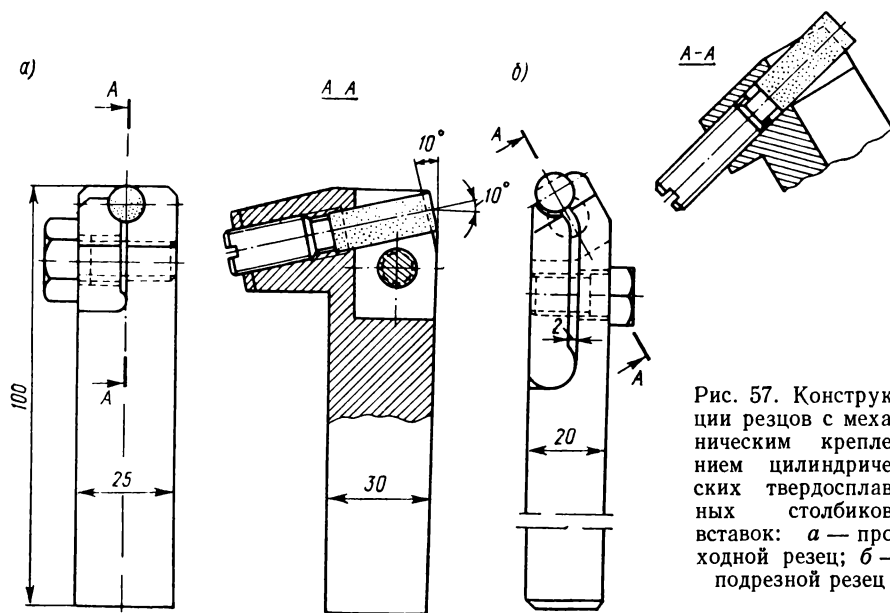


Рис. 57. Конструкции резцов с механическим креплением цилиндрических твердосплавных столбиков-вставок: а — проходной резец; б — подрезной резец

диус режущей кромки резцов позволяет работать с увеличенными подачами, сохраняя необходимую шероховатость обработанной поверхности.

Как показали исследования, при обточке колец из стали ШХ15 резцами Т14К8 увеличиваются производительность и стойкость. Рекомендуемые диаметры твердосплавных столбиков-вставок от 7 до 18 мм, в зависимости от глубины резания в пределах от 2 до 8 мм и выше.

На рис. 58 представлена конструкция сборного проходного резца с механическим креплением твердосплавного столбика-вставки с цилиндрической передней поверхностью [69].

Следует указать, что резцы с цилиндрической передней поверхностью имеют ряд преимуществ перед стандартными резцами. Как показали исследования и производственная проверка, основные преимущества этого типа резцов состоят в следующем: при точении некруглых заготовок или прерывистых поверхностей стойкость такого типа резцов в несколько раз превышает стойкость обычных стандартных твердосплавных резцов. В процессе обработки улучшается теплоотвод, резец хорошо сопротивляется ударным нагрузкам, что приводит к снижению износа и выкрашиванию режущих кромок.

Кроме того, исследования и наблюдения показали, что резцы с цилиндрической поверхностью более виброустойчивы. Криволинейная форма режущей кромки резцов характеризуется малыми углами в плане φ , что дает возможность при обработке такого типа резцами получить более чистые поверхности и обеспечить размерную стойкость инструмента. Данные резцы лучше применять на чистовых операциях.

14. КРУГЛЫЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ РЕЗЦЫ

К прогрессивным режущим инструментам следует отнести также инструмент, оснащенный круглыми вращающимися резцами.

Особенности предложенных конструкций круглых чашечных резцов и их использование описаны в технической литературе [52, 70—73, 81, 144 и др.].

На рис. 59 представлены принципиальные схемы ротационного резания с использованием круглых самовращающихся резцов, исследованные в лаборатории прочности физико-технического института

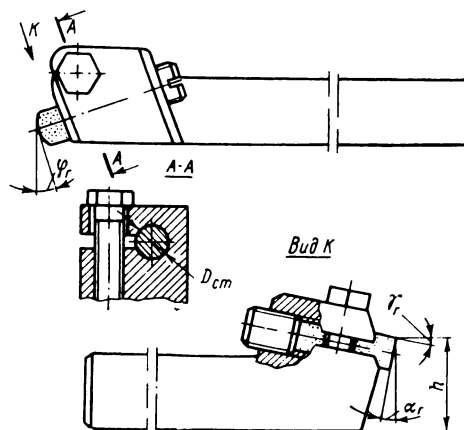


Рис. 58. Резец с механическим креплением твердосплавного столбика с цилиндрической передней поверхностью

АН БССР под руководством акад. Е. Г. Коновалова [71]. Как показали исследования, для осуществления процесса резания, кроме наклона оси резца на угол β_1 в вертикальной плоскости, проходящей

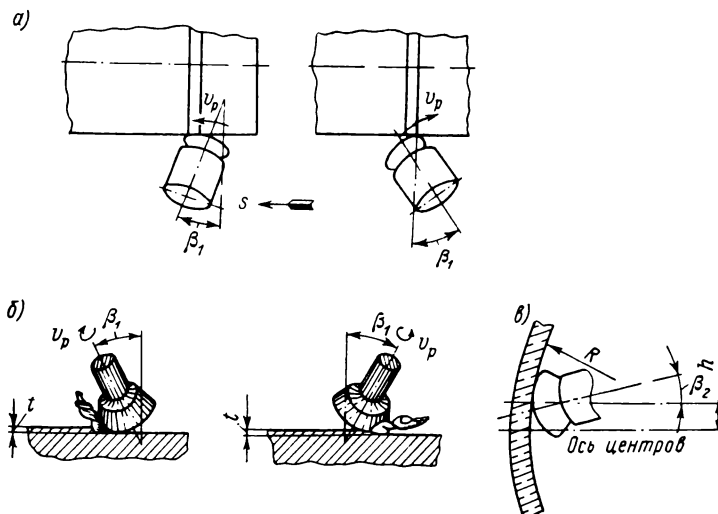


Рис. 59. Принципиальные схемы ротационного резания: а — точение; б — обработка плоских поверхностей; в — растачивание

через вектор подачи, для установки резца необходимо обеспечить дополнительный наклон оси на угол β_2 в вертикальной плоскости, проходящей через вектор скорости главного движения (скорости ре-

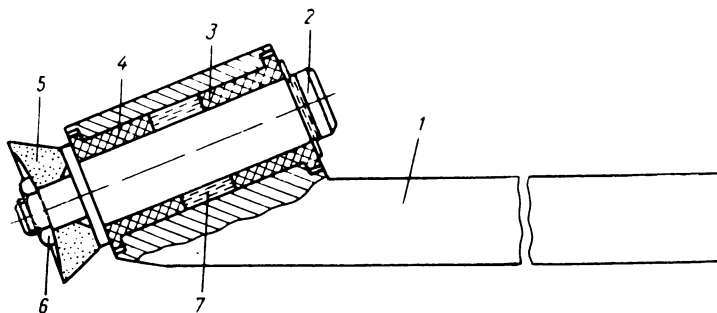


Рис. 60. Ротационный круглый чашечный резец, оснащенный твердым сплавом конструкции Е. Г. Коновалова и А. В. Соусь

зания). Указанные схемы установки по сравнению с круглыми самовращающимися резцами отличаются заменой в значительной мере трения скольжения трением качения в контактной зоне обработки резанием. Следует отметить, что такой характер контакта создает устойчивый крутящий момент и стабильность процесса резания уже при незначительных углах наклона оси резца (до $10-15^\circ$), что позволяет создать компактные конструкции режущих инструментов.

Ось резца может отклоняться на угол β_1 как в направлении подачи, так и в обратном направлении (рис. 59, а), что характеризует прямую или обратную схему резания. Как и для круглых самовращающихся резцов, обратная схема резания отличается меньшими силами резания, улучшением теплоотвода; возникающая сила подачи P_x способствует самовращению резца. Вместе с тем сход стружки в сторону обработанной поверхности может привести к ухудшению ее чистоты. Износ этих резцов незначителен.

На рис. 60 показана конструкция ротационного токарного проходного резца [72] предназначенного для высокопроизводительной полувальцовочной обработки труднообрабатываемых сталей и сплавов, а также чугуна и цветных металлов, резец работает по обратной схеме.

Конструкция ротационного резца основана на использовании двух железобетонных подшипников 4 и 3, запрессованных в корпус 1. В корпусе резца смонтирован вращающийся валик 2 с круглым чашечным резцом из твердого сплава 5. В конструкции резца предусмотрена полость 7, заполняемая смазкой. Гайка 6 служит для закрепления круглого самовращающегося резца. Данная конструкция резца характеризуется надежностью в работе, достаточной простотой в изготовлении и эксплуатации.

Исследования и производственная проверка на Минском тракторном заводе показали, что данная конструкция резца обладает высокой стойкостью, по сравнению с обычными резцами. Было выявлено, что твердосплавные круглые самовращающиеся резцы при точении углеродистых, легированных, конструкционных и жаропрочных сталей работали со скоростью резания в пределах 300—400 м/мин, подачами 0,5—1,0 мм/об и глубинами резания 0,2—1,0 мм, шероховатость обработанной поверхности при этом соответствовала $\nabla 5$ — $\nabla 7$.

На рис. 61 показаны схемы установок круглых самовращающихся резцов, исследованные во ВНИИ [144] для использования их при обработке прерывистых поверхностей труднообрабатываемых жаропрочных материалов. Как показали исследования А. В. Руднева и Л. В. Оганесяна, резание по первой схеме (рис. 61, а) было затруднено по мере увеличения угла ω и глубины резания, стружкообразование ухудшалось, режущая кромка интенсивно разрушалась. Вторая схема обработки (рис. 61, б) выявила ряд преимуществ.

Предложенная ВНИИ конструкция вращающегося чашечного резца отличалась от других конструкций тем, что чашечный резец 2

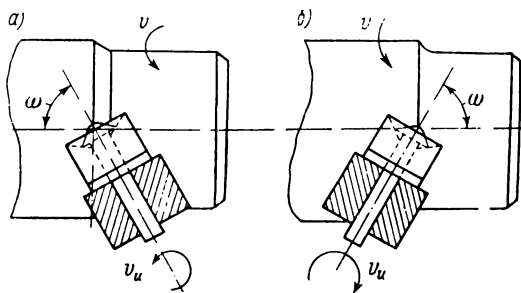


Рис. 61. Схемы установки круглого самовращающегося резца

в процессе резания под действием сил резания и трения вращается вокруг неподвижной оси и, опираясь на плоский торец втулки 5, образует жесткую систему сопряжения (рис. 62).

Результаты проведенных исследований и производственной проверки показали, что новая конструкция самовращающегося резца при обработке труднообрабатываемых материалов (сталь ЭИ787

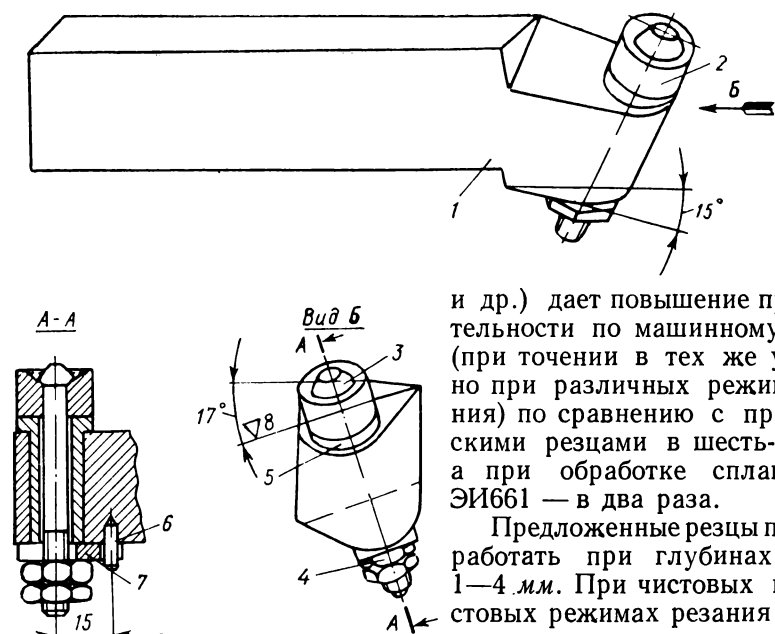


Рис. 62. Вращающийся чашечный резец (ВЧР) конструкции ВНИИ:

1 — державка; 2 — режущая часть — чашка; 3 — закрепляющая часть; 4 — гайка (для надежности крепления предусмотрена контргайка); 5 — втулка; 6 — штифт; 7 — шайба

и др.) дает повышение производительности по машинному времени (при точении в тех же условиях, но при различных режимах резания) по сравнению с призматическими резцами в шесть-семь раз, а при обработке сплавов типа ЭИ661 — в два раза.

Предложенные резцы позволяют работать при глубинах резания 1—4 мм. При чистовых и получистовых режимах резания рекомендуется использовать цилиндрические чашки $D=14$ и 18 мм с углом конуса фаски по передней поверхности $\gamma_0 = 27^\circ$, а на более больших глубинах резания — $t = 2 \div 4$ мм и выше рекомендуется чашка конической формы с углами конуса

$\psi = 10 \div 15^\circ$ и $\gamma_0 = 15 \div 20^\circ$. Вращающиеся чашечные резцы могут изготавливаться как из быстрорежущей стали Р18, Р9К10, Р10К5Ф5 и др., так и из твердого сплава типа ВК8 и др. при оптимальном угле наклона чашечного резца $\omega = 13 \div 17^\circ$ (см. рис. 61, б).

Проведенные исследования канд. техн. наук И. С. Кушнером и инж. В. В. Ледяевым [73] при работе на токарных станках показали, что чашечные вращающиеся резцы повышают стойкость по сравнению со стойкостью стандартных инструментов в десятки раз. Авторами разработана более совершенная конструкция опоры для самовращающихся резцов¹.

¹ Авт. свид. № 1777/38, 1966.

Как отмечают И. С. Кушнер и В. В. Ледяев [73], опыт работы с круглыми вращающимися резцами показывает, что при точении легких сплавов с $t \leq 13$ мм, $s \leq 2,9$ мм/об и обработке черных металлов с $t \leq 5$ мм и $s \leq 2$ мм/об обеспечиваются нормальные условия резания при отсутствии заметных вибраций. Кроме конструкции самовращающегося резца, И. С. Кушнером предложена установка для принудительного вращения чашечного резца [70, 73], которая дает возможность регулирования скорости вращения резца. Принудительное вращение резца имеет свои достоинства, так как исключает торможение в случаях изменения режимов резания или кратковременной остановки резца, что может привести к большому мгновенному износу инструмента на участке контакта.

Следует отметить, что высокая стойкость круглых вращающихся резцов была выявлена и другими авторами. Так, исследования, проведенные канд. техн. наук В. А. Землянским и др. [52], показали, что вращающиеся чашечные резцы из быстрорежущей стали дают значительное увеличение скорости резания и производительности при обработке стали средней обрабатываемости (ШХ15, 1Х13)—по сравнению с обычными стандартными резцами в 1,5—2,5 раза. При резании труднообрабатываемых материалов (ЭИ437А, ЭИ612, ВТЗ) скорость резания может быть повышена в два-шесть раз и более, при увеличении периодов стойкости—в 20—100 раз. Кроме того, самовращающиеся круглые резцы дают возможность увеличивать подачи в 1,5—3 раза при обеспечении заданной шероховатости поверхности и при равномерном износе режущей периферийной кромки.

Изготовление и эксплуатация чашечных вращающихся резцов представляют относительную сложность, поэтому они с большим эффектом могут быть применены в условиях автоматизированного производства при резании труднообрабатываемых материалов особенно там, где необходимо обеспечить высокую размерную стойкость режущего инструмента.

На рис. 63 представлен круглый проходной резец конструкции токаря-новатора В. М. Ремизова, предназначенный для тонкого точения цветных металлов и сплавов.

Резец состоит из державки 1 с посадочным отверстием в торце для вставки-ножа. Вставка-нож 2 состоит из ступенчатой цилиндрической оправки, на которую напаивается твердосплавная пластинка 3 из сплава ВК8, Т15К6 и др., имеющая форму чашечного диска.

Резец в державке крепится с боковой стороны винтом.

Задний и передний углы создаются конструкцией посадочного места вставки-ножа в державке ($\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 10^\circ$).

Данная конструкция резца позволяет производить обработку продолжительное время, не прибегая к заточке.

Предложенный автором чашечный твердосплавный резец обеспечивает получение шероховатости обработанной поверхности в пределах $\nabla 7$ — $\nabla 8$. При затуплении режущей кромки в месте контакта с заготовкой резец поворачивают вокруг оси на незначительный угол, при этом вступает в работу острая новая режущая кромка. При сня-

тии небольших срезов резец позволяет работать на скоростях резания 300—400 м/мин. Конструкция резца проста, удобна в эксплуатации, обеспечивает значительное повышение производительности труда и рекомендована Московским советом новаторов для внедрения в промышленности металлообработки.

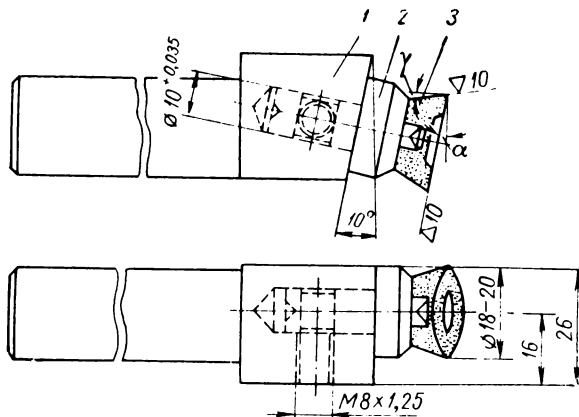


Рис. 63. Круглый проходной резец конструкции В. М. Ремизова

15. АЛМАЗНЫЕ РЕЗЦЫ

Алмазные резцы, оснащенные натуральными алмазами, эффективно применяются при изготовлении деталей высокой точности и чистоты обработанной поверхности из цветных металлов и их сплавов, титановых сплавов, пластмасс и других неметаллических материалов.

При алмазной обработке обеспечиваются точность размеров до 1—2-го классов, точность геометрических форм до 3—5 мкм и чистота обработанной поверхности до $\nabla 9$ — $\nabla 11$ -го классов при работе на проход, до $\nabla 12$ — $\nabla 13$ -го классов по ГОСТ 2789—59 при точении методом врезания [74, 103 и др.].

Алмазные резцы при тонком точении имеют ряд преимуществ по сравнению с резцами, оснащенными твердым сплавом. При алмазном точении и растачивании можно применять высокие скорости резания; алмазные резцы позволяют работать при установившейся температуре в зоне резания до 800° С. Радиус округления режущих кромок резцов находится в пределах 5—10 мкм и меньше.

Острота режущих кромок алмазных резцов при обработке на станках может сохраняться длительный период времени после заточки и доводки, что дает возможность обеспечить высокую размерную стойкость. При точении стойкость алмазных резцов находится в ряде случаев в пределах 50—200 ч машинного времени. Эти эксплуатационные показатели обусловлены высокой твердостью, износостойкостью, а также сравнительно высокой теплопроводностью (см. гл. II)

Наряду с этим надо учесть, что алмазы обладают недостатком — повышенной хрупкостью, вследствие чего большое значение имеет правильное закрепление алмаза в державке резца, рациональный выбор геометрических параметров, а также назначение режимов резания.

Исследования, проведенные в Одесском и Грузинском политехнических институтах по тонкому алмазному растачиванию чугунных заготовок (марки СЧ 12—28), показали, что тонкая расточка чугуна является эффективной. Она позволяет получить высокую точность размеров (превышающую даже 1-й класс) и заданную шероховатость обработанной поверхности [95, 178].

Как показали опыты и производственная проверка, допустимая скорость резания алмазными резцами примерно в три раза выше твердосплавных (ВКЗ) при одинаковом радиальном их износе.

Применение алмазных резцов для тонкой расточки чугунных заготовок до сих пор ограничивалось из-за высокой стоимости натуральных алмазов.

Был проведен ряд работ с целью возможного использования алмазных резцов для резания черных металлов.

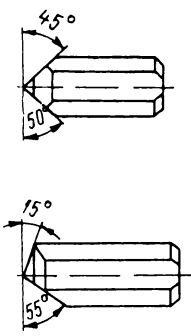
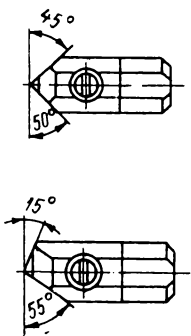
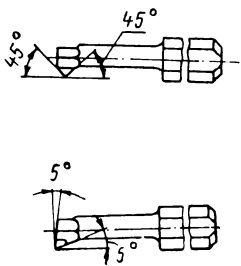
В табл. 14 показаны токарные алмазные резцы общего назначения, которые выпускаются заводами алмазного инструмента МС и ИП СССР. Следует отметить, что в отраслях приборостроения и других имеются разработанные конструкции и нормали алмазных резцов специального назначения [74].

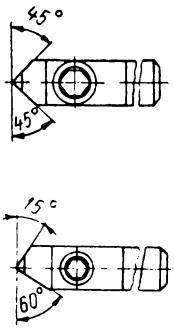
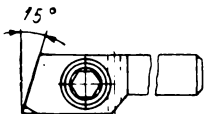
Алмазные резцы должны удовлетворять следующим основным техническим требованиям: применяемые алмазы должны быть аттестованными, на режущей части резцов не должно быть трещин, сколов и выкрашиваний (при увеличении не менее $100\times$); алмазы в резцах должны быть кристаллически ориентированы; чистота рабочих поверхностей должна соответствовать не менее 12-му классу по ГОСТ 2789—59 (при работе методом врезания — 13—14-му классам) и др. Крепление алмаза во вставке производится методом порошковой металлургии при температуре до 800°C ; пайку алмаза необходимо производить серебряным припоем (марки ПСр50Кд или ПСр45 по ГОСТ 8190—56) при температуре, не превышающей 800°C .

Выбор геометрических параметров режущей части алмазных резцов зависит от условий обработки. При тонком точении и растачивании передний угол γ колеблется обычно от 0 до -5° , главный задний угол α находится в пределах от 8 до 12° ; угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^{\circ}$.

Главный угол в плане ϕ выбирается в зависимости от вида обработки и жесткости технологической системы СПИД. Для большинства случаев обработки заготовок этот угол выбирается равным 45° ; при обработке заготовок с уступами или недостаточной жесткости угол ϕ выбирается в пределах 60 — 90° . Вспомогательный угол ϕ_1 выбирается небольшим — до 15° , с несимметричными режущими кромками. При использовании резцов для двусторонней обработки главный и вспомогательный углы в плане равны 45° .

Токарные алмазные резцы общего назначения

Номер ГОСТа	Наименование резца	Эскиз
13288—67 13289—67	Расточные державочные с напаян- ным алмазом: с $\varphi = 45^\circ$ с $\varphi = 60^\circ$	
13290—67 13291—67	Расточные державочные с механиче- ским креплением алмаза: с $\varphi = 45^\circ$ с $\varphi = 60^\circ$	
13294—67 13295—67	Расточные с напаянным алмазом: для сквозных отверстий для глухих отверстий	

Номер ГОСТа	Наименование резца	Эскиз
13292—67 13293—67	Проходные с механическим креплением алмаза: с $\varphi = 45^\circ$ с $\varphi = 60^\circ$	
13296—67	Проходные упорные с механическим креплением алмаза	

Радиус при вершине у алмазных резцов рекомендуется в пределах $r = 0,2—0,8$ мм.

Вес кристаллов алмаза для режущей части резцов применяется 0,20—0,60 карата¹ и выше; в зависимости от типов резцов и их назначения вес алмазов может изменяться.

В алмазных резцах большое значение имеют переходные режущие кромки для сопряжения главных и вспомогательных режущих кромок.

Переходные режущие кромки оказывают влияние на шероховатость обработанной поверхности. Следует отметить, что в алмазных резцах соединение главной и вспомогательной режущих кромок имеет разные виды (рис. 64): радиусом закругления вершины резца; прямой одной переходной кромкой (фаской), перпендикулярной оси державки резца, или режущими кромками-фасетками [29, 59].

Как показали исследования во ВНИИалмазе, хорошие результаты были получены при криволинейной переходной режущей кромке при сопряжении режущих кромок с закруглением вершины резца по радиусу до $r = 0,8$ мм; при работе с зачистной фаской — одной переходной режущей кромкой f длиной 0,5—0,6 мм, расположенной

¹ Карат равен 0,2 г.

параллельно оси обрабатываемой заготовки, достигается высокий класс чистоты поверхности (11-й класс). При работе с несколькими переходными режущими кромками (фасетками) чистота обработанной поверхности неустойчива и, как показали опыты, она не превосходит чистоту обработанной поверхности при радиусном закруглении вершины алмазного резца.

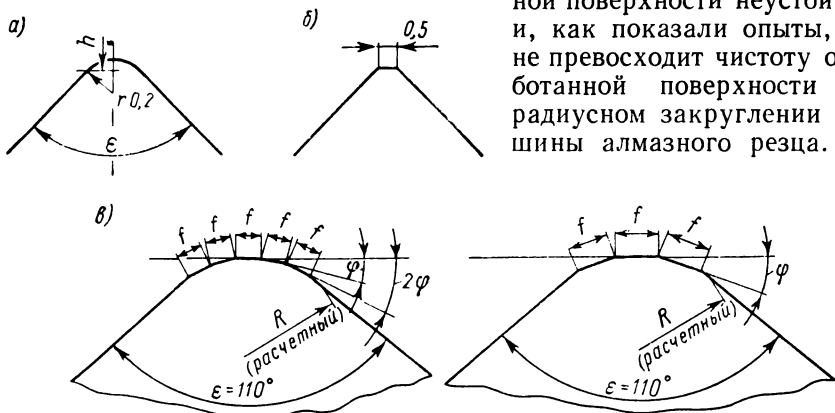


Рис. 64. Варианты сопряжений главной и вспомогательных режущих кромок: а — радиусное сопряжение; б — прямолинейное (зачистная кромка); в — сопряжение несколькими кромками (фасетками)

Переходные режущие кромки в виде фасеток, в зависимости от установки алмазного резца, изменяют условия резания, в результате чего изменяется шероховатость обработанной поверхности. Вместе с тем искажение в установке алмазных резцов на станке с радиусным закруглением вершины резцов почти не влияет на ухудшение чистоты обработанной поверхности.

В табл. 15 даны рекомендации по выбору геометрических параметров режущей части алмазных резцов [59].

На рис. 65 показана конструкция токарного проходного резца с механическим креплением алмаза, главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$ (ГОСТ 13292—67).

Резец состоит из державки 1, вставки 2 с алмазом, накладки 3, винта 4 и цилиндрического штифта 5. Вставка 2 состоит из сплава порошковой смеси состава: 80 % меди (ГОСТ 4960—49) и 20 % олова (ГОСТ 9723—61).

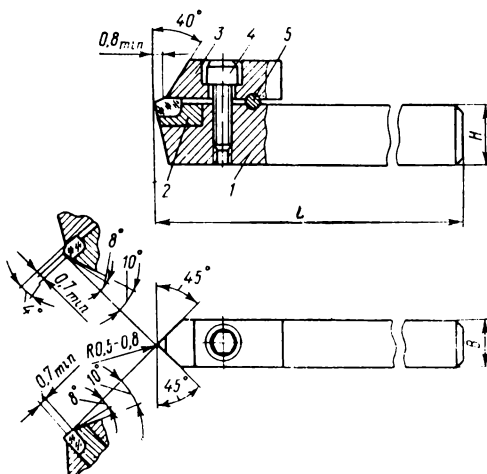


Рис. 65. Токарный проходной резец сборной конструкции с механическим креплением алмаза

В табл. 16 приведены рекомендуемые ВНИИалмазом режимы резания при алмазном точении.

Точение алмазными резцами осуществляется с применением СОЖ и без охлаждения.

Таблица 15

**Рекомендации по выбору геометрических параметров
режущей части алмазных резцов и область их применения**

Передний угол γ в град	Главный задний угол α в град	Радиус при вершине r в мм	Главный угол в плане φ в град	Вспомо- гатель- ный угол в плане φ_1 в град	Обрабатываемый материал
$0 \div -3$	8—12	0,2—0,8	30—90	0—10	Латунь, медь, алюминий, антифрикционные сплавы, пластмассы
$-3 \div -5$	6—8	0,2—0,8	30—90	0—10	Бронза, твердые алюминие- вые сплавы, титан, специаль- ные пластмассы

Таблица 16

Рекомендуемые режимы резания при алмазном точении

Обрабатываемый материал	Скорость резания в м/мин	Подача в мм/об	Глубина резания в мм
Алюминий	400—500	0,01—0,10	0,01—0,15
Сплавы алюминия	500—600	0,01—0,08	0,05—0,1
Латунь	400—500	0,02—0,10	0,03—0,06
Баббит	400—500	0,02—0,10	0,05—0,15
Бронза оловянистая	300—400	0,03—0,08	0,05—0,025
Бронза свинцовистая	600—700	0,02—0,06	0,025—0,05
Медь	350—500	0,01—0,06	0,01—0,3
Титановый сплав ВТ3	100—300	0,02—0,05	0,03—0,05
Пластмассы	500—700	0,03—0,06	0,05—0,3
Специальные пластмассы (типа К211-3)	100—150	0,02—0,05	0,05—0,15
Магниевый сплав	800—1000	0,02—0,1	0,1—0,4

16. РЕЗЦЫ, ОСНАЩЕННЫЕ ПОЛИКРИСТАЛЛАМИ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА — ЭЛЬБОРОМ

Как отмечалось в гл. II, высокие физико-механические свойства модификаций нового инструментального материала поликристаллического соединения — высокотвердого нитрида бора—эльбора дают возможность использовать его для изготовления режущего инструмента и эффективно обрабатывать этими инструментами на станках высокотвердые и труднообрабатываемые материалы, неметаллические материалы и др.

Как показали результаты научных исследований ВНИИ совместно с ленинградским абразивным заводом «Ильич», резцы, оснащенные режущими элементами из эльбора, при тонком точении и растачивании деталей из закаленных сталей твердостью *HRC* 56—66 со скоростью 80 м/мин, глубиной резания $t = 0,1$ мм и подачей $s = 20$ мм/мин имели стойкость 120 мин, шероховатость обработанной поверхности $\nabla 7$ — $\nabla 9$ по ГОСТ 2789—59. Стойкость же резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава, была в 20—30 раз меньше.

Для обеспечения точности размеров 2—3-го классов и шероховатости обработанной поверхности до $\nabla 8$ — $\nabla 9$ рекомендуются малые значения подач ($s = 0,02 \div 0,04$ мм/об) при скорости резания 60—80 м/мин, глубине $t = 0,1 \div 0,2$ мм.

На рис. 66 показаны сборные резцы конструкции ВНИИ [77], оснащенные режущими элементами из эльбора. ВНИИ разработаны резцы сборной конструкции с закреплением поликристалла эльбора в переходной державке (рис. 66, а, б), с закреплением режущего элемента — эльбора непосредственно в теле резца путем заливки по способу ВНИИ (рис. 66, в).

Данные типы резцов (прямые проходные и подрезные) используются для обработки наружных поверхностей.

Для обработки внутренних поверхностей ВНИИ разработаны различные типы расточных резцов (рис. 67).

При повышенных требованиях к шероховатости обработанной поверхности режущая часть резца должна иметь большие фаски или радиусы округления при вершине.

Заточка резцов, оснащенных элементами поликристаллов эльбора, осуществляется на универсально-заточных станках, как при заточке и доводке твердосплавных инструментов алмазными кругами.

Резцы из эльбора были испытаны во ВНИИ и в производственных условиях и внедрены на ряде предприятий¹. Например, внедрение данных конструкций резцов на Коломенском заводе тяжелых станков и на других заводах машиностроения дало возможность повысить размерную точность, уменьшить шероховатость обработанной поверхности на один-два класса и повысить производительность до 1,5—3 раз.

¹ Резцы, оснащенные поликристаллическим высокотвердым нитридом бора — эльбором, выпускаются серийно Томилинским заводом алмазного инструмента и ленинградским абразивным заводом «Ильич».

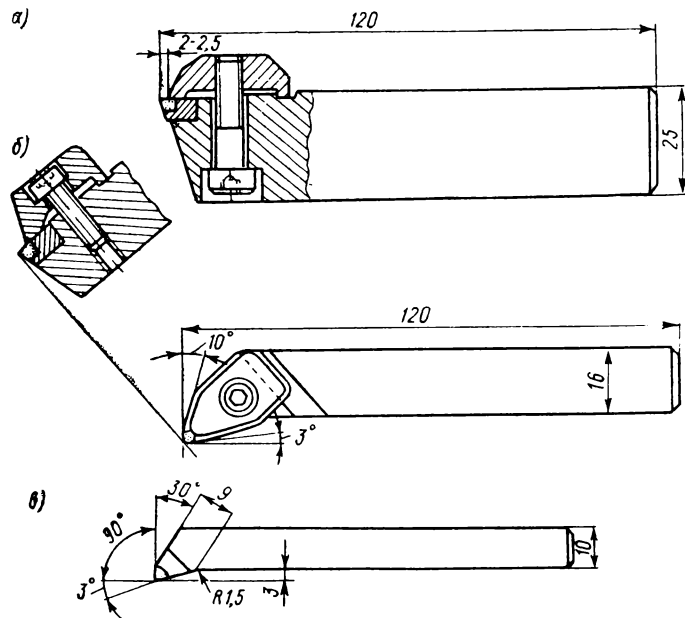


Рис. 66. Токарные резцы, оснащенные режущими элементами из эльбора: а — сборный проходной прямой; б — сборный подрезной отогнутый; в — цельный подрезной отогнутый

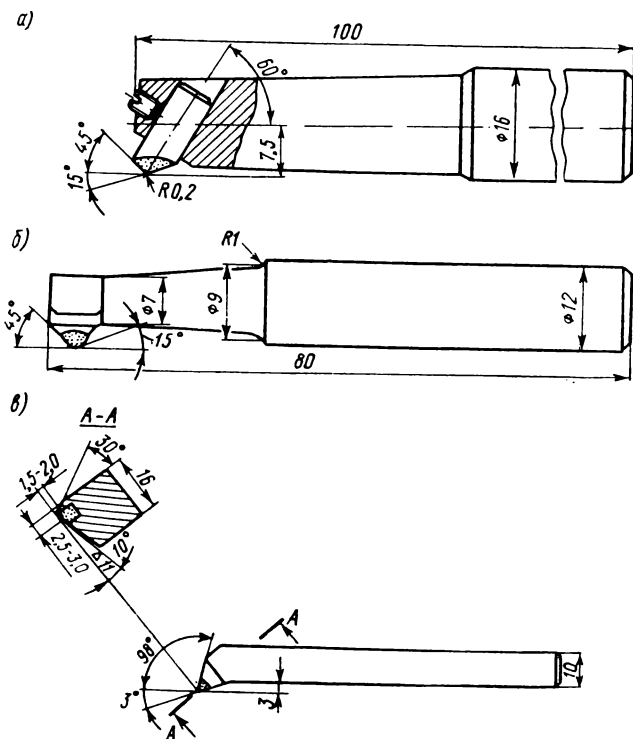


Рис. 67. Расточные резцы, оснащенные режущими элементами из эльбора: а — сборный резец для обработки сквозных отверстий диаметром свыше 15 мм; б — цельный резец для обработки сквозных отверстий диаметром свыше 9 мм; в — цельный резец для обработки глухих отверстий диаметром свыше 16 мм в упор

Таблица 17

**Рекомендуемые геометрические параметры заточки резцов,
оснащенных режущими элементами из поликристаллов
твердого нитрида бора — эльбора**

Тип резца	φ в град	φ_1 в град	γ в град	α в град	r в мм
Прходной	45—60	15—20	0—(—10)	6—8	0,6—0,8
Подрезной	60—95	5—10	0—(—10)	6—8	0,6—0,8
Расточной	60—90	5—10	0—(—10)	8—10	0,3—0,5

Широкие производственные испытания режущего инструмента из эльбора показали, что этот инструментальный материал более универсален, чем быстрорежущая сталь или твердый сплав. Следует отметить, что применение смазочно-охлаждающей жидкости значительно повышает стойкость режущего инструмента из эльбора.

В табл. 17 приведены рекомендуемые ВНИИ геометрические параметры заточки резцов, применяемых при обработке деталей из закаленных сталей с *HRC* 60—64.

Глава IV

ФРЕЗЫ

Фрезерование является одним из широко распространенных и высокопроизводительных методов обработки резанием.

Инструментальная промышленность изготавливает ряд высокопроизводительных типов и конструкций твердосплавных и быстрорежущих фрез. Следует отметить, что многие новаторы создали принципиально новые типы фрез и усовершенствовали стандартные фрезы.

Ниже приводится краткий обзор отдельных видов новых прогрессивных конструкций фрез.

17. ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗ

Данные по выбору геометрических параметров торцовых фрез, оснащенных твердым сплавом, приведены в табл. 18 (по данным НИБТН).

Углы в плане $\varphi = 60$ и 45° рекомендуется применять при наличии больших припусков на обработку. Малые углы в плане ($\varphi = 15 \div 30^\circ$) следует применять на черновых проходах с малыми глубинами резания или чистовых проходах, если требования к шероховатости и точности обработанной поверхности невысоки. Применение малых углов в плане значительно (в два-три раза) повышает производительность обработки.

Геометрические параметры режущей части цилиндрической фрезы с винтовыми составными пластинками из твердых сплавов по нормам машиностроения МН 985—60 приведены в табл. 19.

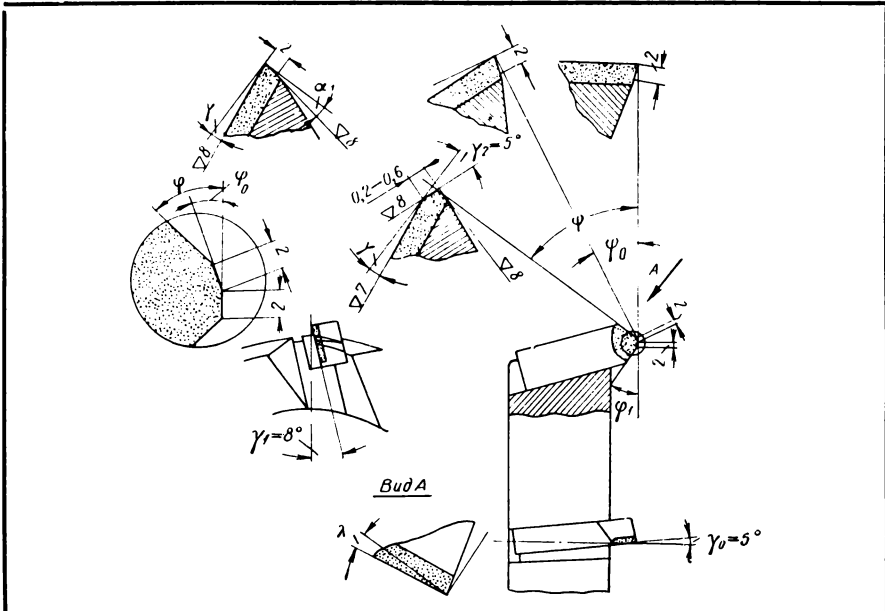
Для фрез диаметром 63—100 мм угол наклона зубьев по наружному диаметру $\omega = 24 \div 30^\circ$

Цилиндрические насадные и концевые фрезы с твердосплавными вставными пластинками в местах стыков пластин имеют стружколомы. Для обработки пластичных металлов и сплавов новаторы производства в ряде случаев (при больших углах наклона винтовой канавки) с успехом применяют стружколомы и на концевых и других типах фрез.

В табл. 20 приведены геометрические параметры режущей части дисковых твердосплавных фрез.

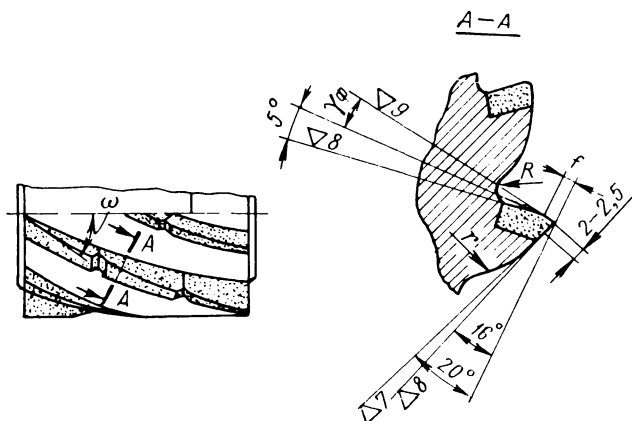
В табл. 21 приведены геометрические параметры режущей части концевых фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава.

Геометрические параметры режущей части
твердосплавных торцовых фрез в сборе



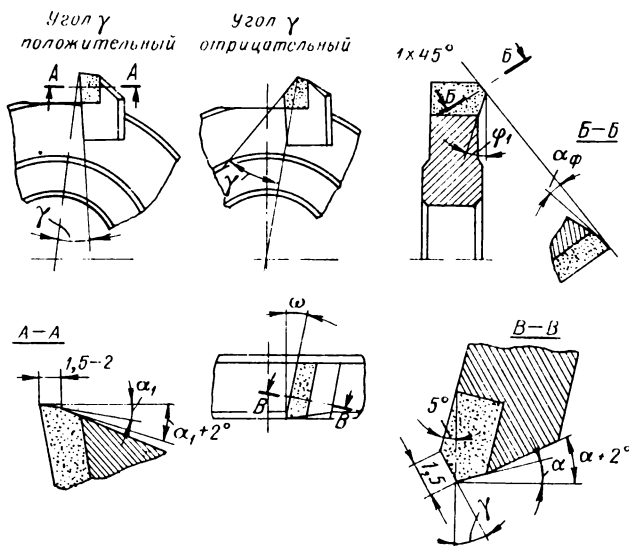
Обрабатываемый материал	Угол в плане в град			Задний угол в град		Передний угол γ в град	Угол наклона главной режущей кромки λ в град	Радиус при вершине r в мм
	главный φ	переходной кромки φ_0	вспомогательный φ_1	главный α	вспомогательный α_1			
Стали конструкционные углеродистые и легированные:								
$\sigma_b < 80 \text{ кг/мм}^2$	15—60	$\varphi/2$	5	15	15	5	10	—
$\sigma_b = 80 \div 120 \text{ кг/мм}^2$	15—60	$\varphi/2$	5	15	15	—10	10	—
$\sigma_b > 120 \text{ кг/мм}^2$	15—60	$\varphi/2$	5	20	20	—20	10	—
Сталь жаропрочная	30—60	—	15	12	12	$(+8) \div (+5)$	10—15	1,0
Чугун серый	15—60	$\varphi/2$	5	15	15	5	0	—
Чугун ковкий	60	$\varphi/2$	2	6	6	7	0	—

Геометрические параметры режущей части цилиндрических
фрез, оснащенных пластинками из твердого сплава



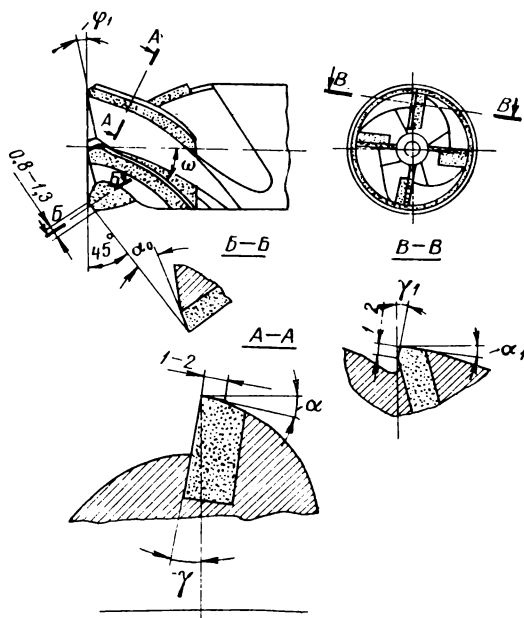
Обрабатываемый материал	Механические свойства	γ_{ϕ} в град	f в мм	Форма заточки (по нор- мали)
Стали углеродистые и легированные	$\sigma_{\theta} < 75 \text{ кг/мм}^2$	—	—	I
Чугун	$HB < 200$			
Стали углеродистые и легированные	$\sigma_{\theta} = 75 \div 110 \text{ кг/мм}^2$	0	0,2—0,6	II
Чугун	$HB > 200$			
Стали углеродистые и легированные	$\sigma_{\theta} > 110 \text{ кг/мм}^2$	—5	1,0—2,0	III

**Геометрические параметры режущей части дисковых фрез,
оснащенных пластинками из твердого сплава (по данным НИБТН)**



Обрабатываемый материал	Угол заточки зубьев фрезы в сборе в град					
	Задний угол			Передний угол γ	Угол накло- на зуба φ	Вспомога- тельный угол в плане φ_1
	на пери- ферии зуба α	с боковой стороны зуба α_1	на пере- ходной кромке α_ϕ			
Стали конструкционные, углеродистые и легирован- ные:						
$\sigma_s < 80 \text{ кг/мм}^2$	20	4	20	-5	5-10	2-5
$\sigma_s = 80 \div 120 \text{ кг/мм}^2$	20-25	4	20-25	-10	5-10	2-5
$\sigma_s > 120 \text{ кг/мм}^2$	20-25	4	20-25	-15	5-10	2-5
Чугун серый	10-15	4	10-15	+5	5-10	2-5

**Геометрические параметры режущей части концевых фрез,
оснащенных пластинками из твердого сплава (по данным НИБТН)**



Обрабаты- ваемый материал	Конструкция фрезы	Углы заточки зубьев фрезы в сборе в град						
		Задний угол			Передний угол		Угол наклона винтовых пла- стинок φ	Вспомогатель- ный угол в пла- не φ_1
		на перифе- рии зуба α	на торце зуба α_1	на переход- ной кромке α_0	на перифе- рии зуба γ	на торце зуба γ_1		
Стали кон- струкцион- ные, угле- родистые и легирован- ные	Фрезы- коронки	20	6	20	-5 *	+3 ÷ -3 **	25	3
	Фрезы с вин- товыми пластинками	20	6	20	-5 *	+3 ÷ -3 **	40	3

* При малой жесткости системы станок—инструмент—деталь и больших сечениях стружки, а также при работе с низкими скоростями резания (ниже $v = 100$ м/мин) передний угол назначается положительным ($\gamma = +5 \div +8^\circ$).

** Большие значения угла γ_1 даны для мягких сталей, меньшие — для твердых сталей.

18. ФРЕЗЫ БЫСТРОРЕЖУЩИЕ

Концевые фрезы. Героем Социалистического Труда новатором Кировского завода (Ленинград) В. Я. Карасевым и фрезеровщиком-новатором этого же завода Е. Ф. Савичем предложены конструкции концевых фрез с неравномерным окружным шагом зубьев, измененным профилем канавок и увеличенным углом наклона стружечных канавок. Геометрические параметры этих фрез могут быть использованы для цилиндрических, торцовых и других типов фрез [78].

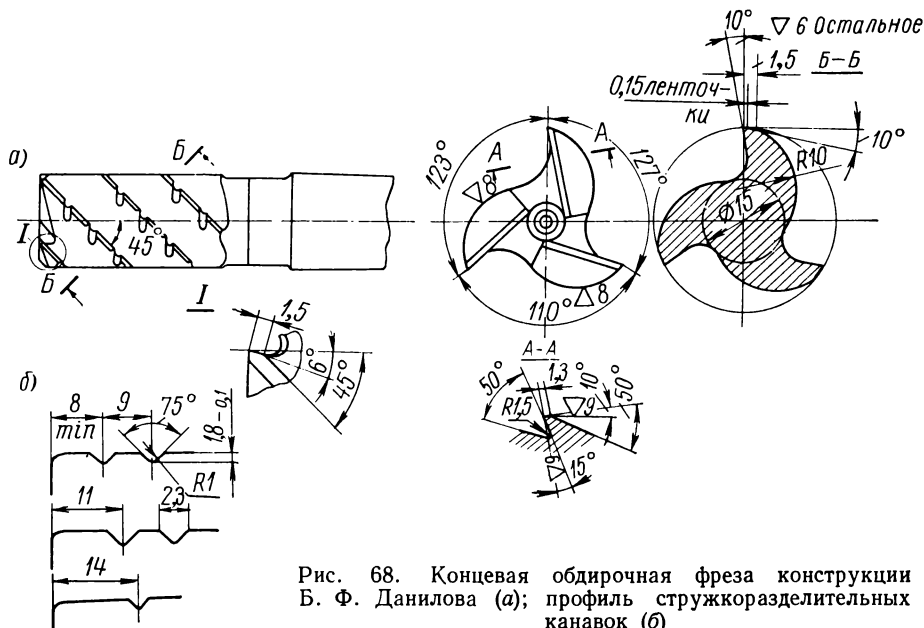


Рис. 68. Концевая обдирочная фреза конструкции Б. Ф. Данилова (а); профиль стружкоразделительных канавок (б)

Практика применения фрез с неравномерным окружным шагом зубьев на заводах машиностроения и проведенные исследования показали, что данные фрезы дают возможность повысить производительность обработки и улучшить качество деталей. Фрезы с неравномерным окружным шагом зубьев были введены в ГОСТ 8237—57.

В настоящее время многие новаторы производства продолжают работу над созданием высокопроизводительных фрез с неравномерным окружным шагом зубьев. Наиболее удачные конструкции быстро-режущих фрез приведены ниже.

Токарь-новатор Московского машиностроительного завода Б. Ф. Данилов разработал и внедрил высокопроизводительную «ку-курузную» концевую фрезу [35] для обдирочных работ (рис. 68).

Особенностью конструкции этой фрезы является увеличенный объем стружечных канавок (за счет уменьшения количества режущих зубьев до трех), неравномерный окружной шаг между зубьями, выполненный по предложению новатора В. Я. Карасева, и увеличен-

ный угол наклона винтовой канавки ($\omega = 40 \div 45^\circ$). Кроме того, на режущих зубьях фрезы предусмотрены затылованные винтовые стружкоразделительные канавки, нарезанные по спирали левого направления. Поверхности стружечных канавок полированные. Все это способствует легкому отделению стружки в процессе резания. Фреза Б. Ф. Данилова работает с подачей, увеличенной в 1,5 раза по сравнению с подачей фрез обычной конструкции. Разношаговость фрезы уменьшает вибрации и дает возможность повысить производительность обработки.

Новая фреза предназначена для обдирочных операций труднообрабатываемых сталей типа 1Х18Н9Т, ХВГ и др. прорезки глубоких пазов, выборки карманов и др.

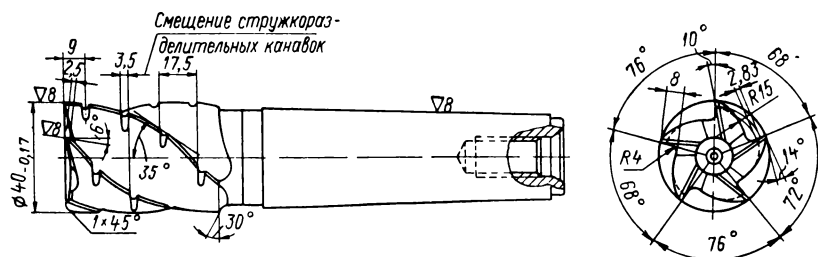


Рис. 69. Концевые кукурузные обдирочные фрезы из стали Р18 с неравномерным окружным шагом

Стружколомающая канавка прорезается под углом 75° и затылуется на затыловочном станке. Для фрез диаметром 30 мм стружколомающие канавки имеют шаг 9 мм и расположены в шахматном порядке для того, чтобы при работе каждый следующий выступ перекрывал канавку предыдущего пера. Угол подъема канавки равен $5^\circ 30'$. Чтобы не ослаблять торец фрезы, стружколомающую канавку при затыловании делают на расстоянии 8 мм от торца.

По сравнению с существующими фрезами такого типа эта фреза повышает производительность на тяжелых обдирочных операциях в два-три раза.

Перед заточкой рабочую часть фрезы шлифуют по цилиндру для того, чтобы устранить биение режущих перьев, а после термической обработки и заточки фрезы поверхности стружечных канавок полируют вулканитовым мелкозернистым кругом.

Президиум Совета новаторов и МГСПС рекомендовали фрезу для широкого внедрения в промышленность.

Концевые кукурузные обдирочные фрезы с неравномерным окружным шагом зубьев (рис. 69) конструкции ленинградских новаторов В. Я. Карасева, В. С. Кузнецова, В. Н. Недведского и др. предназначены для черновой обработки пазов на повышенных режимах резания. На основе их предложений для фрез $D = 25 \div 80$ мм были разработаны нормали машиностроения.

В конструкции представленных в нормали кукурузных обдирочных фрез учтены все лучшие элементы конструкций существующих в настоящее время концевых высокопроизводительных фрез. Режущие зубья имеют нарезанные стружколомающие канавки с затылованным профилем, смещенные на каждом последующем зубе. Смещение стружколомающих канавок соответствует расположению их по винтовой линии, обратному направлению стружечных канавок.

Профиль зуба по задней поверхности может быть выполнен исходя из технологических условий, — затылованным или остроконечным.

Ленинградский Совет новаторов рекомендовал для широкого внедрения указанные типы фрез диаметрами 25, 32, 40, 50, 63, 80 мм, леворежущие и праворежущие с числом зубьев — 3, 5, 7, 9. Фрезы могут быть изготовлены без торцовых и с торцовыми зубьями.

Рекомендуемый окружной шаг зубьев:

при $z = 3$: $\varphi_1 = 110^\circ$, $\varphi_2 = 123^\circ$, $\varphi_3 = 127^\circ$;

при $z = 5$: $\varphi_1 = 68^\circ$, $\varphi_2 = 72^\circ$, $\varphi_3 = 76^\circ$, $\varphi_4 = 68^\circ$, $\varphi_5 = 76^\circ$;

при $z = 7$: $\varphi_1 = 49^\circ$, $\varphi_2 = 55^\circ$, $\varphi_3 = 49^\circ$, $\varphi_4 = 55^\circ$, $\varphi_5 = 49^\circ$, $\varphi_6 = 55^\circ$, $\varphi_7 = 48^\circ$;

при $z = 9$: $\varphi_1 = 43^\circ$, $\varphi_2 = 37^\circ$, $\varphi_3 = 43^\circ$, $\varphi_4 = 37^\circ$, $\varphi_5 = 43^\circ$, $\varphi_6 = 37^\circ$, $\varphi_7 = 43^\circ$, $\varphi_8 = 37^\circ$, $\varphi_9 = 40^\circ$.

Новатором ленинградского завода «Кинап» В. С. Семеновым были созданы быстросменные высокопроизводительные концевые фрезы диаметрами 14, 16, 20, 25 и 32 мм с резьбовыми укороченными хвостовиками и оправки к ним.

На рис. 70 показана концевая фреза диаметром 16 мм с укороченным резьбовым хвостовиком из быстрорежущей стали. Достоинства данной фрезы: неравномерность окружного шага зубьев, уменьшенное количество зубьев (что дало возможность увеличить объем канавок для стружки), улучшенная геометрия заточки фрез и быстрая смена фрезы. Неравномерность окружного шага зубьев характеризуется разностью в величине углов между смежными зубьями, равной 6° .

Конструктивные изменения фрез улучшили размещение стружки, снизили силы резания, позволили повысить стойкость фрез и режимы резания.

Надежное крепление и фиксирование этих фрез в шпинделе станка обеспечивает хорошее центрирование их относительно оси вращения, а следовательно, получение высокой точности и чистоты обработанной поверхности. Это достигается повышением точности изготовления фрез. Быстросменные фрезы с резьбовым креплением нашли применение на многих заводах Ленинграда.

Новатор Кировского завода (Ленинград) В. А. Тупицын предложил и внедрил конструкцию высокопроизводительной грибковой фрезы, изготовленной из быстрорежущей стали Р18. Отличительной особенностью предложенной конструкции от обычной стандартной грибковой фрезы является уменьшенное количество разнонаправленных с неравномерным шагом режущих зубьев, что создает более бла-

гоприятные условия для выхода стружки, за счет увеличения радиусной канавки. Фреза (рис. 71) обладает большой стойкостью и высокой производительностью.

На рис. 72 показана концевая трезубая фреза из быстрорежущей стали P18 конструкции ленинградских новаторов С. Ф. Козлова и Л. М. Бейлина. Фреза применяется для обработки легких сплавов.

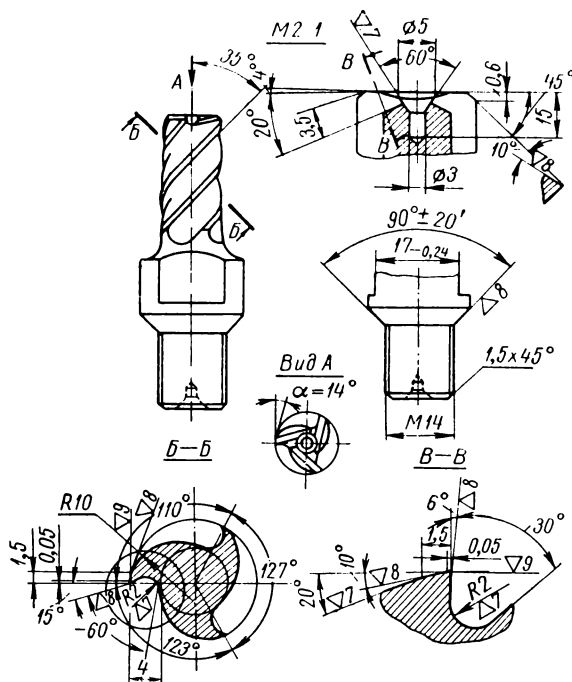


Рис. 70. Быстросменная концевая фреза с резьевым хвостовиком конструкции В. С. Семенова

Эта фреза отличается от обычных фрез, выполненных по нормам машиностроения, тем, что передний угол у режущих зубьев увеличен до 30° , отсутствует подточка зубьев, значительно увеличен объем впадин стружечных канавок, угол наклона винтовой канавки $\omega = 40^\circ$.

Внедрение данной конструкции фрез позволило увеличить производительность труда в 1,5—2 раза. Заточка этих фрез сравнительно проста. Радиальное биение режущих кромок зубьев относительно оси допускается не более 0,03 мм; торцовое биение режущих кромок не должно превышать 0,03 мм.

На рис. 73 показана концевая фреза из стали P18 с разнонаклонными зубьями конструкции Ждановского металлургического института [79].

Конструктивные особенности этих фрез заключаются в том, что каждый зуб фрезы имеет свой угол наклона ω винтовых канавок,

а торцовые зубья имеют одинаковую геометрию и равномерный окружной шаг. Торцовые зубья в момент врезания испытывают одинаковую нагрузку и изнашиваются более равномерно. В связи с изменением углов наклона винтовых канавок направление сходящей стружки в процессе работы изменяется каждым зубом. Таким образом, изменяется и фактический передний угол, измеряемый в плоскости схода стружки.

Следует отметить, что величины углов наклона винтовых зубьев ω и разница между ними зависят от физико-механических свойств обрабатываемого материала, диаметра фрезы, величины и неравномерности припуска на обработку, а также от жесткости системы СПИД.

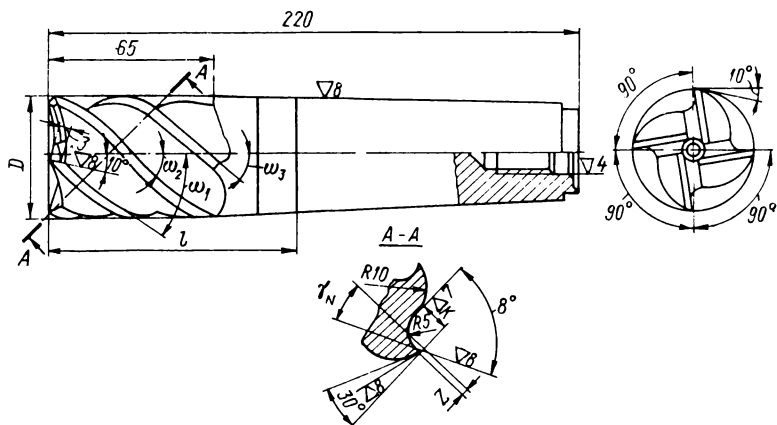


Рис. 73. Концевая фреза из стали P18 с разнонаклонными режущими зубьями конструкции Ждановского металлургического института

В результате проведенных исследований и внедрения указанных типов концевых фрез при обработке заготовок из нержавеющей и жаропрочных сталей установлено, что для обеспечения больших фактических передних углов γ_ϕ при малых передних углах в нормальном сечении $\gamma_N = 5^\circ$ следует применять фрезы с большими углами наклона винтовых зубьев ($\omega = 45 \div 58^\circ$).

Внедрение этих фрез на Ждановском заводе тяжелого машиностроения (ЖЗТМ) и др. показало, что можно значительно повысить (в два-три раза) стойкость режущего инструмента и увеличить производительность по сравнению со стандартными концевыми фрезами¹.

Дисковые фрезы. Фрезеровщик-новатор Кировского завода (Ленинград) И. Д. Леонов усовершенствовал дисковую фрезу из быстрорежущей стали (рис. 74). Фрезы новой конструкции при выполнении отрезных и прорезных фрезерных работ повышают производительность труда в два-три раза [35].

¹ Как показали дальнейшие исследования Ждановского металлургического института, концевые фрезы с углом $\omega = 45^\circ$ обладают более высокой стойкостью по сравнению с фрезами с $\omega = 60^\circ$ и более технологичны, поэтому при обработке нержавеющей и жаропрочных сталей целесообразно применять фрезы с $\omega = 45^\circ$.

Изменение конструкции дисковой фрезы заключается в следующем:

- 1) число режущих зубьев уменьшено вдвое;
- 2) увеличены размеры стружечных канавок, изменена форма впадин, увеличен радиус дна впадин;
- 3) на режущих зубьях снимаются фаски под углом 45° шириной, равной $1/3$ толщины зуба, причем на четных зубьях фаски прилегают к одному торцу, на нечетных — к другому.

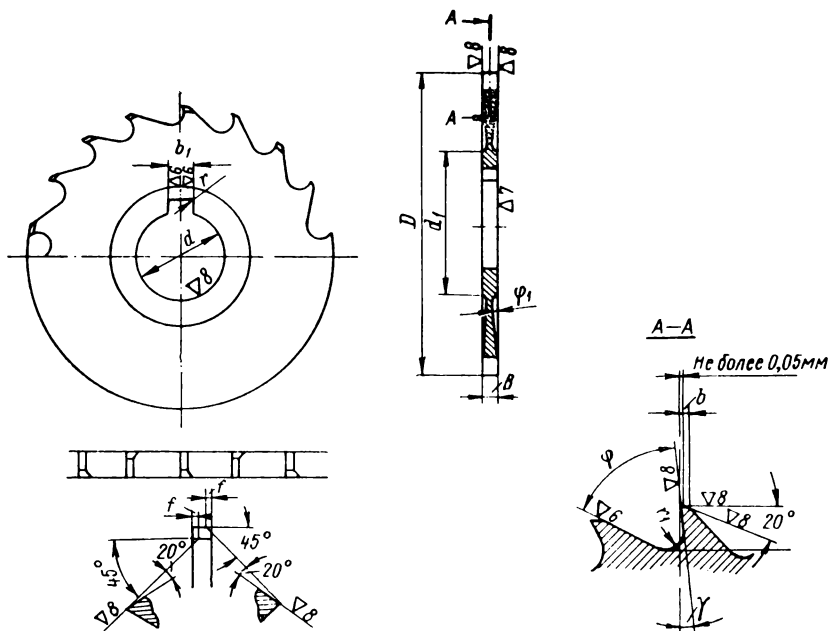


Рис. 74. Фреза конструкции И. Д. Леонова

Предложения И. Д. Леонова по усовершенствованию отрезных фрез учтены в ГОСТе на прорезные и отрезные фрезы (ГОСТ 2679—61).

И. Д. Леонов усовершенствовал конструкцию и концевых фрез, которые были исследованы во ВНИИ и получили положительную оценку.

Дисковая отрезная фреза из быстрорежущей стали конструкции фрезеровщика-новатора Минского подшипникового завода Н. И. Евтихевича (рис. 75), как и фреза конструкции И. Д. Леонова, имеет количество зубьев в два раза меньше, чем у обычных фрез, расширен объем впадин для размещения стружки.

На обоих торцах у впадин сделаны подточки в сторону режущей кромки (сечения А—А, Б—Б). Такая подточка фрезы дает возможность подвести охлаждающую жидкость непосредственно в зону резания.

Испытания, проведенные на заводе, показали, что отрезные и прорезные фрезы с торцевой подточкой обеспечивают высокую стой-

кость и производительность при работе по стали 40X, 65Г и др. Фреза конструкции Н. И. Евтихевича экспонировалась на ВДНХ в павильоне машиностроения и отмечена серебряной медалью. Конструкция фрезы одобрена Советом новаторов для внедрения в промышленность.

На заводе разработана нормаль на фрезы диаметрами 60, 75, 110, 150 и 200 мм. Величины элементов фрезы следующие: $b = 3 \div$

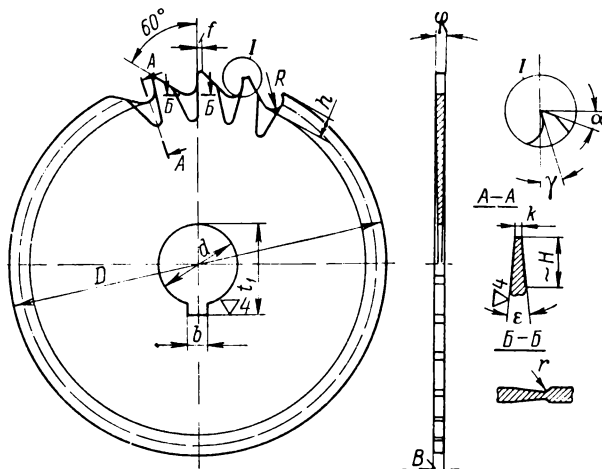


Рис. 75. Отрезная фреза с торцевой подточкой зубьев конструкции Н. И. Евтихевича

$\div 5$ мм, $d = 16 \div 32$ мм, $t_1 = 18,2 \div 35,2$ мм, $k = 1,5 \div 2,5$ мм, $H = 7 \div 12$ мм, $R = 2,5 \div 4,5$ мм, $\epsilon = 10 \div 9^\circ$, $h = 4,3 \div 10$ мм, число зубьев $z = 20 \div 30$. Рекомендуемые геометрические параметры фрезы: $f = 1,5 \div 2,5$ мм, задний угол $\alpha = 8 \div 10^\circ$, передний угол $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 1^\circ \div 1^\circ 30'$

19. ФРЕЗЫ, ОСНАЩЕННЫЕ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНКАМИ

Торцовые фрезы. Как показали исследования, торцовые фрезы с неравномерным окружным шагом вследствие снижения вибрации позволяют вести обработку с большими сечениями среза по сравнению с обычными фрезами [78].

Неравномерность окружного шага расположения ножей торцовых фрез сборной конструкции с твердосплавными пластинками была принята 6° . Торцовые фрезы с неравномерным окружным шагом разработаны на базе ГОСТ 8529—69.

Была принята следующая геометрия режущей части: главный угол в плане $\varphi = 60^\circ$, передний угол в нормальном сечении $\gamma_N = 5^\circ$, задний угол $\alpha_N = 15^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 5 \div 8^\circ$.

Для оснащения ножей были использованы пластинки твердого сплава Т15К6. Затупление по задней поверхности принято

$h_3 = 1,1 \div 1,3$ мм. Сравнение минутных подач с минутными подачами по нормативам показало, что фрезы с неравномерным окружным шагом обеспечивают повышение производительности до двух раз.

Многозубая торцовая фреза конструкции Московского автомобильного завода им. Лихачева со вставными ножами, оснащенными пластинками твердого сплава, приведена на рис. 76. Удвоенное количество зубьев размещается во фрезе благодаря особой конструкции

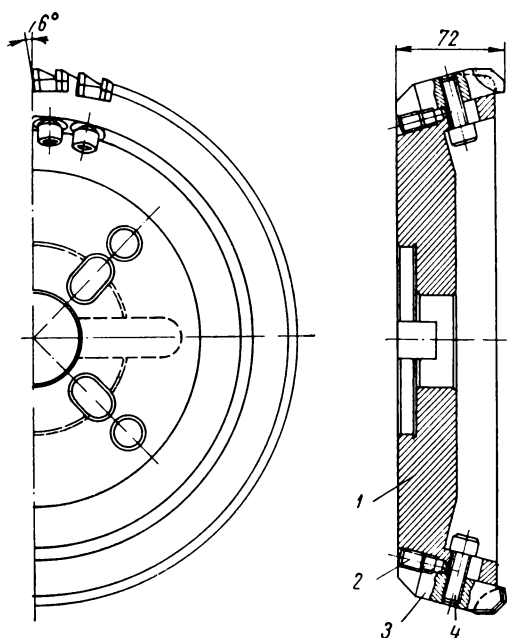


Рис. 76. Торцовая фреза с двузубыми вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава конструкции завода ЗИЛ

державки ножа, к которой припаиваются две твердосплавные пластинки, образуя таким образом два соседних зуба.

Фреза состоит из корпуса 1, в пазах которого винтами 4 закрепляются двузубые ножи 3, положение которых регулируется с торца винтами 2. Данная конструкция фрезы позволяет при диаметре фрезы $D=350$ мм расположить число ножей $n=35$, число режущих зубьев $z=70$.

Инженером Московского машиностроительного завода Н. П. Черновым [153] были предложены и внедрены оригинальные конструкции твердосплавных дисковых, торцовых и концевых фрез для скоростного фрезерования различных конструкционных материалов. Основное до-

стоинство предложенных фрез заключается в возможности ступенчатого регулирования режущей части фрез применительно к существующей мощности станка и использования нормализованных корпусов для различной настройки сборных фрез.

Ступенчатая настройка фрез в процессе их эксплуатации значительно облегчает съем металла и дает возможность, не увеличивая мощности станка, достичь высокой производительности.

Если при подсчете числа ступеней фрезы окажется, что мощность станка будет достаточна для одноступенчатой фрезы, в этом случае имеется возможность использовать одноступенчатую настройку фрез с обычным расположением зубьев. В другом случае выбирается ступенчатое расположение зубьев фрезы.

Предложенная Н. П. Черновым методика расчета режимов фрезерования и определения количества ступеней фрезы при недостаточ-

ной мощности станка в ряде случаев исключает необходимость занижать скорость резания и подачу. При переходе на высокопроизводительное фрезерование, наряду с проведением других мероприятий, Н. П. Чернов рекомендует осуществлять модернизацию станка и там, где это необходимо, устанавливать на станке электродвигатель большой мощности.

Н. П. Чернов предложил также использовать дисковые фрезы для фрезерования по подаче, при этом увеличивается стойкость фрез.

На рис. 77 приведена прорезная твердосплавная ступенчатая фреза с симметричным расположением зубьев и схема расположения ступеней режущих зубьев фрез. Фреза располагает возможностью ступенчатой, симметричной настройки. Торцовый зуб (пластина № 3) выступает симметрично по сторонам корпуса фрезы. Остальные зубья по ширине равны толщине корпуса и разбиты на две группы: высокие (пластина № 1) и низкие (пластина № 2).

Заточка режущих зубьев, оснащенных пластинками из твердого сплава, выполнена таким образом, что каждый из них снимает с заготовки одно или два узких сечения среза. Средний высокий зуб (пластина № 1) работает только вершиной, средний низкий (пластина № 2) — только фасками, у него занижена вершина; у торцового зуба (пластина № 3) вершина занижена еще больше, чем у среднего зуба.

Каждый зуб имеет симметричные режущие кромки. Наличие у всех зубьев симметричных рабочих фасок с углом 45° обеспечивает надежное центральное положение фрезы и устойчивость ее в процессе резания. Марка твердосплавных пластинок Т15К6. Биение по наружному диаметру допускается не более 0,03 мм; биение по торцу пластин № 3, пояса и ступицы не более 0,05 мм на каждый 200 мм диаметра.

Прорезные фрезы изготавливаются диаметром $D = 175 \div 300$ мм и шириной $B = 5 \div 6$ мм. Количество режущих пластин (режущих зубьев) выбирается в зависимости от диаметра фрезы.

Использование таких типов фрез позволяет улучшить чистоту обработанной поверхности и уменьшить удельную расходемую мощность.

На рис. 78, а показана составная пазовая фреза, оснащенная пластинками из твердого сплава Т15К6, на рис. 78, б — схема расположения пластинок и заточки их. Корпус 1 фрезы состоит из двух частей, причем каждый полудиск имеет свою втулку. Для регулирования ширины фрезы между втулками полудисков на оправке устанавливается промежуточное кольцо 4 требуемой толщины и каждый полудиск фрезы обрабатывает половину ширины паза.

Составная конструкция позволяет настраивать фрезу на требуемый размер и использовать ее для обработки пазов. Как видно из схемы, настройка зубьев фрезы ступенчатая.

Ступенчатое расположение зубьев позволяет регулировать рабочую ширину пазовой фрезы в пределах 3—4 мм (за счет перекрытия зубьев двух средних ступеней) и работать на повышенных режимах. Настройка фрезы четырехступенчатая.

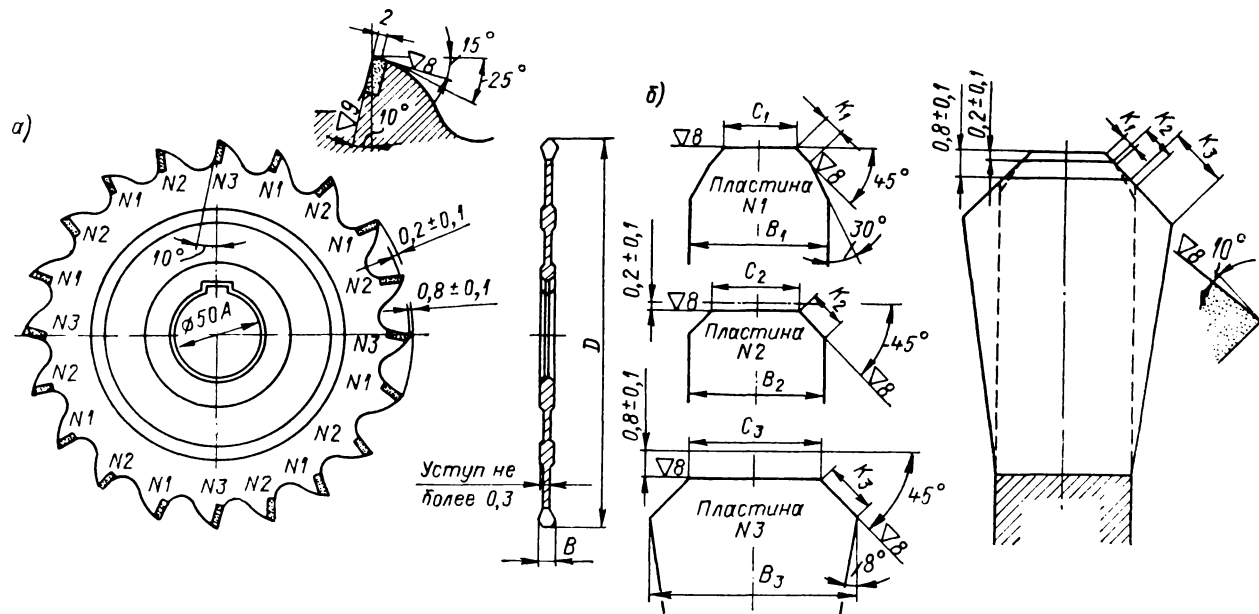


Рис. 77. Прорезная твердосплавная ступенчатая фреза (а) и схема расположения режущих пластинок (б) (C_1 , C_2 , C_3 — ширина режущих кромок твердосплавных пластинок; K_1 , K_2 , K_3 — ширина вспомогательных режущих кромок)

Фреза состоит из двух частей. Основная часть фрезы имеет хвостовик в виде укороченного конуса Морзе № 4. Торцовая часть фрезы имеет шесть зубьев, а основная часть—12. Собранные две части соединяются винтовым креплением. Режущие пластинки устанавливаются со смещением наполовину шага.

Сопрягаемые торцы обеих частей фрезы имеют выступы, которые воспринимают крутящий момент в процессе резания. Как видно из схемы расположения ступеней ножей (рис. 79), количество режущих зубьев в одной ступени составляет два-три.

Такая схема расположения ножей обеспечивает нормальную работу фрезы. Рабочая длина фрезы равна 49 мм. Концевая фреза данной конструкции удовлетворяет условиям рационального резания, имеет малое количество зубьев в одной ступени и достаточное пространство между зубьями для размещения срезаемого слоя, работает спокойно и дает повышенную стойкость и производительность.

При использовании этих фрез необходимо обеспечить постоянный припуск и работать с автоматической подачей. Шлифовать и затачивать режущие зубья фрезы рекомендуется в собранном виде, биение по наружному диаметру допускается не более 0,03 мм, а биение концевых торцовых пластинок — не более 0,02 мм.

Ступенчатые фрезы Н. П. Чернова используются при обработке не только углеродистой и конструкционной легированной стали, но и при обработке нержавеющей и жаропрочных материалов.

Торцовая фреза с механическим креплением твердосплавных пластинок, имеющих круглые режущие кромки, конструкции В. Д. Сердюка (НИАТ) показана на рис. 80. Режущая пластинка 4 базируется на опорной шайбе 5, которая устанавливается в гнезде корпуса 1 и с помощью винта 2 через шайбу 3 поджимается к корпусу фрезы.

Эта фреза имеет ряд преимуществ. Заточка всего комплекта твердосплавных пластинок с круглой режущей кромкой осуществляется на круглошлифовальном станке. Установка пластинок в корпусе не требует специальных шаблонов и устройств. За счет периодического

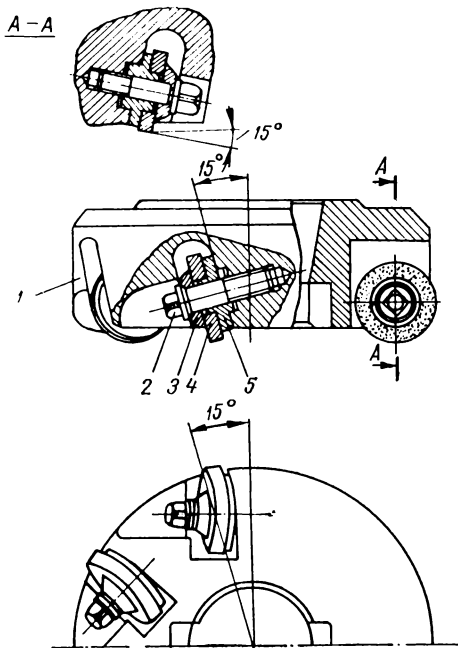


Рис. 80. Торцовая насадная фреза с механическим креплением круглых твердосплавных пластинок конструкции В. Д. Сердюка

поворота и использования двух сторон пластинок значительно увеличивается стойкость фрез.

Но вместе с тем конструкция фрезы не позволяет разместить большое число зубьев, имеют место повышенные вибрации из-за малого угла в плане и ограничена глубина резания.

Однако, как показала практика, такая фреза дает возможность повысить производительность во время обработки открытых поверхностей при жесткой технологической системе СПИД.

ВНИИ разработаны новые конструкции торцовых насадных фрез с неперетачиваемыми круглыми (чашечными) пластинками для использования их на универсально-фрезерных станках.

Эти фрезы, как было описано выше, благодаря наличию круглых твердосплавных режущих пластинок обладают повышенной стойкостью и производительностью. Поворот и замена пластинок может производиться без съема корпуса фрезы со станка.

На рис. 81 показана насадная торцовая фреза с неперетачиваемыми круглыми пластинками.

По мере износа режущих кромок пластинок 4 они периодически поворачиваются вокруг оси штифта 3 и после износа всего периметра заменяются новыми. Режущая пластинка по высоте регулируется за счет перемещения державки 5 с помощью болтового крепления 7. Пружина 6 обеспечивает необходимый натяг узла державки.

Биение фрезы по режущим кромкам допускается до 0,05 мм, что обеспечивается предварительным шлифованием режущих пластинок и соответствующим выполнением базовых поверхностей корпуса. Указанные фрезы для снятия небольших припусков (до 4—5 мм) запроектированы диаметром $D = 80 \div 125$ мм с количеством режущих зубьев $z = 8 \div 12$.

Применение этих фрез на производстве обеспечивает снижение до 50—75% основного технологического времени и повышение стойкости фрезы в несколько раз.

На рис. 82 показана торцовая насадная фреза с механическим креплением пятигранных неперетачиваемых пластинок из твердого сплава конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Вскова.

Режущая многогранная пластинка свободно надевается на штифт державки и подтягивается к базовым поверхностям с помощью пружины болтовым соединением.

Конструкция данной фрезы несколько отличается от конструкции ВНИИ в исполнении корпуса. Фрезы выпускаются заводом взамен фрез по ГОСТ 8529—69 и предназначены для обработки заготовок из стали и чугуна. При обработке стальных заготовок на фрезы крепятся режущие многогранные пластинки из твердого сплава Т15К6 или Т5К10, а при обработке чугуна используются пластинки марок группы ВК (ВК8 и др.). Корпус фрезы допускает использование до 50 комплектов запасных твердосплавных режущих пластинок.

Стойкость фрез в 1,5—2 раза выше стойкости обычных стандартных фрез. Фрезы выпускаются диаметрами $D = 100, 125, 160$ и

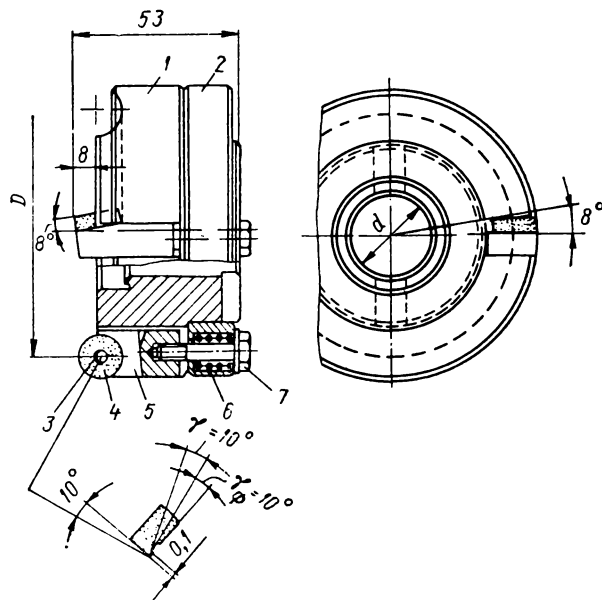


Рис. 81. Фреза торцовая насадная с круглыми пластинками из твердого сплава конструкции ВНИИ:

1 — корпус; 2 — кольцо; 3 — штифт; 4 — пластинка твердого сплава; 5 — державка; 6 — пружина; 7 — винт

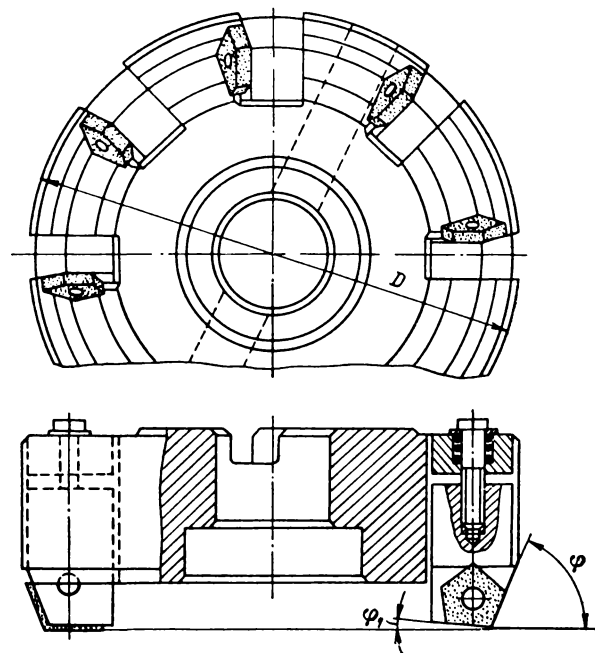


Рис. 82. Торцовая насадная фреза с механическим креплением пятигранных твердосплавных пластинок конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова

200 мм, с количеством режущих зубьев $z = 8 \div 12$. Биение по режущим кромкам (радиальное и торцевое) относительно отверстия и торца не должно превышать 0,15 мм.

Многогранные твердосплавные пластинки на заводе им. Воскова по базовой плоскости и режущим кромкам доводятся.

На рис. 83 показана торцовая хвостовая фреза с механическим креплением шестигранных неперетачиваемых пластинок из твердого сплава [147].

Фреза состоит из корпуса 2, вставных державок (ножей) 5, запрессованных в державки штифтов 3, на которые свободно насажи-

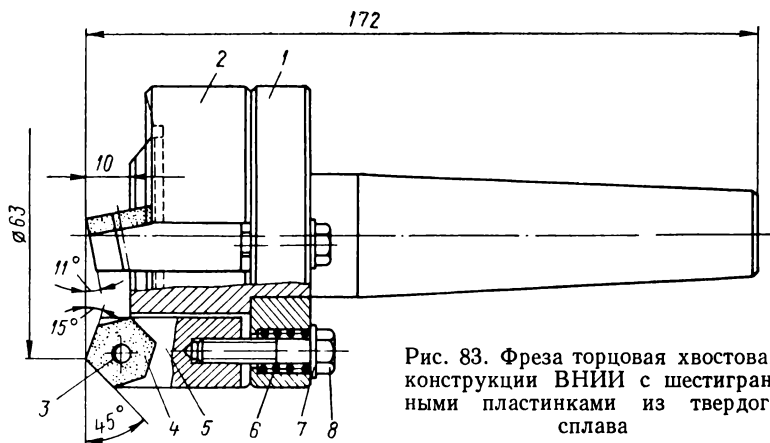


Рис. 83. Фреза торцовая хвостовая конструкции ВНИИ с шестигранными пластинками из твердого сплава

ваются сменные многогранные режущие пластинки из твердого сплава 4, кольца 1 и винтов 8. Для удобства сборки фрезы в конструкции предусмотрены пружины 6 и шайбы 7; фреза ($D = 63$ мм) располагает пятью режущими зубьями. Такого типа фрезы созданы для использования четырех-, пяти- и шестигранных пластинок.

Биение зубьев фрезы по режущим кромкам допускается до 0,08 мм относительно оси фрезы, что обеспечивается предварительным шлифованием пластинок и тщательной обработкой базовых поверхностей.

На рис. 84 представлена торцовая насадная фреза с механическим креплением шестигранных неперетачиваемых пластинок из твердого сплава конструкции новатора Ленинградского Кировского завода Е. Ф. Савича.

Фреза состоит из корпуса 6, кольца 5, державок 2, в которых запрессованы штифты 8, кольца 7, винтов 4, прикрепляющих кольцо 7 к корпусу фрезы 6. Режущие пластинки 1 свободно надеваются на штифты 8 и подтягиваются к базовым поверхностям болтами 3. Фреза обладает жесткой и надежной конструкцией и обеспечивает высокопроизводительную обработку заготовок с режимами резания, с которыми работают аналогичные фрезы конструкции ВНИИ.

В результате производственных испытаний этих фрез были получены хорошие эксплуатационные данные.

На рис. 85 представлена конструкция концевой фрезы со сменными неперетачиваемыми ромбическими пластинками из твердого сплава конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова [125]. Фреза имеет четыре режущих зуба и состоит из корпуса-оправки 1, кольца 5, державок 4, закрепляемых в корпусе фрезы, штифтов 2, ромбических твердосплавных пластинок 3 и винтов 6. Биеение режущих граней твердосплавных пластинок (радиальное и торцовое) относительно оси хвостовика не должно превышать 0,05 мм. Созданы фрезы диаметром $D = 40, 50$ и 60 мм.

Фрезы предназначены для чистовой и получистовой обработки заготовок из чугуна и стали.

На Алтайском тракторном заводе разработаны и внедрены в производство высокопроизводительные торцовые насадные фрезы с механическим креплением вставных ножей, оснащенных пластинками из твердого сплава¹ [106].

Конструкция фрезы основана на теории процесса фрезерования, из которой следует, что увеличение производительности достигается наряду с другими факторами за счет увеличения количества режущих зубьев фрезы.

Увеличение количества режущих зубьев (ножей) в предложенной конструкции осуществлено за счет расположения их в одном общем кольцевом пазу корпуса при отсутствии в корпусе фрезы перегородок, которые разделяют смежные ножи между собой (рис. 86).

Ножи фрезы 4 имеют в поперечном сечении форму прямоугольника или прямоугольной трапеции с углом боковой стороны $2^\circ 30' - 3^\circ$, между двумя режущими ножами расположен клин 5, имеющий в поперечных сечениях форму трапеции, а в продольных — прямоугольника.

Для обеспечения прочного и жесткого закрепления ножей 4, в корпусе фрезы предусмотрено радиальное перемещение клиньев 5 под действием винтов 3, которые ввинчиваются в обод корпуса фрезы 1; винт 2 служит для осевого регулирования ножей. Установка

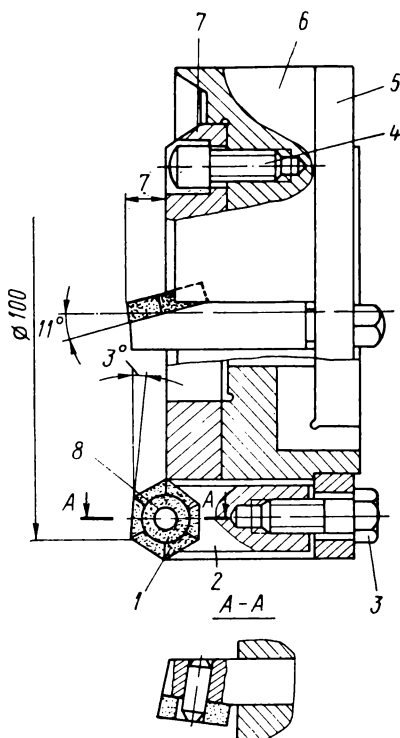


Рис. 84. Торцовая насадная фреза конструкции Е. Ф. Савича с шестигранными неперетачиваемыми пластинками из твердого сплава

¹ Автор конструкции фрез инж. А. М. Меллер, авт. свид. № 168582.

ножей осуществляется при помощи специального несложного приспособления.

Следует отметить, что у предложенных конструкций сборных торцовых фрез, предназначенных для черновой обработки стальных

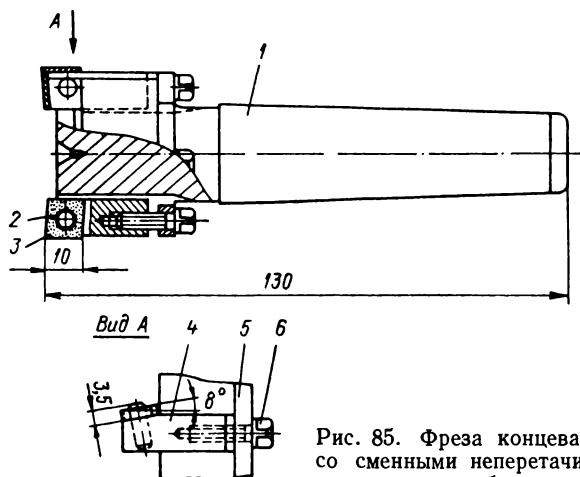


Рис. 85. Фреза концевая со сменными неперетачиваемыми ромбическими пластинками из твердого сплава конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова

заготовок, отношение $\frac{z}{D} = 0,115 \div 0,125$, для обработки чугунных заготовок $\frac{z}{D} = 0,16 \div 0,17$, при относительно большой толщине ножей.

Как отмечает автор, торцовые фрезы $D_{фр} = 200$ мм, предназначенные для обработки стали и чугуна, изготовленные по ГОСТ 8529—57, оснащаются 12 ножами, а фрезы новой конструкции — 24 ножами; производительность при этом повышается по машинному времени в 2—2,5 раза.

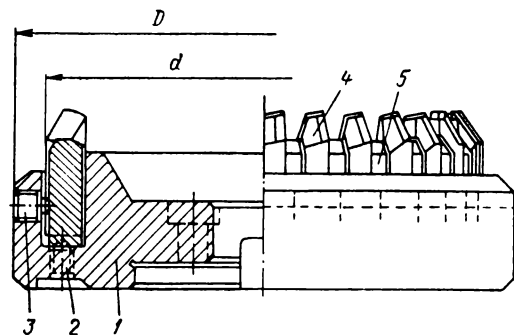


Рис. 86. Торцовая насадная фреза Алтайского тракторного завода (автор конструкции А. М. Меллер) с механическим креплением вставных ножей, оснащенных пластинками из твердого сплава

В Алтайском политехническом институте им. И. И. Ползунова (г. Барнаул) разработаны и внедрены на ряде заводов новые конструкции торцовых и концевых фрез с механическим креплением конических ножей, оснащенных пластинками из твер-

дого сплава, вставленных и заклиненных в конусные отверстия стального корпуса фрезы¹.

Предложенная технология изготовления ножей основана на использовании литья по выплавляемым моделям с применением многоступенчатых пресс-форм. Пластины твердого сплава группы ВК, находящиеся в керамической оболочке, заливают легированным чугуном. Исследованиями установлено, что при заливке твердого сплава чугуном напряжения в поверхностном слое твердого сплава в четыре-пять раз меньше, чем после процессов пайки [80]. Предложенные фрезы имеют в 1,5—2,5 раза большее количество ножей, чем стандартные, чем повышается стойкость фрез в два—пять раз.

На рис. 87 показан общий вид торцевой насадной фрезы с заклиненными конусными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава ВК8.

Основные параметры этих фрез приведены в табл. 23.

Следует отметить, что существенное преимущество новых фрез заключается в возможности работать на станке с наивыгоднейшей геометрией заточки инструмента, не увеличивая номенклатуры корпусов фрез, а также в обеспечении прочного соединения режущей пластинки с державкой, без увеличения размеров пластинки.

Предложенные канд. техн. наук Ю. Б. Капилевичем литые ножи, были изготовлены не только для торцевых но и для концевых, дисковых и других типов фрез, а также для различных типов универсальных резцов с твердосплавной пластинкой на конусном стержне.

На предприятиях г. Куйбышева [132] при обработке заготовок из жаропрочных и титановых сплавов на обдирочных операциях используются концевые фрезы, оснащенные пластинками из твердого сплава. Эти фрезы нормализованы для $D = 10 \div 70$ мм; число режущих зубьев делают большим, чем у стандартных фрез; твердосплавные пластинки устанавливаются в корпусе фрезы с учетом обеспечения неравномерности шага по окружности и с углом наклона режущих зубьев к оси концевых инструментов до $10\text{—}15^\circ$. В радиальном

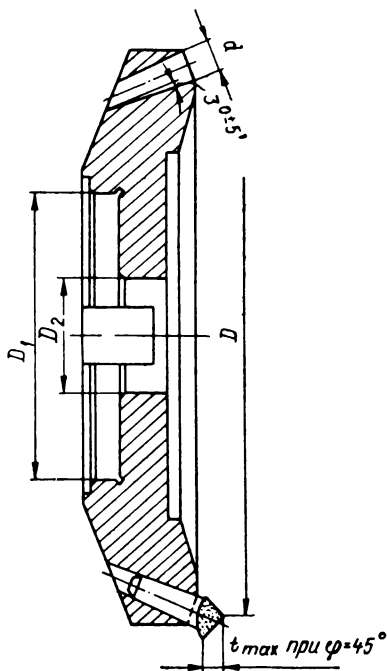


Рис. 87. Фреза торцевая с заклиненными конусными ножами конструкции Ю. Б. Капилевича

¹ Автор конструкции канд. техн. наук Ю. Б. Капилевич.

Основные параметры фрез новой конструкции

D	D ₁	D ₂	Черновые фрезы				Чистовые фрезы			
				t _z	t _{max}	d		t _z	t _{max}	d
100		40 ^{+0,03}	14	23	8	16,3 ^{+0,05}	22	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
125		40 ^{+0,03}	16	23	8	16,3 ^{+0,05}	26	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
160		50 ^{+0,03}	22	23	8	16,3 ^{+0,05}	34	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
200		50 ^{+0,03}	28	23	8	16,3 ^{+0,05}	44	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
250	128,57 ^{+0,04}		34	23	8	16,3 ^{+0,05}	52	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
300	128,57 ^{+0,04}		40	23	8	16,3 ^{+0,05}	64	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
355	128,57 ^{+0,04}		48	23	8	16,3 ^{+0,05}	78	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
400	128,57 ^{+0,04}		54	23	8	16,3 ^{+0,05}	86	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
450	128,57 ^{+0,04}		62	23	8	16,3 ^{+0,05}	98	14,5	3	12,2 ^{+0,05}
500	128,57 ^{+0,04}		68	23	8	16,3 ^{+0,05}	110	14,5	3	12,2 ^{+0,05}

П р и м е ч а н и е. Здесь z — число ножей; t_z — шаг между ножами; t_{max} — вылет ножей при φ = 45°.

направлении твердосплавные пластинки и устанавливают под углом 5° (рис. 88).

Описанные конструкции фрез обеспечивают плавную работу фрез, хороший отвод стружки из зоны резания, а также необходимую жесткость фрез при работе на станках. С целью увеличения жесткости и прочности затылок зубьев фрез выполняется под углом 55° и 20°; впадина под режущим зубом увеличивается, что благоприятно сказывается на размещении и сходе стружки (радиус по впадине 2 мм, угол затылка канавки 55°). Параметры геометрии заточки: главный передний угол $\gamma = 5^\circ$, главный задний угол $\alpha = 12^\circ$, вспомогатель-

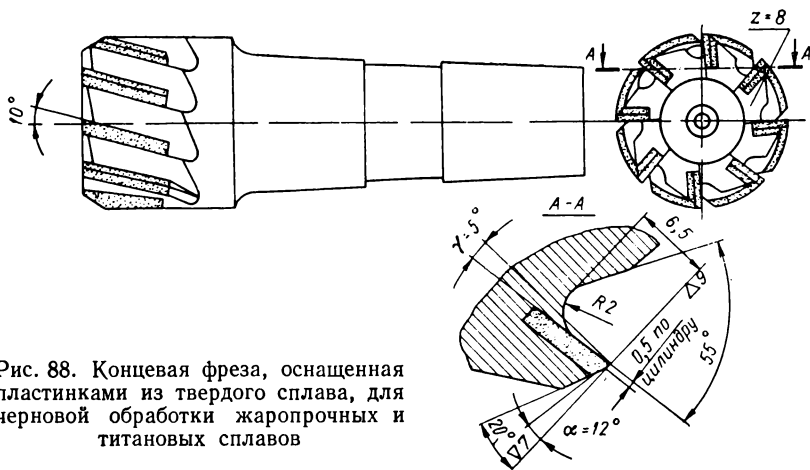


Рис. 88. Концевая фреза, оснащенная пластинками из твердого сплава, для черновой обработки жаропрочных и титановых сплавов

ный угол в плане $\phi_1 = 5^\circ$. Биение режущих кромок по наружному диаметру и торцу — не более 0,03 мм.

На рис. 89 представлена концевая фреза для обработки штампованных заготовок из титановых сплавов (обработка внутреннего контура при наличии корки) [163]. Фрезы, изготовленные по заводским нормам, отличаются от существующих конструкций введением двух положительных передних углов $\gamma = 5^\circ$, жесткостью конструкции за счет глубокого армирования твердосплавных пластинок, усиленным переходным конусом и др.

Предусмотренное уменьшение разницы в угловых величинах, определяющих неравномерный шаг режущих зубьев, связано с малым углом подъема спирали. Следует отметить, что внедрение приведенной конструкции твердосплавных концевых фрез позволило значительно повысить стойкость инструмента и поднять производительность (до 40—50%).

Рекомендуемые средние режимы резания при работе твердосплавными фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава ВК8 повышенной жесткости, при обработке титанового сплава типа ВТ5-1 по корке: $v = 25 \div 30$ м/мин, $s_z = 0,1 \div 0,15$ мм/зуб, $t = 15 \div 30$ мм. Стойкость фрез достигает 400—420 мин.

При снятии больших припусков на фрезерных станках основными ограничениями использования обычных стандартных фрез являются вибрации, которые оказывают влияние на стойкость и производительность процесса обработки. Для повышения производительности фрезерования при снятии больших припусков во ВНИИ были созданы универсальные оригинальные конструкции двух- и трехступенчатых фрез с многогранными неперетачиваемыми пластинками, позволяющими использовать ступенчатую схему резания¹.

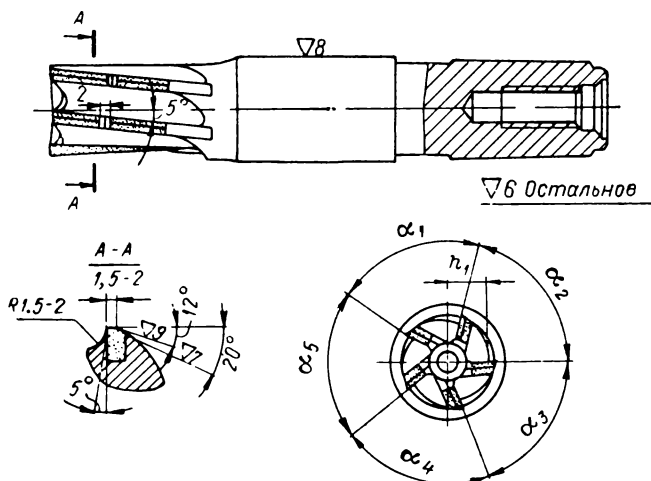


Рис. 89. Конструкция концевой фрезы, оснащенной пластинками из твердого сплава, для обработки штампованных заготовок из титановых сплавов

Использование ступенчатых фрез особенно эффективно в случаях обработки заготовок с переменным припуском. Ступенчатые фрезы обеспечивают значительное снижение вибраций и распределяют работу между отдельными ступенями [4, 5].

Во ВНИИ были разработаны конструкции ступенчатых торцовых фрез с механическим креплением многогранных твердосплавных пластинок. Конструкция трехступенчатой фрезы с четырехгранными пластинками схематически показана на рис. 90.

В корпусе 1 винтами 3 закреплено коническое кольцо 2; четырехгранные режущие пластинки 4 прижаты к базам корпуса 1 и кольца 2 с помощью державок 5 (с запрессованными в них штифтами 6) путем заворачивания винтов 8, через кольцо 10. Для удобства сборки и осуществления натяга предусмотрены пружины 7 и шайбы 9.

Радиальное биение режущих кромок твердосплавных пластинок в собранном виде допускается не более 0,1 мм; осевое биение режущих пластинок в нижней ступени допускается не более 0,08 мм; заточка пластин в процессе эксплуатации не производится, замена пла-

¹ Авт. свид. № 184107, 1965 г.

стинок может осуществляться непосредственно на станке, не снимая корпуса фрезы.

Как показали исследования и широкая производственная проверка, число ступеней фрезы для станков средних мощностей ($N \leq 10 \text{ кВт}$) не должно превышать двух, а для крупных станков ($N \leq 10 \text{ кВт}$) — трех ступеней. На основании испытаний во ВНИИ разработаны двухступенчатые фрезы с шестигранными твердосплавными пластинками для снятия припусков до 12—13 мм на станках средней мощности и трехступенчатые с четырехгранными неперетачиваемыми пластинками для снятия больших припусков на продольно-фрезерных и других крупных станках (припуски величиной до 24 мм).

Предложенные ВНИИ высокопроизводительные фрезы прошли производственные испытания на Краматорском заводе тяжелого машиностроения (КЗТМ), судостроительном заводе им. Носенко (г. Николаев) и др.

Следует отметить, что в результате производственных испытаний выявлены следующие основные преимущества ступенчатых фрез, по сравнению с обычными стандартными фрезами: значительное снижение машинного времени на обработку заготовок (до 50%), возможность снятия больших припусков (неравномерными величинами); повышение стойкости фрез до двух раз; уменьшение мощности, потребной на процесс фрезерования; значительное снижение вибраций в процессе резания и др.

Торцовые фрезы с круглыми вращающимися резами. Как показали исследования, эти фрезы эффективно могут быть использованы при полустиховой и чистовой обработке высокопрочных материалов, особенно в условиях прерывистого резания заготовок. Аналогично работе круглых вращающихся резцов, торцовые фрезы с круглыми вращающимися чашками (резами) обладают рядом преимуществ по сравнению с аналогичными инструментами обычной конструкции. Важным преимуществом такого типа фрез является значительное повышение стойкости режущего инструмента в десятки раз и выше.

Это преимущество связано: с увеличением длины активного контакта режущей кромки инструмента; снижением сил трения и температуры в зоне резания; непрерывно изменяющимся контактом режущей кромки инструмента, что дает возможность периодически

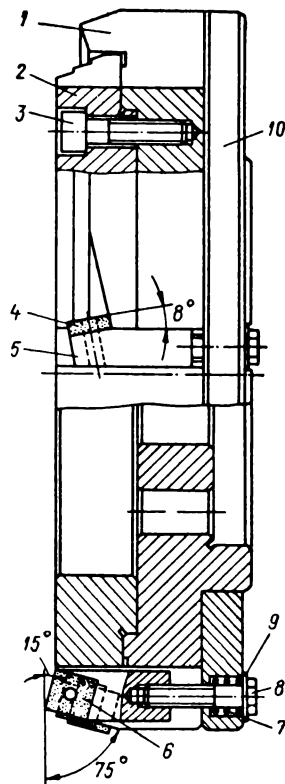


Рис. 90. Насадная торцовая фреза ступенчатая с четырехгранными твердосплавными пластинками конструкции ВНИИ

охлаждать режущую кромку и др. Все это дает возможность значительно повысить производительность при обработке фрезерованием.

На рис. 91, а представлена принципиальная схема торцевой фрезы с вращающимися круглыми резцами (чашками) конструкции ВНИИ [148, 149], позволяющая обеспечить вращение резцов в процессе резания под действием возникающих сил резания и трения. Ось круглой режущей части фрезы, аналогично круглому вращающемуся резцу, имеет разворот в двух плоскостях (углы ψ , θ).

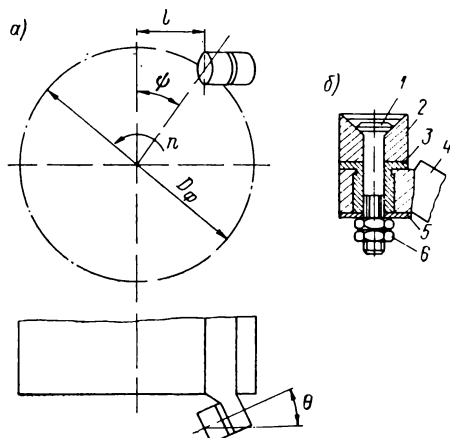


Рис. 91. Фрезы торцевые с вращающимися круглыми резцами (чашками) конструкции ВНИИ: а—схема фрезы; б—схема установки круглого резца (чашки) на фрезе

На рис. 91, б дана схема установки режущего круглого резца, где 1 — винт; 2 — вращающийся резец; 3 — втулка; 4 — корпус; 5 — шайба; 6 — гайка.

ВНИИ созданы торцевые фрезы с вращающимися чашками: торцевые насадные $D = 80$ и 120 мм с количеством режущих зубьев $z = 10$ и с диаметром чашек 10 и 18 мм из стали Р18; кроме того, созданы концевая и торцовая фрезы $D = 50$ мм с количеством зубьев $z = 6$ и диаметром режущих чашек 14 мм. Фрезы используются при полустиховой и чистовой обработке заготовок из жаропрочных сплавов с допустимой глубиной резания $1,25\text{--}2$ мм.

На основании проведенных исследований и производственных испытаний ВНИИ рекомендует следующие примерные рациональные режимы использования торцовых фрез с вращающимися чашками из стали Р18 с применением СОЖ — 10-процентной осерненной эмульсии [148]:

при обработке жаропрочного сплава ЭИ437Б: $v = 19$ м/мин; $s_z = 0,07\text{--}0,11$ мм/зуб; $t \leq 1,5$ мм; примерная стойкость фрезы 300 мин;

при обработке жаропрочного сплава ЭИ661: $v = 9,8\text{--}12$ м/мин; $s_z = 0,07\text{--}0,14$ мм/зуб; $t \leq 1,0$ мм; примерная стойкость фрезы 300 мин;

при обработке жаропрочного сплава ЭИ929А: $v = 7,8\text{--}9,8$ м/мин; $s_z = 0,07\text{--}0,11$ мм/зуб; $t \leq 1,5$ мм; примерная стойкость фрезы 280 мин;

при обработке жаропрочного сплава ЖС6КП: $v = 7,8\text{--}9,8$ м/мин; $s_z = 0,07$ мм/зуб; $t \leq 1,0$ мм; примерная стойкость фрезы 220 мин.

На рис. 92 показана торцовая фреза с ротационными резцами конструкции лаборатории прочности физико-технического института АН БССР [81].

В цельном корпусе фрезы 4 установлены втулки 3 с наклонными отверстиями, в которых винтами 5 закрепляются резцовые узлы 2. В этих узлах расположены режущие круглые резцы (чашки) 1 из быстрорежущей стали или твердого сплава. Втулки 3 с резцовыми узлами зажимаются в корпусе болтами 6. В целях обеспечения стабильности вращения в процессе резания оси втулок развернуты на определенный угол ω . Это дает возможность смещать активный участок режущей кромки относительно оси его вращения, занимая не-

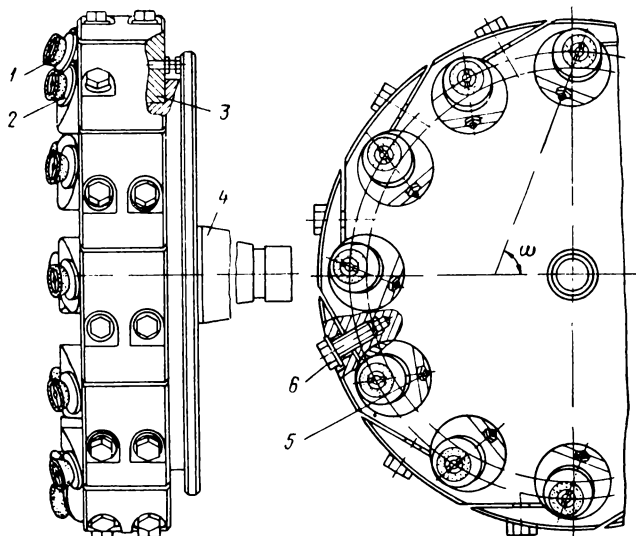


Рис. 92. Торцовая фреза сборной конструкции с ротационными резцами (конструкция физико-технического института АН БССР)

симметричное положение, и создавать в процессе резания устойчивый крутящий момент на круглом резце.

Предложенная фреза является универсальной, так как при необходимости она может быть настроена на черновую или чистовую обработку. При черновой обработке, снятии больших припусков, можно настроить фрезу на ступенчатое фрезерование, разделив припуск между отдельными круглыми резцами; при чистовой обработке фреза настраивается на минимальное радиальное и осевое биение режущих зубьев (в пределах 0,01—0,025 мм). Осевое биение режущих зубьев регулируется болтами 5. Угол β между осями резцового узла 2 и втулки 3 для чистового фрезерования выбирается в пределах 15—20°; для полустогового и чернового фрезерования $\beta = 25 \div 30^\circ$.

Следует отметить, что применение данной фрезы с ротационными резцами особенно эффективно при фрезеровании труднообрабатываемых материалов и дает возможность обеспечить высокую размерную стойкость. При обработке конструкционных материалов рекомендо-

дуются следующие режимы резания: $v = 200 \div 400$ м/мин, $s_z = 0,3 \div 1,0$ мм/зуб, $t \leq 2 \div 3$ мм. Достижимая шероховатость обработки при чистовом фрезеровании $\nabla 6 - \nabla 7$.

Цельнотвердосплавные фрезы. Ряд заводов расширяет применение цельнотвердосплавных концевых фрез, шпоночных и др. Как показали исследования ряда институтов, применение цельнотвердосплавных фрез особенно эффективно при обработке труднообрабатываемых материалов, которые практически не поддаются обработке резанием фрезами из быстрорежущих сталей, материалов обладающих высокой абразивной способностью; стойкость цельнотвердосплавных фрез в 5—20 раз выше стойкости быстрорежущих фрез.

Кроме того, важным преимуществом цельнотвердосплавных (монокристаллических) фрез является обеспечение необходимой размерной стойкости, повышение точности, чистоты обработанной поверхности (на один-два класса), производительности труда и др. [6, 7, 31, 82, 83, 107, 110 и др.].

Глава V

СВЕРЛА

Сверление металлов на заводах машиностроения обычно ведется стандартными быстрорежущими сверлами, однако, как показали исследования и производственная проверка, проведенная Всесоюзным научно-исследовательским инструментальным институтом (ВНИИ), Московским высшим техническим училищем им. Баумана, ЦНИИТмаш, Челябинским тракторным заводом и др., изменение параметров заточки сверл и применение сверл, оснащенных твердым сплавом, позволяют значительно повысить производительность труда при сверлении чугуна, высокопрочной стали, сплавов и цветных металлов.

Ниже приводятся наиболее характерные конструкции и предложения по улучшению элементов и геометрических параметров заточки сверл.

20. ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЕРЛ

Геометрические параметры режущей части стандартного спирального сверла: задний угол α , передний угол γ , углы при вершине 2ϕ и $2\phi_0$ и угол наклона поперечной кромки сверла ψ .

Главный задний угол α спирального сверла не является величиной постоянной — он возрастает по мере приближения к центру. Если на периферии сверла задний угол $\alpha \approx 8 \div 14^\circ$, то около поперечной режущей кромки величина его достигает $26 \div 35^\circ$. Большие углы α относятся к малым, а меньшие — к большим диаметрам сверл.

Передний угол γ также является величиной переменной. У стандартных сверл из инструментальной стали передний угол γ на периферии изменяется в пределах $18 \div 33^\circ$ [18], а у перемычки он приближается к нулю или имеет отрицательное значение.

Угол при вершине сверла 2ϕ зависит от свойств обрабатываемого материала. У стандартных сверл угол $2\phi = 116 \div 118^\circ$.

Угол наклона поперечной кромки ψ у стандартных сверл равен $50 \div 55^\circ$.

Форму заточки сверла рекомендуется выбирать в зависимости от его номинального диаметра и свойств обрабатываемого материала по табл. 24. Формы заточки сверл из инструментальной стали для сверления жаропрочных сталей приведены на рис. 93.

Рекомендуемые величины углов и элементов с одинарной и двойной заточкой сверл приведены в табл. 25.

Основные размеры и угловые величины элементов сверл для обработки жаропрочных сталей приведены в табл. 26.

Сверление отверстий в жаропрочной стали затруднительно, так как эта сталь имеет большую вязкость, что приводит к образованию наклепа и налипания стружки на рабочие поверхности инструмента.

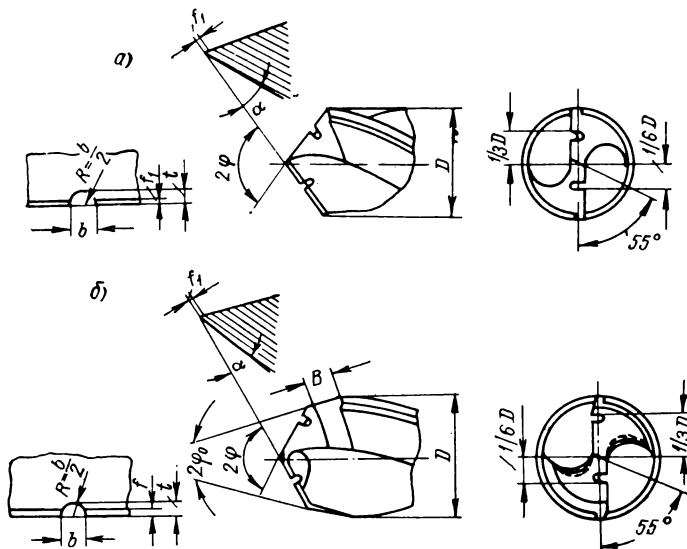


Рис. 93. Формы заточки сверла для обработки жаропрочных сталей: а — одинарная; б — двойная

После заточки режущей части сверл для повышения производительности следует производить тщательную доводку режущих поверхностей.

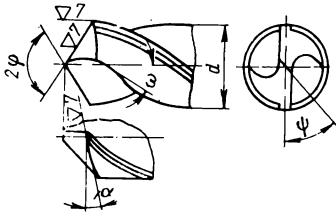
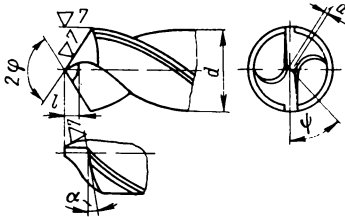
На основании опытов определены оптимальные параметры как быстрорежущих, так и твердосплавных сверл [19, 140].

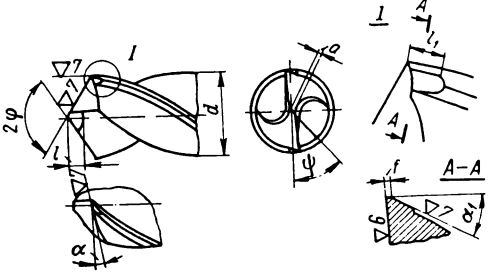
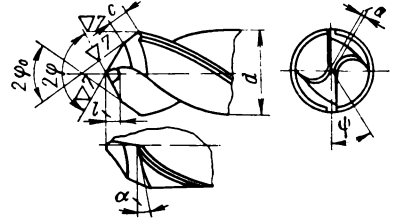
Как показали исследования А. Д. Вершинской [19] при сверлении жаропрочных сталей и титановых сплавов, значительно эффективнее работали сверла с двойной заточкой $2\phi = 140^\circ$ и $2\phi_0 = 70^\circ$, использование которых позволило увеличить скорость резания по сравнению со сверлами с одинарной заточкой.

По исследованиям д-р. техн. наук проф. Н. И. Резникова и др. [140] угол наклона винтовой канавки $\omega = 20^\circ$ имеет преимущества при сверлении жаропрочной стали марки ЭИ 654 (в сравнении с углом $\omega = 30^\circ$), что связано с уменьшением пути стружки в канавке сверла. Для уменьшения пути стружки рекомендуются также сверла с косыми канавками (невинтовыми, $\omega = 10^\circ$) и даже с прямыми канавками ($\omega = 0^\circ$) — для сверл, оснащенных пластинками твердого сплава. Как указывают авторы, наибольшую стойкость имеют сверла

Таблица 24

Формы заточки спиральных сверл, изготовленных из инструментальной стали (по РТМ 5—60)

Диаметр сверла в мм	Форма и наименование заточки	Обозначение	Эскиз	Обрабатываемый материал
До 12	Обыкновенная (нормальная)	Н		Сталь, стальное литье, чугун
12—80	Обыкновенная с подточкой поперечной кромки	НП		Сталь и стальное литье ($\sigma_s < 50 \text{ кг/мм}^2$) с снятой коркой

Диаметр сверла в мм	Форма и наименование заточки	Обозначение	Эскиз	Обрабатываемый материал
12—80	Обыкновенная с подточкой поперечной кромки и ленточки	НПЛ		Сталь и стальное литье ($\sigma_s < 50 \text{ кг/мм}^2$) со снятой коркой
	Двойная с подточкой поперечной кромки	ДП		Стальное литье ($\sigma_s > 50 \text{ кг/мм}^2$) с неснятой коркой, чугун с неснятой коркой

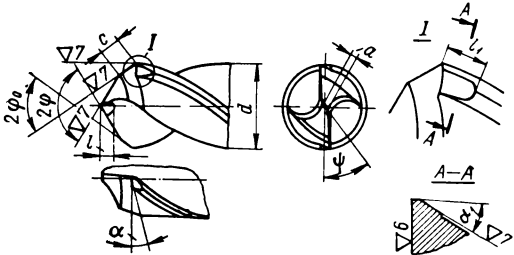
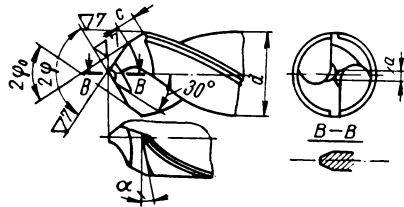
Диаметр сверла в мм	Форма и наименование заточки	Обозначение	Эскиз	Обрабатываемый материал
12—80	Двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки	ДПЛ		Сталь и стальное литье ($\sigma_s > 50 \text{ кг/мм}^2$) со снятой коркой, чугун со снятой коркой
	Двойная с подточкой со срезанной поперечной кромкой (по В. И. Жирову)	ДП2		Чугун со снятой коркой

Таблица 25

Углы и размеры режущих элементов сверл (по РТМ5—60)

Диаметр сверла в мм			1,45—2,0	2,05—3,0	3,1—4,0	4,1—5,8	6,0—8,0	8,1—8,4	8,5—8,0	
Угол наклона ω^1 винтовой канавки в град			23	24	25	26	27	28	29—33	
Диаметр сверла в мм	Заточка					Подточка перемычки		Подточка ленточки		
	Угол между режущими кромками в град		Длина вторичной режущей кромки s в мм	Задний угол α в град	Угол наклона поперечной режущей кромки ϕ в град	Длина подточенной поперечной кромки a в мм	Длина подточки l в мм	Длина подточки l_1 в мм	Ширина фаски f в мм	Задний угол α_1 в град
До 12	118±2	—	—	14—11	50	—	—	—	0,2—0,4	6—8
12—15		2,5	12—9			1,5	3	1,5		
15—20		3,5		55	2	4	1,5			
20—25		4,5			2,5	5	2			
25—30		5,5			3	6	2			
30—40		7	11—8	3,5	7	3				
40—50		9		4	9	3				
50—60		11		5,5	11	4				
60—70		13		6,5	13	4				
70—80		15		7,5	15	4				

¹ Выбор угла ω зависит также от рода обрабатываемого материала [19, 155]. Для повышения прочности сверл, предназначенных в основном для обработки черных металлов, угол ω принимается до 35°.

Таблица 26

Размеры режущих элементов и угловые величины сверл (по НИБТН)

Диаметр сверла в мм	Марка стали				Длина вторич- ной ре- жущей кромки <i>B</i> в мм	Размеры стружкоде- лительной канавки	
	2X13		1X18H9T 4X14H14B2M X23H18			<i>b</i> в мм	<i>t</i> в мм
	<i>α</i> в град	<i>f</i> ₁ в мм	<i>α</i> в град	<i>f</i> ₁ в мм			
До 10	16	0,2	21	0	—	0,75	0,3
10—15		0,25			—	—	0,5
15—20		0,3			3,5	1,0	0,5
20—25		0,4			4,5	—	0,8
25—35		0,4			5,5	—	—

из быстрорежущей стали и твердых сплавов с углом при вершине $2\varphi = 140^\circ$, с обыкновенной подточкой и одинарной заточкой. Проф. Н. И. Резников и др. отмечают, что различная форма подточки поперечной кромки влияет на износ кромок и стойкость, что подточка перемычки по Жирову (перерезание поперечной кромки) при обработке жаропрочных сталей не дала положительных результатов вследствие недостаточной прочности вершины сверла.

Опыты, проведенные на заводах и в НИАТ, показали, что сверление жаропрочных сталей надо производить укороченными сверлами с длиной рабочей части в 1,5—2 раза меньше нормальной [140].

При обработке отверстий, особенно в вязких металлах, для повышения производительности обработки следует заточку сверла произвести таким образом, чтобы обеспечить разделение и дробление стружки.

Стружколоматели облегчают процесс резания. Вследствие разделения и дробления стружки уменьшается теплообразование в зоне резания и износ, улучшается отвод стружки и повышается стойкость сверл [18, 44, 155 и др.].

На рис. 94 представлены стружкоразделительные канавки на режущих кромках сверл (α_k — задний угол канавок), которые располагаются в шахматном порядке, перекрывая одна другую.

Канавки для стружколомателей изготавливаются на передних поверхностях вдоль рабочей части сверла фрезерованием (рис. 94, а), а на задних поверхностях канавки прорезаются шлифовальными кругами на заточных станках (рис. 94, б).

Схемы заточки лунок и порошков на режущей части сверл для обеспечения дробления стальной стружки приведены на рис. 95.

Лунки располагаются вдоль главных режущих кромок: осуществляется также подточка поперечной кромки сверла (рис. 95, а). Обычно лунки размещаются на расстоянии $f_1 = 0,2 \div 0,3$ мм от режущих кромок под углом $\gamma_n = 20^\circ$.

В отдельных случаях лунки затачиваются на некоторой длине режущих кромок (рис. 95, б). Угол γ_n уменьшается до $8\text{—}12^\circ$, что способствует повышению прочности режущих кромок, особенно на периферии.

Подточку производят на длине $l = 1/6d$ [18].

Для дробления стальной стружки на передних поверхностях сверла практикуют также заточку порошка (рис. 95, в) по всей длине главных режущих кромок с величиной угла $\gamma_\phi = 10^\circ$, размеры лунок и порошка (а и б) выбирают в зависимости от подачи сверла и свойств обрабатываемого материала.

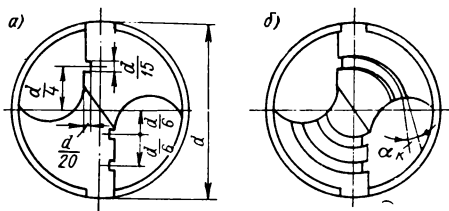


Рис. 94. Стружкоразделительные канавки на режущих кромках сверл: а — по передней поверхности; б — по задней поверхности с углом α_k

Для сверления стали 45 рекомендуется высоту порошка принимать равной 0,4—0,5 ширины ленточки сверла.

Опыты показали, что подточка фасок с передним углом, равным нулю, повышает прочность режущих кромок и способствует ломанию стружки при сверлении [140, 116 и др.]. Ломание стальной стружки во многом обеспечивается подточкой поперечной кромки сверла даже на подачах 0,1—0,2 мм/об.

Рекомендуемые формы заточки сверл, оснащенных пластинками твердого сплава, приведены в табл. 27.

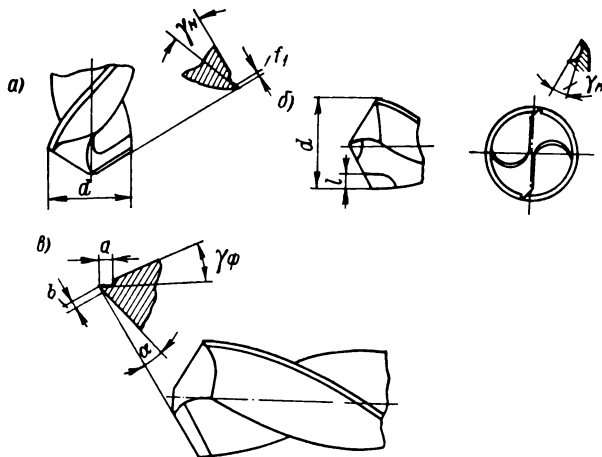


Рис. 95. Схемы заточки режущей части сверл для дробления стружки: а — подточка лунок по всей длине главных режущих кромок; б — подточка лунок на части главных режущих кромок; в — образование порошков на всей длине режущих кромок

Нормали машиностроения рекомендуют следующие величины геометрических параметров и конструктивных элементов твердосплавных сверл.

Для сверл диаметром от 12 до 30 мм длина вторичной режущей кромки $b = 0,7 \div 1,8$ мм, длина подточенной поперечной кромки $a = 1,0 \div 2$ мм, длина подточки $l = 2,8 \div 5,6$ мм.

Для сверл диаметром от 5 до 12 мм $a = 0,4 \div 1,0$ мм, $l = 1,1 \div 2,8$ мм.

Для сверл диаметром до 6,3 мм угол наклона винтовой канавки $\omega = 15^\circ$, для сверл диаметром от 6,3 до 30 мм $\omega = 20^\circ$.

Ширина ленточки за пластинкой твердого сплава равна 0,5—1,5 мм и увеличивается к хвостовику максимально на 0,4 мм на 100 мм длины (допускаемые отклонения $\pm 0,2$ мм).

Все сверла, выпускаемые отечественными заводами в массовом производстве, затачиваются с углами при вершине $2\varphi = 118 \pm 2^\circ$, независимо от качества обрабатываемого материала.

Формы заточки сверл, оснащенных пластинками твердого сплава
(РТМ 7—65, МН 316—65÷МН 319—65)

Диаметр сверла в мм	Наименование формы заточки	Обозначение	Эскиз заточки режущей части
До 12	Нормальная	Н	
	Нормальная с подточкой поперечной перемычки	НП	
От 12 до 30	Двойная	Д	
	Двойная с подточкой поперечной кромки	ДП	

Приведем рекомендуемые значения угла при вершине 2ϕ для сверл, оснащенных твердым сплавом, в зависимости от обрабатываемого материала [18].

Обрабатываемый материал	Угол 2ϕ в град
Чугун $HB\ 220-300$, ковкий чугун	120
Чугун $HB\ 300-400$	140
Стальное литье, нержавеющая сталь, хромоникелевая сталь с $\sigma_s = 140\ \text{кг/мм}^2$	120
Фосфористая бронза	130
Инструментальная сталь, кокильные твердые отливки	140

Задний угол α у сверл, оснащенных твердыми сплавами, рекомендуется на периферии по пластинке $10-12^\circ$, а по корпусу $18-20^\circ$.

Вследствие того, что наклон винтовых канавок у сверл, оснащенных пластинками твердых сплавов, начинается у конца пластинки, величина переднего угла γ на режущей кромке не зависит от угла наклона винтовой канавки ω .

Передние углы предусматриваются на пластинках или образуются подточкой передних поверхностей.

Для сверл, оснащенных твердыми сплавами, при обработке различных материалов, рекомендуются значения передних углов [18], указанные в табл. 28.

Таблица 28

Значения передних углов для сверл, оснащенных твердым сплавом
(по данным ВНИИ)

Обрабатываемый материал	Механические свойства	Передний угол γ в град
Чугун	$HB\ 200$ $HB\ 300-400$	$+7$ 0
Стальное литье, нержавеющая сталь, хромоникелевая сталь	$\sigma_s = 140\ \text{кг/мм}^2$	0
Инструментальная сталь, кокильные твердые отливки, марганцовистая сталь	—	$-2 \div -3$
Ковкий чугун, фосфористая бронза	—	$+4$
Закаленная сталь	$HRC\ 45$ $HRC\ 55$ $HRC\ 64$	-5 -10 -15

21. БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СВЕРЛА

Повышение производительности при обработке отверстий сверлами, изготовленными из инструментальных сталей, достигается различными способами. К ним можно отнести: применение новых режущих материалов, усовершенствование геометрии инструмента, новые способы заточки и т. д. Использование этих способов во многих случаях дает возможность повышать режимы резания или увеличивать стойкость сверл.

Приведем некоторые сведения о производительных быстрорежущих сверлах.

Сверла с подточкой перемычки. Для уменьшения осевого усилия при сверлении В. И. Жиров предложил новую заточку сверл. При

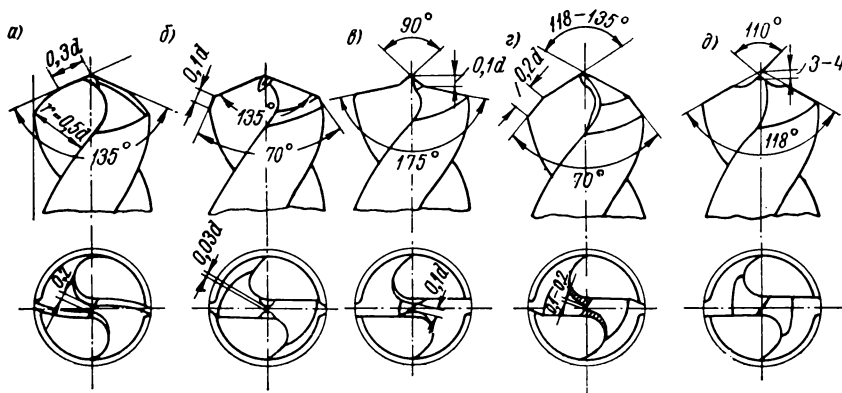


Рис. 96. Усовершенствованные виды заточки сверл

заточке по способу В. И. Жирова поперечное лезвие сверла прорежается. Такие сверла хорошо себя зарекомендовали при обработке чугунных деталей. Однако эти сверла не имеют достаточной прочности при обработке стали, так как толщина перемычки сверла уменьшается по ослабленному сечению режущей части.

Виды заточки сверл, которые предусматривают не перерезание, а подточку перемычки до 0,1—0,2 мм, приведены на рис. 96.

Проведенные Менцелем сравнительные испытания сверл с нормальной усовершенствованной двойной заточкой (рис. 96, б) и заточкой, предложенной Клеммом (рис. 96, а), показали, что заточки равноценны при сверлении чугуна и дают повышение стойкости в среднем до четырех раз по сравнению с обычными. При сверлении стали 45 благодаря усовершенствованной двойной заточке стойкость сверла повысилась в три—пять раз, а благодаря заточке Клемма — в 1,5—3 раза.

На рис. 96, в показана центрирующая заточка сверла, предложенная Дреез и предназначенная для сверления листового материала толщиной до 1,2d сверла. Центрирующая заточка сверла значительно

улучшает условия засверливания, уничтожает заусенцы при выходе из отверстия, снижает поломки сверл и выкрашивания их при выходе из отверстия.

Заточка, предложенная Э. И. Фельдштейном и В. М. Путовым (рис. 96, з), является усовершенствованной формой подточки, предложенной Оксфордом для сверл с утолщенной перемычкой. Эта заточка обеспечивает хорошее врезание и центрирование, дает значительное снижение осевой силы, повышает стойкость сверла в 1,8 раза, позволяя работать на больших подачах.

Заточка, предложенная Глушенко (рис. 96, д), по данным технологической лаборатории Красноярского завода Сибтяжмаш, обеспечивает повышение производительности при сверлении стали на 30%.

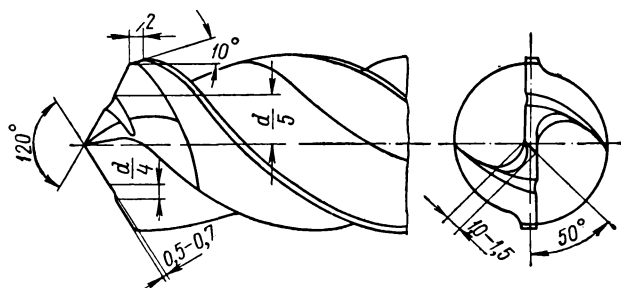


Рис. 97. Усовершенствованная форма заточки сверла новатора М. Р. Лучина

Эта заточка дает снижение осевой силы и способствует отводу стружки из зоны резания. Однако заточка этого сверла является сложной.

Сверла с канавками для дробления стружки. Усовершенствованная форма заточки быстрорежущего сверла, предложенная токарем-новатором Московского машиностроительного завода М. Р. Лучиным [35], приведена на рис. 97.

На режущих кромках затачивают две несимметричные кольцевые канавки шириной у режущей кромки, равной $1/4d$ сверла, а на концах кромок — небольшие фаски.

При сверлении стали с новой геометрией заточки вся ширина стружки разбивается на отдельные узкие участки, поэтому снижается сила резания и повышается стойкость сверла. Стружка легко отводится и полностью ликвидируется скопление ее в канавках сверла.

Благодаря данной заточке стало возможным обрабатывать глубокие отверстия при $d_{св} = 25 \div 30$ мм на увеличенных подачах.

Сверла, заточенные по предложению М. Р. Лучина, могут быть рекомендованы для сверления сталей любых марок. Особенно эффективно использование их при сверлении нержавеющей и жаропрочных сталей с применением охлаждающей пятипроцентной эмульсии.

При работе указанными сверлами обеспечивается повышение производительности труда до двух раз. Заточка, предложенная М. Р. Лучиным, применяется для сверл $d_{св} = 10 \div 30$ мм.

Сверла повышенной жесткости. Для обработки отверстий в труднообрабатываемых материалах высокой прочности рекомендуется применять сверла повышенной жесткости. Для выявления наиболее производительных марок быстрорежущих инструментальных материалов при сверлении заготовок из жаропрочных сталей и сплавов в ЦНИИТмаше [85] были проведены исследования режущих свойств стандартных сверл.

Наилучшие результаты при сверлении деталей из жаропрочных сплавов ХН80ТБЮ и ХН35ВТ показали сверла из быстрорежущей кобальтовой стали марки Р9К5, которые дают повышение стойкости по сравнению со сталью Р18 в три-четыре раза и повышение производительности (по скорости резания) до 7—9%.

На рис. 98 представлены элементы заточки сверла повышенной жесткости. Результаты исследований, проведенных канд. техн. наук К. Н. Кирилловым [84], позволили установить общую зависимость для определения площади поперечного сечения сверла повышенной жесткости:

$$F = 0,58 d^{1,9} \text{ мм}^2,$$

где F — площадь поперечного сечения тела сверла перпендикулярно оси на расстоянии одного диаметра от вершины при толщине сердцевинки сверла $(0,35 \div 0,4) d$ в мм; d — диаметр сверла в мм.

Как видно из рис. 98, при подточке поперечной режущей кромки сверла происходит искривление режущей кромки в точке b , вызывающее повышенный износ, уменьшение стойкости сверла, а также ухудшение схода стружки. Для более рациональной эксплуатации сверла было установлено, что для получения прямолинейной режущей кромки сверла после подточки его поперечной кромки форма канавки сверла должна быть такой, чтобы режущая кромка проходила по линии $a-b-u-c$ и являлась касательной к окружности, диаметр которой равен ширине перемычки сверла (кривая $b-b-u-c$ получена стандартной фрезой, кривая $a-b-u-c$ — специальной фрезой; кривая $b-k-u$ — огибающая поверхность подточки перемычки сверла; площадь abv обеспечивает прямолинейность режущей кромки сверла после подточки). Как указывают авторы, расчет профиля канавок сверл производился по рекомендуемой методике.

На рис. 99 представлены рациональные конструктивные элементы сверл повышенной жесткости для различного диапазона диаметров.

Основные оптимальные геометрические параметры, рекомендуемые при обработке заготовок из нержавеющей и жаропрочных материалов: задний угол $\alpha = 12 \div 15^\circ$, $2\phi = 125 \div 130^\circ$, ширина поперечной режущей кромки $b = (0,08 \div 0,1) d$; при обработке заготовок

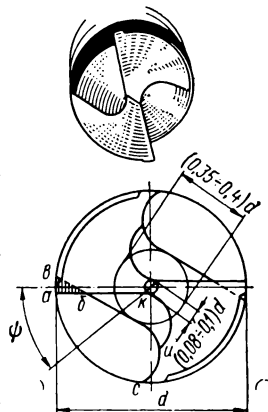


Рис. 98. Элементы заточки сверла повышенной жесткости

можно осуществлять за одну операцию три перехода обработки: сверление, рассверливание и снятие фаски.

Указанные выше многоленточные (многоперовые) комбинированные сверла в процессе их эксплуатации позволяют значительно повысить производительность, особенно автоматических и полуавтоматических линий.

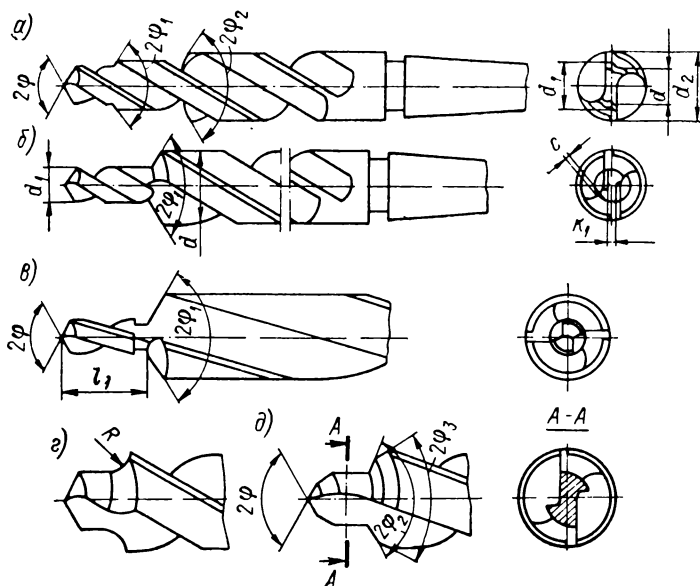


Рис. 100. Комбинированные спиральные ступенчатые сверла: а — сверло с небольшой разницей в перепадах диаметров (d , d_1 , d_2) отдельных ступеней; б — пример переделки (сошлифовки) длины рабочей части нормализованного сверла под меньший диаметр (d_1) без ленточки, спинка образована за счет затылования на величину c с соответствующей подточкой до новой толщины сердцевины κ_1 и образованием режущей части остального сверла ($2\phi_1$); в — пример специального изготовления двухленточного ступенчатого сверла с большим перепадом диаметров (при переточках выдерживаются элементы l_1 , 2ϕ и $2\phi_1$); г — д — сверла, обеспечивающие при помощи радиуса R и разных углов 2ϕ , $2\phi_2$ и $2\phi_3$ требуемые конфигурации отверстий

Сверла с внутренним охлаждением. По сравнению со стандартными эти сверла обладают повышенной стойкостью, так как смазочно-охлаждающая жидкость, попадая в зону резания, лучше охлаждает режущие кромки сверла. Кроме того, смазочно-охлаждающая жидкость, поступающая под давлением, облегчает удаление стружки. Это повышает качество обрабатываемых отверстий и производительность труда.

Существует ряд конструкций сверл с внутренним охлаждением: с каналами для внутреннего охлаждения и с отверстиями [18].

Прогрессивный метод получения отверстий у винтовых сверл с предварительно просверленными, а затем прокатными отвер-

ствиями разработан во ВНИИ¹. Этот метод является более технологичным (в сравнении с обычным методом) и основан на пластической деформации проката заготовки в предварительно нагретом состоянии.

Конструкция этих сверл и метод их изготовления позволяют значительно расширить диапазон сверл с внутренними отверстиями, создать более рациональные формы сверл, которые могут дать стране большую экономию металла, значительно снизить трудоемкость при изготовлении этих сверл и повысить производительность.

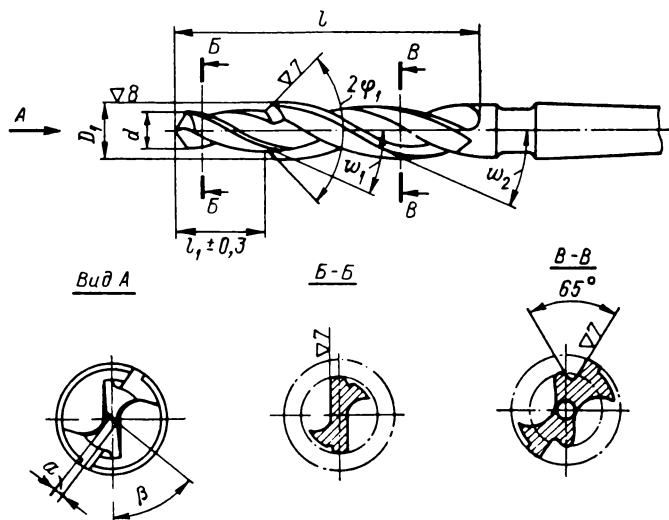


Рис. 101. Элементы комбинированного (четырёхленточного) сверла конструкции завода ЗИЛ

Конструкция сверл с прокатанными отверстиями для внутреннего охлаждения достаточно прочна и лишена тех недостатков, которые имеют другие конструкции сверл и методы получения внутренних отверстий для подвода жидкости. Эти сверла обладают повышенной стойкостью и позволяют работать на повышенных режимах.

Спиральные отверстия рабочей части сверла соединяются с прямыми осевыми отверстиями хвостовой части около сварного шва вблизи шейки сверла, а подвод смазочно-охлаждающей жидкости осуществляется со стороны торца хвостовой части сверла.

На рис. 102 представлено сверло с прокатанными отверстиями для подвода СОЖ. Выбранная форма отверстий подобна форме перьев сверла, а центры отверстий смещены к периферии и к главным режущим кромкам, что улучшает подвод жидкости и упрочняет сердцевину сверла.

Длина заготовки рабочей части сверла с прокатанными отверстиями значительно короче (примерно в два раза), а диаметр сверл

¹ Автор новой конструкции сверл П. Я. Овчинников.

для сверления отверстий в два раза больше по сравнению со сверлами с впаиваемыми трубками [18].

Отверстия в цилиндрической заготовке сверлятся на длину 15—20 диаметров, а затем эту заготовку подвергают электронагреву до температуры 1050—1150° С с последующей прокаткой для получения необходимого профиля. Просверленные отверстия предварительно заполняют наполнителями для предохранения их от слипания. В качестве наполнителя могут применяться различные химические соединения, металлы, сплавы и другие вещества.

В процессе термической обработки сверл наполнитель плавится.

Изготовление винтовых сверл с прокатанными отверстиями дает экономию быстрорежущей стали (примерно на 40%) ввиду умень-

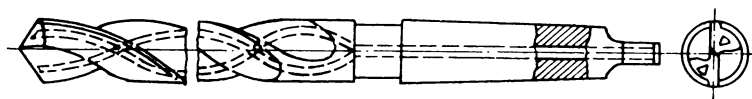


Рис. 102. Сверло конструкции П. Я. Овчинникова с прокатанными отверстиями для подвода СОЖ

шения длины заготовок и снижения трудоемкости процесса за счет исключения фрезерования канавок сверл.

Сверла конструкции ВНИИ хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации на повышенных режимах резания.

Геометрические параметры сверл аналогичны стандартным.

Сверление отверстий в высокопрочных материалах и, в частности в жаропрочных сплавах (типа ЭИ 437Б), сопровождается высокими температурами и низкой их обрабатываемостью, что объясняется повышенной вязкостью этих материалов в состоянии поставки, склонностью к наклепу и налипанию стружки на инструмент и худшими условиями деформирования.

В Куйбышевском авиационном институте канд. техн. наук Е. Г. Кузовенко [87] под руководством д-ра техн. наук Н. И. Резникова в результате проведенных исследований и производственных испытаний были разработаны конструкции быстрорежущих и твердосплавных сверл с центральным внутренним отверстием для охлаждения.

Это дало возможность повысить производительность сверления при обработке жаропрочных материалов по сравнению со сверлами обычной конструкции в 2—2,5 раза, сверлить глубокие отверстия и использовать сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава.

Как показала практика работы на заводах, предложенные конструкции сверл можно использовать при обработке легированных и конструкционных сталей с давлением СОЖ до 3—5 атм.

На рис. 103 показаны сверла с центральным отверстием для подвода СОЖ.

В конструкции сверла из быстрорежущей стали (рис. 103, а) предусмотрены отверстия d_1 и d_2 . Отверстия d_2 могут соединяться с

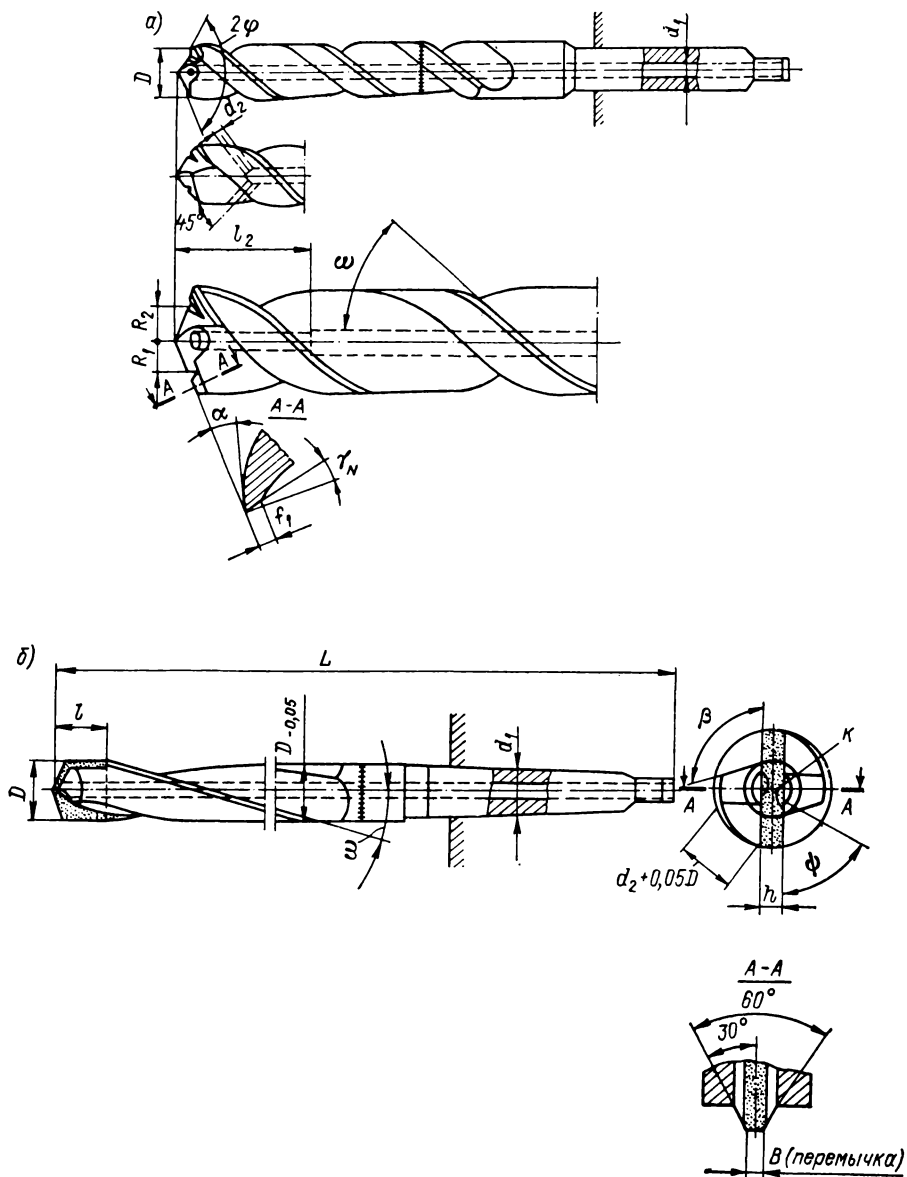


Рис. 103. Сверла конструкции Е. Г. Кузовенко с центральными отверстиями для подвода СОЖ в зону резания: а — сверло из быстрорежущей стали; б — сверло, оснащенное пластинкой из твердого сплава

центральный канал d_1 двумя способами: параллельно оси сверла с выходом на переднюю поверхность (для глухих отверстий) и под углом 45° через середину пера (для сквозных отверстий). Для обеспечения жесткости и прочности сверла предусматривается увеличение диаметра сердцевины сверла $d_c = (0,4 \div 0,45) D_{св}$ и сечения профиля канавок. Сверло имеет следующие геометрические параметры: угол заборного конуса $2\varphi = 140^\circ$, угол винтовой канавки сверла $\omega = 35^\circ$, передний угол γ_N обеспечивается специальной заточкой в зависимости от свойств жаропрочного материала на фаске $f_1 = 0,07 D_{св}$, задний угол $\alpha_N = 18^\circ$, длина поперечной кромки $B = 0,1 D_{св}$, $\psi = 55^\circ$, ширина направляющей ленточки f_s на 30% меньше, чем у стандартных сверл.

В конструкции сверла, оснащенного пластинкой из твердого сплава (рис. 103, б), предусмотрено охлаждение зоны резания через сегментные отверстия κ по боковым сторонам твердосплавной пластинки; центральное отверстие d_1 немного больше толщины пластинки твердого сплава h . Геометрические параметры сверла: угол при вершине $2\varphi = 140^\circ$, задний угол $\alpha_N = 15^\circ$ (плоская заточка), передний угол $\gamma_N = 5^\circ$, величина поперечной кромки (подточенной) $B = 0,11 D_{св}$, $\psi = 56^\circ$, диаметр сердцевины $d_c = (0,4 \div 0,45) D_{св}$, угол канавки $\beta = 110^\circ$, угол наклона винтовой канавки на длине твердосплавной пластинки вначале $\omega = 0^\circ$, а затем 15° ; сверло имеет конусность к хвостовику. Остальные элементы соответствуют стандарту на твердосплавные сверла.

Исследования сверл, оснащенных пластинками из твердого сплава ВК8 при сверлении отверстий в углеродистой стали 45, высокомарганцовистой аустенитной стали 45Г17ЮЗ и литой жаропрочной стали Х24Н12СЛ (после удаления литейной корки), проведенные на Сестрорецком инструментальном заводе, показали высокую их работоспособность [86].

На рис. 104 представлены отдельные геометрические параметры сверл, изготавливаемых Сестрорецким инструментальным заводом им. Воскова. Сверла имеют внутренние отверстия для подвода СОЖ в зону резания под давлением; сверла затачивались алмазным кругом по передним и задним поверхностям по плоскости. При этом обеспечивалась следующая геометрия заточки: передний угол $\gamma = 0^\circ$, задний угол $\alpha = 12^\circ$, угол при вершине сверла $2\varphi = 120^\circ$, угол $2\varphi_1 = 80^\circ$; подточку поперечной режущей кромки осуществляли со стороны передних поверхностей на длине режущей кромки не более

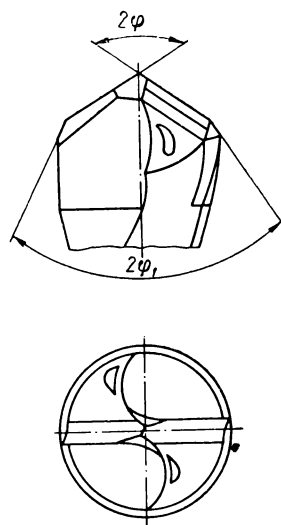


Рис. 104. Геометрические параметры сверла, оснащенного пластинкой из твердого сплава, имеющего внутренние отверстия для подвода СОЖ в зону резания (конструкция ВНИИ)

1/8 диаметра сверла, длина поперечной режущей кромки равнялась 0,1 диаметра сверла.

В результате проведенных исследований выявлено, что при сверлении сталей сверла с прокатанными отверстиями (оснащенные пластинками твердого сплава ВК8) можно эффективно использовать только при подводе СОЖ под давлением до 25 кг/см^2 .

Эти сверла отличаются от обычных сверл из быстрорежущей стали повышенной стойкостью и производительностью при обработке жаропрочных литых сталей с повышенными абразивными свойствами (типа Х24Н12СЛ), а также при сверлении высокомарганцевистой стали (типа 45Г17ЮЗ).

Вместе с тем исследования показали, что использование этих сверл для сверления конструкционных сталей нецелесообразно, так как они не выявили преимуществ по сравнению с быстрорежущими сверлами.

22. СВЕРЛА, ОСНАЩЕННЫЕ ПЛАСТИНКАМИ ИЗ ТВЕРДОГО СПЛАВА

Сверла, оснащенные пластинками твердого сплава марок ВК6, ВК8, используются в промышленности главным образом при обработке чугуна и обеспечивают значительное повышение производительности по сравнению со сверлами из инструментальной быстрорежущей стали.

Для обработки стали сверла обычно оснащают твердым сплавом марок Т5К10 и Т15К6. Реже используется твердый сплав марки ВК8. Размеры и форма пластинок выбираются по ГОСТ 2209—69.

В целях повышения жесткости при сверлении величина сердцевины сверла увеличивается $d_c = (0,25 \div 0,27)d \text{ мм}$, где d — диаметр сверла [18, 155].

Увеличение диаметра сердцевины по направлению к хвостовику принимается в пределах 1,4—1,8 мм на 100 мм длины сверла. Увеличивается также обратная конусность [155].

Для повышения виброустойчивости длина рабочей части сверла делается меньше, чем длина сверла из быстрорежущей стали.

При работе без кондуктора длина рабочей части сверла, оснащенного пластинками твердого сплава,

$$l_0 = l + (1,5 \div 2) d,$$

где l — глубина сверления в мм; $(1,5 \div 2) d$ — прибавка на переточку сверла.

При работе по кондуктору длина твердосплавных сверл принимается такой же, как и для сверл из быстрорежущей стали.

Корпус сверла делается цилиндрическим с заниженным диаметром (на 0,2—0,3 мм) по сравнению с минимальным диаметром сверла в конце пластинки. Для уменьшения осевой силы и нагрузки на сверло перемышку пластинки твердого сплава следует подтачивать в пределах 1,8—3,5 мм, в зависимости от размера сверла.

Сверла, оснащенные пластинками твердого сплава, изготавливаются с прямыми канавками, которые целесообразно применять при длине

сверления до двух диаметров сверла [18]. Конструкция сверл с прямыми канавками значительно проще, чем у сверл с винтовыми канавками.

Сверла с винтовыми канавками предназначены для обработки отверстий под болты, винты, под резьбу и для сверления листового материала. Сверла с винтовыми канавками изготавливаются с углами наклона канавок $\omega = 15 \div 20^\circ$ и $\omega = 45 \div 60^\circ$. Сверла с углом наклона $\omega = 15 \div 20^\circ$ рациональнее использовать при сверлении неглубоких отверстий, а для обработки глубоких отверстий угол наклона винтовой канавки ω выбирается до 60° .

Конструктивные и геометрические параметры сверла конструкции ВНИИ, оснащенного пластиной твердого сплава Т15К6 и предназначенного для сверления незакаленной стали, приведены на рис. 105. Угол наклона винтовой канавки рабочей части сверла $\omega = 20^\circ$, угол наклона винтовой канавки на пластинке — 14° . Режущая пластинка наклонена к оси на угол 6° . Толщина сердцевины сверла $d_1 = 0,25d_{\text{св}}$. Задний угол α на периферии пластинки равен $8-10^\circ$ ¹, а на корпусе $18-20^\circ$. Угол при вершине $2\varphi = 118 \div 120^\circ$.

Повышение прочности режущих кромок достигается введением на фаске $f_1 = 0,6 \div 1,0$ мм заточки переднего угла, равного 0° , и на фаске по задней поверхности шириной $f_2 = 1,0 \div 1,9$ мм заточки задних углов $\alpha_n = 8^\circ$ [155].

Сверла, предназначенные для обработки чугуна, имеют те же размеры. Угол наклона канавки на пластинке принимается равным $6-8^\circ$, задний угол на периферии по пластинке рекомендуется больший ($10-12^\circ$).

Сверло с большим углом наклона винтовой канавки предназначено для сверления глубоких отверстий ($4 \div 10$) d . Угол наклона винтовой канавки $\omega = 60^\circ$. С увеличением угла наклона винтовой канавки улучшается отвод стружки.

При сверлении в металле, особенно без охлаждения, значительно возрастает температура в зоне резания и возникает опасность скопления стружки в стружечных канавках. Поэтому при сверлении глубоких отверстий в чугуне и легких сплавах рекомендуется работать сверлами с увеличенным углом наклона винтовой канавки

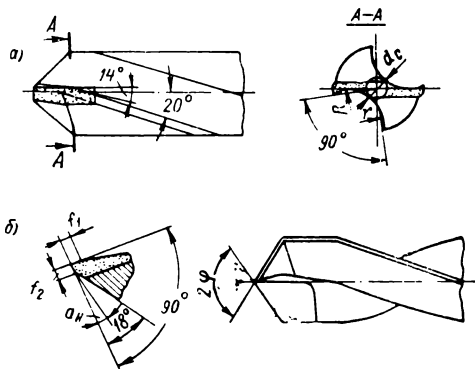


Рис. 105. Сверло конструкции ВНИИ: а — конструктивные элементы; б — геометрические параметры

¹ Сверла, оснащенные твердым сплавом, обычно затачиваются по плоскостям (18).

(45—60°) [155]. Если применяют сверла с увеличенным углом наклона винтовой канавки, калибрующая часть сверла выполняет роль шнека для транспортировки стружки, без периодического вывода сверла из отверстия.

В настоящее время на заводах машиностроения и металлообработки сверла с увеличенным углом наклона винтовой канавки получают распространение при сверлении глубоких отверстий.

Геометрические параметры твердосплавного сверла с большим углом наклона винтовой канавки показаны на рис. 106.

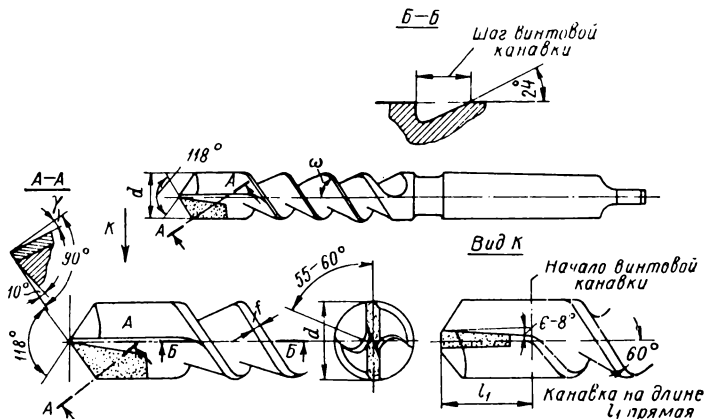


Рис. 106. Сверло, оснащенное пластинкой из твердого сплава, с большим углом наклона винтовой канавки ($\omega = 60^\circ$)

Бесперемычное твердосплавное сверло со специальной подточкой конструкции КМГ (авторы: д-р техн. наук В. А. Кривоухов, кандидаты технических наук М. А. Мякишев и А. С. Гаманин) приведено на рис. 107, а.

Сверло КМГ имеет шесть режущих кромок и различные геометрические параметры. Углы заточки: $2\varphi = 160^\circ$, $2\varphi_1 = 150^\circ$ и $2\varphi_0 = 90^\circ$, режущие кромки параллельны осевой плоскости. Такое расположение режущих кромок облегчает разделение и удаление стружки в процессе сверления. Авторы данной конструкции рекомендуют эти сверла при сверлении высоколегированных сталей повышенной прочности.

Такая заточка сверла облегчает работу сверла и повышает стойкость сверл в 2,5—3 раза, осевые силы уменьшаются до 35%.

На рис. 107, б показано бесперемычное сверло, оснащенное пластинкой твердого сплава ВК8, конструкции д-ра техн. наук проф. Н. А. Шевченко. Сверло характеризуется радиальным направлением главных режущих кромок, несколько искажаемым подточкой по передней поверхности под углом $\gamma = 5^\circ$. Угол $2\varphi = 116^\circ$, угол $2\varphi_0 = 116^\circ$. Затылочная поверхность сверла, как и у всех приведенных выше сверл, оснащенных пластинками твердого сплава, является плоскостью.

В Брянском институте транспортного машиностроения была проведена работа по исследованию сверл, оснащенных пластинками твердого сплава, при обработке стали и чугуна.

Для проведения исследований предварительно была установлена оптимальная геометрия сверл стандартной конструкции (рис. 108) и сверл конструкции Н. А. Шевченко.

Исследовались сверла диаметрами 23 и 20 мм, оснащенные пластинками твердого сплава Т15К6, Т5К10 и ВК8, при сверлении стали с $\sigma_s = 57 \text{ кг/мм}^2$ и при сверлении чугуна НВ 180. Наиболее

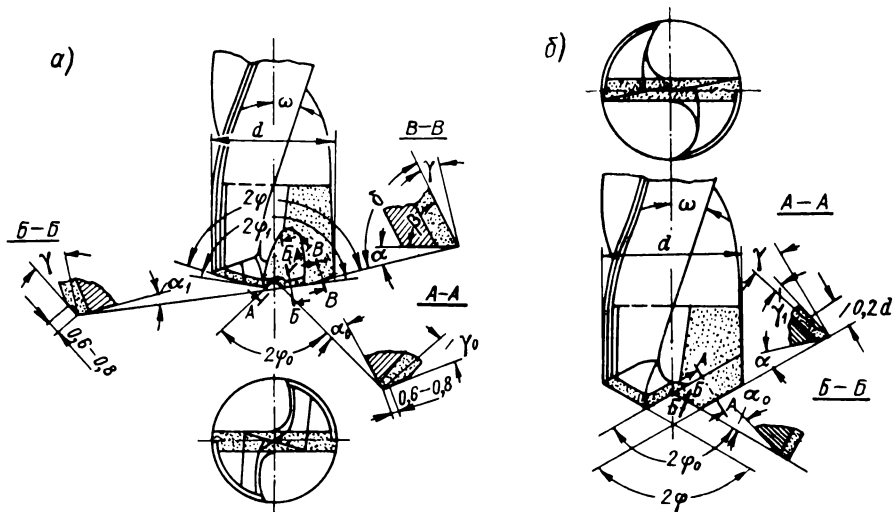


Рис. 107. Бесперемычные сверла: а — конструкции КМГ; б — конструкции Н. А. Шевченко

высокую стойкость показали сверла твердого сплава ВК8 как при сверлении чугуна, так и при сверлении стали. Длина прохода $l = (2 \div 2,5) d \text{ мм}$ при сверлении чугуна и длина прохода $l = 2d \text{ мм}$ при сверлении стали.

Было установлено, что лучшую стойкость обеспечивают сверла со следующими геометрическими параметрами: углом подъема винтовой канавки $\omega = 20^\circ$, задним углом $\alpha = 12 \div 15^\circ$ при сверлении стали и при сверлении чугуна $10 \div 12^\circ$ (при заточке задней поверхности по плоскости у сверл конструкции Н. А. Шевченко оптимальный задний угол при сверлении стали равен 20° , а при сверлении чугуна 17°), двойным углом в плане и двойным углом обратной заточки (для сверл конструкции Н. А. Шевченко), равным 116° , длиной поперечной кромки $2 \div 2,5 \text{ мм}$ и радиусом закругления вершин обратной заточки $0,5 \text{ мм}$.

Как показали исследования, радиальное расположение главных режущих кромок обеспечивает положительное значение угла γ на всей длине кромки. Главный угол в плане имеет постоянное значение.

За критерий затупления был принят износ по задним поверхностям $h_z = 0,7 \div 0,8$ мм.

При сверлении стали охлаждались 10-процентным раствором эмульсии, а чугун не охлаждался.

Как показали стойкостные и динамические исследования, лучшие результаты обеспечивают бесперемычные сверла с радиальным расположением главных режущих кромок. Двойная заточка твердосплавных сверл повышает стойкость при сверлении стали и чугуна.

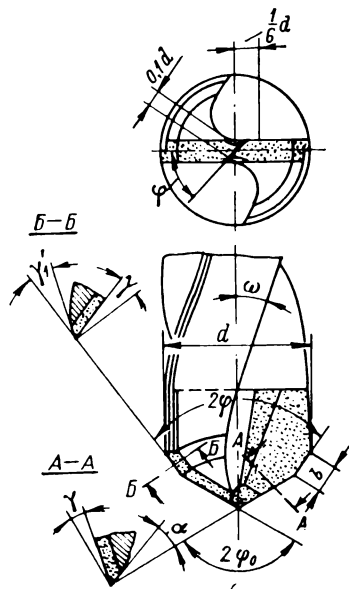


Рис. 108. Сверло стандартной конструкции с параметрами: $2\varphi = 116^\circ$, $2\varphi_0 = 70^\circ$, $\alpha = \alpha_1 = 15^\circ$ и $b = 0,15$ мм

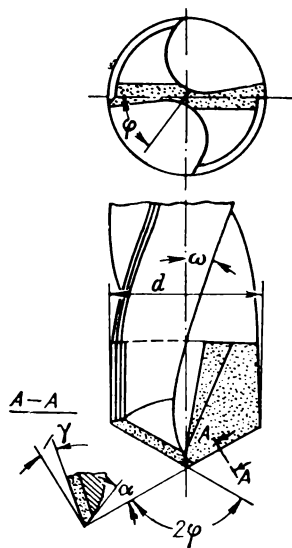


Рис. 109. Сверло с упрощенной подточкой конструкции Н. К. Клебанова

Как установлено, сверление конструкционных сталей следует производить только с обильным охлаждением. При обработке стали без охлаждения режимы резания следует уменьшить на 40—50%.

Двойная заточка сверл уменьшает осевую силу, но увеличивает крутящий момент. Следует также отметить, что применение охлаждающей жидкости уменьшает силы на 15—20% и крутящие моменты на 20—25%.

Исследования показали, что твердосплавные сверла стандартной конструкции (рис. 108) в механическом отношении прочнее бесперемычных сверл.

При подачах $s = 0,03d_{св}$ в мм/об и скоростях резания $v = 40 \div 50$ м/мин стандартные сверла и сверла конструкции Н. К. Клебанова (рис. 109) показали большую стойкость, чем бесперемычные сверла.

При подачах $s = 0,015d_{св}$ в мм/об и скоростях резания $v = 40 \div 50$ м/мин, но при экономической стойкости инструмента, явное преимущество имеют бесперемычные сверла.

Таким образом, с точки зрения производительности лучшие результаты обеспечивают бесперемычные сверла с радиальным расположением главных режущих кромок на всей их длине или на части длины кромок, прилегающих к центру сверла.

Следует указать на сложность заточки сверл с двойной заточкой и бесперемычных сверл путем их получения (переточки) из стандартных твердосплавных сверл. В этом отношении наиболее экономичны сверла с радиальным расположением главных режущих кромок, которые перетачиваются после двух установок на заточном универсальном станке типа ЗА64 с помощью спроектированных и изготовленных для этой цели приспособлений. Сверла с ломаной режущей кромкой (типа В. И. Жирова и др.) требуют неоднократной установки их при заточке. Сверло Н. К. Клебанова перетачивается с двух установок, но при этом снимается большое количество твердого сплава.

Таблица 29

Геометрические параметры
заточки сверл

Твердость чугуна (НВ)	Угол 2φ в град	
	возле углов	у вершины сверла
140—180	80—90	95—100
120—240	90—100	110—115

Оптимальная геометрия и конструкции винтовых сверл были исследованы в КПИ¹. Были проведены стойкостные испытания и выявлены оптимальные параметры сверл, оснащенных твердым сплавом ВК8, при обработке отверстий чугуна. Д-р техн. наук проф. С. С. Рудник, анализируя влияние отдельных геометрических параметров, предложил улучшить отдельные элементы сверла.

Геометрические параметры заточки сверл в зависимости от твердости обрабатываемого чугуна приведены в табл. 29.

Для повышения стойкости периферийной части режущих кромок целесообразно придавать этой части кромок небольшой отрицательный передний угол γ от -5 до -10° , ширина фаски равна $0,2-0,3$ мм вдоль периферийной части режущих кромок на передней поверхности сверла. Задний угол для твердосплавных сверл следует выбирать $\alpha = 10 \div 15^\circ$ при $D = (0,9 \div 0,95) d_{св}$, где $d_{св}$ — диаметр сверла. Рекомендуется также затылование направляющих ленточек.

При скоростном сверлении отверстий в чугуне проф. С. С. Рудник рекомендует применять твердосплавные сверла с углом наклона винтовой канавки $\omega = 20^\circ$, а также сверла с прямыми канавками; но при сверлении с глубиной $l > 4D$ следует применять сверла с винтовыми канавками, которые обеспечивают лучший отвод стружки. Однако сверла с прямыми канавками проще в изготовлении и допускают большее число переточек. Применение сверл с прямыми

¹ Киевский политехнический институт.

канавками проф. С. С. Рудник рекомендует для скоростного сверления в чугунах отверстий при глубине сверления $l < 4D$.

Для сверления отверстий $D = 22 \text{ мм}$ в чугунах сверлом, оснащенным пластинкой твердого сплава ВК8, при подачах $s = 0,275 \div 0,4 \text{ мм/об}$ скорость резания была доведена до $v = 64 \text{ м/мин}$, стойкость сверла была выше нормативной.

Сверла, выполненные по рекомендациям КПИ, работают со скоростями резания, превышающими в 3—3,5 раза скорости при работе сверлами из быстрорежущей стали.

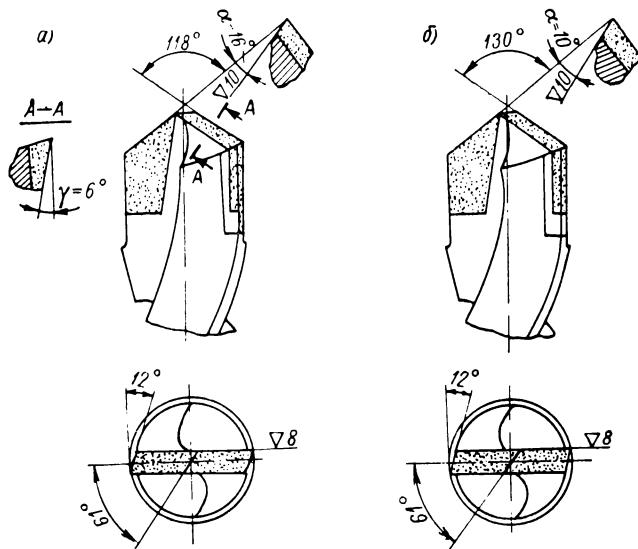


Рис. 110. Геометрические параметры твердосплавных сверл конструкции завода ЧТЗ: а—для сверления чугуна; б—для сверления закаленной стали

На рис. 110 показаны конструкции сверл, применяемых на ЧТЗ, и особенности геометрии их режущей части [35]. Сверло (рис. 110, а) применяется при обработке чугуна. Задний угол $\alpha = 10^\circ$, угол $2\phi = 118^\circ$. На пластинке твердого сплава выполняется обратный конус $0,1 \text{ мм}$ на длине 15 мм . Сверление закаленной стали осуществляется сверлом, показанным на рис. 110, б. Задний угол $\alpha = 10^\circ$, угол $2\phi = 130^\circ$. Задние поверхности выполняются плоскими. Это упрощает заточку и способствует повышению стойкости сверла.

Особенностью твердосплавных сверл ЧТЗ для обработки чугунов и закаленных сталей является отсутствие подточки поперечной режущей кромки.

Применение твердосплавных сверл на ЧТЗ дало возможность вести обработку на высоких режимах резания. Эти сверла обеспечивают шероховатость обработанной поверхности $\nabla 6—\nabla 7$ и точность 3—4-го классов.

На ЧТЗ сверлят отверстия также и в труднообрабатываемых высокоуглеродистых сталях.

Геометрические параметры твердосплавного сверла, рекомендуемые Киевским политехническим институтом, приведены на рис. 111. Сверло оснащается пластинкой твердого сплава ВК8 с двойной заточкой.

При подточке сверла величина a рекомендуется в зависимости от диаметра сверла:

$d_{св}$ в мм	10—15	15—25	25—30
a в мм	1,8—2,2	2,2—2,8	2,8—3,5

Для сверления при одинарной заточке угол 2φ рекомендуется $90—100^\circ$, это уменьшает нагрузку на режущую кромку и позволяет работать с увеличенными подачами. Двойная заточка сверл усили-

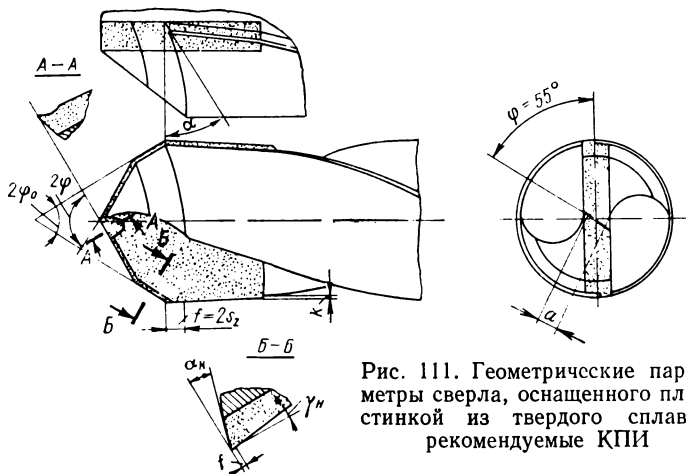


Рис. 111. Геометрические параметры сверла, оснащенного пластинкой из твердого сплава, рекомендуемые КПИ

вает прочность сверла, повышает его стойкость и улучшает качество обработки отверстий. При двойной заточке сверла $2\varphi = 116 \div 118^\circ$, $2\varphi_0 = 70 \div 75^\circ$ [35]. Обратная конусность режущей пластинки равна $30—35'$. Диаметр корпуса сверла твердосплавной пластинкой уменьшается на величину $\kappa = 0,2 \div 0,4$ мм.

На ленточке твердосплавной пластинки шлифуется цилиндрическая фаска $f = (1,5 \div 2) s_2$.

Рекомендации по рациональной эксплуатации сверл освещены и в работах докторов технических наук М. Н. Ларина, Д. Т. Васильева и др. [18, 21].

При обработке отверстий заготовок по неснятой корке рекомендуется применять направляющие втулки и затачивать сверла по конической поверхности (ВНИИ); без вывода сверл из зоны резания стандартными сверлами можно работать на глубину сверления до $4d_{св}$ при обработке пластичных и хрупких металлов; при глубине сверления отверстий в заготовках более $4d_{св}$ рекомендуется применять сверла с устройствами для внутреннего охлаждения.

При сверлении отверстий в заготовках на длину более 10 диаметров с успехом могут быть применены сверла типа шнековых.

На рис. 112 представлены геометрические параметры сверла А. С. Черепанова с закругленным заборным конусом (радиус R), оснащенного пластинкой из твердого сплава ВК8. Данная заточка твердосплавных сверл позволяет более рационально распределять

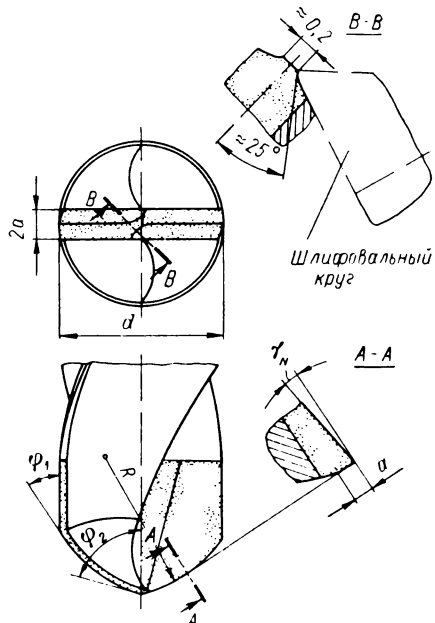


Рис. 112. Геометрические параметры сверла, оснащенного пластинкой из твердого сплава, конструкции А. С. Черепанова

задние и передние углы на главной режущей кромке: задние углы сверла в цилиндрических сечениях имеют примерно одинаковые значения оптимальной величины, что дает возможность обеспечить более равномерный износ; передние углы, находящиеся ближе к поперечной режущей кромке, имеют меньшие отрицательные значения, что дает возможность уменьшить силы резания. Автор предложил также схему симметричной подточки поперечной кромки сверла, оставляя небольшую длину (примерно 0,2 мм) неподточенного участка.

При сверлении труднообрабатываемой литой стали типа 30Х10Г10 предложенная радиусная заточка повышает стойкость сверла по сравнению со стандартной заточкой от 2,7 до 3,6 раза, производительность в среднем в 1,5 раза и значительно сокращает случаи поломки сверл. Данная конструкция сверл проверялась также при сверлении сталей

ЛГ13 и 18ХНМА, где результаты были получены примерно те же.

Автором предложено специальное приспособление для заточки сверл.

На рис. 113 показано сверло, оснащенное пластинкой из твердого сплава ВК6М, для производительного сверления жаропрочных сплавов. Геометрические параметры сверла были выявлены при сверлении жаропрочных деформируемых сталей ЭИ 654Ш и 1Х18Н9Т аустенитного класса [8]. Как показали опыты, при сверлении труднообрабатываемых материалов необходимо работать с укороченными сверлами (с длиной рабочей части в 1,2—2 раза меньшей, чем у стандартных).

В результате испытаний двух типов подточки перемычки при сверлении труднообрабатываемых сталей было установлено, что стандартная подточка сверла показала лучшие результаты.

Применение этих сверл дает возможность увеличить производительность по машинному времени на 70—75%, однако, несмотря на

это, в процессе эксплуатации наблюдаются частые выкрашивания режущих кромок (даже при небольших подачах — $0,1 \text{ мм/об}$), поэтому при обработке жаропрочных материалов в ряде случаев большее применение имеют сверла из быстрорежущих сталей.

Одной из рациональных конструкций сверл, оснащенных твердым сплавом, являются сверла с твердосплавными коронками конструкции канд. техн. наук В. А. Остафьева [122].

Как показали исследования, эти сверла обеспечивают возможность многократного использования корпуса сверла и дают возможность осуществлять более рациональные геометрические параметры заточки.

У этих сверл стык спая находится на значительном расстоянии от зоны резания и работают сверла при высоких режимах резания. Длина твердосплавной коронки принимается равной $(1,0 \div 1,5) d_{св}$.

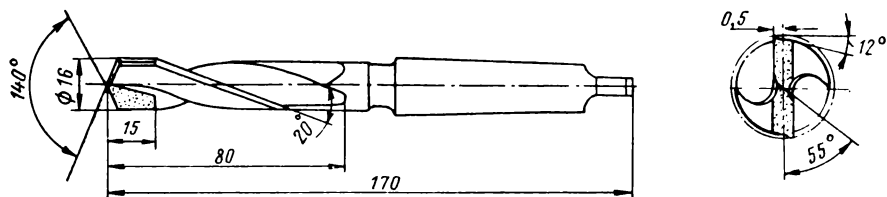


Рис. 113. Сверло для сверления жаропрочных сталей, оснащенное пластинкой из твердого сплава

Угол винтовой канавки на наружном диаметре сверла был принят $\omega = 20^\circ$. По данным В. А. Остафьева, при сверлении чугуна твердостью $HV 260 \text{ кг/мм}^2$ сверла, оснащенные твердосплавными коронками из сплава ВК6, дали увеличение периода стойкости сверла в 1,5 раза по сравнению с коронками из сплава ВК8; проведенные контрольные испытания по обработке серого чугуна также показали повышенную стойкость этих сверл. Скорость резания при сверлении стали (сталь Ст.3, стали 45, 1Х18Н9Т) сверлами, оснащенными коронками из твердого сплава и заточенными по двум плоскостям, может быть повышена в 2,5—3 раза по сравнению со скоростями резания, принятыми для сверл из быстрорежущей стали; при этом обеспечивается большая точность и чистота обработанной поверхности.

На рис. 114 показано спиральное сверло с коническим хвостовиком, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью (вариант), конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова. Материал рабочей части — твердый сплав марок ВК6, ВК6М, ВК8 или Т15К6 по ГОСТ 3882—67; материал корпуса сверл — сталь 45 (ГОСТ 1050—60) или сталь 9ХС (ГОСТ 5950—63). Согласно техническим условиям радиальное биение рабочей части сверл по ленточкам относительно оси хвостовика не должно превышать: $0,08 \text{ мм}$ — для сверл точного исполнения укороченной серии; $0,12 \text{ мм}$ — для сверл точного исполнения нормальной серии и сверл

общего назначения укороченной серии; 0,16 мм — для сверл общего назначения нормальной серии.

На длине твердосплавной рабочей части сверла должны иметь равномерную обратную конусность в пределах 0,02—0,04 мм на 100 мм длины.

Осевое биение не должно превышать для сверл точного исполнения 0,08 мм, а для сверл общего назначения — 0,15 мм.

Сверла данной конструкции предусмотрены диаметрами $D_{св} = 12,0 \div 25,0$ мм; длина твердосплавной рабочей части $l = 45 \div 65$ мм;

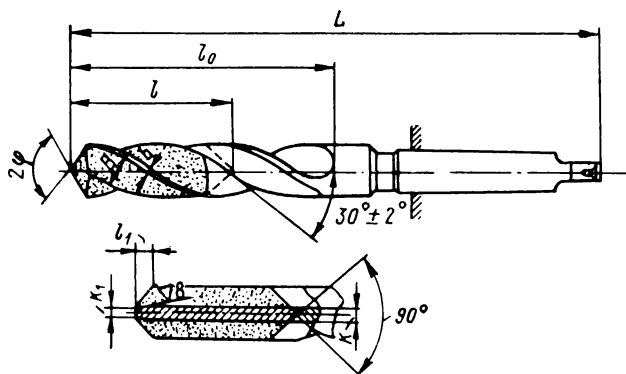


Рис. 114. Спиральное сверло с коническим хвостовиком конструкции Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова, оснащенное твердосплавной монолитной режущей частью

длина всей рабочей части сверла: для укороченной серии $l_0 = 70 \div 115$ мм; для нормальной серии $l_0 = 100 \div 145$ мм; длина всего сверла для укороченной серии $L = 170 \div 235$ мм, для нормальной серии $L = 200 \div 275$ мм.

Ширина пера $B = 7,8 \div 15,6$ мм; ширина направляющей ленточки $b = 0,7 \div 1,1$ мм; величина сердцевины сверла $\kappa = 3,3 \div 6,0$ мм; толщина перемычки после подточки $\kappa_1 = 1,0 \div 2,0$ мм.

23. СВЕРЛА, ИСПОЛЗУЕМЫЕ ДЛЯ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ

Обработка отверстий в заготовках на глубину, превышающую диаметр сверла более пяти раз, обычными стандартными сверлами невозможна. В этих случаях рекомендуются сверла специально для этого предназначенные.

Для осуществления операций глубокого сверления техническими условиями предъявляются повышенные требования. К основным требованиям относятся: обеспечение прямолинейности оси отверстия, отсутствие концентричности отверстия, получение повышенных классов точности и чистоты обработанной поверхности (точность обработки должна быть обеспечена в пределах 2—3-го классов) и др.

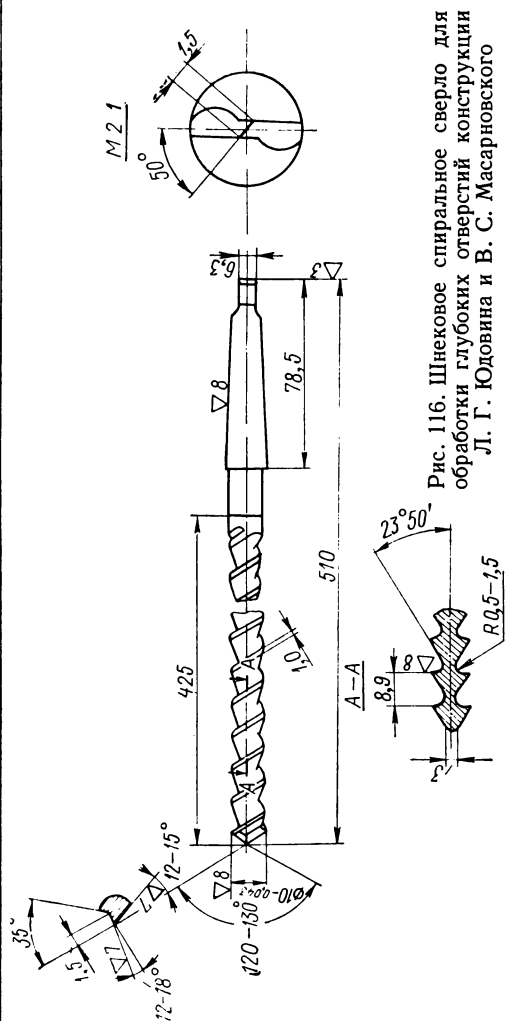


Рис. 116. Шнековое спиральное сверло для обработки глубоких отверстий конструкции Л. Г. Юдовина и В. С. Масарновского

до 30—40 диаметров как на горизонтальных, так и на вертикально-сверлильных станках с применением направляющих втулок, без периодических выводов сверла из отверстия.

Применение указанной конструкции сверл позволяет увеличить производительность труда за счет уменьшения основного технологического времени в два-три раза при значительном увеличении стойкости инструмента.

Для лучшего схода стружки канавка сверла полируется по всему профилю. Такие сверла с усиленной сердцевиной изготавливаются диаметром от 4,5 до 20 мм.

Подточка поперечной режущей кромки осуществляется по всей длине режущих кромок и захватывает спинку второго зуба.

Диаметр рабочей части сверла равномерно уменьшается к хвостовику на 0,04—0,1 мм на каждые 100 мм. Хвостовик сверла изготавливается из стали 40Х и термически обрабатывается.

Конструкция сверла может быть рекомендована для широкого внедрения. Это даст возможность в несколько раз повысить производительность при глубоком сверлении и значительно сократить расход режущего инструмента.

Сверла с большим углом наклона винтовой канавки могут оснащаться и твердосплавными пластинками.

Кольцевые сверла предназначены для высверливания отверстий в сплошном материале диаметром 80—200 мм и длиной отверстий до 500 мм.

На рис. 117 показано сверло для кольцевого сверления заготовок новатора Ленинградского металлического завода им. XII партсъезда А. П. Иванова. Данная конструкция кольцевого сверла дает возможность осуществить экономию металла при обработке отверстий.

Режущие пластинки 1 закрепляются в корпусе сверла 3. В стенках корпуса между винтовыми канавками под винтами 2 смонти-

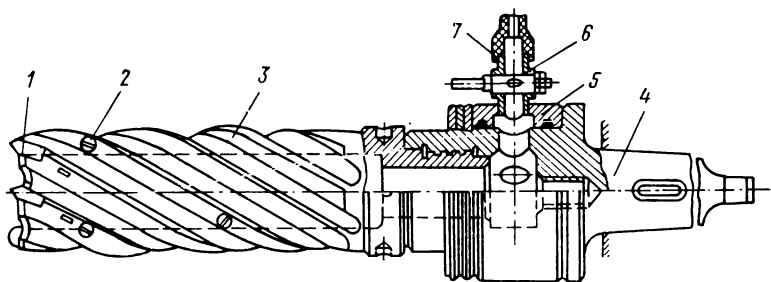


Рис. 117. Кольцевое сверло конструкции новатора А. П. Иванова

рованы шарики. Они обеспечивают сверлу постоянное направление в работе до тех пор, пока высверливаемый сердечник может направлять сверло в обрабатываемой заготовке. Как видно из представленной конструкции, корпус сверла соединен с оправкой 4 резьбой. При сверлении стальных заготовок предусмотрено устройство для подачи под давлением СОЖ в зону резания (кольцо 5 со штуцером 6 и резиновым шлангом 7).

Данная конструкция сверл нашла широкое применение на заводах тяжелого машиностроения и др., они могут быть использованы на станках общего назначения. Обработка этими сверлами дает возможность, наряду с экономией металла, повысить производительность труда до четырех раз и обеспечить шероховатость обработанной поверхности $\nabla 3$ — $\nabla 4$ классов.

Кольцевые сверла могут также оснащаться ножами из быстрорежущей стали Р18 и твердых сплавов.

На рис. 118 представлено кольцевое сверло — тонкостенная коронка конструкции инж. С. А. Черничкина для обработки глубоких отверстий [100].

Данная конструкция высокопроизводительных тонкостенных коронок оснащена твердосплавными ножами марки ВК8 и др. Смазочно-охлаждающая жидкость под давлением подается во внутрь борштанги, проходит через кольцевой зазор между борштангой, коронкой и центральным высверливаемым стержнем, поступает

в торец в зону обработки, распределяется по каналам и захватывает на своем пути стружку обрабатываемой заготовки.

Как видно из рис. 118, тонкостенная твердосплавная коронка имеет два вида зубьев: торцовые режущие зубья имеют одну режущую кромку, а боковые — две наклонные режущие кромки; подача делится между парами режущих зубьев. Таким образом, полный контур обеспечивается парой режущих зубьев (боковым и торцовым). Это обуславливает четное число зубьев в коронке — 4, 6, 8 и т. д.

Следует отметить, что ширина высверливаемого кольца или ширина срезаемого слоя для диаметров применяемых коронок от 30 до 100 мм находится в пределах 4,7—7 мм.

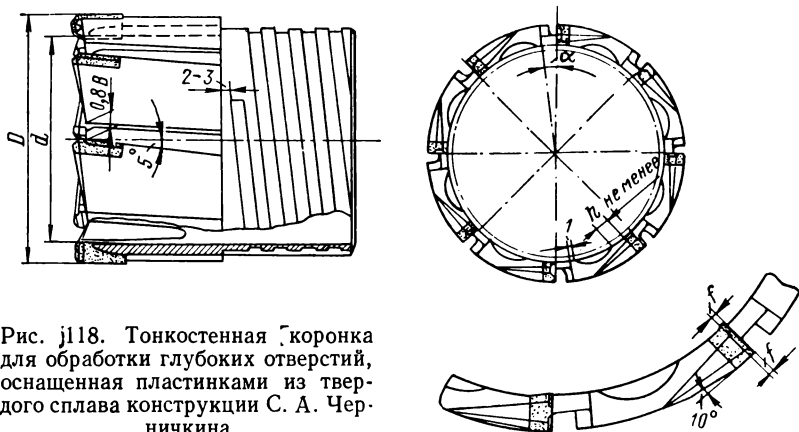


Рис. 118. Тонкостенная коронка для обработки глубоких отверстий, оснащенная пластинками из твердого сплава конструкции С. А. Черничкина

Применение коронок для кольцевого сверления глубоких отверстий по сравнению со сверлением по сплошному металлу повышает производительность процесса в среднем от двух до шести раз. Так как имеются малые зазоры между отверстием и борштангой, создается хорошая направляемость, обеспечивающая отсутствие уводов инструмента от оси обрабатываемой заготовки.

Стабильность операции высверливания обеспечивается процессом стружкообразования — получение мелкой стружки, которая свободно вымывается смазочно-охлаждающей жидкостью под давлением. При обработке углеродистых сталей рекомендуются следующие режимы резания: $v = 45 \div 60$ м/мин, $s = 0,03 \div 0,05$ мм на пару режущих зубьев.

Сверла кольцевые, оснащенные пластинками твердого сплава и предназначенные для обработки чугуновых заготовок, позволяют значительно повысить производительность (до двух раз) и сократить расход режущего инструмента [179].

ВНИИ разработаны конструкции кольцевых сверл, оснащенных пластинками из твердого сплава, диаметром 50—150 мм, рекомендуемых для обработки отверстий глубиной до 120—150 мм в чугуновых заготовках без применения принудительного отвода стружки.

Проведенные исследования во ВНИИ и широкие производственные испытания показали, что разработанные конструкции кольцевых сверл эффективно могут быть применены для обработки сквозных неглубоких отверстий в чугунных заготовках.

На рис. 119 представлено кольцевое сверло конструкции ВНИИ с ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава, затачиваемыми вне корпуса.

На торце корпуса фрезы 1 профрезерованы точные пазы с рифлениями, в которых устанавливаются призматические ножи, оснащенные пластинками из твердого сплава ВК8. Режущие ножи 2 закреп-

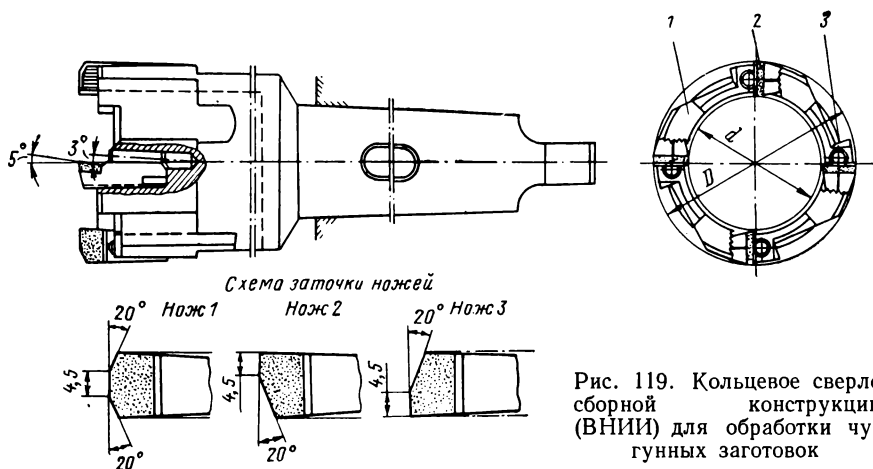


Рис. 119. Кольцевое сверло сборной конструкции (ВНИИ) для обработки чугунных заготовок

ляются с помощью клиньев 3, расположенных под углом 3° к плоскости ножа. В случаях большого износа или выкрашивания твердосплавных пластинок их заменяют новыми. Количество режущих ножей зависит от диаметра сверла ($z = 3 \div 6$ при ширине режущей части ножей 13 мм).

В конструкции сверла предусмотрены стружечные канавки для отвода стружки. В зависимости от количества режущих ножей кольцевое сверло работает по схеме разделения ширины среза или деления подачи и ширины.

Данные конструкции кольцевых сверл могут быть успешно использованы в основном при обеспечении жесткой технологической системы СПИД или при применении специальных направляющих. Эти сверла предназначены для использования на горизонтально-расточных, токарных станках и др.

При наличии достаточной жесткости технологической системы рекомендуются следующие режимы резания: $v = 20 \div 40$ м/мин, $s = 0,4 \div 0,6$ мм/об. При пониженной жесткости СПИД скорость резания следует уменьшать; при работе сверлами больших диаметров скорости резания уменьшаются, а подачи следует повышать.

Разбивка отверстий при работе кольцевыми сверлами по чугуны не превышает 0,5—1,0 мм; при необходимости обеспечения более точных отверстий кольцевые сверла рекомендуется шлифовать по наружному и внутреннему диаметрам.

24. ЦЕЛЬНОТВЕРДОСПЛАВНЫЕ (МОНОЛИТНЫЕ) СВЕРЛА

Цельнотвердосплавные сверла эффективно применяются при обработке нержавеющей, закаленных и жаропрочных сталей и сплавов, титановых и маломангнитных сплавов и других труднообрабатываемых материалов. Стойкость цельнотвердосплавных сверл более 10 раз превышает стойкость быстрорежущих сверл из стали Р18, при этом значительно повышается производительность (от 1,5 до 3 раз), при одновременном уменьшении расхода режущего инструмента.

Над разработкой технологии изготовления цельнотвердосплавных сверл, исследованием геометрических параметров заточки сверл работают ряд организаций ВНИИТС, ВНИИ и др. [6, 7, 83, 109, 110, 164, 186 и др.].

Цельнотвердосплавные сверла находят все большее применение как в нашей промышленности, так и за рубежом.

Для получения более высокой жесткости цельнотвердосплавные спиральные сверла имеют по сравнению с обычными сверлами утолщенную сердцевину, которая устанавливается в зависимости от диаметра сверла в пределах $p = (0,25 \div 0,54) d_{св}$ мм. Введение в конструкцию утолщенной сердцевины позволяет значительно повысить прочность сверл. Вместе с тем наличие увеличенной сердцевины у сверл ведет к увеличению размера поперечной режущей кромки, что отрицательно сказывается на эксплуатации сверл, в связи с чем необходимо вводить подточку.

В настоящее время в Советском Союзе цельнотвердосплавные сверла изготавливаются в централизованном порядке московским инструментальным заводом «Фрезер» им. Калинина, Сестрорецким инструментальным заводом им. Воскова и др.

Заготовки для спиральных цельнотвердосплавных сверл выпускаются Узбекским комбинатом тугоплавких и жаропрочных металлов (г. Чирчик) двух типов: для диаметров 1,4—10 мм с нормальной сердцевиной (тип А) и с утолщенной сердцевиной диаметрами 1,4—5,9 мм (тип Б).

Проведенный анализ форм подточки цельнотвердосплавных спиральных сверл во ВНИИТСе и Станкине [110] показал, что различные формы подточек сердцевины сверл можно отнести к двум основным формам: крестообразной (рис. 120) и подточки, принятой на московском инструментальном заводе «Фрезер» им. Калинина.

Подточка переемычки по способу крестообразной осуществляется со стороны задней поверхности перьев сверл, что дает возможность значительно увеличить передние углы вблизи поперечной режущей кромки (рис. 120, а). Завод «Фрезер» подточку поперечной режущей

кромки осуществляет со стороны передней поверхности, что обеспечивает постоянную величину переднего угла в осевом сечении и уменьшение длины поперечной режущей кромки (рис. 120, б).

Основной недостаток указанных форм подточки, как и других существующих форм, заключается в том, что у них не обеспечивается плавный переход от поверхности подточки к винтовой поверхности канавки сверла.

ВНИИТС и Станкин предложили винтовую подточку сердцевини цельнотвердосплавных спиральных сверл (рис. 120, в).

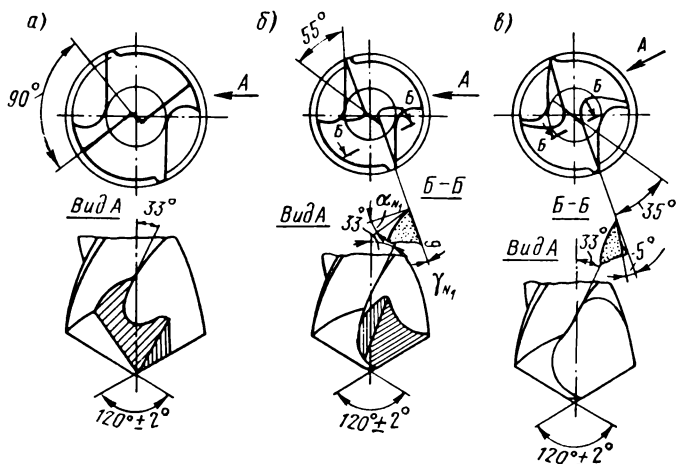


Рис. 120. Формы подточек сердцевини цельнотвердосплавных сверл и основные геометрические параметры: а — крестообразная форма подточки; б — форма подточки типа завода «Фрезер»; в — винтовая форма подточки

Эта форма подточки сердцевини сверл дает возможность получить лучшую геометрию заточки режущей части сверл и обеспечивает более благоприятные условия для сходящей стружки. Сравнительные испытания показали, что введение винтовой формы подточки сердцевини спиральных цельнотвердосплавных сверл повышает их стойкость и производительность. Особенно повышается эффективность при сверлении труднообрабатываемых материалов.

Четырехкромочные (четырёхленточные) цельнотвердосплавные сверла конструкции инженеров В. В. Куликова, Р. Я. Динабург, З. А. Гольберг и Н. Н. Барановой [31] дают возможность обеспечить более стабильный процесс сверления отверстий, повысить точность отверстий и чистоту обработанной поверхности. Эти сверла предназначены для сверления обычных и глубоких отверстий в различных высокопрочных материалах (легированные и жаропрочные стали и сплавы и др.).

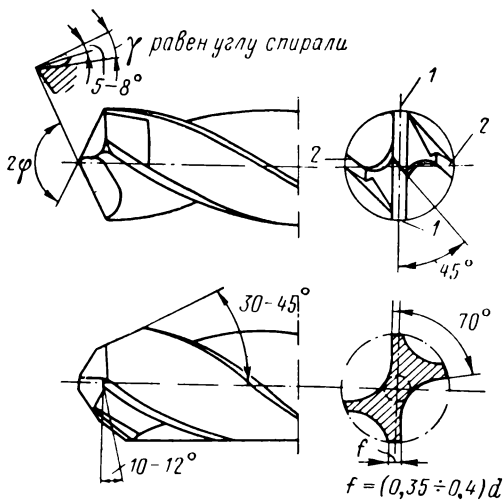


Рис. 121. Конструкция и геометрические параметры четырех-
кромочного спирального твер-
досплавного сверла

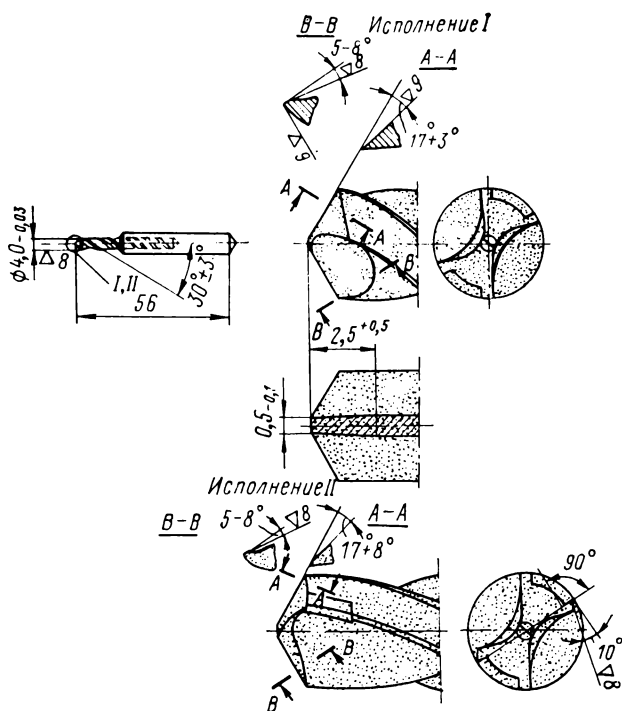


Рис. 122. Целнотвердосплавное четырехкромочное спиральное сверло конструкции Сестрорецкого инструмен-
тального завода

Наличие удвоенного числа направляющих ленточек обеспечивает в сочетании с увеличенным диаметром сердцевины лучшее направление сверла в отверстие, повышая жесткость сверла.

На рис. 121 представлена конструкция и геометрические параметры четырехкромочного спирального цельнотвердосплавного сверла с утолщенной сердцевиной (режущие кромки 1—1, 2—2). Данные сверла изготавливаются диаметрами до 10 мм.

Следует отметить, что подточка канавки и части передней поверхности сверла, а также заточка фаски под углом до 45° с образованием заднего угла $5\text{--}8^\circ$ у начала направляющей ленточки превращают дополнительные перья в режущие кромки.

ВНИИТС разработал технологию получения четырехкромочных сверл из твердых сплавов ВК10М и ВК15М. На ряде заводов внедрены цельнотвердосплавные сверла, впаянные в стальной хвостовик.

Новые конструкции четырехкромочных цельнотвердосплавных спиральных сверл повышают точность обработанных отверстий до 3-го класса и шероховатость обработанной поверхности до $\nabla 7$.

Как показали исследования и практика внедрения четырехкромочных цельнотвердосплавных спиральных сверл, стойкость этих сверл при обработке высокопрочных и нержавеющей сталей с $\sigma_s \geq 140 \text{ кг/мм}^2$, титановых и жаропрочных сплавов в 1,5—4 раза выше стойкости таких же твердосплавных сверл с двумя главными режущими кромками и до 20 раз выше стойкости быстрорежущих сверл (P18) при сверлении глубоких отверстий ($L = 8D_{ca}$), особенно при обработке пересекающихся отверстий, расположенных под углом [31].

При работе четырехленточными сверлами стабильность получаемых размеров отверстий значительно выше; заготовки могут обрабатываться в закаленном состоянии; увод оси обработанных отверстий значительно меньше, чем при сверлении двухкромочными сверлами и др. Цельнотвердосплавные спиральные сверла данной конструкции с впаянной рабочей частью в стальной хвостовик могут быть использованы для обработки глубоких отверстий ($L \leq 20D_{ca}$).

На рис. 122 показано цельнотвердосплавное цилиндрическое спиральное сверло ($D = 4 \text{ мм}$) с четырьмя режущими кромками, запрессованными в цилиндрический хвостовик, с подточенной перемычкой (в исполнениях I и II) Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова.

Радиальное биение по ленточкам относительно оси хвостовика не должно превышать $0,03\text{--}0,05 \text{ мм}$; обратная конусность на длине рабочей части сверла на каждые 100 мм длины $0,02\text{--}0,03 \text{ мм}$; осевое биение режущих кромок не должно превышать $0,05 \text{ мм}$.

Рабочая часть цельнотвердосплавных сверл может быть изготовлена из твердых сплавов марок ВК6, ВК6М, ВК8, ВК10М или ВК15М.

Глава VI

ЗЕНКЕРЫ И РАЗВЕРТКИ

25. ЗЕНКЕРЫ

Процесс зенкерования предназначается для обработки отверстий, полученных в результате сверления, литья, штамповки и др., с целью придания им более правильной геометрической формы и чистоты.

Операция зенкерования может быть как окончательной при получении отверстий до 4—5-го классов точности и до 6-го класса чистоты поверхности, так и предварительной — под развертывание отверстий по 2—3-му классам точности.

По конструктивным признакам зенкеры делятся на насадные и цельные.

Зенкеры насадные изготавливают следующих видов: 1) зенкеры цельные из быстрорежущей стали; 2) зенкеры, оснащенные пластинками из твердого сплава; 3) зенкеры сборные со вставными ножами из быстрорежущей стали; 4) зенкеры сборные со вставными ножами, оснащенными пластинками из твердого сплава.

Зенкеры цельные насадные обычно изготавливаются из быстрорежущей стали марок: P18, P9, P9K5, P9K10 и др. (по ГОСТ 9373—60). Рабочая часть зенкеров должна иметь твердость *HRC* 62—65 (при полном отсутствии обезуглероженного слоя) и равномерную конусность по направлению к хвостовику (на длине 100 мм не более 0,05—0,10 мм).

Режущая (заборная) часть зенкера, наклоненная к оси при главном угле в плане $\varphi = 30 \div 60^\circ$, выполняет основную работу резания. Калибрующая часть, имеющая узкие фаски, служит для направления зенкера в отверстие в процессе резания. Калибрующая часть имеет цилиндрический участок и участок обратного конуса, предназначенный для уменьшения трения инструмента об обработанную поверхность. Передний угол режущей части зенкера определяется в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала и материала зенкера. Для зенкеров из инструментальной стали передний угол выбирается от 6 до 30° , для зенкеров с твердосплавными пластинками — от $+5$ до -5° . Задний угол α на режущей части у зенкеров выбирается в пределах $6-15^\circ$.

Сопротивление резанию при зенкеровании (развертывании) создает противодействующие вращению силы, которые преодолеваются механизмом главного движения. Силы, действующие вдоль оси, преодолеваются механизмом подачи станка. Крутящий момент сил сопротивления резанию M и силу подачи P_0 при зенкеровании (развертывании) можно определить по следующим формулам:

$$M = C_m D^{x_m} s^{y_m} t^{u_m} K_m \text{ кг} \cdot \text{мм};$$

$$P_0 = C_p D^{x_p} s^{y_p} t^{u_p} K_p \text{ кг},$$

где C_m и C_p — коэффициенты, характеризующие физико-механические свойства обрабатываемого материала и другие условия резания; D — диаметр зенкера (развертки) в мм; s — подача в мм/об; t — глубина резания (припуск) в мм; $x_m, y_m, u_m, x_p, y_p, u_p$ — показатели степеней, величины которых, так же как и коэффициентов, приведены в справочниках; K_m, K_p — общие поправочные коэффициенты на измененные условия обработки (приводятся в справочниках).

Мощность, затрачиваемая на зенкерование (развертывание), определяется по формуле

$$N_{рез} = \frac{Mn}{716200 \cdot 1,36} \text{ кВт},$$

где n — число оборотов зенкера (развертки) в минуту.

Необходимая мощность электродвигателя станка

$$N_{эд} = \frac{N_{рез}}{\eta_{ст}} \text{ кВт},$$

где $\eta_{ст}$ — к. п. д. станка.

Скорость резания при зенкеровании (развертывание) зависит от ряда факторов: механических свойств обрабатываемого материала, материала инструмента, диаметра и глубины обрабатываемого отверстия, геометрических параметров заточки, подачи, стойкости инструмента, смазочно-охлаждающей жидкости и др.

Скорость резания определяется по формуле

$$v = \frac{C_v D^{x_v}}{T^m s^{y_v} t^{u_v}} K_v \text{ м/мин},$$

где C_v — коэффициент, зависящий от условий обработки; T — период стойкости в мин; m — показатель относительной стойкости; x_v, y_v, u_v — показатели степеней; K_v — общий поправочный коэффициент на измененные условия обработки.

Значения коэффициентов и показателей степеней приводятся в справочниках.

Ниже приведены отдельные конструкции зенкеров Сестрорецкого инструментального завода им. Воскова.

На рис. 123 представлена конструкция цельного насадного зенкера, изготовленного из быстрорежущей стали Р18.

Зенкеры с коническими хвостовиками изготавливаются как из быстрорежущей стали, так и с пластинками из твердого сплава.

Сборные конструкции зенкеров имеют преимущества перед обычными цельными зенкерами. Они позволяют легко заменять изношенные ножи новыми.

Конструкция насадного зенкера, оснащенного пластинками из твердого сплава (ВК8, Т5К10 или Т15К6), представлена на рис. 124.

Крепление пластинок у этого зенкера осуществляется при помощи клина, имеющего рифления, гарантирующие пластинки от радиальных перемещений в корпусе.

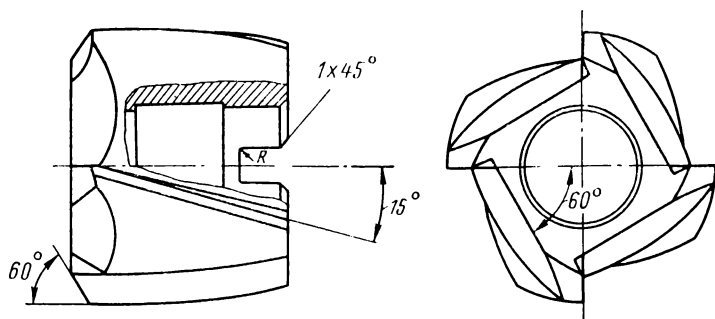


Рис. 123. Цельный насадной зенкер из быстрорежущей стали Р18

Зенкер с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали Р18 представлен на рис. 125.

В лаборатории резания СКБ-8 (Минск) разработана конструкция зенкера с кольцевой заточкой (рис. 126), армированного твердым сплавом (марки Т15К6, ВК6М или ВК8), с левым направлением режущих элементов, с углом $\omega = 5^\circ$ [165].

Приведенная конструкция отличается от применяемых в промышленности быстрорежущих зенкеров значительно большей стойкостью. При обработке заготовок из стали и чугуна за две операции — сверление и зенкерование — можно получить отверстия 2—3-го классов точности и шероховатостью обработанной поверхности $\nabla 6$ — $\nabla 10$.

Стойкость обеспечивается упрочнением уголка зенкера, что в то же время предохраняет его от выкрашивания. Заборный конус зенкера имеет двойную заточку $\varphi = 30 \div 45^\circ$ и $\varphi_1 = 15^\circ$. Это позволяет снимать предварительный припуск до 0,75 мм по диаметру, перед тем как вступит в работу кольцевая уступ заборной части.

Калибрующая часть имеет цилиндрический участок, равный 5—10 мм, после чего следует обратный конус к хвостовику, равный 0,04—0,05 мм на 100 мм длины. Ширина калибрующей ленточки 0,2—0,3 мм. Угол заточки заднего угла на заборном конусе (-8°) — (-10°) , на калибрующей части (-10°) — (-15°) ; передний угол $\gamma = 0^\circ$

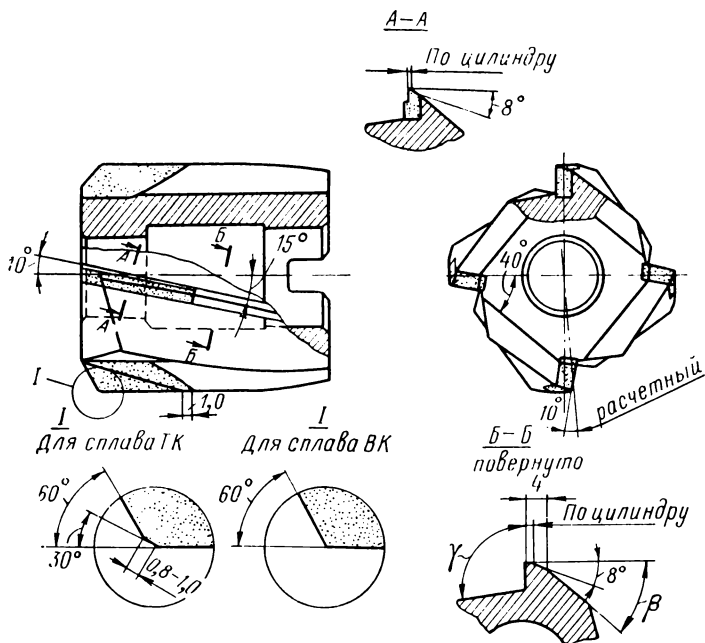


Рис. 124. Насадной зенкер, оснащенный пластинками твердого сплава

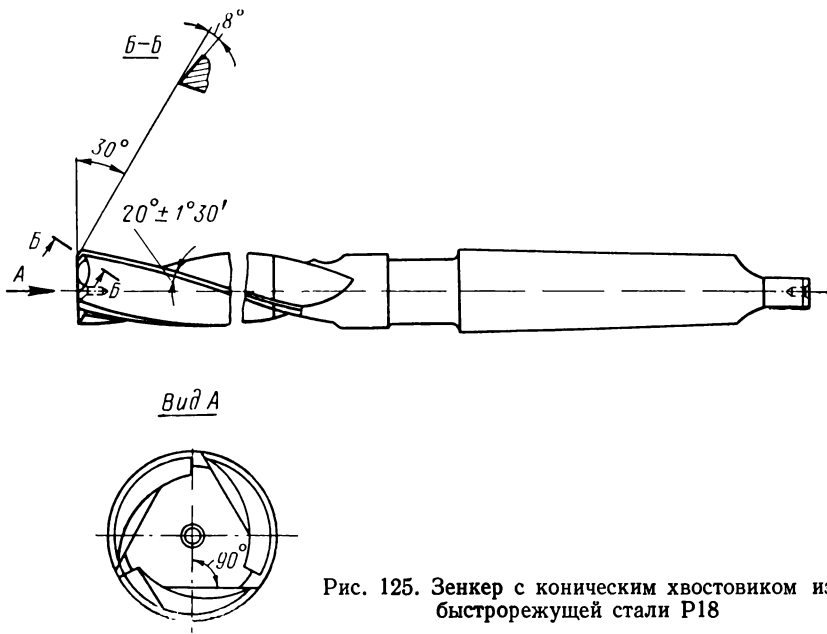


Рис. 125. Зенкер с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали Р18

Во время обработки чугуна зенкером 14—50 мм при подаче на зуб 0,25—0,07 мм и при глубине резания 0,8 мм на диаметр скорость резания $v = 4 \div 6$ м/мин.

Конструкция комбинированного зенкера-развертки, позволяющая производить последовательную обработку отверстия без перестановки детали, была разработана Ростовским-на-Дону институтом сельхозмашиностроения. Зенкер-развертка оснащен пластинками из твердого сплава и благодаря специальной геометрии инструмента, неравному шагу и различным передним углом зубьев позволяет получать при обработке перлитного ковкого чугуна 3—4 класс точности и шероховатость $\nabla 6$ — $\nabla 7$ (рис. 127).

Проведенные испытания указанной конструкции зенкера-развертки с охлаждением эмуль-

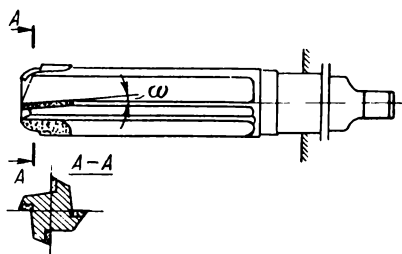


Рис. 126. Зенкер с кольцевой заточкой

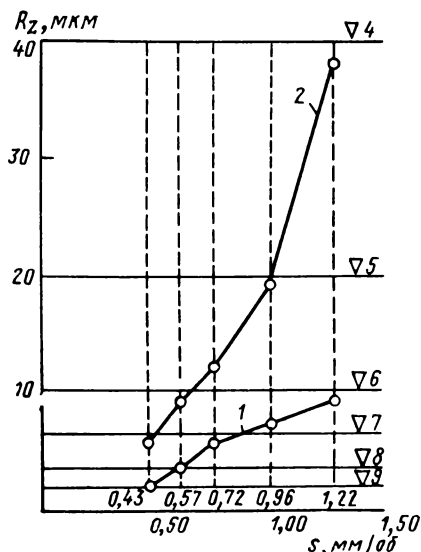


Рис. 127. Изменение шероховатости поверхности при обработке:

1 — зенкером-разверткой; 2 — станочным зенкером

сией показали, что стойкость их в 1,5 раза выше стойкости стандартных зенкеров. Шероховатость поверхности, как видно из графика (рис. 127), также значительно лучше. Конструкция комбинированного инструмента внедрена.

На рис. 128 показан сборный хвостовой зенкер конструкции ВНИИ с твердосплавными ножами.

Для обработки глухих отверстий во ВНИИ разработано несколько разновидностей зенкеров. Наиболее характерные из них представлены на рис. 129 и 130. Хвостовой зенкер оснащен пластинками из твердого сплава ВК6, перовой зенкер изготовлен из быстрорежущей стали Р18.

В данных конструкциях зенкеров предусмотрены особенности геометрических параметров для определенных условий обработки.

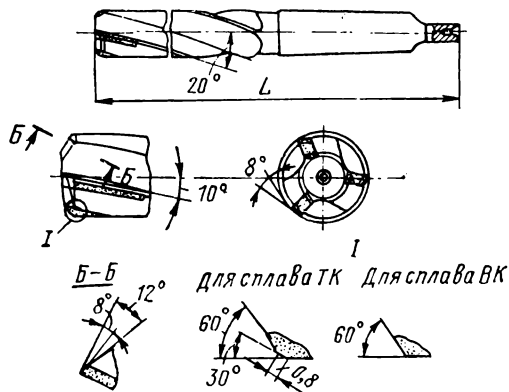


Рис. 128. Сборный хвостовой зенкер конструкции ВНИИ с твердосплавными ножами

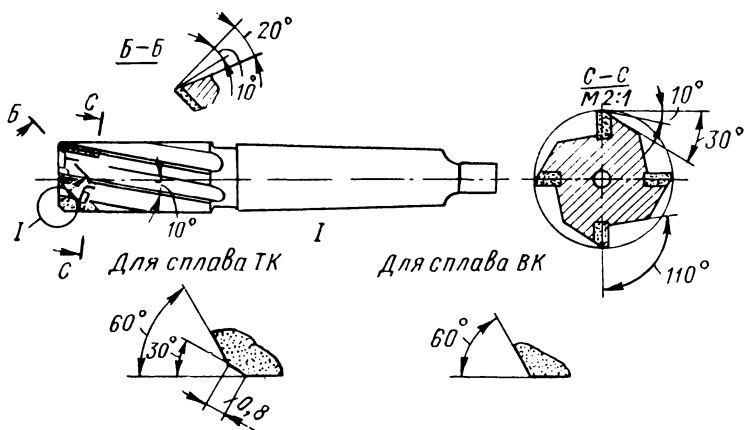


Рис. 129. Хвостовой зенкер конструкции ВНИИ для глухих отверстий

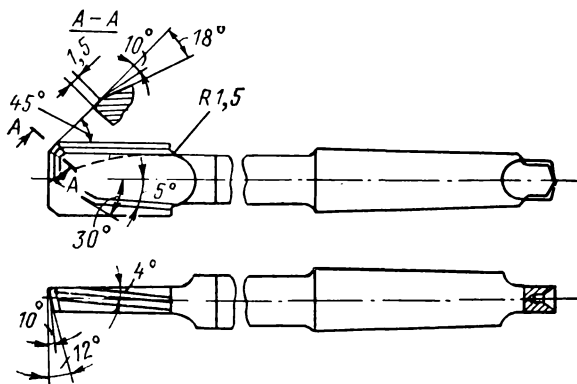


Рис. 130. Перовой зенкер конструкции ВНИИ для глухих отверстий

Развертывание предназначается для окончательной обработки отверстий с точностью до 1—2-го классов и с шероховатостью поверхности $\nabla 7$ — $\nabla 9$. Припуск под развертывание принимается в среднем 0,15—0,5 мм на сторону для черновых разверток и 0,05—0,25 мм для чистовых. Число режущих зубьев у разверток берется в пределах от шести до 14.

Нагрузка, приходящаяся на режущие элементы развертки, меньше, чем у зенкера, что сказывается на повышенной точности и классе чистоты отверстия после развертывания.

Рассмотрим отдельные конструкции прогрессивных разверток, разработанных Сестрорецким инструментальным заводом им. Воскова. Машинная развертка с монокристаллической твердосплавной головкой и цилиндрическим хвостовиком показана на рис. 131; материал рабочей части — твердый сплав ВК8, ВК10 и др. (ГОСТ 3882—67).

Хвостовик изготавливается из стали 45 или 40Х, число зубьев развертки — шесть с равномерным шагом. Для разверток допускается шероховатость по передней и задней поверхностям $\nabla 8$.

Развертка машинная насадная, оснащенная пластинками из твердого сплава марок ВК6, ВК6М, Т15К6, Т14К8 или Т5К10, представлена на рис. 132. Материал корпуса развертки — сталь марки 40Х (твердость корпуса после термообработки *HRC* 30—40). Калибрующая часть развертки допускает обратную конусность (отклонение от цилиндричности) в направлении к хвостовой части на величину не более допуска на изготовление развертки (0,01 мм).

Развертка машинная цельная насадная показана на рис. 133.

Данная конструкция разверток изготавливается из быстрорежущей стали Р9 или Р18 с твердостью рабочей части *HRC* 62—65.

На рабочей части развертки не должно быть обезуглероженного слоя и участков с пониженной твердостью. Допускается обратная конусность хвостовой части в пределах 0,01 мм. Шаг режущих зубьев разверток неравномерный.

Развертка машинная цельнотвердосплавная с коническим хвостовиком представлена на рис. 134.

Развертка изготавливается из твердого сплава марки ВК6 и др. и припаивается к оправке, изготовленной из стали 40Х с твердостью хвостовика после термообработки *HRC* 30—45. Биение хвостовика развертки по отношению к его оси не должно превышать 0,01 мм. Зубья развертки нарезаются с равномерным шагом.

Развертка машинная с коническим хвостовиком, оснащенная пластинками из твердого сплава, показана на рис. 135.

При изготовлении разверток выбираются пластинки твердого сплава следующих марок: ВК6, ВК6М, Т15К6, Т14К8 или Т5К10. Материал корпуса — сталь марки 40Х с твердостью *HRC* 30—40. Припуск под обработку отверстия разверткой берется 0,15—0,20 мм. Шероховатость поверхностей отверстия, обработанных развертками, должна быть не ниже $\nabla 6$.

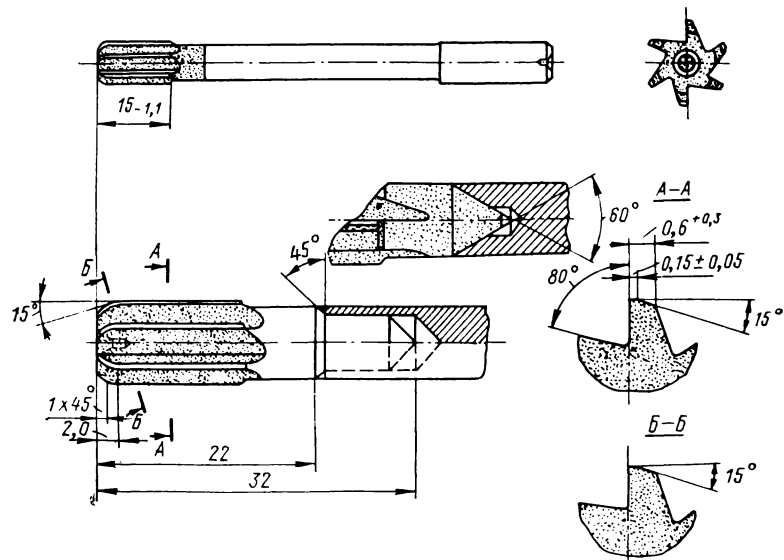


Рис. 131. Машинная развертка с монокристаллической твердосплавной рабочей частью

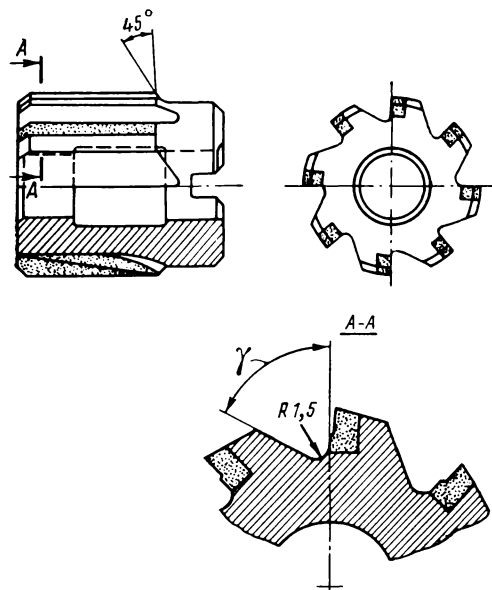


Рис. 132. Машинная развертка насадная с твердосплавными пластинками

Конструкции сборных насадных разверток, оснащенных пластинками из твердого сплава, с цилиндрическим посадочным отверстием разработаны ВНИИ и внедрены в промышленность [150]. Особенностью данных конструкций является возможность использования их при обработке отверстий в сталях различных физико-механических свойств.

Радиальное биение зубьев, измеренное в начале калибрующей части, не должно превышать: у разверток шлифованных — 0,02 мм, доведенных — 0,05 мм. Биение по заборному конусу не должно превышать 0,03 мм. Шаг режущих элементов может быть равномерным. Корпус развертки изготовлен из стали 30.

Для диаметра развертки, равного 55 мм, посадочное отверстие $d=22$ мм.

Ниже приводятся отдельные конструкции машинных, цельных твердосплавных четырехзубых разверток с диаметром свыше 6 мм с напайными цилиндрическими хвостовиками (рис. 136), а также хвостовые развертки с задним направлением, оснащенные пластинками из твердого сплава ВК6 (рис. 137).

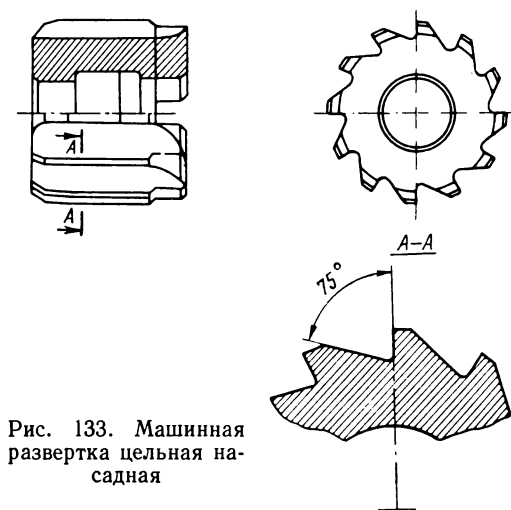


Рис. 133. Машинная развертка цельная насадная

Следует отметить, что технологическое обеспечение отверстий 1 и 2-го классов точности с шероховатостью обработанной поверхности $\nabla 7$ — $\nabla 8$ и выше (ГОСТ 2789—59) при ограничениях геометрической формы по прямолинейности, по уводу оси отверстия, некруглости и др. представляет на производстве известные трудности.

Погрешность расположения оси обрабатываемого отверстия во многом зависит от операции сверления; зенкерование и последующее развертывание исправляют положение оси отверстия на небольшую величину. Как показали исследования [112], наибольшее влияние на процесс развертывания оказывают точность изготовления заборной (режущей) части развертки и уравновешенность радиальных сил, возникающих в процессе операции развертывания.

На основании анализа условий резания при развертывании многокромочными развертками и недостатков этих разверток во ВНИИ были предложены конструкции разверток, осуществляющих одностороннее резание. Компенсация действующей в процессе резания радиальной составляющей силы происходит за счет контактного взаимодействия направляющих в отверстии, что позволяет обеспечить высокую точность обработки не только в осевом, но и радиальном

направлениях. При этом можно получить также высокий класс чистоты обработанной поверхности (не ниже $\nabla 7$ при обработке цветных металлов и сплавов, а также чугуна, стали).

На рис. 138, а представлены конструктивные элементы однокромочной развертки конструкции ВНИИ универсального назначения. Однокромочные развертки универсального назначения с $D = 10 \div 80$ мм выполняются хвостовыми, а больших диаметров (до 150 мм) — насадными. Сменный режущий нож оснащается твердым сплавом, регулируется на номинальный размер развертки двумя упорными винтами и закрепляется клиновыми шпонками. Заточка ножей и их переточка осуществляются вне корпуса развертки.

Представленные конструкции разверток позволяют обеспечить повышенную точность отверстий: увод оси и непрямолинейность образующей в пределах 0,005 мм на 100 мм длины и отклонение от геометрической формы отверстия (в поперечном направлении) до 0,005 мм с одновременным повышением класса чистоты обработанной поверхности.

Достоинство применения данных типов разверток — это исключение в большинстве случаев после сверления операции зенкерования. Припуск на развертывание должен быть 0,3—0,8 мм на диаметр. Результаты исследований показали, что при

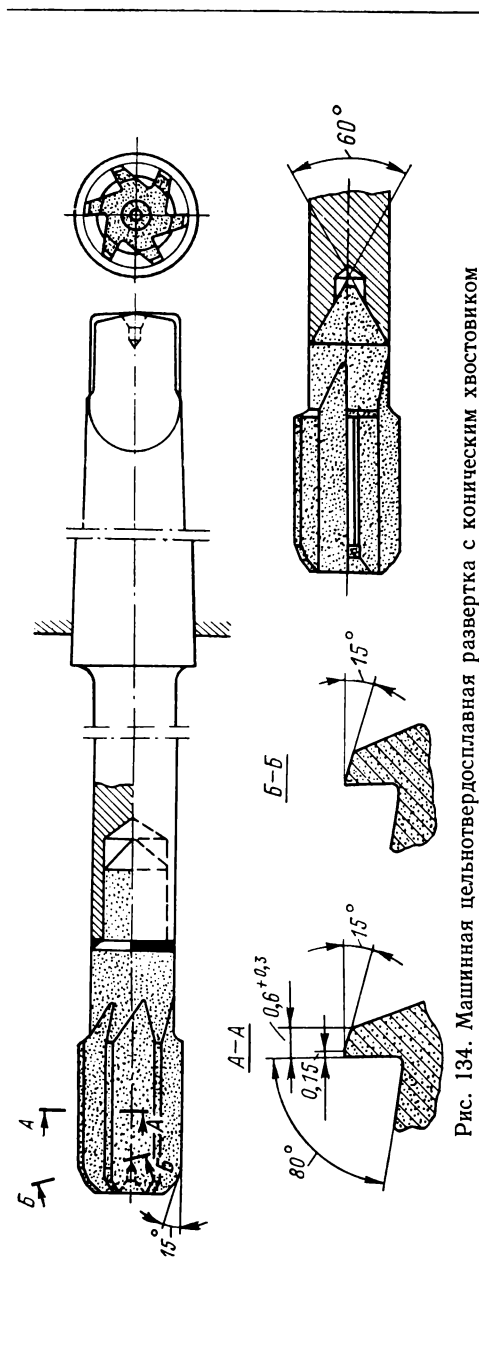


Рис. 134. Машинная цельтвердосплавная развертка с коническим хвостовиком

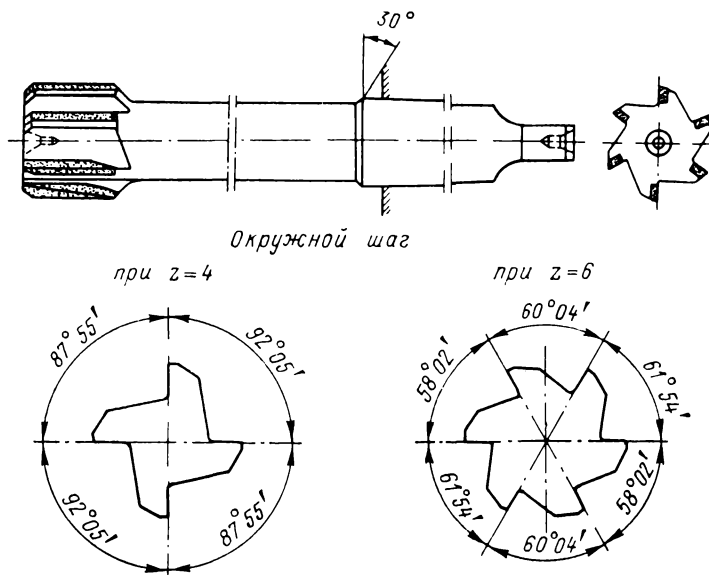


Рис. 135. Машинная развертка с коническим хвостовиком с твердосплавными пластинками

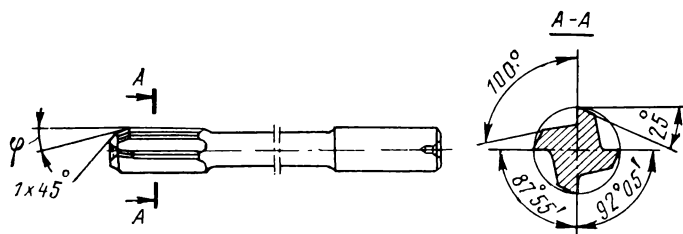


Рис. 136. Машинная развертка цельная четырехзубая конструкции ВНИИ

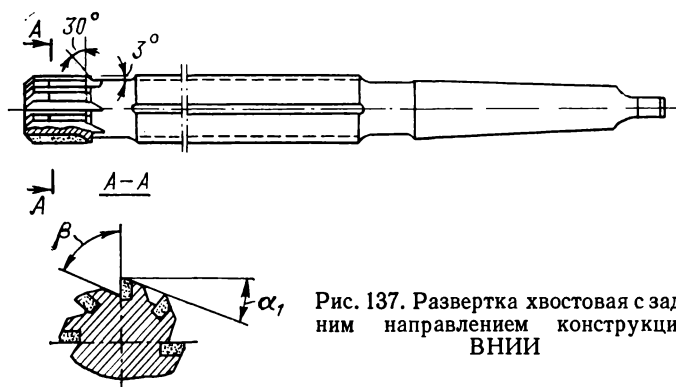


Рис. 137. Развертка хвостовая с задним направлением конструкции ВНИИ

обработке высокоточных отверстий следует применять однокромочные развертки с тремя направляющими (рис. 138, б).

Лучшие результаты в процессе развертывания можно получить с применением СОЖ (при обработке цветных металлов на медной основе — эмульсия, сульфоре-
зол; алюминия и чугунов — керосин; стальных деталей — эмульсия, индустриальные масла и др.), с тщательной ее фильтрацией и подачей под давлением.

Геометрические параметры однокромочной развертки приведены на рис. 139. Угол заборного конуса ножа развертки находится в пределах $3-5^\circ$. Это дает возможность увеличить длину контакта заборной части. Режущий нож развертки устанавливается с обеспечением обратного конуса по длине в пределах $0,01-0,03$ мм в зависимости от обрабатываемого материала; заборная часть ножа и калибрующий участок затачиваются остро с задним углом $\alpha_1 = 4 \div 5^\circ$ (сечения $A-A$ и $B-B$).

Кроме рассмотренных разверток универсального назначения, во ВНИИ сконструированы специальные конструкции однокромоч-

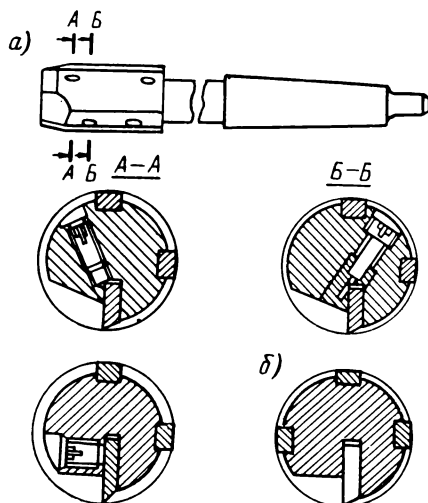


Рис. 138. Схемы конструктивных элементов однокромочных разверток универсального назначения конструкции ВНИИ: а — общий вид; б — развертка с тремя направляющими

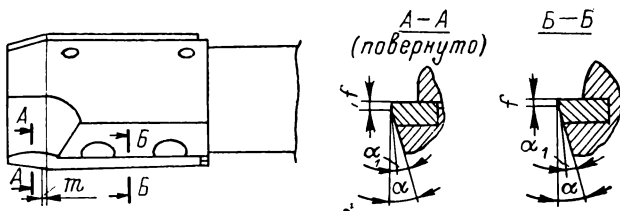


Рис. 139. Геометрические параметры однокромочной развертки

ных разверток (диаметром до 80 мм), которые могут быть использованы и для обработки глухих отверстий. Однолезвийные развертки больших диаметров (до 150 мм) выполняются насадными.

Глава VII

ЗАТОЧКА И ДОВОДКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Качество заточенных поверхностей зависит от режимов и методов заточки, а также от характеристики шлифовальных кругов.

Производительность режущего инструмента и его расход во многом определяется качеством заточенных и доведенных поверхностей и режущих кромок и обеспечением заданных оптимальных геометрических параметров режущей части. Чистота рабочих поверхностей инструмента и режущих кромок устраняет налипание и улучшает чистоту обработанной поверхности, вместе с тем уменьшается износ режущего инструмента и значительно повышается его стойкость [9, 11, 41, 43, 113, 166 и др.].

Для обеспечения заданной чистоты обработанной поверхности детали необходимо, чтобы чистота режущей части инструмента была бы выше заданной чистоты поверхностей деталей, не менее чем на два класса.

Рабочие поверхности режущего инструмента, предназначенного для чистовой обработки, после заточки следует подвергать доводке. Применение доведенного режущего инструмента снижает микронеровности, повышает чистоту обработанных поверхностей деталей и значительно повышает стойкость инструмента.

Для большинства режущих инструментов шероховатость (чистота) заточенных поверхностей и режущих кромок может соответствовать 7—8-му классам по ГОСТ 2789—59, а при повышенных требованиях — 9—10-му классам.

При выборе абразивного круга необходимо учитывать характеристику его: зернистость, твердость, материал абразивных зерен, связку, структуру и форму круга.

Ниже приводятся рекомендуемые режимы и абразивные круги для заточки и доводки поверхностей режущей части инструмента.

27. ЗАТОЧКА И ДОВОДКА БЫСТРОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Режущие инструменты из быстрорежущих сталей Р9, Р12, Р18 после термической обработки затачиваются, как правило, шлифовальными кругами из белого электрокорунда [39]. Как показала широкая практика заводов, при заточке этими кругами обеспечи-

вается высокая производительность и необходимая чистота обработанных поверхностей и режущих кромок.

Новые быстрорежущие стали повышенной производительности марок Р9К5, Р9К10 (кобальтовые), Р10К5Ф5, Р18К5Ф2 (кобальтовые с повышенным содержанием ванадия), Р9Ф5, Р14Ф4, Р18Ф2 (высокованадиевые) обладают по отношению к стали Р18 пониженной шлифуемостью. По мере увеличения содержания в стали ванадия и частично кобальта эти марки сталей по степени шлифуемости можно расположить примерно в следующей последовательности: Р18Ф2, Р9К5, Р9К10, Р14Ф4, Р9Ф5, Р10К5Ф2 [40]. При обработке инструментов из этих сталей стойкость шлифовальных кругов мала, на поверхностях рабочей части наблюдаются прижоги и др. Все это приводит к необходимости снижения режимов шлифования, а следовательно, к снижению производительности.

Как показали исследования ВНИИ, хорошей шлифуемостью, по сравнению с быстрорежущей сталью Р18, обладают быстрорежущие стали повышенной производительности с количеством ванадия до 1,5—2%; при увеличении ванадия в быстрорежущей стали более 2—3% шлифуемость стали значительно ухудшается. Следует отметить, что после заточки быстрорежущих сталей повышенной производительности с повышенным содержанием ванадия необходимо проводить доводку инструмента.

Исследования ВНИИ показали, что быстрорежущая сталь нормальной производительности марки Р6М3 по шлифуемости приближается к быстрорежущей стали марки Р9, а быстрорежущие стали марок Р12 и Р6М5 — к быстрорежущей стали Р18. Новые быстрорежущие вольфрамомолибденовые стали Р6М3Ф4, Р8М3Ф4 и др. по шлифуемости приближаются к быстрорежущей стали Р14Ф4 с повышенным содержанием ванадия.

Быстрорежущие стали нормальной производительности по степени ухудшения шлифуемости (по сравнению со сталью Р18) могут быть расположены в следующей последовательности: Р18, Р12, Р6М5, Р6М3, Р9.

Требования к точности шлифования абразивными кругами связаны с требованиями, предъявляемыми к шлифовальным кругам.

Шлифовальные круги должны обладать способностью самозатачивания и сохранять заданные размеры и профиль. Эксперименты, проведенные во ВНИИ, ВНИИАШе и других организациях, а также на ряде ведущих заводов (ЗИЛ, 1-й ГПЗ и др.), показали, что для шлифования быстрорежущих сталей высокой производительности следует применять круги из электрокорунда белого Э9А со связкой 516 открытой структуры и монокорунда (М).

При шлифовании ванадиевых и кобальтовых сталей наилучшие результаты (съем металла, износ круга, удельная производительность) показали круги из электрокорунда белого зернистостью 25—16 на боросодержащей связке 516 (К51) структуры № 8 (исследования были проведены во ВНИИ при $v_{кр} = 23,5$ м/сек, $s_{пр} = 4$ м/мин, $t_{шл} = 0,04$ мм с выхаживанием и охлаждением).

При применении шлифовальных кругов зернистостью 25—16 в процессе шлифования участвует в четыре раза большее количество режущих зерен; с повышением степени твердости от М1 до СМ1 съем металла и удельная производительность шлифования повышаются, вместе с тем понижается расход абразивов.

В табл. 30 приведены рекомендуемые ВНИИ характеристики абразивных материалов и режимы заточки быстрорежущих инструментов [41]. Режимы заточки быстрорежущей стали нормальной производительности рекомендованы исходя из температурного критерия — критической температуры ($T \leq 650^\circ \text{C}$), при которой не образуются дефектные слои на режущей поверхности инструмента [42].

Для повышения стойкости режущих инструментов и особенно инструментов, предназначенных для чистовых операций, следует после заточки осуществлять доводку. Операция доводки инструментов из быстрорежущих сталей увеличивает их стойкость от 1,5 до 3 раз.

Наиболее эффективными для доводки являются синтетические алмазные круги на органической и керамической связках, которые обеспечивают шероховатость обработанной поверхности 9—10-го классов.

Следует отметить, что при доводке инструментов из быстрорежущей стали алмазными кругами стойкость инструмента повышается, а количество остаточного аустенита в поверхностном слое значительно снижается. Вместе с тем операция чистовой заточки и доводки алмазными кругами на бакелитовой связке значительно дороже по сравнению с доводкой мелкозернистыми кругами (зерно 8—5) карбида кремния (КЗ), так как имеет место большой удельный расход алмазов; при обработке алмазными кругами на керамической связке инструментов из быстрорежущей стали удельный расход алмазов меньше (в мг/г). Вследствие этого алмазную доводку инструментов из быстрорежущей стали Р18 рекомендуется осуществлять главным образом в случаях необходимости обеспечения высокоточных размеров. Доводку же инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности Р9Ф5, Р14Ф5 и др. рекомендуется производить также алмазными кругами, так как применение шлифовальных кругов КЗ в этом случае не дает необходимых результатов.

Для того чтобы обеспечить качественный поверхностный слой режущей части инструмента при заточке быстрорежущих сталей повышенной производительности (кобальтовых и ванадиевых быстрорежущих сталей) рекомендуется применять абразивные круги, как было сказано выше, Э9 и М зернистостью 40—25, твердостью МЗ, СМ1 и СМ2 с мелкозернистой структурой № 6—10; применяя мелкозернистые круги (25—16), твердость их рекомендуется снижать до МЗ.

Как показали исследования ВНИИ, ВНИИАШа и др., обработка абразивными кругами из монокорунда повышает чистоту обработанной поверхности по сравнению с кругами ЭБ. Кроме того, улучшается кромкостойкость и сохраняется профиль круга.

Таблица 30

Характеристики абразивных кругов и режимы обработки при заточке быстрорежущих инструментов

Показатель	Обрабатываемый материал		
	P18	P9	P18 и P9
Абразивный материал	Э5—Э9		
Зернистость	40—25		
Связка	Керамическая		Бакелитовая
Номер структуры	5—8		
Твердость	СМ2—С1		С1
Площадь контакта в мм ²	30—120	6—20	6—30

Показатель	Обрабатываемый материал						
	Р18		Р9		Р18 и Р9		
Вид обработки	Черновая	Чистовая	Черновая	Чистовая	Черновая	Чистовая	Чистовая
Поперечная подача в мм ¹ (глубина шлифования)	0,05—0,2	0,01—0,04	0,05—0,1	0,01—0,04	0,4—0,02		0,05
Окружная скорость в м/сек	23—25	25—30	13—18	18—20	20—25		25—30
Продольная подача в м/мин	3—5						1,5—3
Выхаживание	Не менее трех-четырех проходов						—
Охлаждение	Эмульсия, содовый раствор						—
Класс чистоты поверхности	7						8

¹ Для кругов зернистостью 25 — не более 0,04 мм. При работе всухую скорости круга и глубина шлифования должны быть снижены на 25%.

Применение СОЖ обеспечивает шероховатость обработанной поверхности 7—8-го классов чистоты (без применения СОЖ шероховатости поверхности $\nabla 6$ — $\nabla 7$, что требует применения доводки).

При заточке инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности ВНИИ рекомендуются следующие режимы:

глубина шлифования (поперечная подача) $t_{шл} = 0,04 \div 0,06$ мм с постепенным уменьшением до $t_{шл} = 0,02 \div 0,01$ мм и с последующим выхаживанием (это повышает производительность и класс чистоты обработанной поверхности);

продольная подача $s_{пр} = 3 \div 5$ м/мин;

скорость резания (при заточке с охлаждением эмульсией) $v_{кр} = 23,5$ м/сек для кругов твердостью МЗ—СМ1 и структур № 6—8; $v_{кр} = 16$ м/сек для кругов твердостью СМ2 и нормальной структуры; $v_{кр} = 25$ м/сек для кругов ЭБ—КЗ зернистостью 40—60, твердостью МЗ, структура № 8—10;

скорость резания (при заточке без применения СОЖ) $v_{кр} = 16$ м/сек для кругов твердостью МЗ—СМ1 структуры № 6—10.

Припуск под заточку на режущей части инструментов из кобальтовых и ванадиевых быстрорежущих сталей следует снимать абразивными кругами Э9 и М с последующей дополнительной чистовой обработкой алмазными кругами.

При соблюдении определенных условий заточки и доводки чистота заточенных поверхностей повышается и предотвращается возможность прижогов и структурных изменений в поверхностном слое, особенно при повышенной скорости круга.

При заточке инструмента уменьшение глубины шлифования с выхаживанием круга улучшает чистоту поверхности на один-два класса. Применение кругов зернистостью 25 по сравнению с кругами зернистостью 40 повышает чистоту обработанной поверхности. Положительно сказывается на чистоте поверхности применение охлаждения (трех-пятипроцентного эмульсола).

При одинаковых условиях заточки чистота заточенной поверхности у инструментов из быстрорежущей стали Р18 лучше, чем у стали Р9.

При применении кругов КЗ снижаются прижоги и улучшается чистота поверхности.

Основные положения, относящиеся к условиям заточки и доводки режущего инструмента из быстрорежущих сталей Р18 и Р9, могут быть распространены и на быстрорежущие стали повышенной производительности Р9К5, Р9К10, Р9Ф5, Р14Ф4, Р10К5Ф5. Вместе с тем необходимо учитывать технологические особенности затачиваемости указанных быстрорежущих сталей.

Абразивные круги из монокорунда улучшают чистоту заточенной поверхности по сравнению с кругами ЭБ, они повышают удельную производительность, так как высокая твердость зерен монокорунда обеспечивает более высокую стойкость кругов и меньшее теплообразование в зоне резания.

В табл. 31 приведены рекомендуемые ВНИИ режимы и абразивные круги для заточки инструментов из кобальтовых и ванадиевых быстрорежущих сталей [40].

Таблица 31

Характеристики абразивных кругов и режимы заточки инструментов из быстрорежущих сталей повышенной производительности

Показатель			Обрабатываемая сталь		
			Р9К5 Р9К10	Р9Ф5, Р10К5Ф5, Р14Ф4	
Характери- стика кругов	Абразивный материал		ЭБ	М, КЗ	
	Зернистость		40—16		
	Связка		Керамическая		
	Номер структуры		5—8		
	Твердость		СМ2—СМ1	СМ2—СМ1	М3—М2
Режимы заточки	Скорость круга $v_{кр}$ в $м/сек$	с охлажде- нием	23	16—18	23—25
		без охлаж- дения	18—20	16—18	
	Продольная подача $s_{пр}$ в $м/мин$		3—5		
	Глубина шлифования $t_{шл}$ в $мм$		0,06—0,02 с постепенным пони- жением и выхаживанием круга		

В табл. 32 приведены рекомендуемые ВНИИАШ характеристики корундовых кругов для заточки режущих инструментов из различных инструментальных сталей (быстрорежущих сталей нормальной и повышенной производительности, легированных и углеродистых сталей), а также для предварительной заточки державок и корпусов инструментов из конструкционных сталей [114].

Для обеспечения качественной поверхности инструменты из быстрорежущих сталей повышенной производительности необходимо после абразивной заточки подвергать чистовой заточке и доводке синтетическими алмазными кругами на органической связке Б1 или керамической связке с режимами: $v_{кр} = 15 \div 18$ м/сек, $s_{пр} = 1,5$ м/мин, $t_{шл} = 0,005 \div 0,1$ мм.

В этом случае чистота обработанной поверхности повышается до $\nabla 9$ — $\nabla 10$ классов с минимальным количеством остаточного аустенита (5—10%).

В последние годы (начиная с 1965 г.) в нашей стране проводятся научно-исследовательские работы по применению и производственные

Характеристики шлифовальных корундовых кругов для заточки инструментов из стали

Материал затачиваемого инструмента	Наименование операции	Элементы характеристики круга				
		Абразивный материал	Зернистость	Твердость	Связка	Номер структуры
Сталь быстро- режущая Р18, Р9Ф5	Предвари- тельная Окончатель- ная Под доводку	ЭБ, М	40—25	СМ1—СМ2	К	8
			25—16			
			40—25			
Сталь быстро- режущая Р9, Р9К10	Предвари- тельная Окончатель- ная Под доводку	ЭБ, М	50—40	СМ—СМ2	К	8
			40—25			
			40—25			
Сталь легиро- ванная 9ХС, ХВГ и др.	Предвари- тельная Окончатель- ная	ЭБ	40—25	СМ2—С1	К	5—8
			25—16			
Сталь кон- струкционная (малоуглероди- стая)	Предвари- тельная	Э	80—50	С1—СТ1	К	5—8
Сталь углеро- дистая У7А— У12А	Окончатель- ная	Э, ЭБ	50—25	СМ2—С1	К	5—8

Примечания:

1. Круги более высокой степени твердости применяют при более крупнозернистом материале.
2. Круги на бакелитовой связке следует брать тверже на одну-две ступени.
3. При заточке многолезвийных инструментов твердость кругов повышают на одну-две ступени.

испытания нового высокопроизводительного абразивного инструмента — кубического нитрида бора (КБН) — эльбора (или боразон), который по своим физико-механическим свойствам не уступает алмазу [152 и др.].

Стойкость режущих инструментов из быстрорежущих сталей, заточенных шлифовальными кругами из эльбора (Л12Б), выше стойкости инструмента, заточенного кругами из электрокорунда (ЭРА 16 МЗ—СМ1К), в 1,6—1,7 раза; удельный расход эльбора при шлифовании стальных инструментов при прочих равных условиях в 3—5 раза меньше расхода алмаза; шероховатость обработанной поверхности при обработке эльбором зернистостью 4—6 соответствует 9—10-му классам чистоты (ГОСТ 2789—59).

Для заточки инструментальных сталей применяют шлифовальные круги из эльбора на органических связках — карболитовой (КБ) и бакелитовой (Б1, Б3, Б156).

Результаты проведенных работ во ВНИИ [88] дали возможность рекомендовать для заточки стального режущего инструмента круги из эльбора на органической связке (без охлаждения); для кругов из эльбора зернистостью 8—12 при шлифовании инструментальных сталей (Р18) рекомендуется применять круги со 100-процентной концентрацией; при работе кругами из эльбора Л10Б1 (КБ) достигается оптимальное значение интенсивности съема ($Q = 160 \text{ мм}^3/\text{мин}$) при продольной подаче $s_{пр} = 1,5 \div 2 \text{ мм/мин}$ и глубине шлифования $t_{шл} = 0,01 \div 0,02 \text{ мм/дв. ход}$. Скорость вращения кругов из эльбора рекомендуется в пределах $v_{кр} = 22 \div 25 \text{ м/сек}$. При указанных режимах шлифования на обработанной поверхности отсутствуют прижоги и изменения структуры. Круги из эльбора не засаливаются как при работе всухую, так и с применением СОЖ.

Таким образом в производственных условиях при чистовой (окончательной) заточке или доводке инструмента из инструментальных быстрорежущих и других сталей по сравнению с алмазными и абразивными кругами (КЗ) более эффективно могут применяться круги из эльбора.

Следует отметить, что при заточке стального режущего инструмента возможны различные варианты технологии обработки их на заточных станках: черновая (предварительная) заточка кругами из электрокорунда и чистовая заточка (или доводка) кругами из эльбора (при припуске более 0,1—0,15 мм); заточка кругами только из эльбора рекомендуется при меньшем припуске.

28. ЗАТОЧКА И ДОВОДКА ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

При заточке и переточках твердосплавного режущего инструмента на практике могут осуществляться следующие варианты технологического процесса:

1) предварительная черновая заточка шлифовальными кругами из карбида кремния зеленого (КЗ) одновременно пластинки твердого сплава и стальной державки и последующая чистовая заточка или доводка режущей пластинки алмазными кругами;

2) чистовая заточка и доводка алмазными кругами;
3) абразивная обработка державки кругами ЭБ, черновая заточка кругами КЗ и чистовая заточка или доводка алмазными кругами режущей пластинки;

4) абразивная обработка державки кругами из электрокорунда с последующей алмазной чистовой заточкой или доводкой режущей части.

Следует отметить, что при заточке твердосплавного инструмента выбор абразивных и алмазных кругов обуславливается следующими факторами: назначением инструмента и требованиями, предъявляемыми к нему; обрабатываемой поверхностью (только твердосплавная режущая пластинка или совмещенная обработка режущей пластинки и стальной державки); необходимостью обеспечить минимальную стоимость операции заточки [43]. При выборе варианта технологического процесса заточки режущего инструмента следует учитывать также и величину снимаемого припуска на обработку.

В случаях заточки только нависающей твердосплавной пластинки целесообразно вначале осуществить предварительно черновую заточку пластинки твердого сплава кругами КЗ, а затем чистовую заточку или доводку алмазными кругами.

При заточке режущего инструмента, оснащенного твердым сплавом, кругами КЗ ручную операцию заточки лучше проводить без применения СОЖ; на автоматизированных заточных станках в качестве СОЖ рекомендуется применять водный раствор нитрита натрия (с расходом 5—8 л/мин).

Для обработки державок инструмента применяются круги из электрокорунда (Э). Круги из карбида кремния осуществляют в основном черновую или чистовую обработку, а алмазные круги — чистовую заточку и доводку; в отдельных же случаях ими может быть выполнена и черновая обработка.

В табл. 33 приведены рекомендуемые характеристики заточных кругов в зависимости от технологического процесса заточки и доводки твердосплавного режущего инструмента и обеспечения требуемой шероховатости обработанной поверхности [43].

В зависимости от назначения той или иной марки твердого сплава для режущего инструмента и других условий обработки характеристика шлифовального круга может быть уточнена.

В табл. 34 представлены рекомендуемые характеристики кругов из карбида кремния зеленого (КЗ) и режимы заточки инструмента в зависимости от выбранных операций заточки и марок твердого сплава (по данным ВНИИ при заточке вручную).

В табл. 35 показаны рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов из карбида кремния (КЗ) и режимы заточки резцов с пластинками из твердого сплава на универсально-заточных станках.

Как видно из таблицы, при ручной заточке твердых сплавов скорости шлифования, обеспечивающие необходимую стойкость кругов, допускаются несколько большие, чем при машинной.

А л м а з н а я з а т о ч к а и д о в о д к а твердосплавного режущего инструмента значительно повышает качество обработанной

**Рекомендуемые характеристики шлифовальных кругов
в зависимости от операции заточки**

Наименование операции	Класс чистоты	Припуск под обработку в мм	Характеристика шлифовального круга				
			Материал шлифовальных зерен	Зернистость	Твердость	Связка	Концентрация в %
Обработка державки	5—6	—	Э	40—80	C1—CM1	К	—
Черновая заточка	6—7	0,3—0,4 и более	КЗ	25—40	M2—CM2 M3—C1	К	—
			АС	10—16	—	МИ, МК, М5	100—150
Чистовая заточка	8—9	0,1—0,3	АС, А	10—16	—	МИ, МК, М5	100
						Б1, ТО2	50—100
			КЗ	25—40	C1—CM2	Б	—
Нормальная доводка	9—10	0,05—0,1	АС, А	6—10	—	Б1, Б2, ТО2	25—30
						МИ, МК	50
Тонкая доводка	11—12	Не более 0,05	АС, А	M20—M14	—	Б1, Б2, ТО2	25—30

поверхности, обеспечивает необходимую остроту режущих кромок и уменьшает температуру в зоне обработки. Это, в свою очередь, исключает появление микротрещин на обработанной поверхности режущей части инструмента и повышает его стойкость.

Следует отметить, что алмазные круги характеризуются формой, размерами, связкой, зернистостью алмазного порошка, материалом режущих зерен (синтетические или натуральные), концентрацией алмазов в алмазоносном слое. Круги алмазные шлифовальные выпускаются по ГОСТ 16167—70 — ГОСТ 16181—70. Имеющиеся различные связки алмазных кругов не обеспечивают одинаковую прочность закрепления режущих зерен в алмазоносном слое и способствуют в различных условиях заточки и доводки сплавов самозатачиванию кругов. Необходимо отметить, что более прочные связки

**Рекомендуемые характеристики кругов из карбида кремния
зеленого и режимы заточки твердосплавного инструмента вручную
(по данным ВНИИ)**

Показатель		Обрабатываемый материал					
		ВК6, ВК8, Т5К10		ВК2, Т14К8, Т15К6		Т30К4	
Характеристи- ка круга	Материал абра- зива	Карбид кремния зеленый					
	Зернистость	25—40					
	Связка	К	Б	К	Б	К	Б
Обработка пе- риферией круга	Твердость кру- га	С1	С2	СМ2	С1	СМ1	СМ2
	Скорость кру- га в <i>м/сек</i>	22	26	18	22	12	15
Обработка тор- цом круга	Твердость кру- га	СМ2	С1	СМ1	СМ2	М3	СМ1
	Скорость кру- га в <i>м/сек</i>	18	22	15	18	10	12
Класс чистоты поверхности		6	7	6	7	6	7

лучше удерживают алмазные зерна в алмазоносном слое, что уменьшает расход алмазных кругов.

При черновой и чистовой заточке инструмента (шероховатость обработанной поверхности $\nabla 7$ — $\nabla 8$ классов) рекомендуется применять алмазные круги с металлической связкой.

При работе кругов с металлическими связками необходимо применять СОЖ.

Алмазные круги на органических связках применяются для шлифования при сравнительно небольших припусках, при чистовой заточке и доводке твердосплавных режущих инструментов. Алмазные круги на керамической связке К1 применяются при заточке и доводке режущих инструментов из быстрорежущих сталей Р18, Р9 и др.

Алмазные круги изготавливаются из порошков синтетических и натуральных алмазов зернистостью по ГОСТ 9206—70. Зернистость является одной из основных характеристик алмазных кругов и ее следует выбирать в зависимости от технических требований к шероховатости (чистоты) обработанной поверхности. Ориентировочные рекомендации ВНИИ Алмаза [49] по назначению зернистости алмазных кругов приведены в табл. 36.

**Рекомендуемые характеристики кругов из карбида кремния зеленого
и режимы заточки твердосплавных инструментов
на универсально-заточных станках**

Показатель		Обрабатываемый материал					
		ВК6, ВК8, Т5К10		ВК2, Т14К8, Т15К6		Т30К4	
Характеристика круга	Материал абразива	Карбид кремния зеленый 25—40					
	Зернистость						
	Связка	К	Б	К	Б	К	Б
Обработка периферией круга	Твердость круга (не более)	СМ2	С1	СМ1	СМ2	М3	СМ1
	Скорость круга в м/сек (не более)	18	22	15	18	10	12
Обработка торцом круга	Твердость круга	СМ1	СМ2	М3	СМ1	М2	М3
	Скорость круга в м/сек	15	18	12	15	8	10
Черновая обработка	Продольная подача в м/мин	8—12					
	Подача на глубину в мм/дв. ход	0,1—0,15				0,08—0,10	
Чистовая обработка	Продольная подача в м/мин	3—5				—	
	Подача на глубину в мм/дв. ход	0,02—0,04				—	
Выхаживание (число проходов)		2—3				1—2	
Состав охлаждающей жидкости		трех- пятипроцентная эмульсия или однопроцентный водный раствор триэтаноламина ¹					
Расход жидкости в л/мин		5—8					
Класс чистоты поверхности		7	8	7	8	7	8
¹ Для керамических кругов.							

Алмазные круги изготавливаются с концентрацией алмаза 25, 50, 100, 150 и 200%. Круги из зерен (порошков) природных алмазов (А) рекомендуются для работы с большими удельными нагрузками и в тех случаях, когда необходима высокая их кромкостойкость (внутреннее и профильное шлифование и др.) [15].

В табл. 37 даны рекомендации ВНИИ по режимам заточки и доводки алмазными кругами на органических (бакелитовых) связках. Эти связки обладают высокими режущими свойствами и обеспечивают при чистовой заточке и доводке твердосплавного режущего инструмента высокое качество обработанной поверхности.

Следует отметить, что наиболее высокими режущими свойствами обладают шлифовальные круги, изготовленные на металлической связке М5. Они могут быть использованы при чистовой и черновой заточке твердосплавного инструмента.

В табл. 38 приведены рекомендуемые режимы заточки алмазными синтетическими кругами на металлических связках (данные ВНИИ).

В процессе заточки и доводки твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлических связках рекомендуется применять

Таблица 36

Зернистость алмазных кругов

Обозначение зернистости (ГОСТ 9206—70)	Класс чистоты обработанной поверхности по ГОСТ 2789—59	
	Металлическая связка	Органическая связка
A16—A10 (AC16—AC10)	7—8	—
A8—A6 (AC8—AC6)	8—9	8—9
AC5—AC4	—	9—10
ACM40—ACM28	—	10—11
ACM20—ACM10	—	11—13

Таблица 37

Режимы заточки и доводки твердосплавного инструмента алмазными кругами на бакелитовых связках

Наименование операции	Характеристика круга			Режим обработки		
	Связка	Зернистость	Концентрация в %	Скорость круга в м/сек	Продольная подача в м/мин	Подача на глубину шлифования в мм/дв. ход
Чистовая заточка	Б1 ТО2	АСО 10—16	100	20—25	1—2	0,01—0,025
Доводка	Б1 ТО2 Б2	АСО 6—10	50	25—30	0,7—1	0,01—0,15
Тонкая доводка	Б1 ТО2 Б2	АСО М14—М20	25	30—35	0,5—0,7	0,005—0,01

**Режимы заточки твердосплавного инструмента алмазными
кругами на металлических связках**

Марка твердого сплава	Характеристика круга			Режимы заточки		
	Связка	Зернистость	Концентра- ция в %	Скорость круга в м/сек	Продольная подача в м/мин	Подача на глубину шлифования в мм/об. ход
Т30К4	М5	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,1 0,05 0,03
	МИ МК	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,05 0,025 0,015
Т15К6	М5	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,15 0,075 0,05
	МИ МК	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,075 0,04 0,025
ВК8	М5	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,1 0,05 0,03
	МИ	АСП 10—12	100	16—22	1 2 3	0,075 0,04 0,025

СОЖ с расходом 3—5 л/мин. В этом случае будут снижаться температура и напряжения в поверхностном слое, что дает возможность избежать трещин и сколов твердого сплава; применение СОЖ способствует также снижению «засаливания» шлифовального круга, уменьшению износа (до 50%) и увеличению производительности на 25—50% (охлаждение должно поступать непрерывно).

ВНИИалмаз рекомендует применять СОЖ следующего состава (в %): 0,60 тринатрийфосфата; 0,05 вазелинового масла; 0,30 буры; 0,25 кальцинированной соды; 0,10 нитрита натрия; остальное вода.

На Горьковском автомобильном заводе применяется СОЖ (в %), состоящая из 0,30 тринатрия фосфата; 0,50 буры; 0,40 триэтаноламина; 0,10 смачивателя ОП7 (или ОП10); 0,30 кальцинированной соды; 0,40 нитрита натрия; остальное вода.

При работе алмазными кругами на бакелитовых связках СОЖ может применяться в основном для кругов на связках с металлическим наполнителем (Б2, ТО2). В этом случае значительно повышается производительность обработки и снижается расход алмазов (до 20—40%).

Работа по созданию шлифовальных кругов на связках МО13, МВ1, МС6 и др., проведенная в Украинском научно-исследовательском конструкторско-технологическом институте синтетических и сверхтвердых материалов, и длительная их эксплуатация дали возможность эффективно использовать алмазные круги при заточке как режущей части твердосплавного инструмента, так и при заточке ее вместе с державкой без применения кругов из зеленого карбида кремния [54].

Полная алмазная заточка позволяет при съеме припусков до 2 мм повысить качество и стойкость инструмента, увеличить производительность и снизить стоимость заточки на 20—55%.

В табл. 39 приведены характеристики алмазных кругов и рекомендуемые режимы заточки твердосплавного инструмента.

Электролитическая заточка твердосплавного инструмента дает возможность осуществлять заточку без применения обычных абразивных кругов. Наряду с этим повышается качество обработанной поверхности по сравнению с заточкой из карбида кремния зеленого и алмазной доводкой, повышается производительность и снижается стоимость заточки.

Электролитическая алмазная обработка является разновидностью и дальнейшим развитием процесса анодно-механической обработки. Этот процесс совмещает электрохимическое воздействие постоянного тока и механическое непрерывное удаление продуктов анодного растворения алмазным шлифовальным кругом.

Следует отметить, что съем поверхностного слоя на твердосплавном инструменте практически не сопровождается выделением тепла, вследствие чего на обработанной поверхности отсутствуют прижоги, микротрещины и внутренние напряжения. Все это ведет к повышению качества инструмента, его стойкости и производительности; совмещается операция заточки и доводки; возможна одновременная обработка режущей твердосплавной пластинки и стальной державки инструмента и др. что снижает трудоемкость заточных операций и их стоимость.

Исследованиями установлено, что удельный расход алмазов в круге, производительность заточки и ее стоимость повышаются по мере увеличения напряжения. Лучшее сочетание этих данных наблюдается при напряжении источника постоянного тока 6—8 в; более низкое напряжение (4 в) может быть эффективно использовано при связках алмазных кругов, имеющих более высокие электропроводности (МВ1 и др.).

Рекомендуемые характеристики алмазных кругов и режимы электролитической заточки твердосплавного инструмента [54, 89] приведены в табл. 40,

**Характеристики алмазных кругов и режимы заточки
твердосплавного инструмента (по данным УкрНИСМИ)**

Вид обработки	Характеристика круга				Режимы резания		
	Марка алмаза	Зернистость	Связка	Концентрация в %	Скорость круга в м/сек	Поперечная подача в мм/об. ход	Продольная подача в м/мин
Заточка твердосплавной части с касанием инструмента стальной державки	АСП	10—16	МО13 MB1	100 150	15—20	0,05—0,07 0,06—0,08	2—3
Заточка твердосплавной части инструмента	АСП АСПМ ¹ АСПМ ¹	12—20	Б1	100 100 150	15—20	0,03—0,05 0,05—0,06 0,05—0,06	1,5—2,0 2,0—3,0 2,0—3,0
Заточка твердосплавной части совместно с державкой	АСП	16—32	К1	100	25—40	0,03—0,5	1,5—2,0
Шлифование стружколомающих канавок методом глубинного шлифования с поперечной подачей круга	АСВ	12—16	МС6	150	15—20	Глубина шлифования $t = 1 \text{ мм}$	0,03—0,05
						0,03—0,05	1,5—2,0

¹ Металлизированные алмазы АСО и АСП.

Рекомендуемые составы электролитов (в %):

1) 5 — азотнокислого натрия; 0,3 — азотистокислого натрия; остальное — вода;

2) 5,3 — азотнокислого натрия; 2,7 — азотистокислого натрия; 0,4 — углекислого натрия; остальное — вода.

Опыт Московского автозавода им. Лихачева по первичным заточкам и переточкам твердосплавного инструмента и исследования, проведенные в этом направлении [120], дали возможность выявить, что производительность (минутный съем) при заточке твердого сплава электролитическим способом в 1,5—3 раза выше, чем при алмазной заточке; имеется возможность совмещения заточки твердого сплава и стальной державки (поверхность обрабатываемой державки не должна превышать 30% общей площади обработки) без засаливания

Характеристики алмазных кругов и режимы электролитической заточки по пластинке твердого сплава совместно с державкой

Характеристика круга				Режимы обработки				
Марка алмаза	Зернистость	Связка	Концентрация в %	механические			электрические	
				Скорость круга в м/сек	Скорость осцилляции в дв. ход/мин	Удельное давление в кг/см ²	Напряжение постоянного тока в в	Плотность тока в а/см ²
АСП	10—16	МО13Э МВ1	100	22—25	60—70	5 ¹	6—8	80—100
АСВ		МО13Э	50					

¹ При осуществлении заточки только по твердосплавной пластинке удельное давление устанавливают 10 кг/см² и выше.

круга; шероховатость обработанной поверхности соответствует 9—10-му классам чистоты; отсутствуют трещины и прижоги на обработанной поверхности [89].

В результате сравнительных испытаний на автозаводе им. Лихачева для использования при заточке твердосплавных инструментов был принят электролит следующего состава (в %): 6 — азотнокислого натрия; 3 — азотистокислого натрия; 0,75 — фосфорнокислого натрия; остальное — вода. Было также установлено, что алмазные круги на связке МЭ-1 с зерном АСП-8 со 100-процентной концентрацией по удельному расходу алмазов (1 мг алмаза на 1 г снятого металла) и производительности ближе других испытанных кругов к алмазным кругам фирмы «Вендт»; вместе с тем алмазные круги на металлической связке М5 показали тоже высокую производительность, но их удельный расход оказался повышенным (при заточке твердых сплавов ВК8, Т5К10 и Т15К6).

Опыт внедрения электроалмазной заточки более чем на 20 заводах страны [121] показал, что данный метод заточки твердосплавного режущего инструмента является прогрессивным и дает большой экономический эффект на производстве.

На основании многочисленных исследований и широкой производственной проверки при заточке твердосплавных инструментов рекомендованы следующие режимы обработки: скорость вращения алмазного круга 20—25 м/сек; скорость поперечной подачи методом врезания 2—6 мм/мин; скорость стола при выхаживании 0,5—1,0 м/мин; рабочее напряжение постоянного тока 6—7 в; плотность тока 100—150 а/см²; расход электролита 2—3 л/мин.

Стружколомающие порошки могут быть изготовлены этим методом за один проход при продольной подаче стола 0,1—0,3 м/мин.

Для осуществления первичной заточки, переточки и доводки режущего инструмента применяются различные заточные станки шлифовальной группы. Для заточки и доводки резцов с высотой до 50 мм

рекомендуются специальные станки: модель ЗБ633В — для обработки абразивными кругами, модель ЗБ632В — для обработки алмазными кругами. Станки оснащаются приспособлениями для заточки передних поверхностей и образования мелкокоразмерных лунок.

Для заточки и доводки многолезвийного режущего инструмента рекомендуются универсально-заточные станки моделей ЗА64М, ЗА64Д, ЗВ642, ЗБ642 и др.¹

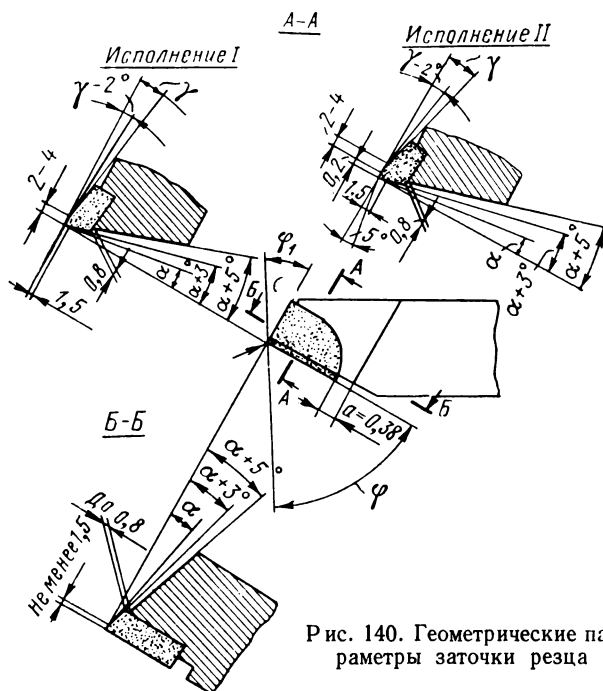


Рис. 140. Геометрические параметры заточки реза

Следует отметить, что конструкции станков моделей ЗВ642 и ЗБ642 значительно улучшены. На станках этих моделей имеется возможность производить заточку режущего инструмента с применением СОЖ (эта возможность предусмотрена и на других современных моделях станков). К этим станкам можно приобрести специальные приспособления для заточки сверл, зенкеров, торцовых и других типов фрез, мелкокоразмерного режущего инструмента и др.

Универсально-заточные станки модели ЗБ642 рекомендуется применять в основном при серийном производстве для заточки и доводки различных режущих инструментов. Для заточки торцовых насадных фрез ($D = 250 \div 630$ мм) со вставными ножами, оснащенными

¹ Для заточки твердосплавного и стального инструмента малых размеров алмазными и абразивными кругами создан малогабаритный универсальный станок (см. «Станки и инструмент», 1966, № 2).

пластинками из твердого сплава, в условиях серийного производства рекомендуется использовать полуавтомат модели ЗБ667.

Для заточки задней поверхности у сверл по главным режущим кромкам рекомендуются заточные станки модели 3653 и др.

ВНИИАлмазом и ВНИИ изданы руководящие технические материалы по технологии заточки и доводки металлорежущего инструмента, которыми следует руководствоваться [38, 49, 151 и др.].

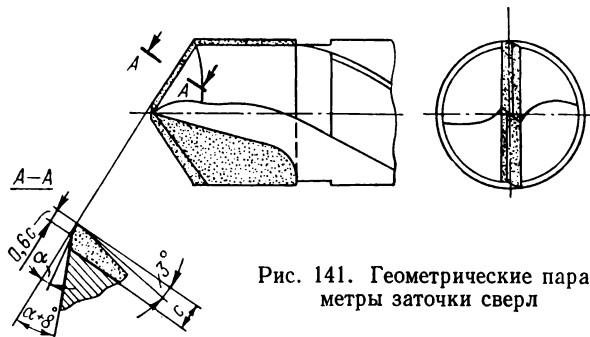


Рис. 141. Геометрические параметры заточки сверл

Для более рационального использования абразивных и алмазных кругов конструктивные элементы режущих инструментов и их геометрические параметры выполняются такими, чтобы была возможность исключить соприкосновения алмазного круга с нерабочими поверхностями режущей части инструмента.

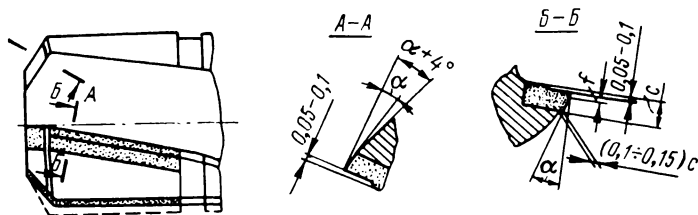


Рис. 142. Геометрические параметры заточки зенкеров

Рекомендуемые ВНИИ¹ конструктивные элементы и геометрические параметры режущих частей различных типов инструмента, оснащенных пластинками из твердого сплава, при заточке алмазными кругами ($\nabla 9$) показаны на рис. 140—146.

Как видно из рис. 140, в конструкции режущей части резцов предусмотрена нависная пластинка твердого сплава, которая обеспечивает исключение соприкосновения алмазного круга с поверхностью стальной державки. При заточке сверл (рис. 141), оснащенных пластинками из твердого сплава, предусмотрено два исполнения

¹ Отраслевые нормы ВНИИ МС и ИП СССР, 1969.

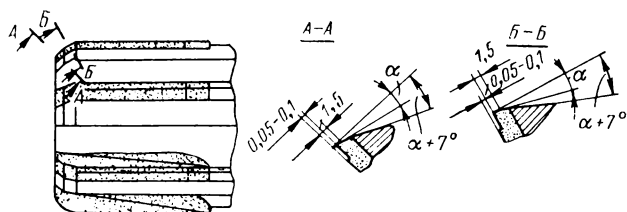


Рис. 143. Геометрические параметры заточки разверток

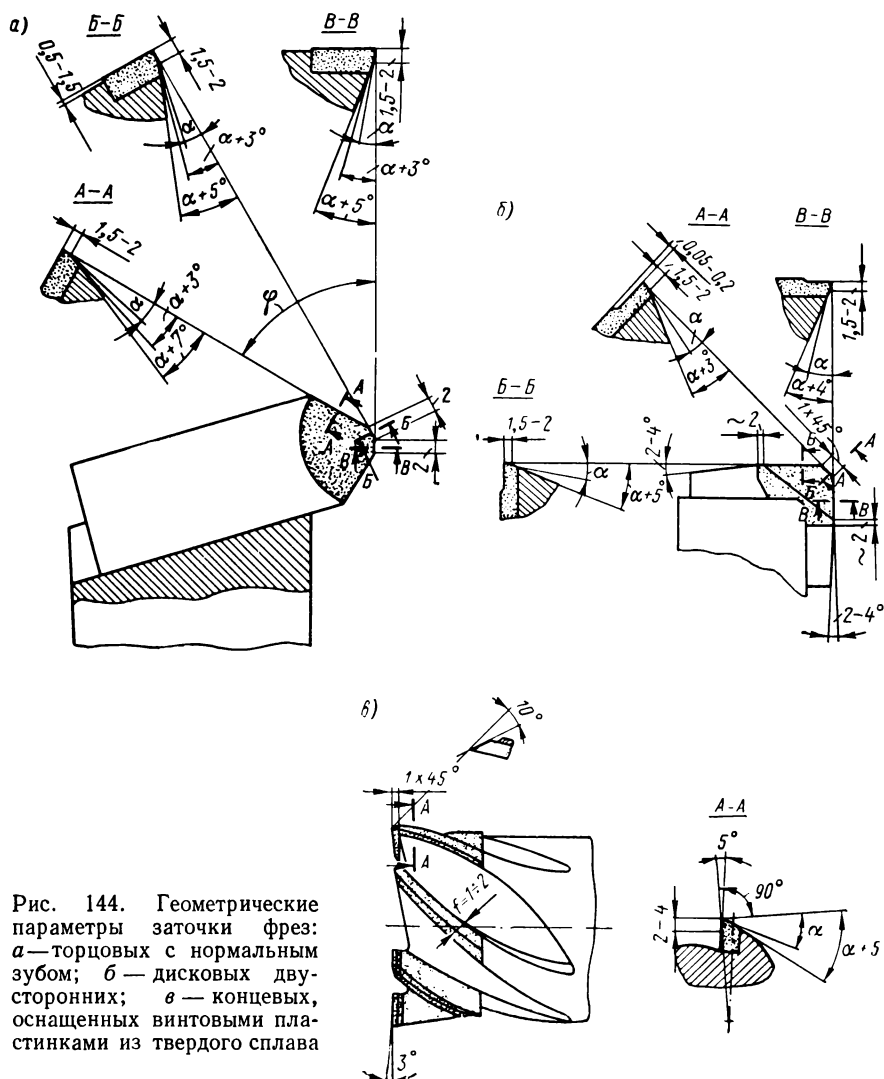


Рис. 144. Геометрические параметры заточки фрез:
 а — торцовых с нормальным зубом; б — дисковых двусторонних; в — концевых, оснащенных винтовыми пластинками из твердого сплава

Таблица 41

Режимы заточки и доводки минералокерамических пластинок алмазными кругами

Наименование операции	Характеристика алмазного круга				Режимы заточки и доводки			Ширина обработки в мм	Класс чистоты поверхности
	Тип	Связка	Зернистость	Концентрация в %	Скорость круга в м/сек	Продольная подача в м/мин	Поперечная подача в мм/об. ход		
Заточка задних поверхностей	АЧК, АПВ	М1, МИ Б1	АСП6—АСП12 АСО6—АСО12	100 50—100	20—25 30—35	1,0—1,50	0,01—0,015	3—4	8—9 9—10
Заточка радиусов при вершинах	АЧК, АПВ	Б1	АСО6—АСО10	50	30—35	—	—	3—4	10
Заточка фасок на режущих кромках	АЧК	Б1	АСМ40—АСО6	50	30—35	0,75—1,2	—	0,15—0,2	10
Заточка стружкозавивательных канавок	АТ, А1Т, А2Т, АФК	М1	АСП8—АСП16	100	20—25	1,5—1,8	—	Глубина канавок 0,6	8—9
Доводка фасок на вершинах	АЧК, АПВ	Б1	АСМ40—АСО6	50	30—35	—	—	0,15—0,2	10

заточки; в случае применения на сверлах $D \leq 5$ мм пластинок, не имеющих переднего угла, допускается выполнять заточку передней поверхности с отрицательным передним углом (до -2°).

При заточке алмазным кругом зенкеров (рис. 142), оснащенных пластинками из твердого сплава, допускается предварительно врезать твердосплавную пластинку под углом $2-3^\circ$ и заточить ее так, как это показано на рис. 140. При выборе передних и задних углов у различного типа режущих инструментов, оснащенных пластинками из твердого сплава, следует руководствоваться условиями, в которых будут работать данные инструменты на производстве. В условиях единичного и мелкосерийного производства для заточки и доводки твердосплавных резцов алмазными кругами на металлических связках рекомендуются станки по конструкции более простые¹.

Для нанесения стружколомающих лунок на твердосплавных резцах на производстве используются специальные приспособления [133 и др.] с использованием электропривода и алмазных кругов.

29. ЗАТОЧКА И ДОВОДКА МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

В научно-исследовательской лаборатории станкостроения и режущих инструментов (НИЛСИ) при Горьковском политехническом институте им. А. А. Жданова проведено исследование заточки и доводки универсальных минералокерамических пластинок ЦМ332 кругами из синтетических алмазов [53, 97 и др.]. Для заточки и доводки плоских элементов режущих пластинок НИЛСИ рекомендует применять алмазные круги форм АЧК и АПВ. Круги форм АТ, А1Т и А2Т рекомендуются для заточки стружколомательных канавок.

Как показали исследования, при заточке минералокерамических пластинок алмазными кругами на металлической связке лучшие результаты дают СОЖ следующего состава (в %): 1,5 кальцинированной соды, 0,2 нитрита натрия, остальное — вода. Способ подачи — полив ($2-3$ л/мин). Заточку минералокерамических пластин алмазными кругами на бакелитовой связке можно осуществлять и без охлаждения, но это приводит к большему удельному давлению.

Алмазная заточка и доводка минералокерамических пластинок является более эффективной по сравнению с абразивной: значительно улучшается качество затачиваемых пластин, повышается производительность труда, снижается стоимость заточки.

В табл. 41 представлены рекомендуемые режимы заточки и доводки минералокерамических пластинок в специальном приспособлении позволяющем производить заточку и доводку пластинок по всем геометрическим параметрам на модернизированных универсально-заточных станках моделей ЗА64М и ЗА64Д [189, 190].

¹ Канд. техн. наук И. С. Штейнбергом предложен заточный станок модели С2ПУ-348 с применением капельной абразивной смазки [188] предназначенный для индивидуальной заточки и доводки резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршинов В. А., Алексеев Г. А. Резание металлов и режущий инструмент. М., изд-во «Машиностроение», 1967.
2. Акимов А. В., Шманенкова Н. М. Новые конструкции сборных токарных резцов. — Передовой научно-технический и производственный опыт № 6—67—1625/352. М., ГОСИНТИ, 1967.
3. Акимов А. В., Громаков К. Г., Дубова Е. В. и др. Инструмент с многогранными неперетачиваемыми твердосплавными пластинками. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1968.
4. Андреев В. Н. Конструирование торцовых фрез со ступенчатой схемой резания. — Материалы семинара «Резание и режущие инструменты». МДНТП им. Д. Э. Дзержинского, 1967.
5. Андреев В. Н. Силы резания при работе ступенчатыми торцовыми фрезами. — Сб. трудов ВНИИ МС и ИП СССР, № 4, М., 1968.
6. Александров П. Д. Новые конструкции мелкогабаритного твердосплавного инструмента. — Тезисы докладов: «Высокопроизводительный твердосплавный режущий инструмент для обработки черных и цветных металлов и их сплавов». М., ВНИИ, 1964.
7. Ананьина Г. С. Конструкция и технология изготовления цельного и твердосплавного инструмента. М., ВНИИ, 1966.
8. Аранзон М. А., Назаров А. А. Производительная обработка жаропрочных сталей резанием. Куйбышев, Кн. изд-во, 1965.
9. Алмазные инструменты в машиностроении. Под ред. И. Г. Космачева. Ленинград, 1965.
10. Блюмберг В. А. Пути повышения производительности при фрезеровании. М.—Л., изд-во «Машиностроение», 1964.
11. Бобров В. Ф., Грановский Г. И., Зорев Н. Н. и др. Развитие науки о резании металлов. М., изд-во «Машиностроение», 1967.
12. Босинзон А. Я. Рациональные методы дробления стружки в процессе резания. — Способы формообразования, удаления и переработки металлической стружки (Материалы семинара, сб. 1). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1964.
13. Большаков В. М., Малев Ф. Б., Пучков В. М. Стружколомание при скоростном точении стали. — Прогрессивные методы механической обработки металлов. ЦБТИ Горьковского совнархоза, 1961.
14. Бакуль В. Н. Синтетические алмазы и технический прогресс. — Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. Под ред. д-ра техн. наук Е. Н. Маслова. М., изд-во «Наука», 1966.
15. Балков П., Маненков К. Алмазы обрабатывают металл. Одесса, изд-во «Маяк», 1965.
16. Вульф А. М. Резание металлов минералокерамическими резами. М., Машгиз, 1958.
17. Власов А. Ф. Удаление пыли и стружки от режущих инструментов. М., изд-во «Машиностроение», 1966.
18. Высокопроизводительные конструкции сверл и их рациональная эксплуатация. Под ред. М. Н. Ларина. Ч. 1 и 2. М., ЦИНТИмаш, 1960.
19. Вершинская А. Д. Сверление титановых и жаропрочных сплавов. — Высокопроизводительный режущий инструмент. М., Машгиз, 1961.

20. В а с и о н и с Г. А. Некоторые особенности технологии изготовления сверл на Вильновском заводе сверл. — Спиральные сверла. М., НИИмаш, 1966.
21. В а с и л ь е в Д. Т. Теоретические основы сверления спиральными сверлами и оптимальные условия для сверления жаропрочных материалов. — Спиральные сверла. М., НИИмаш, 1966.
22. Г р а н о в с к и й Г. И. Кинематика резания. М., Машгиз, 1948.
23. Г р а н о в с к и й Г. И., К о с т о у с о в А. И., П р о к о п о в и ч А. Е. и др. Достижения науки и техники и передовой опыт в промышленности и строительстве. Вып. 4. — Технология машиностроения (обработка металлов резанием). М., ВПШ и АОН при ЦК КПСС, 1959.
24. Г л а д и л и н А. Н., М а л е в с к и й Н. П. Справочник молодого инструментальщика по режущему инструменту. М., изд-во «Высшая школа», 1965.
25. Г р а н о в с к и й Г. И., Г р у д о в П. П., К р и в о у х о в В. А. и др. Резание металлов. М., Машгиз, 1954.
26. Г е л л е р Ю. А. Инструментальные стали. М., изд-во «Металлургия», 1968.
27. Г у р и н Ф. В., Б у х т е е в а И. В., Д м и т р и е в И. П. Чистовое фрезерование труднообрабатываемых сплавов концевыми фрезами из новых инструментальных материалов. — Высокопроизводительная точная обработка труднообрабатываемых материалов резанием. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971.
28. Г у р и н М. Ф., М и х а й л о в В. А. Тонкая обработка конструкционных материалов эльборовыми резцами. — Высокопроизводительная точная обработка труднообрабатываемых материалов резанием (материалы семинара). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971.
29. Г у р и н Ф. В. Алмазный инструмент с ориентированными рабочими элементами в кристалле алмаза. — «Машиностроитель», 1966, № 6.
30. Г р о м а к о в К. Г., Т а м б о в ц е в С. С. Фрезы. — Инструментальное производство. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1967.
31. Г е р а с и м о в Н. Н., Д и н а б у р г Р. Я. Опыт обработки высокопрочных сталей, нержавеющей сталей высокой прочности и молибденовых сплавов. — Обработка резанием труднообрабатываемых материалов. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1964.
32. Г а л е й М. Т. Зенкеры. М., Машгиз, 1960.
33. Г а л е й М. Т. Развертки. М., Машгиз, 1960.
34. Д а н и е л я н А. М., Б о б р и к П. И., Г у р е в и ч Я. Л. и др. Обработка резанием жаропрочных сталей и сплавов тугоплавких металлов. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
35. Д ы к о в А. Т., Я с и н с к и й Г. И. Прогрессивный режущий инструмент в машиностроении. М.—Л., Машгиз, 1963.
36. Д з а н а ш в и л Г. Ф. Резцы для точения стали ШХ15. — «Станки и инструмент», 1966, № 9.
37. Д а н и л о в Б. Ф. Новые инструменты для токарных работ. М., изд-во «Машиностроение», 1968.
38. Д е г т я р е н к о Н. С. Технология заточки режущего инструмента и механизация операций. — Инструментальное производство. Под ред. К. Ф. Романова. М., НИИмаш, ВНИИ, 1967.
39. Д е г т я р е н к о Н. С. Основные направления развития финишных операций в производстве режущего инструмента. — «Станки и инструмент», 1970, № 4.
40. Д е г т я р е н к о Н. С. Особенности шлифования современных быстрорежущих сталей. — Новые инструментальные стали и внедрение их в промышленность. М., ВНИИ, 1969.
41. Д е г т я р е н к о Н. С. Заточка и доводка инструмента из быстрорежущей стали. — Технология машиностроения. М., НИИмаш, вып. 11—12, 1967.
42. Д е г т я р е н к о Н. С., К а м е н к о в и ч А. С. Установление условий заточки по температурному критерию. — Руководящие материалы, вып. 7. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1965.
43. Д е г т я р е н к о Н. С., Б е л о с т о ц к и й В. Л. Область применения алмазных кругов, кругов из карбида кремния зеленого и режимы заточки твердосплавного инструмента (руководящие материалы). М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.

44. Еремеева Н. М. Сверла. Под ред. М. Т. Галея. М., Машгиз, 1959.
45. Жигалко Н. И., Киселев В. В. Проектирование и производство режущих инструментов. Минск, изд-во «Высшая школа», 1969.
46. Журавлев С. А., Шифрин А. Ш. Фрезы. М.—Л., изд-во «Машиностроение», 1964.
47. Жилис В. И. Современные конструкции спиральных сверл. — Материалы Всесоюзной научно-технической конференции «Новые конструкции и технология производства режущих инструментов». Вильнюс, 1966.
48. Жилис В. И. Конструкции специальных спиральных сверл, применяемых в СССР. — Спиральные сверла (сборник материалов Всесоюзного совещания по спиральным сверлам). М., НИИмаш, ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
49. Желизников Л. Н., Дмитриев В. А. Алмазная обработка металлорежущего инструмента. М., ВНИИалмаз МС и ИП СССР, 1967.
50. Зорев Н. Н., Фетисова З. М. Обработка резанием тугоплавких сплавов (на основе молибдена). М., изд-во «Машиностроение», 1966.
51. Зорев Н. Н., Фетисова З. М., Чижов Б. Г. Применение новых марок твердых сплавов при обработке труднообрабатываемых материалов. — Высокопроизводительная точная обработка труднообрабатываемых материалов резанием (материалы семинара). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971.
52. Землянский В. А., Гранин Ю. Ф., Старченко Б. В. Круглые самовращающиеся резцы. — «Машиностроитель», 1965, № 6.
53. Зеленцов В. В., Лисов А. М. Опыт применения минералокерамических резцов на токарных гидрокопировальных полуавтоматах. — Передовой научно-технический и производственный опыт. М., ГОСИНТИ, 1968, № 7—485/100.
54. Захаренко И. П. Полная алмазная заточка твердосплавного инструмента на съеме больших припусков. — Резание труднообрабатываемых материалов (материал семинара). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969.
55. Исаев А. И. Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. М., Машгиз, 1950.
56. Исаев А. И., Кришлова О. М., Кацнельсон В. Ю. Новые быстрорежущие стали и их использование при обработке труднообрабатываемых материалов. — Высокопроизводительная точная обработка труднообрабатываемых материалов резанием. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971.
57. Ипполитов Н. В. Прогрессивный отрезной резец. Новый инструмент. — Опыт изобретателей, рационализаторов и новаторов производства. М. ЦБТИ СХЗ, 1961.
58. Исаев А. И., Андреев Г. С. Резцы для чистового и получистового точения с самовращающейся режущей частью из твердого сплава. М., АН СССР, ИТЭИН, 1954.
59. Иоффе М. М. Алмазное точение и выглаживание деталей. — Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. М., изд-во «Наука», 1966.
60. Ипполитов Г. М. Абразивно-алмазная обработка. М., изд-во «Машиностроение», 1969.
61. Кривоухов В. А., Петруха П. Г., Бруштейн Б. Е. и др. Резание конструкционных материалов. — Режущие инструменты и станки. М., изд-во «Машиностроение», 1967.
62. Клущин М. И. Применение смазочно-охлаждающих жидкостей при резании металлов. — Прогрессивная технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин. Под ред. А. А. Маталина, Л., изд-во «Машиностроение», 1970.
63. Космачев И. Г. Карманный справочник инструментальщика. Л., изд-во «Машиностроение», 1969.
64. Коссович Г. А., Нестеров В. Д., Виноградов Ю. В. и др. Материалы X конференции по обмену опытом работников центральных заводских лабораторий инструментальных и машиностроительных заводов. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
65. Коссович Г. А., Саверина С. М., Малинкина Е. И. и др. Новые инструментальные материалы, улучшающие стойкость режущего инструмента (по материалам Всесоюзного семинара). М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1965.

66. Киффер Р., Бенезовский Ф. Твердые сплавы. Под ред. В. И. Третьякова. М., изд-во «Металлургия», 1971.
67. Креймер Г. С. Прочность твердых сплавов. М., изд-во «Металлургия», 1971.
68. Константинов Б. А. Резцы для тяжелых условий работы. — Эффективные режущие и измерительные инструменты (опыт Куйбышевских инструментальщиков). Куйбышев, Кн. изд-во, 1966.
69. Козин И. Я. Резцы с цилиндрической передней поверхностью. — Эффективные режущие и измерительные инструменты (опыт Куйбышевских инструментальщиков). Куйбышев, Кн. изд-во, 1966.
70. Кушнер И. С. Исследование процесса точения при работе круглыми самовращающимися резцами. — Труды межвузовской конференции. Куйбышев, 1962.
71. Коновалов Е. Г., Сидоренко В. А., Соусь А. В. Ротационные режущие инструменты. ЛДНТП, 1969.
72. Коновалов Е. Г., Соусь А. В. Твердосплавные ротационные резцы. — «Промышленность Белоруссии», 1968, № 9.
73. Кушнер И. С., Ледяев В. В. Круглые вращающиеся резцы. — Эффективные режущие и измерительные инструменты (опыт Куйбышевских инструментальщиков). Куйбышев, Кн. изд-во, 1966.
74. Круглов Г. А. Обработка алмазными резцами деталей приборов. М., изд-во «Машиностроение», 1968.
75. Кривоухов В. А., Егоров С. В., Бруштейн Б. Е. и др. Обработываемость резанием жаропрочных и титановых сплавов. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
76. Коротич А. Н., Платов Н. А. Сборные отрезные резцы. — «Станки и инструмент», 1969, № 5.
77. Каменкович А. С., Музыкант Я. А. и др. Исследование процесса точения деталей из закаленных сталей. — «Алмазы», 1971, № 1.
78. Карасев В. Я., Шифрин А. Ш. Производительная обработка металлов фрезами с неравномерным окружным шагом. ЛДНТП, 1961.
79. Крепак А. С. Исследование конструкций концевых фрез с разнонаклонными зубьями. — «Автомобильная промышленность», 1969, № 4.
80. Капилевич Ю. Б. Новый твердосплавный металлорежущий инструмент. М., НИИинформтяжмаш, 1967.
81. Коновалов Е. Г., Сидоренко В. А., Иванов Н. С. и др. Торцовая фреза с ротационными резцами. — «Машиностроитель», 1970, № 6.
82. Кербиков Л. С. Высокопроизводительные конструкции инструмента, выпускаемого Московским инструментальным заводом. — Материалы семинара «Высокопроизводительное резание и режущий инструмент», МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1970.
83. Калмыков В. И. Конструкция, технология и эксплуатация твердосплавного инструмента. — «Машиностроитель», 1971, № 3.
84. Кириллов К. Н. Сверла повышенной жесткости для обработки труднообрабатываемых материалов. — Спиральные сверла (сборник материалов Всесоюзного совещания по спиральным сверлам). М., НИИмаш, ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
85. Кириллов К. Н., Кириллова О. М. Сверление отверстий в деталях из труднообрабатываемых материалов. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
86. Кожевников Д. В., Щепетильников Ю. В., Ординарцев И. А. Сверление отверстий сверлами, оснащенными пластинками твердого сплава. — «Станки и инструмент», 1969, № 12.
87. Кузовенко Е. Г. Быстрорежущие и оснащенные пластинками из твердого сплава сверла с центральным охлаждением. — Спиральные сверла. М., НИИмаш, ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
88. Каменкович А. С., Петров Г. Д., Гольдберг С. А. Область применения и условия эксплуатации кругов из эльбора при обработке режущего инструмента. — Опыт применения кругов из эльбора при изготовлении режущего инструмента в инструментальном производстве. Под ред. канд. техн. наук К. Ф. Романова. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1970.

89. Кедров С. М. Обычное и электрохимическое шлифование твердых сплавов алмазными кругами на металлической связке. — Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. Под ред. д-ра техн. наук Е. Н. Маслова. М., изд-во «Наука», 1966.
90. Лоладзе Т. Н. Износ режущего инструмента. М., Машгиз, 1958.
91. Лапин Н. А., Кацнельсон В. Ю. Резцы со стружкозавителем и механическим креплением пластин твердого сплава. М., Машгиз, 1950.
92. Лакур К. В. Виброустойчивые резцы. — Опыт новаторов Ленинградской промышленности. Лениздат, 1966.
93. Лапин Н. А., Кацнельсон В. Ю. Скоростное точение стали при снятии стружки крупного сечения. М., Машгиз, 1950.
94. Лесницкий М. Л. Прогрессивный инструмент новаторов производства. — Резцы. Токарная оснастка, М., ВДНХ СССР, 1962.
95. Лоладзе Т. Н., Бокучава Г. В. Износ алмазов и алмазных кругов. М., изд-во «Машиностроение», 1967.
96. Лутов В. М. Дробление стружки резцами с лункой на передней поверхности. — Способы формирования, удаления и переработки металлической стружки. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1964.
97. Лубяной И. И., Шматов В. Е. Минералокерамические резцы со специальной формой заточки передней поверхности. — Бюллетень технико-экономической информации № 11. М., ГОСИНТИ, 1966.
98. Лавров Н. К. Завивание и дробление стружки в процессе резания. М., изд-во «Машиностроение», 1971.
99. Ларин М. Н. Высокопроизводительные конструкции фрез и их рациональная эксплуатация. М., Машгиз, 1957.
100. Лесницкий М. Л. Кольцевое сверление глубоких отверстий тонкостенными коронками конструкции С. А. Чернишкина — Прогрессивный инструмент новаторов производства. Вып. II, М., ВДНХ СССР, 1962.
101. Мартынов А. Д., Синельникова Т. К. Допуски на конусы инструментов. — «Станки и инструмент», 1969, № 5.
102. Можаяев С. С., Саромотина Т. Г. Скоростное и силовое точение сталей повышенной прочности. М., Оборонгиз, 1957.
103. Маслов Е. Н. Теоретические основы процесса алмазной обработки материалов. — Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. М., изд-во «Наука», 1966.
104. Маргулес А. У. Износ и стойкость резцов из кермета. — «Станки и инструмент», 1970, № 11.
105. Малкин А. Я., Карцев С. П. Достижения советской инструментальной промышленности. — «Станки и инструментальная промышленность», 1961, № 5.
106. Меллер А. М. Высокопроизводительные торцовые фрезы. — Новые конструкции и технология производства режущих инструментов (доклады на Всесоюзной научно-технической конференции). М., НИИмаш, 1966.
107. Мальцев О. С. Окончательная обработка и изготовление цельнотвердосплавного многолезвийного инструмента. — Тезисы докладов на Всесоюзном семинаре «Новые инструментальные материалы, улучшающие стойкость режущего инструмента». М., НИИмаш, 1965.
108. Меркулов Л. П., Мальцев О. С. Исследование параметров резания при фрезеровании труднообрабатываемых материалов монолитными твердосплавными фрезами. — Резание труднообрабатываемых материалов (материалы семинара). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969.
109. Мальцев О. С. Твердосплавные спиральные сверла и их применение. — Высокопроизводительный твердосплавный режущий инструмент для обработки черных и цветных металлов и их сплавов (Тезисы докладов на семинаре). М., ВНИИМС и ИП СССР, 1964.
110. Мальцев О. С., Верещака А. С. Исследование геометрических параметров монолитных твердосплавных спиральных сверл, предназначенных для обработки труднообрабатываемых материалов. — Твердые сплавы. М., ВНИИТС, 1969 (Сб. трудов № 9).

111. Металлорежущий инструмент и специальные станки для производства инструмента. Вып. 6. Международная станкостроительная выставка 1968 в Лондоне. М., ВНИИМаш, 1968.
112. Мещеряков А. И., Фадюшин И. Л. Однолезвийные развертки для обработки точных отверстий. — Высокопроизводительная точная обработка труднообрабатываемых материалов резанием (материалы семинара). МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1971.
113. Маслов Е. Н. Основы теории шлифования металлов. М., Машгиз, 1951.
114. Муцянко В. И. Абразивная заточка и доводка металлорежущих инструментов. Л., изд-во «Машиностроение», 1967.
115. Мурашкин Л. С., Щеголев А. В. Заточные станки. М.—Л., Машгиз, 1949.
116. Некрасов С. С., Зильберман Г. М. Обработка конструкционных материалов. М., изд-во «Машиностроение», 1967.
117. Нормы износа, стойкости и расхода режущего инструмента. М., НИБТН, 1961.
118. Нормали машиностроения. Резцы токарные, строгальные и долбежные с пластинками из твердых сплавов и быстрорежущей стали. МН 5129—64 и др. М., Стандартгиз, 1965.
119. Нодельман М. О. Исследование процесса резания твердосплавными резцами с фасонной передней поверхностью и разработка оптимальных условий их работы на автоматических линиях. Автореф. канд. дисс., Куйбышев, 1968.
120. Наерман М. С., Думельский М. А. Электролитическая алмазная заточка твердосплавных резцов. — Алмазная и абразивная обработка (материалы семинара). Под ред. Г. М. Ипполитова и С. А. Попова, МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1967.
121. Назин А. А., Ольхов В. А., Просвирин Э. Н. и др. Практика электроалмазной заточки твердосплавных резцов. — Алмазная и абразивная обработка (материалы семинара). Под ред. Г. М. Ипполитова и С. А. Попова. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1968.
122. Остафьев В. А. Исследование сверления отверстий в высокопрочном чугуна сверлами, оснащенными коронками из твердого сплава. Вильнюс, ВНИИ, 1964.
123. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования. Ч. 1, ЦБПН НИИтруда, М., изд-во «Машиностроение», 1967.
124. Подураев В. Н. Обработка резанием с вибрациями. М., изд-во «Машиностроение», 1970.
125. Ординарцев И. А., Филиппов Г. В. Высокопроизводительные конструкции инструмента, выпускаемого инструментальным заводом им. Воскова. — Высокопроизводительное резание и режущий инструмент. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1970.
126. Панкин А. В. Обработка металлов резанием. М., Машгиз, 1961.
127. Панкин А. В., Бурдов Д. Н. Изготовление и применение новых охлаждающе-смазывающих жидкостей. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
128. Петрухин С. С. Основы проектирования режущей части металлорежущих инструментов. М., Машгиз, 1960.
129. Подпоркин В. Г., Большаков С. А. Точение металлов и резцы. М.—Л., Машгиз, 1958.
130. Правов А. А., Пудов В. Д. Режущий инструмент с механическим креплением твердого сплава. Руководящие материалы. М., НИИавтопром, 1967.
131. Панченко В. А., Барац Я. И. Столбиковые резцы. — Эффективные режущие и измерительные инструменты (опыт Куйбышевских инструментальных). Куйбышев. Кн. изд-во, 1966.
132. Пикалов Б. И. Фрезы для обработки титановых сплавов и высокопрочных сталей. — Сб. докладов Всесоюзного совещания по фрезам. М., ВНИИМС и ИП СССР, 1968.
133. Приспособление для нанесения стружколомающей лунки на резце. — Металлорежущий и контрольно-измерительный инструмент. М., НИИМаш МС и ИП СССР, 1967.

134. Родин П. Р. Проектирование и производство режущего инструмента. Киев, изд-во «Техника», 1968.
135. Рубинштейн С. А., Левант П. В., Орнис Н. М. и др. Основы учения о резании и режущий инструмент. М., изд-во «Машиностроение», 1968.
136. Ребиндер П. А. Влияние активных смазочно-охлаждающих жидкостей на качество поверхностной обработки металлов резанием и давлением. М., АН СССР, 1964.
137. Рывкин Г. М. Инструментальная оснастка для автоматизированного производства. М., ЦБТИИ МС и ИП СССР, 1962.
138. Розенберг А. М., Еремин А. Н. Элементы теории процесса резания металлов. Москва—Свердловск, Машгиз, 1956.
139. Русев К. Р. Исследование эльбора и кермета в качестве режущего инструмента для тонкого точения. Автореф. канд. дисс., ЛПИ им. Калинина, 1970.
140. Резников Н. И., Жарков М. Г., Зайцев В. М. и др. Производственная обработка нержавеющей и жаропрочных материалов. М., Машгиз, 1960.
141. Романов К. Ф. Высокопроизводительная обработка титановых сплавов. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1958.
142. Рыжков Д. И. Вибрации при резании металлов и методы их устранения. М., Машгиз, 1961.
143. Рывкин Г. М., Самойлов Б. И. Резцы с креплением режущих пластинок и стружкозавивателей силами резания. — Скоростное резание металлов и инструмент. М., Машгиз, 1961.
144. Руднев А. В., Оганесян Л. В. Резец с вращающейся чашкой для прерывистого точения жаропрочных труднообрабатываемых материалов. — Труды ВНИИ МС и ИП СССР № 3, 1964.
145. Резников А. Н. Алмазные режущие инструменты. Куйбышев. Кн. изд-во, 1964.
146. Романов К. Ф. Металлорежущий инструмент и технология его изготовления. — «Станки и инструмент», 1967, № 11.
147. Романов К. Ф. Перспективы развития конструкций и производство фрез общего назначения. — Сб. докладов Всесоюзного совещания по фрезам. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1968.
148. Руднев А. В., Сидоров В. С. Фрезерование жаропрочных сплавов сборными торцовыми фрезами с вращающимися чашками. — Труды ВНИИ МС и ИП СССР, № 6, 1964.
149. Руднев А. В., Сидоров В. С. Разработка и исследование инструментов с вращающимися чашками для труднообрабатываемых материалов. — Труды ВНИИ МС и ИП СССР № 4, 1968.
150. Романов К. Ф. Современный режущий инструмент. — Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин. Под ред. А. А. Маталина. Л., изд-во «Машиностроение», 1970.
151. Рекомендации по применению алмазных инструментов в промышленности. Под ред. д-ра техн. наук Е. Н. Маслова. М., ВНИИалмаз, 1969.
152. Рыбаков В. А., Шпотаковский Д. Ф., Степаненко В. Г. Применение инструмента из эльбора на машиностроительных заводах. — Опыт применения кругов из эльбора при изготовлении режущего инструмента в инструментальном производстве (тезисы докладов семинара). М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1970.
153. Чернов Н. П. Ступенчатые фрезы. М., Оборонгиз, 1954.
154. Рыбаков В. А. Новые абразивные материалы и инструменты. — Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин. Под ред. А. А. Маталина. Л., изд-во «Машиностроение», 1970.
155. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М., Машгиз, 1963.
156. Справочник технолога машиностроителя. Т. 1 и 2. Под ред. А. Н. Малова и А. Г. Косиловой. М., Машгиз, 1957.
157. Сысоев В. И. Основы резания металлов и режущий инструмент. М., Машгиз, 1962.
158. Саверина С. М., Коссович Г. А., Дегтяренко Н. С. и др. Новые инструментальные стали и внедрение их в промышленность. — Сб. докладов и сообщений. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1969.

159. Сергеев Л. В., Шишкин П. П., Потоцкий Г. А. Влияние жесткости стыка твердосплавная пластина — державка на работоспособность резцов. — «Станки и инструмент», 1970, № 5.
160. Семинский В. К. Повышение производительности труда при работе на токарных станках. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
161. Семенченко Д. И., Гадателев А. Н., Аникин М. Г. Токарные сборные отрезные резцы со сменными вставками новатора М. Г. Аникина. Отраслевые нормали. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1969.
162. Семинский В. К. Державки с механическим креплением. — «Машиностроитель», 1966, № 6.
163. Смирнов С. Д. Производительная обработка титановых сплавов концевыми фрезами повышенной жесткости. ЛДНТП, 1969.
164. Семенченко Д. И. Новые конструкции твердосплавного режущего инструмента. Под ред. д-ра техн. наук А. Я. Малкина. М., НИИмаш, 1965.
165. Соусь А. В. Твердосплавные зенкеры с кольцевой заточкой для обработки точных отверстий. М., ГОСИНТИ, 1964.
166. Семко М. Ф., Качар В. А., Раб А. Ф. и др. Алмазные инструменты и их применение в машиностроении. Харьков, изд-во «Прапор», 1965.
167. Третьяков И. П. Правило для определения элементов режущего инструмента на примере отрезного резца. — «Станки и инструмент», 1968, № 9.
168. Тимофеев П. В. Смазочно-охлаждающие жидкости. М., Машгиз, 1960.
169. Типовые нормы износа и стойкости режущего инструмента. М., НИИавтопром, 1968.
170. Третьяков В. И. Металлокерамические твердые сплавы. М., изд-во «Металлургиздат», 1962.
171. Туманов В. И. Свойства твердых сплавов системы карбид вольфрама — кобальт. М., изд-во «Металлургия», 1971.
172. Трутнев В. Н. Расточные резцы с многогранными пластинками. — «Машиностроитель», 1962, № 11.
173. Тамбовцев С. С., Громаков К. Г. Торцовые фрезы с механическим креплением многогранных пластинок. — «Станкоинструментальная промышленность», 1961, № 6.
174. Ухачев В. А. Резцы для копировальных автоматов и полуавтоматов (рекомендации по конструированию). Под ред. Д. И. Семенченко. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1967.
175. Фрумин Ю. Л. Вспомогательный инструмент к станкам и автоматическим линиям. М., изд-во «Машиностроение», 1970.
176. Фельдштейн Э. И. Основы рациональной эксплуатации режущих инструментов. М., изд-во «Машиностроение», 1965.
177. Филоненко С. Н. Резание металлов. Киев, изд-во «Высшая школа», 1969.
178. Филоненко С. Н., Ломакин В. К. Расточка чугуна алмазными резцами. — Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом. Под ред. Е. Н. Маслова. М., изд-во «Наука», 1966.
179. Фадюшин И. Л. Кольцевые сверла, оснащенные твердым сплавом для обработки чугуна. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1964.
180. Фрумин Ю. Л. Опыт эксплуатации спиральных сверл на Московском автозаводе им. Лихачева (ЗИЛ). — Спиральные сверла (Сб. материалов Всесоюзного совещания по спиральным сверлам). М., НИИмаш, ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
181. Чернавский Г. Н. Современные методы конструирования, изготовления и эксплуатации твердосплавных резцов. М., ЦП НТО Машпром, 1961.
182. Чиликов В. Т., Шманенкова Н. М., Седова П. Е. и др. Способы завивания и дробления стружки и области их применения. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1970.
183. Шевченко Н. А. Геометрические параметры режущей кромки инструмента и сечение среза. М., Машгиз, 1957.
184. Шатин В. П., Денисов П. С. Режущий и вспомогательный инструмент. Справочник, М., изд-во «Машиностроение», 1968.

185. Ш и ф р и н А. Ш., Л е в и н Б. Г., Л и ф ш и ц И. И. и др. Высокопроизводительная холодная обработка металлов. М.—Л., Машгиз, 1958.
186. Ш е в ч е н к о Н. А. Новые технические направления в создании и эксплуатации металлорежущего инструмента в СССР и за рубежом. М., НИИмаш, 1967.
187. Ш е в ч е н к о Н. А., В и ш н я к о в П. А. Исследование на стойкость и производительность некоторых конструкций винтовых, твердосплавных сверл при обработке стали. — Вестник высшей школы № 9. М., изд-во «Высшая школа», 1959.
188. Ш т е й н б е р г И. С. Заточка и доводка быстрорежущего и твердосплавного инструмента алмазными кругами на металлических связках с абразивной смазкой. — Абразивно-алмазная обработка и доводочные процессы (материалы семинара). Под ред. Ю. В. Алфеева, Г. М. Ипполитова, С. А. Попова. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1966.
189. Ш м а т о в В. Е. Алмазная заточка минералокерамического режущего инструмента. — Передовой научно-технический и производственный опыт № 7—68—502/105. М., ГОСИНТИ, 1968.
190. Ш м а т о в В. Е., Л и с о в А. Г. Модернизация привода стола универсально-заточного станка модели ЗА64М. — Передовой научно-технический и производственный опыт № 5—67—106/14. М., ГОСИНТИ, 1967.
191. Э й х м а н с Э. Ф. Режущие свойства современных твердых сплавов для обработки резанием. — Новые инструментальные материалы, улучшающие стойкость режущего инструмента. М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1965.
192. Ю л и к о в М. И. Перспективы развития типажа режущего инструмента централизованного изготовления. — Новые конструкции и технология производства режущих инструментов (Всесоюзная научно-техническая конференция). М., ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
193. Ю д о в и н Л. Г. Исследование шнековых сверл при сверлении глубоких отверстий. — Спиральные сверла (Сб. материалов Всесоюзного совещания по спиральным сверлам). М., НИИмаш, ВНИИ МС и ИП СССР, 1966.
194. Я с и н с к и й Г. И. Исследование деформации при обработке углеродистой стали. Под руководством и ред. В. А. Кривоухова. Отчет НИС. М., Станкин, 1946.
195. Я с и н с к и й Г. И. Высокопроизводительные конструкции режущих инструментов и инструментальные материалы (информация). — «Станки и инструмент», 1965, № 11.
196. Я к о в е н к о Г. А., Г о л у б о в Н. П., Д у м а н с к а я В. А. Скоростная обработка нержавеющей сталей. Москва—Киев, Машгиз, 1963.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Глава I. Общие сведения о конструктивных и геометрических элементах режущих инструментов и о процессе резания	5
1. Конструктивные элементы режущих инструментов	—
2. Геометрические элементы режущей части инструментов	6
3. Общие сведения об износе и стойкости режущих инструментов	13
4. Общие технические требования к режущим инструментам	21
Глава II. Инструментальные материалы	27
5. Инструментальные стали	—
6. Металлокерамические твердые сплавы	33
7. Минеральная керамика	38
8. Алмазы	39
9. Синтетический высокотвердый инструментальный материал — поликристаллы нитрида бора — эльбор	40
Глава III. Резцы	41
10. Выбор геометрических параметров	—
11. Напаянные и сборные конструкции резцов, оснащенных пластинками из твердого сплава	53
12. Особенности конструкций проходных резцов с механическим креплением минералокерамических пластинок, и отрезных твердосплавных резцов с креплением пластинок силами резания	77
13. Резцы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых твердосплавных пластинок	84
14. Круглые вращающиеся резцы	95
15. Алмазные резцы	100
16. Резцы, оснащенные поликристаллами кубического нитрида бора — эльбором	106
Глава IV. Фрезы	109
17. Выбор геометрических параметров фрез	—
18. Фрезы быстрорежущие	114
19. Фрезы, оснащенные твердосплавными пластинками	121
Глава V. Сверла	141
20. Выбор геометрических параметров сверл	—
21. Быстрорежущие сверла	151
22. Сверла, оснащенные пластинками из твердого сплава	160
23. Сверла, используемые для глубокого сверления	170
24. Цельнотвердосплавные (монокристаллические) сверла	176
Глава VI. Зенкеры и развертки	180
25. Зенкеры	180
26. Развертки	186
Глава VII. Заточка и доводка режущего инструмента	192
27. Заточка и доводка быстрорежущего инструмента	—
28. Заточка и доводка твердосплавного инструмента	200
29. Заточка и доводка минералокерамического инструмента	214
Литература	215