

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени академика С. П. КОРОЛЕВА

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ
ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ, ЗАТОЧКА РЕЗЦОВ
ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ
МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕРМОПАРЫ

Утверждено редакционным советом института
в качестве методических указаний
к проведению лабораторных работ

Методические указания знакомят с единой геометрией режущих инструментов, с применяемой аппаратурой и инструментами для измерения углов реза; помогают освоить методику проведения эксперимента и методы обработки полученных данных. Цель материала — изучение физических явлений, сопровождающих процесс резания, этим объясняется его исследовательская направленность. Конечный результат работ по измерению сил резания и температуры при точении — определение эмпирических зависимостей сил и температуры от режимов резания.

Методические указания предназначены для студентов факультета «Двигатели летательных аппаратов».

Авторы-составители: *В. М. Зайцев, В. Н. Трусов, Ф. П. Урывский*

Рецензенты: *М. К. Клебанов, А. В. Тарасов*

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ
ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ,
ЗАТОЧКА РЕЗЦОВ

Цель работы: ознакомление с конструкцией основных типов токарных резцов, с основными понятиями, относящимися к геометрии режущей части; изучение методики и измерительных приборов, применяющихся при эскизировании, а также при заточке резцов.

ЭЛЕМЕНТЫ РЕЗЦОВ. ГЕОМЕТРИЯ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ

Резцы являются самыми распространенными металлорежущими инструментами. Резец состоит из двух частей: головки (режущей части) и тела (державки) резца (рис. 1) высотой H и шириной B .

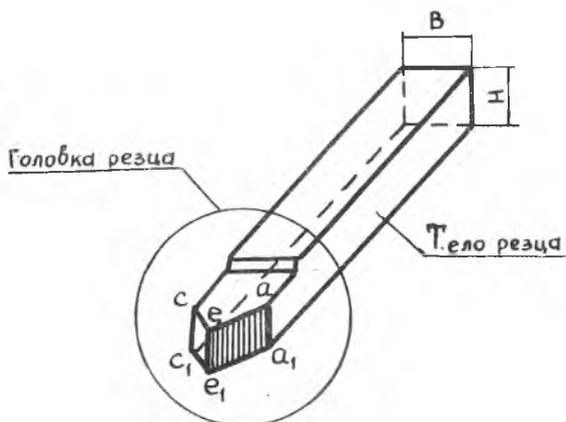


Рис. 1. Части и элементы токарного проходного резца

Головка резца имеет следующие элементы:
переднюю поверхность — поверхность « aec »;
главную заднюю поверхность — поверхность aee_1a_1 ;

вспомогательную заднюю поверхность — поверхность ee_1e_1 ;
 главную режущую кромку — ea ;
 вспомогательную кромку — ec ;
 переднее ребро — ee_1 и вершину резца — точку e .

Передняя поверхность — поверхность, по которой сходит стружка; задние поверхности — поверхности, обращенные к обрабатываемой заготовке. Главная и вспомогательная режущие кромки образуются пересечением передней поверхности с соответствующей задней поверхностью. Вершина резца (точка e) в плане может быть острой или закругленной.

На заготовке различают обрабатываемую поверхность, обработанную поверхность и поверхность резания. Поверхность резания образуется непосредственно главной режущей кромкой резца (рис. 2).

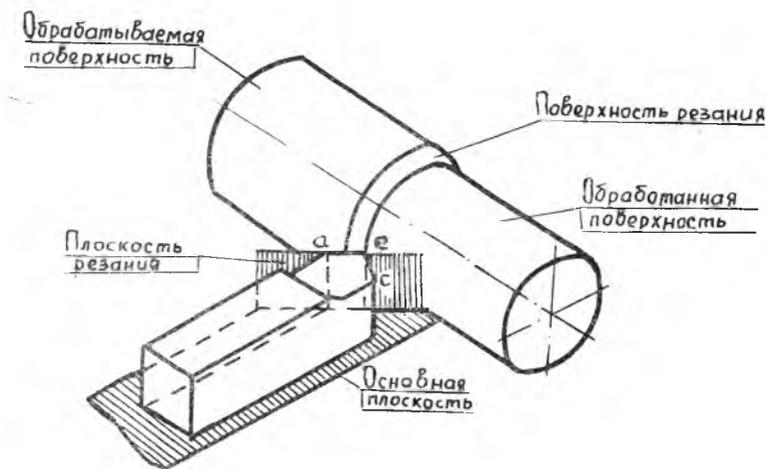


Рис. 2 Поверхности и плоскости при работе токарным проходным резцом

Для определения углов резца принимают следующие координатные плоскости: плоскость резания и основную плоскость (см. рис. 2).

Плоскость резания — плоскость, касательная к поверхности резания и проходящая через главную режущую кромку резца; основная плоскость — плоскость, параллельная продольной и поперечной подачам. У токарных резцов за основную плоскость может быть принята нижняя опорная поверхность резца.

Геометрию режущей части резца рассматривают в главной и вспомогательной секущих плоскостях.

Если угол резания δ меньше 90° , то передний угол реза считается положительным, если больше 90° — отрицательным.

Вспомогательная секущая плоскость — плоскость перпендикулярная к проекции вспомогательной режущей кромки на основную плоскость (N_1N_1 — след вспомогательной секущей плоскости, см. рис. 3).

Во вспомогательной секущей плоскости измеряют следующие вспомогательные углы:

вспомогательный задний угол α_1 — угол между вспомогательной задней поверхностью и плоскостью, проходящей через вспомогательную режущую кромку перпендикулярно к основной плоскости;

вспомогательный передний угол γ_1 — угол между передней поверхностью реза и плоскостью параллельной основной.

Кроме рассмотренных углов, резец имеет углы в плане и угол наклона главной режущей кромки.

Углы в плане измеряют в основной плоскости:

главный угол φ — угол между проекцией главной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи;

вспомогательный угол φ_1 — угол между проекцией вспомогательной режущей кромки на основную плоскость и направлением подачи;

угол при вершине ϵ — угол между проекциями главной и вспомогательной режущих кромок на основную плоскость.

Между углами имеется следующая зависимость:

$$\varphi + \varphi_1 + \epsilon = 180^\circ.$$

Угол наклона главной режущей кромки λ — угол, заключенный между главной режущей кромкой и плоскостью, проведенной через вершину реза параллельно основной плоскости. Этот угол измеряется в плоскости перпендикулярной к основной плоскости и проходящей через главную режущую кромку.

Угол наклона главной режущей кромки считают положительным, если вершина реза является наинижней точкой режущей кромки (см. Вид А, рис. 3), и отрицательным — если вершина реза является наивысшей точкой. Угол λ равен нулю, если главная режущая кромка параллельна основной плоскости.

ПОРЯДОК ЭСКИЗИРОВАНИЯ РЕЗЦОВ

Эскизы резцов выполняются с указанием линейных и угловых размеров, марки, формы и номера инструментальной пластины. Эскизирование проводится в два этапа. На первом этапе изучаются геометрические особенности реза, выбирается главный вид, вспомогательные проекции, разрезы, сечения, проводятся выносные и размерные линии, наносятся буквенные обозначения углов

(φ , γ , α). В качестве главного вида обычно принимается проекция на основную плоскость. Длинная сторона державки располагается параллельно бóльшей стороне форматки (бланка). Затем выполняется обмер резца. Результаты обмера линейных размеров наносятся непосредственно на эскиз, а угловых величин приводятся в таблице протокола.

Обмер линейных размеров производится штангенциркулем и масштабной линейкой.

Обмер углов проводят различными шаблонами и несложными измерительными приборами. Наиболее просты по устройству настольный угломер (прибо МИЗ) и угломер с нониусом (универсальный угломер).

Настольный угломер удобно использовать при измерении главных и вспомогательных передних и задних углов, а также угла наклона главной режущей кромки, а угломер с нониусом — для измерения углов в плане.

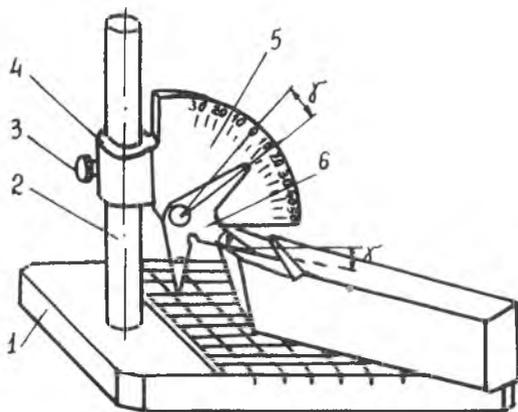


Рис. 4. Настольный угломер

Настольный угломер (рис. 4) состоит из плиты 1, колонки 2, по которой может передвигаться кронштейн 4 с сектором 5, закрепляемым в определенном положении стопорным винтом 3. Сектор 5 имеет градусную шкалу. На секторе укреплен поворотный шаблон 6 с указателем и двумя измерительными гранями а и б, расположенными под прямым углом. При расположении указателя шаблона против нуля градусной шкалы измерительная грань а будет находиться в вертикальном положении, а измерительная грань б — в горизонтальном положении.

При измерении переднего и главного заднего углов резец устанавливают на плите прибора так, чтобы плоскость вращения шаблона совпадала с главной секущей плоскостью.

Для измерения переднего угла нужно совместить измерительную грань б шаблона с передней поверхностью резца и против указателя по шкале прибора отсчитать величину угла.

Для измерения главного заднего угла измерительную грань а шаблона совмещают с главной задней поверхностью.

Аналогичным образом производится обмер вспомогательных углов, но в этом случае резец устанавливают так, чтобы плоскость вращения шаблона совпадала с вспомогательной секущей плоскостью.

При измерении угла наклона главной режущей кромки измерительную грань б шаблона совмещают с главной режущей кромкой.

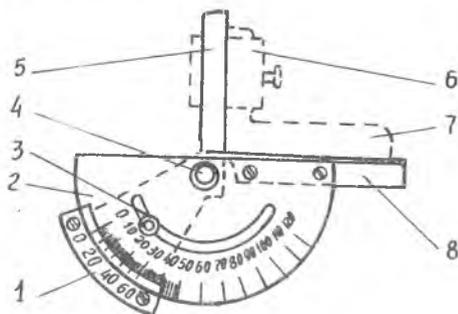


Рис. 5. Угломер с нониусом

Угломер с нониусом (рис. 5) предназначен для измерений углов от 0 до 180°. Он состоит из основания 2 с градусной шкалой, нониуса 1 с подвижной линейкой 5 и съемной линейки 8. Нониус с подвижной линейкой может поворачиваться вокруг оси 4 основания 2 и закрепляться в определенном положении стопором 3. При измерении углов, превышающих 90°, к сторонам

контролируемого угла прикладываются подвижная 5 и съемная 8 линейки. Прибор дает значение угла с вычетом 90°. Отсчет угла производится по градусной шкале против нуля нониуса.

При измерении углов менее 90° на подвижную линейку 5 с помощью державки 6 крепится угольник 7. К сторонам контролируемого угла прикладывается съемная линейка 8 и основание угольника 7. По шкале прибора против нуля нониуса отсчитывается значение угла.

При измерении главного угла в плане ф подвижная и съемная линейки совмещаются с боковой поверхностью державки и с главной режущей кромкой (рис. 6).

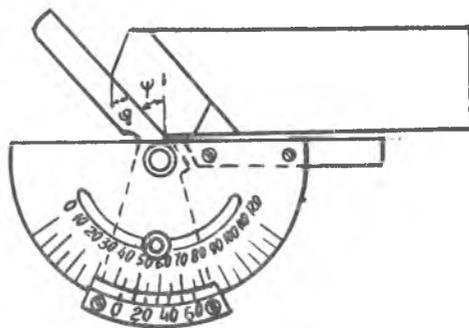


Рис. 6. Измерение главного угла в плане

Аналогично измеряется вспомогательный угол в плане φ_1 .

При измерении углов в плане φ резцов с отогнутой головкой сначала измеряют угол φ_1 , затем — ε . Главный угол в плане φ рассчитывается по формуле

$$\varphi = 180^\circ - (\varphi_1 + \varepsilon).$$

УСТАНОВЛЕНИЕ МАРКИ, ФОРМЫ И НОМЕРА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПЛАСТИНКИ

Все металлорежущие инструменты маркируются (клеятся). Клеймо содержит условное обозначение марки инструментального материала. Марка инструментального материала обозначается несколькими буквами русского алфавита и цифрами. В твердых металлокерамических сплавах буквами обозначаются компоненты порошковых композиций, а в быстрорежущих сталях — главные легирующие элементы. Цифры, стоящие после букв, указывают процентное содержание компонента. Например, твердый сплав ВК8 содержит 8% кобальта, остальное — карбиды вольфрама, сплав Т15К6 содержит 6% кобальта, 15% карбида титана, остальное — карбиды вольфрама. В быстрорежущей стали Р9К5 содержится 9% вольфрама и 5% кобальта, в стали Р18Ф2 — 18% вольфрама и 2% ванадия и т. д.

Форма и номер инструментальной пластинки устанавливаются с учетом типа инструментального материала (твердый сплав или быстрорежущая сталь), по приложению определяется форма пластинки: 01 ... 13 — для твердого сплава и 41 ... 45 — для быстрорежущей стали. Пластинки имеют четырехзначный номер. Он устанавливается с учетом ее ширины, длины и толщины.

Следует иметь в виду, что в процессе изготовления и переточек резца меньшие изменения претерпевает толщина пластинки.

ЗАТОЧКА РЕЗЦОВ

Заточка и доводка режущих инструментов — это важнейшая операция при изготовлении инструмента. Заточка придает режущей части инструмента соответствующую форму и геометрию, а доводка обеспечивает необходимую шероховатость режущих поверхностей.

Заточка и доводка режущих лезвий производится абразивным инструментом: заточка — шлифовальными кругами, доводка — алмазными кругами, абразивными порошками и пастами. В последние годы все более широкое применение находят: электрохимическая, электроискровая, анодно-механическая и другие виды обработки режущих инструментов.

Абразивная заточка производится на универсальных и специ-

альных заточных станках. Централизованная заточка резцов производится на специальных станках типа 3625 и 3628.

Рассмотрим метод заточки проходных резцов на станке модели 3628.

ОПИСАНИЕ СТАНКА МОДЕЛИ 3628

Станок модели 3628 предназначен для заточки резцов, оснащенных пластинками твердого сплава. На этом же станке можно производить заточку и быстрорежущих резцов.

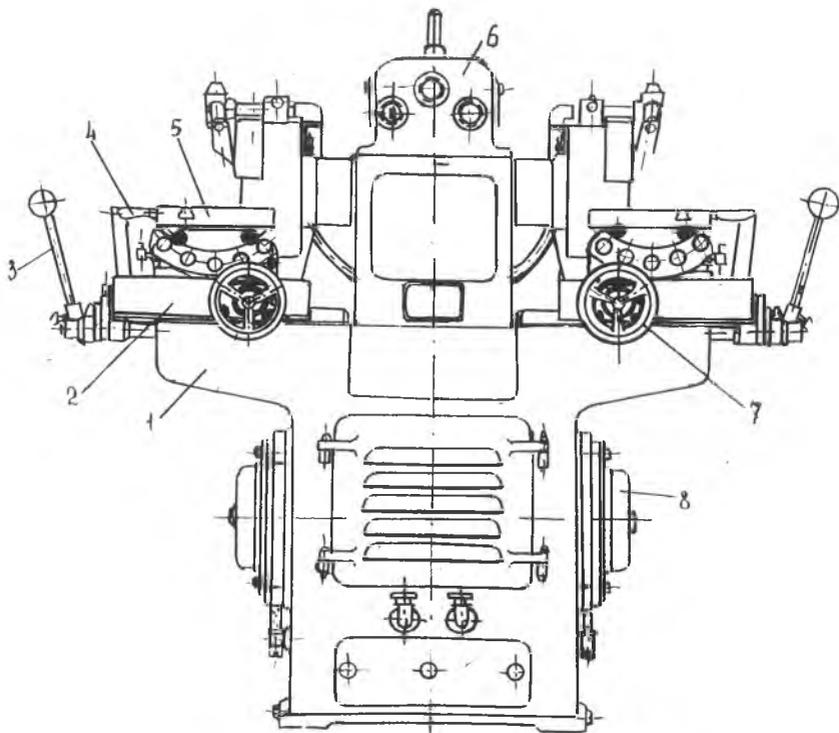


Рис. 7. Заточный станок модели 3628

Станок (рис. 7) представляет собой коробчатую станину 1, на которой установлены и закреплены шлифовальная бабка 6 и два стола 5. В шлифовальной бабке смонтированы два симметрично расположенных шпинделя, приводимые во вращательное движение посредством клиноременных передач от электродвигателей 8.

Столбы станка 5 предназначены для установки специальных приспособлений, служащих для закрепления резцов. Каждый стол

состоит из нижней части, установленной на направляющих станины 1, средней части 2, лежащей на роликовых направляющих, и верхней части 5. Для подачи стола на круг служит маховик 7.

Возвратно-поступательное перемещение средней части стола параллельно торцевой поверхности шлифовального круга осуществляется рычагом 3. Поворот верхней части 5 стола вокруг горизонтальной оси осуществляется рукояткой 4. Отсчет угла поворота производится по шкале, расположенной на левом торце стола. Станок имеет систему охлаждения.

Перед работой необходимо проверить наличие защитных ограждений шлифовальных кругов и надежность их закрепления. Без защитных ограждений работать на станке запрещается.

ПОРЯДОК ЗАТОЧКИ РЕЗЦА

Заточки передней поверхности резца. Заточка производится с помощью специального приспособления (рис. 8), которое устанавливается в правый поперечный паз стола.

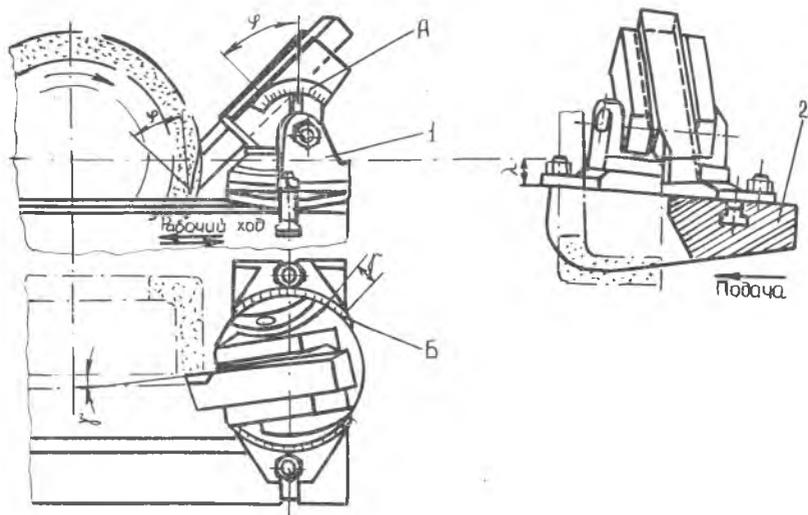


Рис. 8. Установка резца для заточки передней поверхности

Резец закрепляется в приспособлении 1 так, чтобы передняя поверхность была обращена к торцу круга. Вылет резца из приспособления должен составлять 50 ... 60 мм.

Закрепленный резец нужно повернуть так, чтобы передняя поверхность оказалась параллельной торцу шлифовального круга,

для чего резец следует повернуть вокруг горизонтальной оси на угол γ , отсчитывая углы по лимбу А, затем повернуть стол 2 на угол λ (см. рис. 7, рукоятка 5) и на угол γ (лимб Б).

Заточка производится в следующем порядке:

1. Включается электропривод шлифовального круга.

2. Резец плавно подводится к кругу таким образом, чтобы он коснулся торцевой поверхности круга в том месте, где она перемещается относительно передней поверхности резца сверху вниз.

3. Включается подача охлаждающей жидкости и после этого производится заточка резца при возвратно-поступательном движении стола, сообщаемом ему рычагом 3 (см. рис. 7), и при периодической подаче стола на круг с помощью маховичка 7 (см. рис. 7).

Заточка задних поверхностей резца. Заточка производится с помощью специального приспособления 1 (рис. 9), которое устанавливается в продольный паз стола.

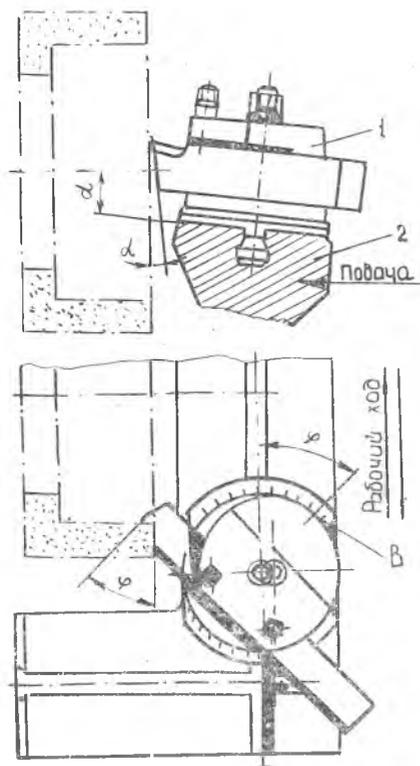


Рис. 9 Установка резца для заточки главной задней поверхности

При заточке главной задней поверхности после закрепления резца в приспособлении 1 резец поворачивают на угол ϕ , а затем на угол α с тем, чтобы главную заднюю поверхность установить параллельно торцевой поверхности круга.

Поворот резца на угол ϕ вокруг вертикальной оси производят, отсчитывая углы по лимбу В, а поворот на угол α — поворотом стола 2 с помощью рукоятки 4 (см. рис. 7). Отсчет угла α производится по лимбу, закрепленному на левом торце стола.

После проверки правильности установки и закрепления резца заточку производят в таком же порядке, как и заточку передней поверхности.

При заточке вспомогательной задней поверхности резец поворачивают сначала на угол ϕ_1 , а

затем на угол α_1 , соответственно отсчитывая углы по тем же лимбам, что и при заточке главной задней поверхности.

Контроль заточки осуществляется с помощью настольного и универсального угломеров. Задание на заточку и результаты ее контроля занесены в бланки отчета по лабораторной работе. В отчете должны быть приведены формулы настройки заточного станка для заточки рабочих поверхностей резца.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

Цель работы: ознакомление с методиками экспериментального измерения сил резания при точении и обработке результатов опытов, с соответствующими приборами и оборудованием.

СХЕМА СИЛ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЗЕЦ ПРИ ТОЧЕНИИ

Процесс резания материалов сопровождается противодействующими силами, знание которых необходимо для выполнения расчетов на прочность, жесткость и виброустойчивость элементов конструкций станков и режущих инструментов и определения наиболее выгодных режимов резания.

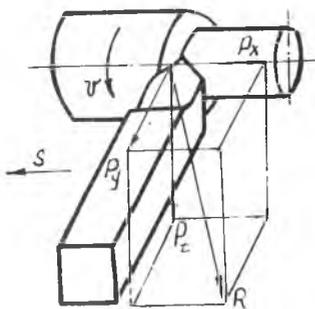


Рис. 10. Схема сил при точении проходным резцом

Схема сил, действующих в процессе токарной обработки, приведена на рис. 10. Сила R представляет здесь равнодействующую силу резания, которую можно разложить на три составляющие: P_z — тангенциальную, действующую в плоскости резания в направлении главного движения; P_x — осевую, действующую вдоль оси заготовки в направлении, противоположном направлению подачи; P_y — радиальную, действующую перпендикулярно плоскости, образованной векторами сил P_z и P_x в направлении от заготовки на резец.

Величина равнодействующей силы R может быть выражена через ее составляющие:

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2}.$$

Сила P_z , наибольшая по величине, определяет крутящий момент $M_{кр}$ и нагружает коробку скоростей станка и резец.

Сила P_y определяет отжим резца от заготовки и прогиб самой заготовки.

Сила P_x нагружает механизм подачи станка и резец.

Соотношение сил P_z , P_y и P_x не является постоянным, оно зависит от геометрии реза, степени его притупления, режима резания и других факторов. Так, уменьшение главного угла в плане вызывает увеличение отношения P_y/P_z ; увеличение подачи ведет к возрастанию отношения P_x/P_z . Возникающие в процессе резания силы могут быть рассчитаны теоретически или измерены экспериментально.

На практике пользуются опытными зависимостями составляющих сил резания P_z , P_y и P_x , которые имеют степенной характер:

$$P_z = C_{P_z} t^x P_z S^y P_z;$$

$$P_y = C_{P_y} t^x P_y S^y P_y;$$

$$P_x = C_{P_x} t^x P_x S^y P_x.$$

Формулы такого вида приведены в нормативах по режимам резания.

В зависимости от заданных условий обработки находятся значения x_P , y_P , C_P . При этом коэффициенты, например для силы P_z , представляют в форме

$$C_{P_z} = C_{P_z}^* k_{P_z},$$

где $C_{P_z}^*$ — коэффициент, соответствующий определенным условиям обработки, принятым при разработке нормативных режимов резания;

k_{P_z} — поправочный коэффициент, учитывающий изменение условий обработки по сравнению с теми, при которых был найден коэффициент $C_{P_z}^*$.

Экспериментальное определение составляющих сил резания производят с помощью динамометров.

В зависимости от типа датчиков, преобразующих упругие перемещения механических частей динамометров в электрические сигналы, динамометры подразделяются на пьезоэлектрические, емкостные, индуктивные и др.

Если быстроменяющиеся силы резания измерять не требуется, то могут применяться также механические и гидравлические динамометры.

В работе применяется трехкомпонентный электроиндуктивный динамометр.

ОПИСАНИЕ ТРЕХКОМПОНЕНТНОГО ЭЛЕКТРОИНДУКТИВНОГО ДИНАМОМЕТРА

На рис. 11 показана схема механической и электрической частей прибора.

Механическая часть динамометра представляет упругую систе-

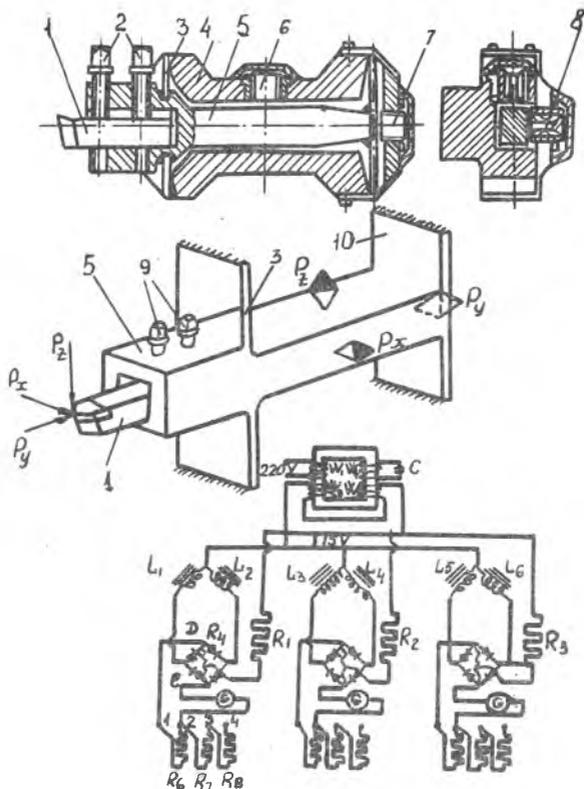


Рис. 11. Трехкомпонентный электроиндуктивный динамометр

му, состоящую из бруса-люльки 5, связанной с корпусом прибора 4 и симметричными стойками 3 и 10. В передней части люльки имеется гнездо, в котором резец закрепляется винтами 9. В корпус динамометра с трех сторон с помощью бронзовых втулок вмонтированы электроиндуктивные датчики 6, 7, 8, представляющие собой катушки, намотанные на Ш-образные стальные сердечники кольцевой формы. Разомкнутые стороны магнитопроводов датчиков обращены к люльке, которая выполняет роль якоря.

Между люлькой и сердечником установлен зазор 0,3 ... 0,5 мм.

Под действием силы резания R упругие элементы-стойки деформируются (изгибаются) таким образом, что положение оси люльки изменяется во всех трех координатных плоскостях. При этом изменяются зазоры между индуктивными датчиками и корпусом люльки, что приводит к изменению индуктивного сопротивления обмоток датчиков 6, 7, 8.

Тангенциальная составляющая P_z вызывает изменение зазора между корпусом люльки и датчиком 6, радиальная составляющая P_y — между корпусом люльки и датчиком 7, осевая составляющая P_x — между корпусом люльки и датчиком 8.

Электрическая схема прибора представляет собой три независимых моста сопротивлений для замера P_z , P_y , P_x , смонтированных в пульте управления.

Два плеча каждого моста имеют индуктивные сопротивления в виде датчиков (L_1, L_3, L_5) и задатчиков (L_2, L_4, L_6), а два других плеча — омическое сопротивление.

Плечи мостов питаются переменным током со стабилизированным напряжением 15 В.

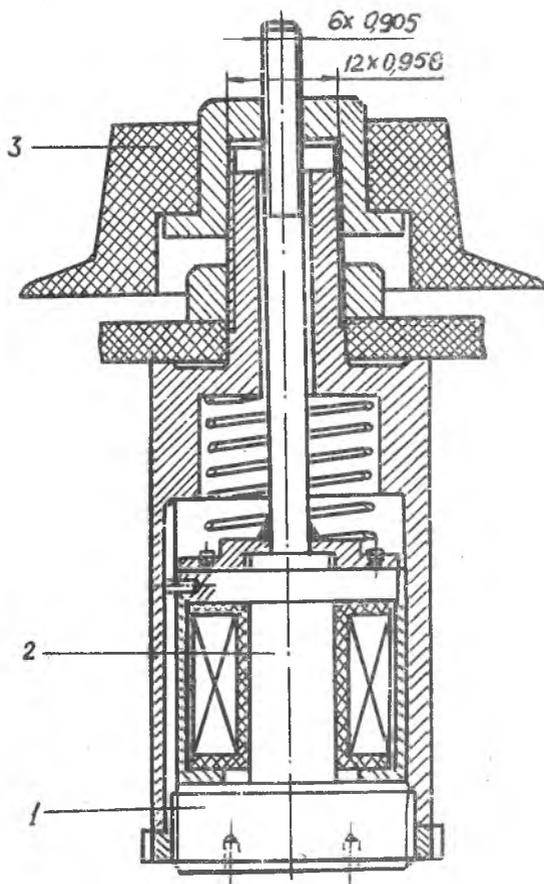


Рис. 12. Задатчик динамометра

Для питания гальванометров током постоянного направления в электрическую цепь включены полупроводниковые выпрямители.

Изменяя чувствительность гальванометров включением в цепь добавочных сопротивлений R_6, R_7, R_8 , можно получить четыре диапазона измерения.

Датчики динамометра подсоединяются к электрическим мостам с помощью многожильного кабеля. Задатчики смонтированы в пульте и представляют собой такие же катушки индуктивности, как и датчики.

Для приведения каждого моста в равновесие индуктивное сопротивление задатчиков регулируется изменением зазора (рис. 12) между сердечником катушки 2 и якорем 1, которое осуществляется поворотом ручки 3. Плавная регулировка зазора обеспечивается за счет разности шагов резьбовых пар $12 \times 0,956$ и $6 \times 0,905$. Один оборот ручки 3 соответствует изменению зазора на $0,051$ мм.

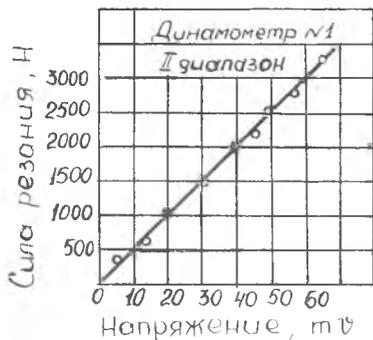


Рис. 13. Тарировочный график

Изменение сопротивления датчиков при возникновении деформаций в упругой системе динамометра вызывает разбаланс мостов и появление токов в диагоналях DE (см. рис. 11), сила которых фиксируется гальванометрами. Показания гальванометров по тарировочным графикам переводятся в ньютоны (рис. 13).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛ

Для нахождения зависимостей составляющих силы резания P_z, P_y, P_x от подачи и глубины резания проводят две серии опытов.

Первая серия проводится при постоянной подаче $S = S_0$ и скорости резания. Определяется частная зависимость $P = f(t)$.

Вторая серия опытов проводится при постоянных скорости и глубине резания $t = t_0$. Находится частная зависимость $P = \varphi(S)$.

Во время опытов снимают показания гальванометров, а затем производят обработку полученных результатов.

В задачу лабораторной работы входит также исследование влияния переднего угла γ и главного угла в плане φ на силы резания. Эти опыты проводятся при постоянных подаче, глубине и скорости резания. В этом случае в гнездо люльки устанавливаются резцы с различными углами γ и φ .

По показаниям гальванометров при установившемся процессе резания, пользуясь тарировочными графиками, находят составляющие силы резания P_z , P_y , P_x . Затем в двойных логарифмических координатах строят графики частных зависимостей:

$$\begin{aligned} P_z &= f_1(t); & P_z &= \varphi_1(S); \\ P_y &= f_2(t); & P_y &= \varphi_2(S); \\ P_x &= f_3(t); & P_x &= \varphi_3(S). \end{aligned}$$

Так как рассматриваемые зависимости в натуральных координатах удовлетворительно описываются степенными функциями, то в двойных логарифмических координатах они трансформируются в прямолинейные зависимости вида

$y = a + bx$, т. е. (рис. 14)

$$\left. \begin{aligned} P &= C_1 t^{x_P} \\ P &= C_2 S^{y_P} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \rightarrow \ln P &= \ln C_1 + x_P \ln t \\ \rightarrow \ln P &= \ln C_2 + y_P \ln S \end{aligned} \quad (2)$$

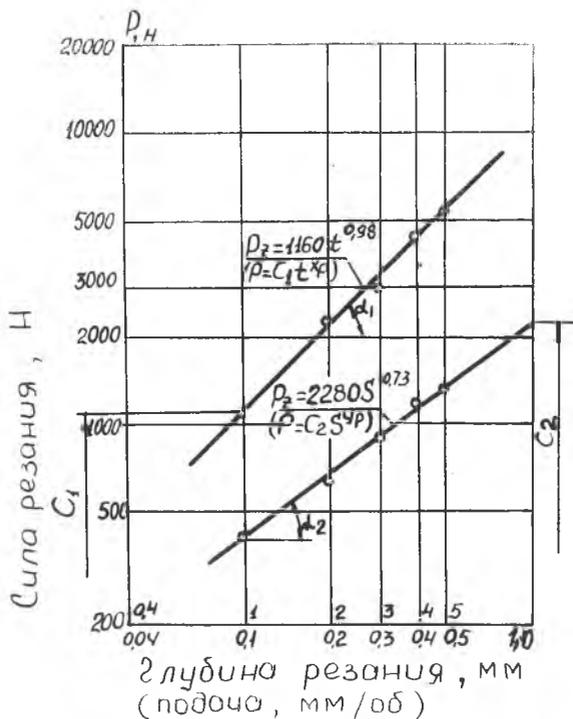


Рис. 14. Графики частных зависимостей в логарифмических координатах

Показатели степеней в уравнениях (1) находятся как тангенсы углов наклона прямых линий, описываемых выражениями (2), к оси абсцисс (см. рис. 14):

$$x_P = \operatorname{tg} \alpha_1; \quad y_P = \operatorname{tg} \alpha_2.$$

Коэффициенты C_1 и C_2 определяются по графикам соответственно при значениях $t = 1$ мм и $S = 1$ мм/об.

По частным зависимостям отыскивается общая в виде

$$P = C_P t^{x_P} S^{y_P},$$

где коэффициент C_P определяется из приведенной формулы по известным значениям P , t , S для каждого опыта и по найденным значениям x_P и y_P ; за окончательное значение коэффициента C_P принимается его средне-арифметическая величина из 3—5 рассчитанных значений.

Пример. Обрабатывается изделие из стали 20, $\sigma_b = 400$ МПа, обработка ведется проходным резцом. Результаты опытов представлены в таблице.

Номер опыта	t , мм	S , мм/об	P_z , Н
1	5		5500
2	4		4500
3	3	0,84	3000
4	2		2300
5	1		1160
6		0,1	420
7		0,2	640
8	2	0,3	900
9		0,4	1230
10		0,5	1350

По данным для P_z построены графики (см. рис. 14), на основании которых найдены формулы:

$$P_z = 1160 t^{0,98} \text{ при } S = S_0 = 0,84 \text{ мм/об};$$

$$P_z = 2280 S^{0,73} \text{ при } t = t_0 = 2 \text{ мм}.$$

По данным опытов 2, 5, 7, 10 (взятых произвольно) рассчитываются коэффициенты C_{P_z} по формуле

$$C_{P_z} = \frac{P_z}{t^{0,98} S^{0,73}}.$$

Среднеарифметическое значение C_{P_z} имеет вид:

$$C_{P_z} = \frac{C_{P_{z2}} + C_{P_{z5}} + C_{P_{z7}} + C_{P_{z10}}}{4},$$

где

$$C_{P_z} = \frac{1310 + 1320 + 1050 + 1140}{4} = 1205.$$

Общее уравнение можно записать в виде $P_z = 1205 t^{0,98} S^{0,73}$.

Аналогично определяются зависимости для P_y и P_x .

По результатам исследований сил резания в зависимости от величины переднего угла γ и главного угла в плане ϕ строятся графики в простых координатах (рис. 15).

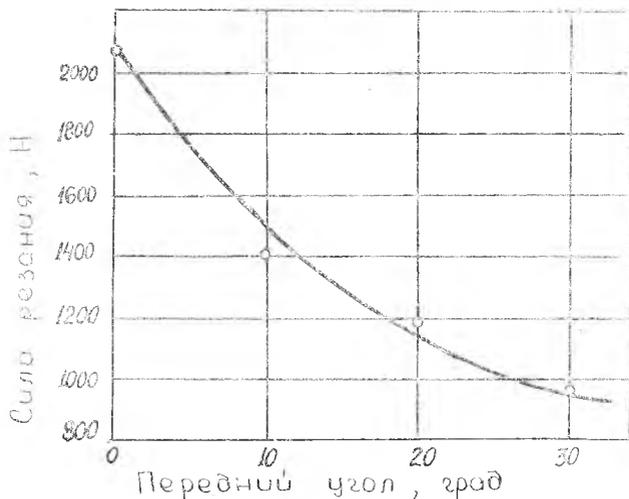


Рис. 15. Зависимость силы P_z от величины переднего угла

На основании проведенных исследований динамики процесса для максимального и минимального сечений среза определяются: удельное давление резания

$$P_{уд} = \frac{P_z}{tS} \text{ (МПа);}$$

соотношение составляющих сил резания

$$P_z : P_y : P_x = 1 : \left(\frac{P_y}{P_z} \right) : \left(\frac{P_x}{P_z} \right);$$

Максимальная мощность, затрачиваемая на резание (Вт)

$$N_l = P_{z \max} V,$$

где V — скорость резания, м/с.

*ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ
МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕРМОПАРЫ*

Цель работы: ознакомление с измерением температуры резания методом естественной термопары, приобретение навыков работы с соответствующими приборами и оборудованием; изучение методики исследования температуры резания и обработки экспериментальных данных.

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ

При обработке материалов резанием почти вся механическая энергия, затраченная на пластическую деформацию срезаемого слоя и преодоление сил трения по передней и задней поверхностям инструмента, превращается в тепло. Источниками тепла являются зоны контакта стружки с передней поверхностью режущего инструмента и главной задней поверхности инструмента с обрабатываемой деталью. Эти зоны расположены в непосредственной близости от главной режущей кромки инструмента, поэтому вызывают ее интенсивный нагрев и снижение прочностных и режущих свойств, что в значительной мере определяет стойкость инструмента и производительность процесса.

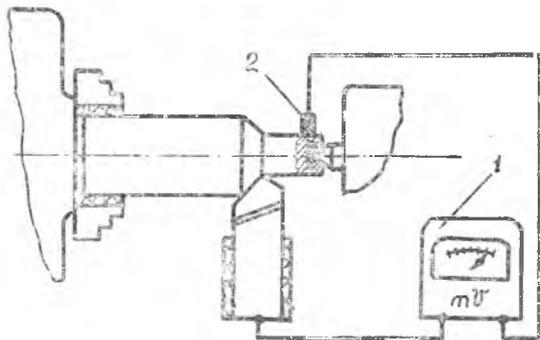


Рис. 16. Схема измерения температуры резания методом естественной термопары

Для того чтобы обеспечить возможность регулирования температуры и назначать в соответствии с этим наиболее производительные режимы обработки, необходимо знать ее величину и зависимость от различных условий обработки.

Температура резания измеряется различными методами. Наиболее простым из них является метод естественной термопары, на основании которого измеряется некоторая средняя температура в зоне контакта инструмента с деталью и стружкой.

Естественной термопарой является режущий инструмент и обрабатываемая деталь (рис. 16). Спаяем термопары служит зона контакта резца с деталью и стружкой. В цепь «деталь—резец» включается милливольтметр 1, который регистрирует в милливольт-тах величину термо-э.д.с., возникающей вследствие нагрева спая термопары (зоны контакта) в процессе резания. Щеточное устройство 2 осуществляет контакт подводящего провода с вращающейся деталью.

Во избежание возникновения паразитной термо-э.д.с. между деталью и щеткой щетка изготавливается из материала детали. Резец и деталь должны быть изолированы от станка.

Для перевода показаний рабочего милливольтметра в градусы производится его градуировка с естественной термопарой в электрической печи 1 (рис. 17).

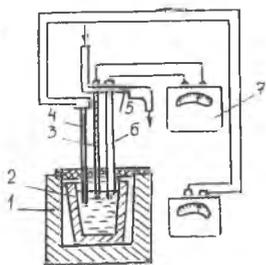


Рис. 17. Схема градуировки термопары «резец-деталь»

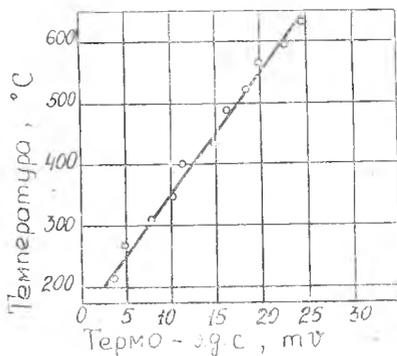


Рис. 18. Тарировочный график

В расплавленный алюминий ванны 2 (см. рис. 17) опускается естественная термопара, состоящая из стружки обрабатываемого материала 3 и резца 6, и контрольная хромель-алюмелевая термопара 4. Контрольная термопара подсоединяется к милливольтметру, проградуированному в градусах, а естественная термопара — к рабочему милливольтметру 7. К свободным концам термоэлект-

родов (резца и стружки) припаяна латунная трубка 5, через которую проходит охлаждающая вода, поддерживающая постоянную температуру свободных концов термопары.

По мере нагрева или охлаждения алюминиевой ванны через определенные промежутки времени по показаниям контрольной термопары фиксируется ее температура, а параллельно по показаниям рабочего милливольтметра регистрируется термо-э.д.с. естественной термопары. На основании полученных данных строится тарировочный график (рис. 18).

С помощью тарировочного графика по известным значениям термо-э.д.с. можно определить соответствующую им температуру в месте спая.

В ходе проведения лабораторной работы ставится задача: при заданных условиях найти экспериментальную зависимость температуры резания от параметров режима резания (скорости, подачи и глубины резания). Для этого исследуются зависимости:

- от скорости резания при постоянной подаче и глубине резания;
- от подачи при постоянной скорости и глубине резания;
- от глубины резания при постоянной скорости резания и подаче.

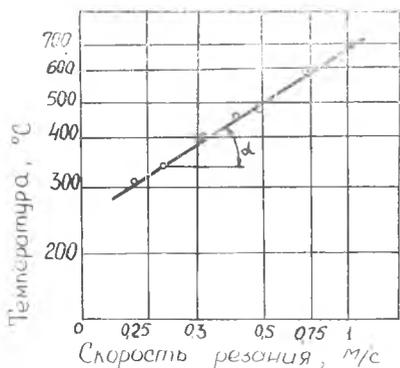


Рис. 19. График зависимости температуры резания от скорости резания

При определении зависимости температуры резания от скорости для каждого из заданных значений V_1, V_2, V_3, \dots скорости резания по милливольтметру фиксируется соответствующая термо-э.д.с. в милливольттах. Затем значения милливольт по тарировочному графику переводят в градусы Цельсия и в двойной логарифмической шкале строится график зависимости $\Theta^0 - V$ (рис. 19).

На основании этого графика находится частная зависимость $\Theta^0 = C_1 V^x$. Показатель

степени определяется как тангенс угла наклона прямой к оси абсцисс $x = \operatorname{tg} \alpha$ (см. рис. 4).

Подобным образом определяются частные зависимости $\Theta^0 = C_2 S^y$ и $\Theta^0 = C_3 t^z$.

На основании частных зависимостей находится общая зависимость температуры резания от элементов режима резания: $\Theta^0 = C_0 V^{-x} S^y t^z$.

Значение коэффициента C_0 рассчитывается по приведенной формуле с учетом известных значений Θ^0, V, S и t для каждого

опыта и вычисленных значений x , y , z . За окончательное значение коэффициента C_{θ} принимается его среднее значение из 3-4 рассчитанных.

Каждому инструментальному материалу свойственна своя температура теплостойкости, выше которой инструмент теряет режущие свойства. Так, для быстрорежущих сталей температура теплостойкости $\Theta^{\circ}_T = 500 \dots 550^{\circ}\text{C}$; для вольфрамокобальтовых твердых сплавов— $700 \dots 800^{\circ}\text{C}$; для титанокобальтовых твердых сплавов— $800 \dots 900^{\circ}\text{C}$ и для минералокерамических твердых сплавов — $1100 \dots 1200^{\circ}\text{C}$.

Если в качестве допустимой температуры задаться соответствующей величиной температуры теплостойкости, то на основании температурной зависимости можно вывести формулу допустимой скорости резания для данного инструментального материала:

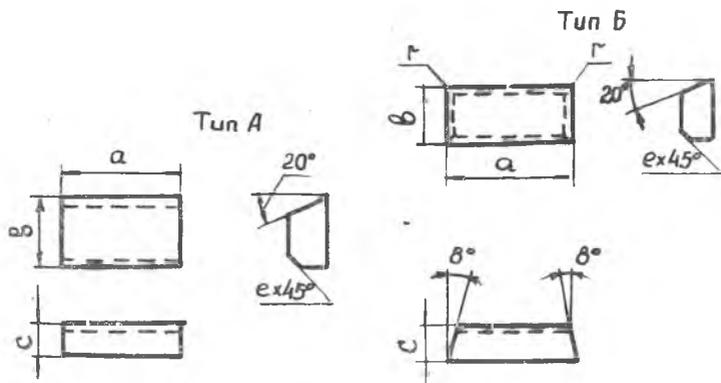
$$V_{\text{доп}} = \frac{\left(\frac{\Theta^{\circ}_T}{c_{\theta}}\right)^{1/x}}{t^z x^y S^y x}$$

Зная марку инструментального материала, можно найти формулу для расчета допустимой скорости резания и по заданным значениям t и S определить численное значение этой скорости.

ПРИЛОЖЕНИЕ

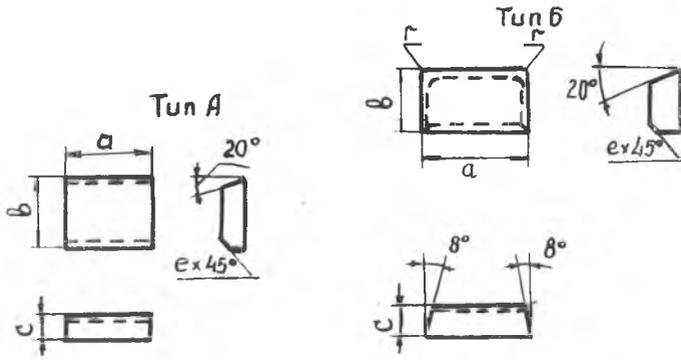
ФОРМА И РАЗМЕРЫ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИНОК

Форма 01



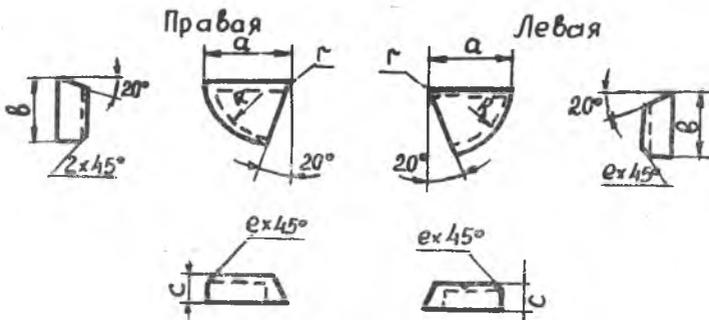
Номер изделия	Размеры, мм				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0101	6	5	2,5	0,5	—
0103	8	6	3,0	0,5	1,0
0105	10	8	3,5	0,5	1,0
0107	12	8	4,5	0,5	1,0
0109	14	10	5,5	0,5	1,5
0111	16	10	5,5	0,5	1,5
0113	18	12	7,0	1,0	1,5
0115	20	12	7,0	1,0	1,5
0117	22	15	8,5	1,0	1,5
0119	25	15	8,5	1,0	1,5
0121	30	16	9,5	1,0	1,5
0123	40	18	10,5	1,5	2,0
0125	50	20	12,0	1,5	2,0
0127	60	22	12,0	1,5	2,0

Форма 02



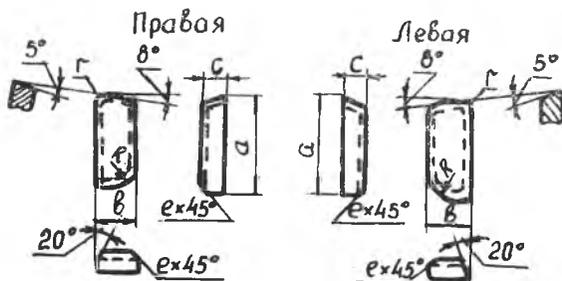
Номер изделий	Размеры, мм				
	a	b	c	r	e
0201	8	7	2,5	0,5	—
0203	10	8	3,0	0,5	1,0
0205	12	10	4,0	0,5	1,0
0223	14	12	4,5	0,5	1,0
0225	14	12	6,0	0,5	1,5
0227	18	16	6,0	0,5	1,5
0229	18	16	8,0	1,0	1,5
0231	22	18	7,0	1,0	1,5
0235	25	20	10,0	1,0	2,0
0237	35	20	10,0	1,0	2,0

Форма 06

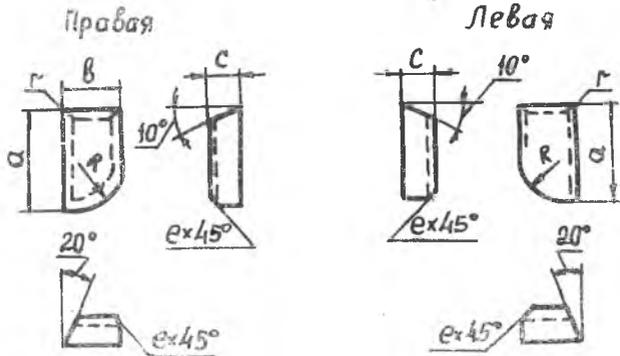


Номер изделий		Размеры, мм					
правых	левых	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0601	—	8	7	2,5	6,0	0,5	—
0603	0604	10	8	3,0	6,0	1,0	1,0
0605	0606	12	10	4,0	10,0	1,0	1,0
0607	0608	12	10	5,0	10,0	1,0	1,0
0609	0610	16	14	5,0	14,0	1,0	1,0
0611	0612	16	14	7,0	14,0	1,0	1,5
0613	0614	20	18	6,0	17,5	1,0	1,5
0615	0616	20	18	8,0	17,5	1,0	1,5
0617	0618	25	20	7,0	20,0	1,0	1,5
0619	0620	25	20	9,0	20,0	1,0	1,5

Форма 07

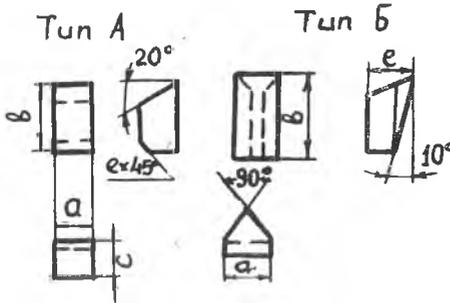


Номер изделий		Размеры, мм					
правых	левых	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>R</i>	<i>r</i>	<i>e</i>
0701	—	10	6	2,5	6	1	—
0703	0704	12	7	3,0	7	1	1,0
0725	0726	15	9	5,0	9	1	1,0
0729	0730	20	11	6,0	11	1	1,5
0733	0734	25	14	8,0	14	1	1,5



Номер изделий		Размеры, мм					
правых	левых	a	b	c	R	r	e
1001	—	6	5	2,5	5,0	0,5	—
1003	1004	8	6	3,0	6,0	0,5	1,0
1005	1006	10	6	3,5	6,0	1,0	1,0
1007	1008	12	8	4,5	8,0	1,0	1,0
1011	1012	16	10	5,5	10,0	1,0	1,5
1015	1016	20	12	7,0	12,5	1,0	1,5
1019	1020	25	15	8,5	15,0	1,0	1,5
1021	1022	30	16	9,5	15,0	1,0	1,5
1023	1024	40	18	10,5	17,5	1,0	2,0
1025	1026	50	20	12,0	20,0	1,5	2,0
1027	1028	12	8	3,0	8,0	1,0	1,0
1029	1030	16	10	4,0	10,0	1,0	1,0
1031	1032	18	12	4,5	12,5	1,0	1,0
1033	1034	30	16	6,0	15,0	1,0	1,5
1035	1036	40	18	8,0	17,5	1,0	1,5
1037	1038	50	20	8,0	20,0	1,5	1,5

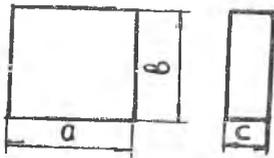
Форма 13



Номер изделий	Размеры, мм			
	a	b	c	e
1321	3	10	3	1,0
1323	4	12	4	1,0
1325	5	15	5	1,0
1307	6	15	6	1,5
1309	8	18	7	1,5
1311	10	20	8	1,5
1319	12	20	10	2,0

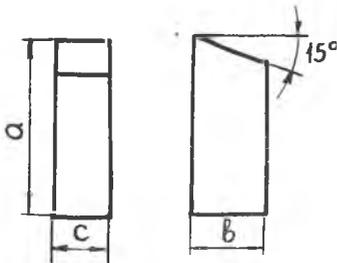
ФОРМА И РАЗМЕРЫ ПЛАСТИНОК ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Форма 41



Номер пластины	Размеры, мм			Сечение державки
	a	b	c	
4101	10	10	5	10×16
4102	12	10	5	12×20
4103	16	12	6	16×25
4104	20	16	8	20×30
4105	25	20	10	25×40
4106	30	25	12	30×45
4107	40	30	16	40×60

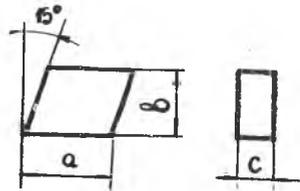
Форма 42



Номер пластины	Размеры, мм			Сечение державки
	a	b	c	
4201	10	8	5	12×20
4202	16	12	6	16×25
4203	20	16	8	20×30
4204	25	18	10	25×40
4205	30	20	12	30×45
4206	40	24	16	40×60

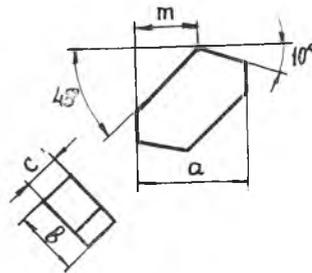
Номер пластины	Размеры, мм			Сечение державки
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	
4301	10	10	5	10×16
4302	12	10	5	12×20
4303	16	12	6	16×25
4304	20	16	8	20×30
4305	25	20	10	25×40
4306	30	25	12	30×45
4307	40	30	16	40×60

Форма 43



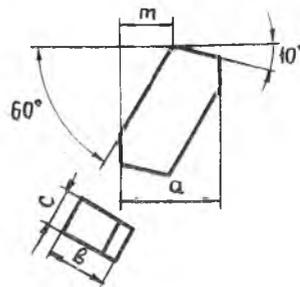
Номер пластины	Размеры, мм				Сечение державки
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	
4401	10	10	5	5	10×16
4402	12	10	5	7	12×20
4403	16	12	6	9	16×25
4404	20	16	8	12	20×30
4405	25	20	10	14	25×40
4406	30	24	12	16	30×45
4407	40	30	16	22	40×60

Форма 44



Номер пластины	Размеры, мм				Сечение державки
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>t</i>	
4501	10	10	5	5	10×16
4502	12	10	5	7	12×20
4503	16	12	6	9	16×25
4504	20	16	8	12	20×30
4505	25	20	10	14	25×40
4506	30	24	12	16	30×45

Форма 45



Авторы - составители: *Владимир Михайлович Зайцев,*
Владимир Николаевич Трусов,
Федор Прокофьевич Урывский

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСНОВНЫХ ТИПОВ
ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ,
ЗАТОЧКА РЕЗЦОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ
МЕТОДОМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ТЕРМОПАРЫ

Редактор Э. А. Грязнова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор С. С. Рубан

Сдано в набор 25.05.83 г. Подписано к печати 24.10.83 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная белая. Высокая печать.
Усл. п. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,8. Т. 1000 экз. Заказ 445.
Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Тип. УЭЗ. КуАИ, г. Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.