

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ.
МЕТЧИКИ**

САМАРА 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С. П. КОРОЛЕВА»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. МЕТЧИКИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний к лабораторной работе*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ : 621.9(075)

Составители: А.Н. Волков, М.Б. Сазонов

Рецензент д-р техн. наук, проф. Н.Д. Проничев

Резьбообразующие инструменты. Метчики: метод. указания к лаб. работе / сост.: **А.Н. Волков, М.Б. Сазонов** – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 36 с.: ил.

Изложена методика проведения измерений конструктивных и угловых параметров метчиков. Приведены расчётные формулы и сведения по выбору параметров метчиков. Рассмотрены вопросы формообразования и заточки метчиков. Описаны некоторые современные конструкции метчиков. Даны рекомендации по составлению отчёта к лабораторной работе.

Предназначены для студентов, выполняющих цикл лабораторных работ по курсам «Обработка конструкционных материалов» и «Режущий инструмент» специальностей 160301, 160302, 151001 и др.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

Учебное издание

РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. МЕТЧИКИ

Методические указания к лабораторной работе

Составители: **Волков Александр Николаевич**
Сазонов Михаил Борисович

Редактор И.И. Спиридонова
Доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 20.04.2011 г. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 2,25.
Тираж 300 экз. Заказ . Арт. С-М21/2011.

Самарский государственный аэрокосмический университет.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Введение

Резьбообразующие инструменты занимают важное место в производстве деталей машиностроения. К ним относятся стержневые, призматические и круглые резьбовые резцы, резьбовые гребёнки, метчики, плашки, резьбонарезные головки, резьбовые фрезы, резьбонакатные ролики, плашки и раскатники, резьбошлифовальные круги. Каждая из перечисленных групп характеризуется большим разнообразием конструктивных решений, направленных на повышение производительности обработки, точности и качества производимых резьб, прочности и надёжности резьбовых инструментов.

Данная работа посвящена измерению и расчётам основных параметров метчиков, ознакомлению с процессами формообразования и заточки метчиков, некоторым особенностям различных конструкций этих инструментов. Приведены расчётные зависимости и необходимые справочные материалы. Рассмотрены вопросы определения параметров режима резания. Уделено внимание выбору классов точности метчиков и назначению предельных величин их конструктивных элементов. Даны рекомендации по оформлению отчёта о проведенных измерениях и расчётах.

В работе частично использованы материалы из учебников, учебных пособий, справочников, методических разработок и публикаций по нарезанию резьбы метчиками.

1. МЕТЧИКИ

1.1. Измерение конструктивных элементов метчиков

С помощью линейки, штангенциркуля, микрометра, штангенрейсмуса, измерительного приспособления с центрами и устройством контроля углового поворота, инструментального микроскопа, резьбомера, различных конструкций угломеров, специального оборудования и устройств произвести измерение параметров метчика, указанных на рис. 1.

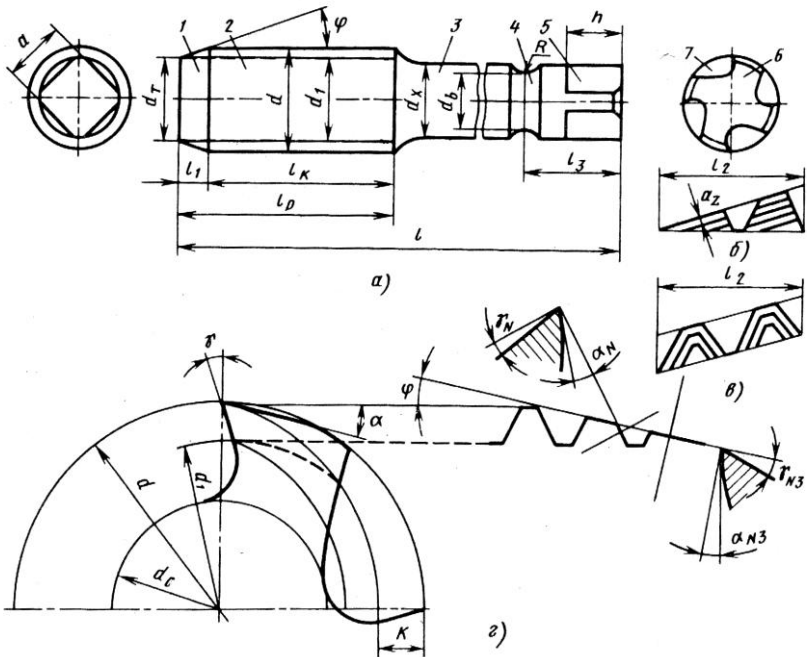


Рис. 1. Конструктивные элементы метчиков:

a – общий вид метчиков; 1 – режущая часть; 2 – калибрующая часть; 3 – хвостовик; 4 – выемка для удержания метчика в быстросменном патроне; 5 – квадрат для крутящего момента; 6 – зуб метчика; 7 – стружечная канавка; б – генераторная схема резания; в – профильная схема резания; г – геометрические параметры метчика

Результаты измерений представить в виде таблицы ПП (см. приложение).
 Величина шага резьбы P определяется по формуле

$$P = \frac{\ell_n}{n}, \text{ где} \quad (1.1)$$

где ℓ_n – длина n -го количества ниток резьбы;

n – количество ниток резьбы.

Принять $n = 10$.

Число гребёнок (перьев) метчика равно числу стружечных канавок Z .

Диаметр по торцу d_T , обеспечивает плавный вход метчика в отверстие [1]

$$d_T = D_1 - 0,1 \dots 0,35 \text{ мм} \quad (1.2)$$

где D_1 – внутренний диаметр резьбы.

Угол уклона заборного конуса φ определяют угломером или по формуле [2]

$$\varphi = \arctg \frac{D_1 - d_T}{\ell_1} \quad (1.3)$$

Наиболее распространённой формой задней поверхности заборного конуса является Архимедова спираль.

Падение затылка K_1 на некоторых углах поворота метчика $\theta = 10^\circ \dots 20^\circ$ измеряют по отклонению стрелки индикатора, ножка которого направлена на заднюю поверхность заборного конуса метчика, установленного в центрах измерительного приспособления. Угол поворота метчика контролируют по градусной шкале на передней части диска (рис. 2).

Центральный угол между перьями

$$\eta = \frac{360^\circ}{Z} \quad (1.4)$$

Падение затылка K на центральном угле η определяют по формуле [3]

$$K = K_1 \cdot \frac{\eta}{\theta} \quad (1.5)$$

Определяют задний угол α

$$\alpha = \arctg \frac{K \cdot Z}{\pi \cdot d} \quad (1.6)$$

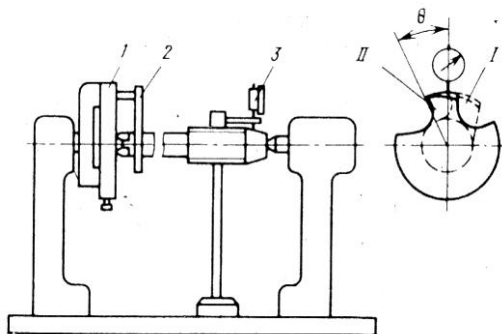


Рис.2. Схема контроля заднего угла метчика:
 1 – диск отсчёта угла поворота; 2 – хомутик; 3 – индикатор;
 I – исходное положение пера; II – конечное положение пера

Измерение угла поворота метчика θ , соответствующего падению затылка K_1 , можно продублировать косвенным способом. Для этого, например, проводят на задней поверхности метчика остро заточенным карандашом полосу, отстоящую от режущей кромки на расстоянии $\ell_n = 0,75 \cdot C$, где C – ширина пера. В этом месте снимают второе показание индикатора (первое у режущей кромки настраивают на нуль). Определяют величину θ и K .

$$\theta = \frac{\ell_n \cdot 360}{\pi \cdot d} \quad (1.7)$$

$$K = \frac{K_1 \cdot 360}{Z \cdot \theta} \quad (1.8)$$

Здесь уместно заметить, что величина заднего угла на заборном конусе метчика является величиной переменной, а именно

$$\alpha_x = \arctg \frac{K \cdot Z}{\pi \cdot d_x} \quad (1.9)$$

Для нахождения величины переднего угла γ метчика производят измерение высот H_1 и H с помощью штангенрейсмуса (рис. 3).

Высота H_1 соответствует положению вершины зуба метчика в осевой вертикальной плоскости; высота H определяет такое положение метчика, когда его передняя поверхность касается горизонтальной линии измерительного ножа штангенрейсмуса.

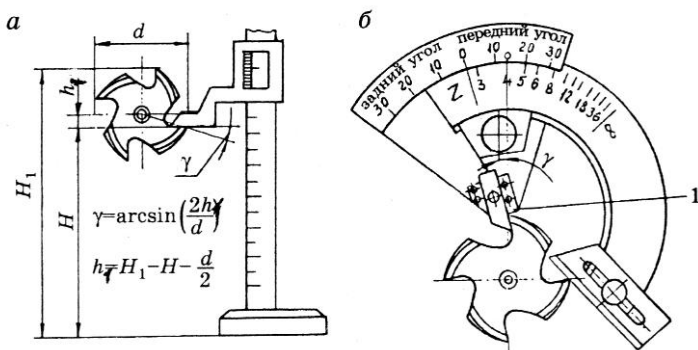


Рис. 3. Схема измерения переднего угла метчика:
 а – измерение в центрах с помощью штангенрейсмуса;
 б – измерение угломером конструкции Бабчиничера

Определяют величину h_1 [4]

$$h_1 = H_1 - H - \frac{d}{2}, \quad (1.10)$$

и затем $\gamma = \arcsin \frac{2h_1}{d}$. (1.11)

Биение зубьев метчика δ наблюдают при его медленном вращении в центрах по показаниям индикатора на разных перьях. Биение режущей части по наружному диаметру не должно превышать 0,03 мм.

Величины передних и задних углов при обработке стали рекомендуется принимать в пределах $\gamma = 12 \dots 15^\circ$, $\alpha = 6 \dots 12^\circ$.

Метчики для метрической резьбы изготавливают 1, 2, 3 и 4 классов точности. Классы точности устанавливаются в зависимости от поля допуска среднего диаметра. Метчиками 1, 2, 3 и 4 классов точности рекомендуется нарезать резьбу с полями допусков:

- класса 1: 4H и 5H;
- класса 2: 6H, 4G и 5G;
- класса 3: 7H, 8H и 6G;
- класса 4: 7H и 8H.

Допуски на изготовление резьбовой части метчиков регламентированы ГОСТ 16925-93. Верхнее отклонение наружного диаметра метчика и допуск

на внутренний диаметр резьбы метчика не регламентируются. Наибольший внутренний диаметр метчика не должен превышать номинального внутреннего диаметра резьбы D_I . Некоторые сведения о численных величинах номинальных значений наружного, среднего и внутреннего диаметров метрической резьбы и их предельных отклонений для метчиков приведены в таблицах П2...П6 приложения.

В процессе нарезания резьбы метчиком, под действием сил резания и пластических деформаций обрабатываемого материала, происходит внутреннее вспучивание металла, ведущее к уменьшению внутреннего диаметра. Поэтому диаметр сверла для подготовки отверстия к нарезанию резьбы применяют несколько больше D_I . Ориентировочно при нарезании метрических резьб в стальных заготовках диаметр сверла определяют по формуле [2]

$$d_{ce} = d - P. \quad (1.12)$$

$$\text{Длина режущей части } \ell_2 = \frac{d - d_{ce}}{2 \operatorname{tg} \varphi}. \quad (1.13)$$

$$\text{Длина заборного конуса } \ell_1 = \frac{d - d_T}{2 \operatorname{tg} \varphi}. \quad (1.13a)$$

Диаметр на переднем торце метчика d_T можно также определить по формуле [2]:

$$d_T = d_{ce} - 2f\ell_1 \operatorname{tg} \varphi, \quad (1.14)$$

где f – коэффициент уменьшения диаметра (для метчиков $d=2\dots 30$ мм $f=0,3\dots 0,18$, причём большее значение f берётся для метчиков меньших диаметров).

Определяют форму и направление стружечных канавок метчика (рис. 4).

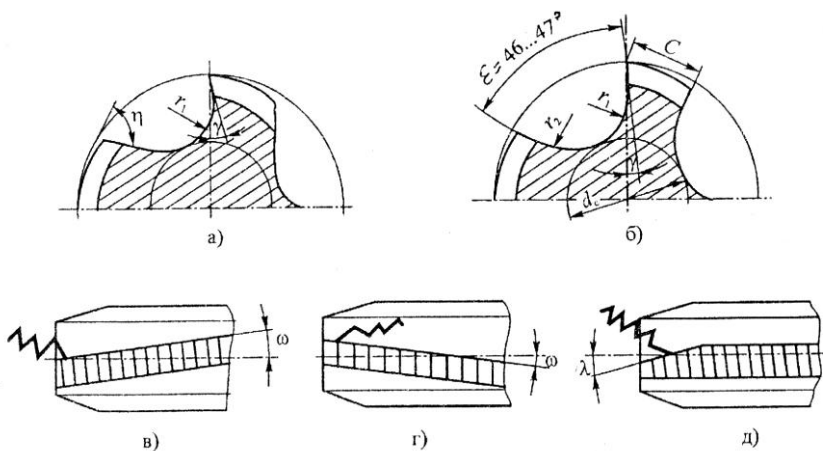


Рис. 4. Форма и направление стружечных канавок метчика:

a – прямолинейный профиль; *б* – полукруглый профиль; *в* – винтовая канавка для нарезания резьбы в сквозных отверстиях; *г* – винтовая канавка для нарезания резьбы в глухих отверстиях; *д* – подточка передней поверхности метчика под углом λ

Для этого устанавливают метчик торцом на лист бумаги и обводят канавку острозаточенным карандашом. Измеряют линейкой с калиброванными отверстиями радиуса r_1 и r_2 , транспортиром угол канавки ε , штангенциркулем ширину пера C , глубину канавки между перьями $h_{Г}$, диаметр сердцевин d_c . При этом можно воспользоваться соотношениями (рис.1):

$$\varepsilon = \frac{360}{Z} - 2 \arctg \frac{C}{d} - \gamma; \quad (1.15)$$

$$h_{Г} = \frac{d - d_c}{2}, \quad \text{при } Z = 4; 6. \quad (1.16)$$

$$d_c = \langle 0,35 \dots 0,4 \rangle d, \quad C = 0,3d, \quad \text{при } Z = 3; \quad (1.17)$$

$$d_c = \langle 0,4 \dots 0,5 \rangle d, \quad C = \langle 0,2 - 0,25 \rangle d, \quad \text{при } Z = 4; \quad (1.18)$$

$$d_c = \langle 0,5 \dots 0,55 \rangle d, \quad C = 0,16d, \quad \text{при } Z = 6. \quad (1.19)$$

Результаты измерений и расчётов представляют в виде таблицы П7 (см. Приложение).

$$\text{Угол } \eta = 80 \dots 85^0; \quad \omega = 0 \dots 45^0; \quad \lambda = 0 \dots 15^0.$$

Материал метчиков – быстрорежущая сталь Р6М5 и др. Шероховатость передней, задней поверхностей и профиля резьбы $R_a 0,63 \dots 0,32$ мкм. Метчики диаметром до 12 мм делают цельными, а более 12 мм – сварными. Хвостовики изготавливают из конструкционных сталей 45, 40Х.

1.2. Технологический маршрут изготовления метчиков

Маршрут изготовления зависит от типа производства, имеющегося оборудования, станков, приспособлений, размеров метчиков, требований по точности и шероховатости, материалов и многого другого. Поэтому можно говорить лишь об общей последовательности некоторых процессов механической обработки метчиков [5]:

- рубка прутка на отдельные заготовки;
- точение торцов;
- центрирование заготовок;
- обтачивание;
- шлифование хвостовой части;
- фрезерование квадрата;
- шлифование рабочей части;
- накатывание резьбы;
- фрезерование стружечных канавок;
- образование заборной части на кругло-шлифовальном станке;
- закалка рабочей части до $HRC_3 63 \dots 66$, квадрата с кольцевой канавкой до $HRC_3 35 \dots 50$;
- восстановление центровых отверстий;
- черновое шлифование рабочей части;
- вышлифование стружечных канавок;
- шлифование хвостовой части;
- шлифование резьбы;
- шлифование затылка заборной части;
- маркирование;
- пассивирование и цианирование.

При шаге резьбы $P \leq 2$ мм резьбообразование может производиться многоконтактным шлифовальным кругом без предварительного накатывания резьбы, что повышает точность резьбы.

1.3. Заточка метчиков

Для заточки передней поверхности ось метчика смещают относительно торцевой поверхности шлифовального круга на величину h (рис. 5).

$$h = \frac{d}{2} \sin \gamma. \quad (1.20)$$

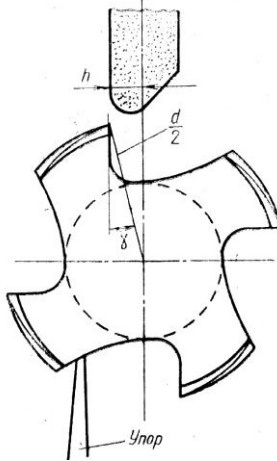


Рис. 5. Схема заточки метчика по передней поверхности

В процессе заточки передняя поверхность метчика параллельна торцу круга. Заточку производят по упору или с помощью делительного механизма. Применяют круги чашечной или тарельчатой формы из электрокорунда белого 24А зернистостью 25, твёрдостью СМ2 на керамической связке К5 [6].

Заточка задней поверхности метчика на заборном конусе носит название затылования. Падение затылка задают на центральном угле между зубьями и определяют по формуле

$$K = \frac{\pi d_1}{Z} \operatorname{tg} \alpha, \quad (1.21)$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы;

Z – число гребёнок метчика,

$\alpha = 6-12^\circ$ – задний угол по наружному диаметру.

Рассмотрим схему затылования на специальном резьбозатыловочном станке (рис. 6).

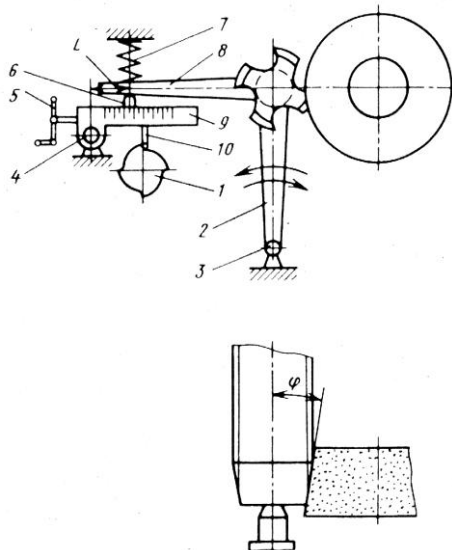


Рис. 6. Схема механизма затылования режущей части метчика

Шлифовальный круг закрепляют под углом уклона заборного конуса φ . Метчик устанавливают в патроне передней бабки с упором в центр задней бабки. Вращение метчика синхронно с вращением кулачка 1 , имеющего столько же рабочих участков, выполненных по спирали Архимеда, сколько гребёнок имеет метчик. Кулачок 1 через толкатель 10 поворачивает планку 9 вокруг оси 4 и через сухарь 6 воздействует на рычаг 8 , жёстко связанный с кареткой 2 , заставляя её совершать колебательные движения вокруг оси 3 . Положение сухаря 6 , устанавливающего величину падения затылка, регулируется рукояткой 5 (размер L). Пружина 7 постоянно поджимает рычаг 8 к сухарю 6 [3].

Затылование может производиться как на специальных затыловочных станках, так и на универсальных заточных станках с применением специальных приспособлений. При затыловании метчика на универсально-заточных и круглошлифовальных станках применяют приспособления, в которых затылование производят по цилиндрической поверхности за счёт качания метчика вокруг оси, смещённой относительно оси центров метчика на величину e (рис. 7).

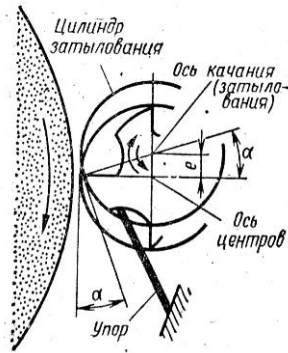


Рис. 7. Затылование метчика в приспособлении на круглошлифовальном станке

Величина заднего угла изменяется за счёт изменения эксцентриситета e . Шлифовальный круг заправляют под углом уклона заборного конуса φ , либо разворачивают приспособление или стол станка [5].

$$\text{Эксцентриситет } e = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \alpha . \quad (1.22)$$

1.4. Расчёт числа переточек метчика по передней и задней поверхностям

В процессе работы метчики изнашиваются. Износ идёт наиболее интенсивно в зоне перехода заборного конуса в калибрующую часть (рис. 8). Допустимый износ по передней μ_n и задней μ_z поверхностям приведен в таблице 1[3].

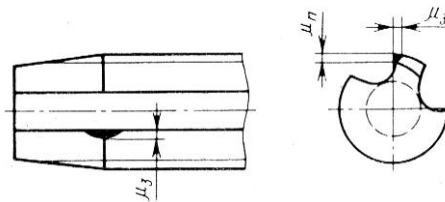


Рис. 8. Характер изнашивания метчиков

Допустимый износ метчиков, мм

Номинальный диаметр, мм	Шаг резьбы, мм	Длина калибрующей части, мм	Число перьев	Ширина пера, мм	μ_1	μ_3
10	1,5	20	3	3,7	0,2	0,3
12	1,75	25	3	4,9	0,2	0,3
14	2	30	4	5,5	0,25	0,4
16	2	30	4	5,6	0,25	0,4
20	2,5	32	4	5,9	0,25	0,4
24	3	36	4	7,0	0,3	0,5
27	3	36	4	7,9	0,3	0,5
30	3,5	40	4	9,0	0,3	0,5

Число переточек метчика по передней поверхности

$$n_n = \frac{M_1}{q_1}, \quad (1.23)$$

где $M_1 = (0,5 \dots 0,7)C$; $q_1 = \mu_3 + (0,05 \dots 0,1 \text{ мм})$; C – ширина пера. (1.24)

Число переточек метчика по задней поверхности

$$n_3 = \frac{M}{q}, \quad (1.25)$$

где M – величина допускаемого стачивания;

$$M = \ell_k - 3P; \quad q = \frac{\Delta}{\sin \varphi}; \quad (1.26)$$

$$\Delta = \mu_n + (0,05 \dots 0,1 \text{ мм}); \quad (1.27)$$

ℓ_k – длина калибрующей части.

1.5. Распределение нагрузки ручных метчиков

С целью уменьшения усилий, прилагаемых рабочим к метчику при нарезании резьбы вручную, применяют комплекты метчиков, состоящие из двух или трёх штук. Распределение нагрузки метчиков в комплекте приведено в таблице 2.

Распределение припуска между метчиками комплекта [3].

Номер метчика в комплекте	Комплект из двух номеров	Комплект из трёх номеров
№1 (черновой метчик)	70%; $\varphi=7^0$; $l_1 = 6P$	50%; $\varphi=4^0$; $l_1 = 5P$
№2 (средний метчик)		30%; $\varphi=10^0$; $l_1 = 2,5P$
№3 (чистовой метчик)	30%; $\varphi=20^0$; $l_1 = 2P$	20%; $\varphi=20^0$; $l_1 = 1,5P$

У всех метчиков комплекта внутренний диаметр d_1 одинаков, а наружный d и средний d_2 отличаются. Так, например, для комплекта из трёх метчиков они равны соответственно:

$$d_{\text{№1}} = d_{\text{№3}} - 0,5P; \quad d_{\text{№2}} = d_{\text{№3}} - 0,15P; \quad (1.28)$$

$$d_{2\text{№1}} = d_{2\text{№3}} - 0,15P \quad d_{2\text{№2}} = d_{2\text{№3}} - 0,07P. \quad (1.29)$$

1.6. Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками

Можно выделить 4 основных типа отверстий (рис. 9): сквозные неглубокие (*а*) и глубокие (*б*), глухие с большим (*в*) и малым (*г*) пространствами для выхода метчика. При нарезании резьбы в сквозных отверстиях принимают $l_1 = 6P$, у гаечных метчиков $l_1 = 6 \dots 12 P$, в глухих отверстиях $l_1 = 2P$ и в труднообрабатываемых материалах $l_1 = 2 \dots 20 P$.

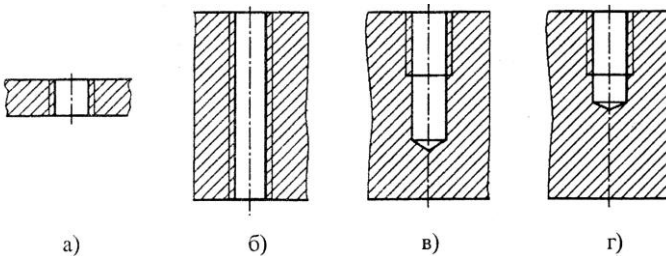


Рис. 9. Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками:

а – короткие сквозные; *б* – длинные сквозные; *в* – глухие с глубоким выбогом метчика; *г* – глухие с неглубоким выбогом метчика

1.7. Другие технические требования к метчикам

Предельные отклонения половины угла профиля резьбы метчика $\frac{\alpha}{2}$ не должны превышать следующих величин (мин). При шаге резьбы

$$P = 1,00; 1,25; 1,50: \pm 25';$$

$$P = 1,75; 2,00; 2,50; 3,00: \pm 20';$$

$$P = 3,5; 4,00; 4,50; 5,00: \pm 15'.$$

Предельные отклонения шага резьбы метчиков классов точности 1, 2, 3 и 4 должны соответствовать указанным в таблице П15 приложения.

1.8. Схемы резания метчиками

Основной схемой резания при нарезании резьбы метчиками является генераторная (рис. 1,б). При этом толщина среза остаётся всё время постоянной, а ширина меняется. Профильную схему резания (рис. 1,в) применяют для калибрующих и конических метчиков.

1.9. Разновидности некоторых конструкций метчиков

Процесс нарезания резьбы метчиками проходит в сложных, теснённых условиях. Особенно трудно нарезание идёт в жаропрочных и титановых сплавах вследствие их низкой теплопроводности, высокой прочности и теплостойкости. С целью облегчения процесса резания, снижения сил резания и крутящих моментов, повышения прочности метчиков, качества и производительности обработки разработаны различные конструкции метчиков (рис. 10).

Слесарные (ручные) метчики изготавливаются комплектами из двух или трёх штук (рис. 10а). *Метчики с шахматным расположением зубьев* (рис. 10б) используют для нарезания резьбы в вязких материалах. *Метчики с укороченной стружечной канавкой* (так называемые бесканавочные) применяют для нарезания резьб в сквозных отверстиях (рис. 10в). *Метчики с винтовыми канавками* (рис. 10г) эффективны при нарезании резьбы в глухих отверстиях. *Ступенчатые метчики* (рис. 10д) имеют двойную режущую часть и позволяют реализовать в одном метчике любую комбинацию схем резания, обеспечивая получение резьбы высокой точности. Метчики с режущевыглаживающими зубьями позволяют повысить точность резьбы (рис.10е). Метчики с направляющими частями применяются для обработки поверхностей с точным взаимным расположением (рис. 10ж).

Метчики с внутренним подводом СОЖ (рис. 10з) имеют стойкость в несколько раз выше вследствие лучшего охлаждения, смазки и отвода стружки. Метчики колокольного типа (рис. 10и) применяют при нарезании резьб в сквозных отверстиях больших диаметров $d = 50 \dots 400$ мм. Гаечные метчики (рис. 11) служат для нарезания сквозных резьб без свинчивания гаек путём их нанизывания на хвостовую часть.

Метчики с изогнутыми хвостовиками применяют для нарезания резьбы в гайках на станках-автоматах с непрерывным циклом.

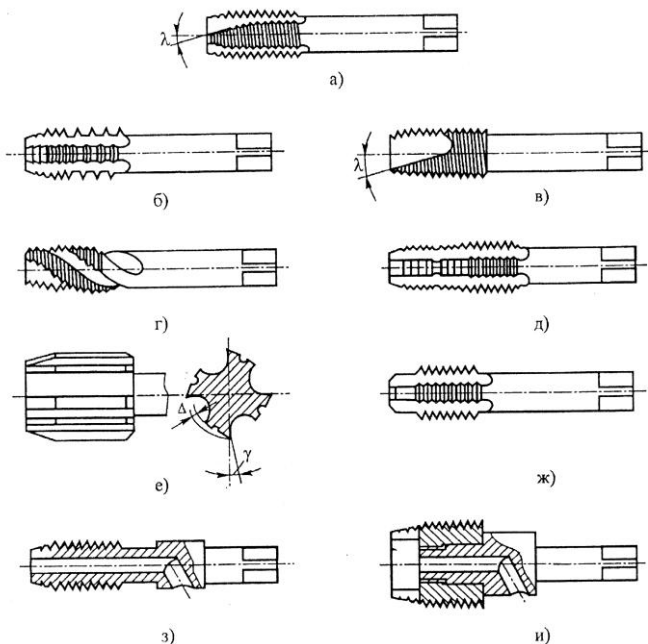


Рис. 10. Конструкции некоторых типов метчиков:

- а – слесарный (ручной); б – с шахматным расположением зубьев;
- в – бесканавочный; г – с винтовыми канавками; д – ступенчатый;
- е – с режуще-выглаживающими зубьями; ж – с направляющей частью;
- з – с внутренним подводом СОЖ; и – колокольного типа

Плашечные и маточные метчики (рис. 12). Плашечные метчики служат для предварительного нарезания резьбы в круглых плашках до сверления стружечных отверстий, а маточные – для калибрования резьбы после сверления. Иногда их объединяют в один комбинированный плашечно-маточный метчик и используют для нарезания резьбы в плашках за один проход.

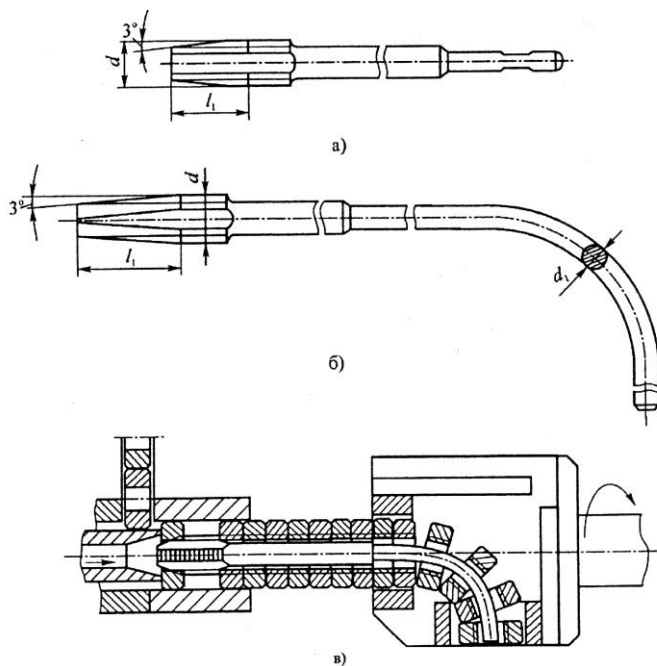


Рис. 11. Газовые метчики:
 а – с прямым хвостовиком; б – с изогнутым хвостовиком;
 в – схема работы гайконарезного станка-автомата

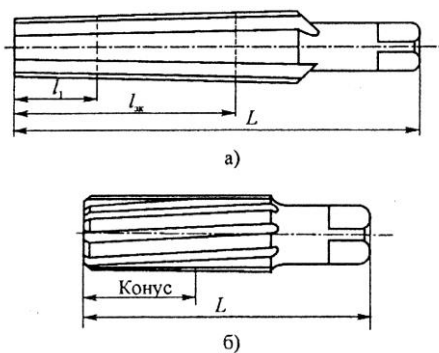


Рис. 12. Метчики:
 а – пласечный; б – маточный

Так как обрабатываемый материал часто имеет большую твёрдость, а к резьбе предъявляются высокие требования по точности, то для лучшего направления метчика в отверстии угол уклона заборного конуса у плашечных метчиков берут малым – $\varphi = 1^{\circ}20'$, а длину заборного конуса большой – $\ell_{з.к.} = \langle 6 \dots 48 P \rangle$. При этом на длине заборной части, равной $\ell_1 = 16P$, зубья имеют полный профиль с углом $\varphi = 1^{\circ}20'$ и затылованием на величину $K = 0,03 \dots 0,06$ мм по d_2 и d_1 , на остальной части, выполненной по цилиндру с затылованием по вершинам зубьев, – на величину $K = 0,45 \dots 1,1$ мм. Таким образом, плашечный метчик имеет только режущие зубья, которые на первом участке работают по профильной схеме резания, а на втором – по генераторной. Число перьев метчика принимается на 1-2 больше числа отверстий в плашке [2].

У маточных метчиков имеются заборная часть длиной $\ell_1 = 12P$ с углом $\varphi = 0^{\circ}12'$ и калибрующая часть длиной $\ell_k = 10P$. Во избежание ударов стружечные канавки делают винтовыми с углом $\omega = 8 \dots 10^{\circ}$ и направлением, противоположным направлению резьбы. Число канавок маточного метчика $Z = 6 \dots 10$, а у метчиков $d < 6$ мм делается одна канавка.

Метчики для конической резьбы (рис. 13) применяют там, где требуется получить герметичное резьбовое соединение без применения уплотнительных средств. Это достигается за счёт деформации витков резьбы при осевом перемещении, например, труб, муфт, работающих при высоких давлениях передаваемой среды (масло, вода, воздух) и высоких температурах.

Особенность работы конических метчиков заключается в том, что нарезание резьбы происходит по всей длине метчика, равной длине резьбы. Калибрующая часть у конических метчиков отсутствует, что способствует появлению больших усилий резания. Нарезание резьбы, как правило, производится на станках с предохранительным устройством, срабатывающим в конце резания. Основные параметры метчиков подобны параметрам метчиков для цилиндрических резьб. Режущие зубья затылуются по наружному диаметру ($\alpha = 6 \dots 8^{\circ}$, $\gamma = 5 \dots 10^{\circ}$).

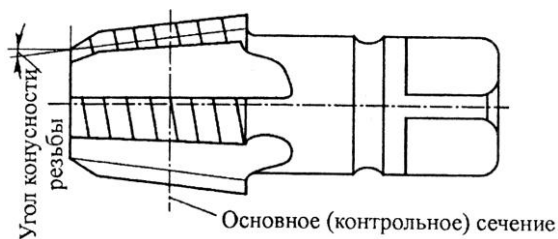


Рис. 13. Метчик для конической резьбы

Метчики сборные, регулируемые применяются с целью экономии инструментальных материалов при нарезании резьб больших диаметров (рис. 14). В корпусе 1 крепится стержень 2 с наклонными пазами. Гребёнки 3 входят в пазы стержня и прижимаются крышкой 4. При перемещении стержня 2 с помощью винтов 5 происходит регулировка диаметра метчика. Более сложные конструкции позволяют утопить гребёнки в конце нарезания, что исключает необходимость вывинчивания метчика из отверстия.

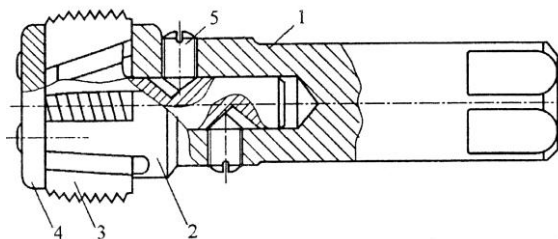


Рис. 14. Регулируемый метчик.

Метчик – протяжка (рис.15) позволяет нарезать в сквозных отверстиях резьбу любых профилей и длины, с любым числом заходов. Метчик-протяжка по сравнению с обычными метчиками и резьбовыми резцами обеспечивает повышение производительности в несколько раз при высокой точности и низкой шероховатости резьбы [2].

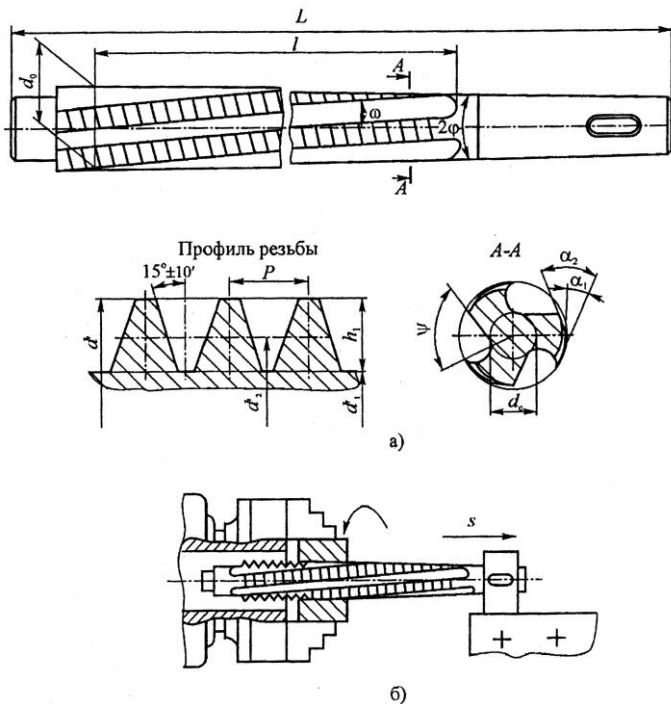


Рис. 15. Метчик-протяжка:

a – конструкция; *б* – схема протягивания внутренней резьбы

Особенности конструкции метчика-протяжки:

1) хвостовик располагается впереди режущей части и метчик работает на растяжение;

2) рабочая часть метчика представляет собой коническую поверхность большой протяжённости с зубьями, профиль которых соответствует профилю нарезаемой резьбы. Угол уклона заборного конуса очень мал – $\varphi \approx 1^{\circ}40'$;

3) зубья по среднему диаметру не затываются, а затачиваются только по задним поверхностям с двойной заточкой: $\alpha_1 = 12 \dots 15^{\circ}$, $\alpha_2 = 30 \dots 60^{\circ}$;

4) из-за угла φ ширина режущих кромок по наружному диаметру переменная. Она уменьшается от первых зубьев к последним, т.е. используется генераторная схема резания;

5) стружечные канавки выполняют винтовыми: для правой резьбы – левые, для левой резьбы – правые, с углом наклона к оси метчика $\omega = 4 \dots 15^\circ$; угол раскрытия канавки $\psi = 80 \dots 90^\circ$;

6) в конце рабочей части метчика иногда предусматривают короткую калибрующую часть и задний хвостовик;

7) число канавок $Z=3$ для $d \leq 20$ мм и $Z=4$ для $d > 20$ мм.

Нарезание резьбы обычно производится на токарном станке с $n = 18 \dots 40$ об/мин и $v = 2 \dots 3$ м/мин. Хвостовик метчика с помощью клина крепят на суппорте станка. Перед протягиванием заготовку надевают на метчик и зажимают в самоцентрирующем патроне станка (рис.15б) и приводят во вращение. При этом шпиндель станка включают на обратный ход и суппорт перемещается вправо с подачей на один оборот, равной шагу нарезаемой резьбы.

При нарезании резьбы в высокопрочных материалах рабочую часть метчика-протяжки делят на ступени. При этом каждая ступень имеет режущую и калибрующую части, а проточки между ступенями служат для выхода стружки.

Корригированные метчики имеют угол профиля резьбы метчика $\alpha_1 = 55^\circ$ при нарезании метрической резьбы с углом профиля $\alpha_0 = 60^\circ$. Получение заданного профиля резьбы достигается в результате обратной конусности по среднему диаметру метчика (рис.16). Угол уклона обратного конуса может быть рассчитан по следующей формуле [7].

$$\operatorname{tg} \delta = \operatorname{tg} \varphi \left(\operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha_1}{2} - 1 \right), \quad (1.30)$$

где δ – угол уклона обратного конуса;

φ – угол уклона заборного конуса;

α_0 и α_1 – соответственно углы профиля резьбы и метчика.

В результате между обрабатываемым материалом и боковыми поверхностями режущих зубьев возникают зазоры, что уменьшает момент трения, устраняет защемление зубьев метчика во впадинах резьбы и способствует лучшему проникновению смазочно-охлаждающей жидкости в зону резания. При обработке жаропрочных и титановых сплавов стойкость корригированных метчиков в 20...30 раз выше стойкости нормальных метчиков.

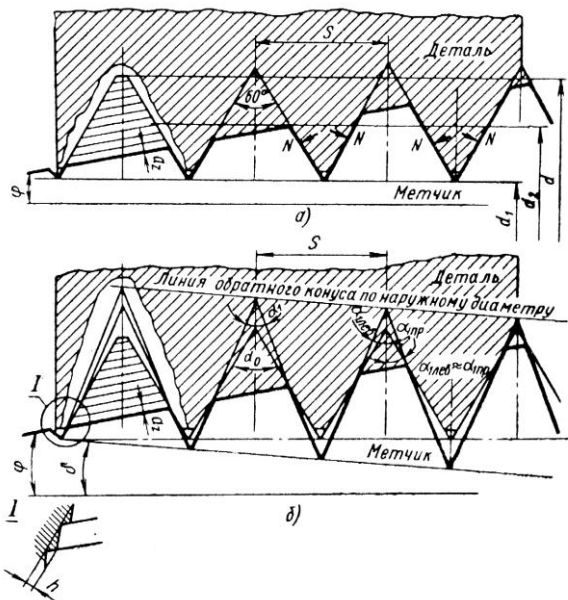


Рис. 16. Схемы резания нормальным (а) и корригированным (б) метчиками

1.10. Параметры режима резания при нарезании резьбы метчиками

$$\text{Фактическая скорость резания } v = \frac{\pi d n}{1000} \quad (1.31)$$

должна быть меньше или равна допустимой скорости резания, определяемой стойкостной зависимостью нормативов режимов резания [8], [9].

$$v_T = \frac{C_v d^{q_v} K_v}{T^m P^{y_v}} \quad (1.32)$$

Из соотношения $v \leq v_T$ определяют $n \leq \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot d}$.

Подача на зуб S_z равна

$$S_z = \frac{P}{Z} \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad (1.33)$$

Толщина среза a_z равна

$$a_z = \frac{P}{Z} \cdot \sin \varphi. \quad (1.34)$$

Крутящий момент $M_{\text{КР}}$ и эффективную мощность $N_{\text{эф}}$ находят по формулам [10]

$$\dot{M}_{\text{КР}} = 10 \cdot C_i \cdot d^{q_i} \cdot P^{y_i} K_i \quad (1.35)$$

$$N_{\text{эф}} = \frac{\dot{M}_{\text{КР}} \cdot n}{9555} \quad (1.36)$$

Результаты расчётов оформить в виде таблицы П8 приложения.

1.11. Требования к оформлению отчёта по лабораторной работе

1. Выполнить эскиз метчика с указанием обозначений линейных и угловых размеров (рис.1).
2. Произвести измерения и расчёты параметров метчика (табл.П1, П7).
3. Указать последовательность основных процессов маршрутной технологии изготовления метчиков.
4. Дать схему заточки передних и задних поверхностей метчиков.
5. Определить количество переточек метчика по передней и задней поверхностям.
6. Указать номинальные и предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров, предельные отклонения половины угла профиля и шага резьбы заданного метчика.
7. Ознакомиться с различными конструкциями метчиков.
8. Рассчитать режимные параметры для обработки стали.
9. Ответить на контрольные вопросы.

Пример составления отчёта по лабораторной работе приведен в приложении П9.

Контрольные вопросы

1. Как определяется длина заборного конуса ℓ_1 и длина режущей части ℓ_2 метчика?
2. Как определить падение затылка на заборном конусе метчика?
3. Как определить передний угол метчика?
4. Укажите предельные отклонения наружного, среднего и внутреннего диаметров заданного метчика.
5. Как и почему выбирают диаметр сверла для отверстия под нарезание резьбы метчиком?
6. Как определяют диаметр на переднем торце метчика?
7. Укажите основные формы и направление стружечных канавок метчиков.
8. Укажите рекомендуемые величины диаметра сердцевины и ширины пера метчиков.
9. Приведите схему затылования заборного конуса метчика по спирали Архимеда.
10. Приведите схему затылования метчика по окружности.
11. Укажите последовательность операций при изготовлении метчиков.
12. Укажите особенности метчиков с шахматным расположением зубьев.
13. Дайте характеристику метчиков с укороченной стружечной канавкой.
14. В чём преимущество метчиков с винтовыми канавками?
15. Что представляют собою ступенчатые метчики?
16. Как работают метчики с режуще-выглаживающими зубьями?
17. В каких случаях применяют метчики с направляющими частями?
18. Приведите конструкцию метчика с внутренним подводом СОЖ.
19. Что представляют собою метчики колокольного типа?
20. Каковы особенности гаечных метчиков?
21. Для чего применяют плашечные и маточные метчики?
22. Как устроены и работают метчики для конической резьбы?
23. Дайте эскиз конструкции регулируемого метчика.
24. В чём особенности конструкции метчика-протяжки?
25. Каковы особенности конструкции корригированных метчиков?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник конструктора-инструментальщика / под ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1994. – 558 с.
2. Metallорежущие инструменты /В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, С.В. Кирсанов [и др.] – М.: МГТУ СТАНКИН, 2005. – 567 с.
3. Режущий инструмент. Лабораторный практикум / под ред. Н.Н. Щеголькова. – М.: Машиностроение, 1985. – 165 с.
4. Режущий инструмент. Лабораторный практикум / под ред. В.И. Шагуна. – Минск, 2004. – 191 с.
5. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов / М.М. Палей. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.
6. Егоров, С.В. Руководство к лабораторным работам / С.В. Егоров, А.Г. Червяков / под ред. Б.Е. Бруштейна. – М., 1971. – 196 с.
7. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов / под ред. Н.И. Резникова. – М.: Машиностроение, 1972. – 200 с.
8. Справочник инструментальщика / под ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
9. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов. Справочник / под ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 399 с.
10. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – 943 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Основные конструктивные элементы метчиков

№ п/п	Наименование	Обоз- наче- ние	Формула	Результат	
				изме- рение	рас- чёт
1.	Наружный диаметр	d			
2.	Шаг резьбы	P	$P = \ell_n / n$		
3.	Число гребёнок	z			
4.	Длина метчика	ℓ			
5.	Длина заборного конуса	ℓ_1	$\ell_1 = (D - d_T) / 2 \operatorname{tg} \varphi$		
6.	Длина калибрующей части	ℓ_k			
7.	Диаметр на торце	d_T	$d_T = D_1 - (1 - 0,35) \cdot$		
8.	Диаметр хвостовика	d_x			
9.	Диаметр канавки на хвостовике	d_b			
10.	Глубина канавки на хвостовике	h_k	$h_k = (d_x - d_o) / 2$		
11.	Ширина канавки	b_k			
12.	Радиус канавки	R	$R = (b_k^2 / 4 + h_k^2) / (2h_k)$		
13.	Сторона квадрата	a			
14.	Высота квадрата	h			
15.	Расстояние до центра канавки	ℓ_3			
16.	Длина рабочей части	ℓ_p	$\ell_1 + \ell_k$		
17.	Угол уклона заборного конуса	φ	$\varphi = \operatorname{arctg} (D - d_T) / (2\ell_1)$		
18.	Ширина пера	C			
19.	Толщина среза	a_z	$a_z = P / z \cdot \sin \varphi$		
20.	Падение затылка на угле θ	K_1			
21.	Центральный угол	η	$\eta = 360 / z$		
22.	Падение затылка на угле η	K	$K = K_1 \cdot \eta / \theta$		
23.	Задний угол	α	$\alpha = \operatorname{arctg} kz / (d)$		

24.	Смещение вершины зуба от оси	h_1	$h_1 = H_1 - H - d/2$		
25.	Передний угол	γ	$\gamma = \arcsin 2h_1 / d$		
26.	Биение зубьев	δ			
27.	Диаметр сверла для отверстия под резьбу	$d_{св}$	$d_{св} = d - P$		
28.	Длина режущей части	l_2	$l_R = \left(d - d_{св} \right) \cot \varphi$		

Таблица П2

Номинальные размеры некоторых метрических резьб

Наружный диаметр $D(d)$	Шаг резьбы P	Средний диаметр $D_2(d_2)$	Внутренний диаметр $D_1(d_1)$
1	2	3	4
14	2	12,701	11,835
	1,5	13,026	12,376
16	2	14,701	13,835
	1,5	15,026	14,376
18	2,5	16,376	15,294
	2	16,701	15,835
	1,5	17,026	16,376
20	2,5	18,376	17,294
	2	18,701	17,835
	1,5	19,026	18,376
22	2,5	20,376	19,294
	2	20,701	19,835
	1,5	21,026	20,376
24	3	22,051	20,752
	2	20,701	19,835
	1,5	23,026	22,376
27	3	25,051	23,752
	2	25,701	24,835
	1,5	26,026	25,376
30	3,5	27,727	26,211
	3	28,051	26,752
	2	28,701	27,835
	1,5	29,026	28,376

Нижнее отклонение наружного диаметра метчиков

Номинальный диаметр резьбы d , мм	Шаг резьбы P , мм	Нижнее отклонение d , мм
св. 11,2 до 22,4	2,5	+72
	2,0	+68
	1,75	+64
	1,5	+60
	1,25	+56
	1,00	+50
св. 22,4 до 45	4,00	+94
	3,50	+90
	3,00	+85
	2,00	+72
	1,5	+64
	1,00	+53

Таблица П4

Предельные отклонения среднего диаметра резьбы метчика

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы P	Предельные отклонения среднего диаметра для метчика класса точности, мкм			
		1	2	3	4
Св.11,2 до 22,4	2,50	+54 +18	+90 +54	+126 +90	+126 +54
	2,00	+51 +17	+85 +51	+119 +85	+119 +51
	1,75	+48 +16	+80 +48	+112 +80	+112 +48
	1,5	+45 +15	+75 +45	+105 +75	+105 +45
	1,25	+42 +14	+70 +42	+98 +70	+98 +42
Св.22,4 до 45	3,50	+67 +22	+112 +67	+157 +112	+157 +67
	3,00	+64 +21	+106 +64	+148 +106	+148 +64
	2,00	+54 +18	+90 +54	+126 +90	+126 +54
	1,50	+48 +16	+80 +48	+112 +80	+112 +48
	1,00	+40 +13	+66 +40	+92 +66	+92 +40

Таблица П5

Предельные отклонения шага резьбы метчиков

Шаг резьбы P , мм	Длина измерения в количестве шагов	Предельные отклонения шага резьбы для метчика класса точности, мкм	
		1, 2, 3	4
1,00; 1,25	9	± 8	± 35
1,5	7	± 8	± 45
1,75		± 9	
2,00; 2,50		± 10	
3,00		± 12	
3,50		± 13	± 50
4,00		± 14	± 60

Пределы отклонения диаметров внутренней резьбы, мм

Шар, мм	Номинальный диаметр резьбы D, мм	Поля допусков															
		6H				6G				7H				7G			
		ниж- нее D ₁ , D ₂	верхнее		ниж- нее	верхнее		ниж- нее D ₁ , D ₂	верхнее		ниж- нее D ₁ , D ₂	верхнее		ниж- нее D ₁ , D ₂	верхнее		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14				
1,50	св.11,2 до 22,4 св.22,4 до 45	0	+190 +200	+300	+32	+282 +232	+332	0	+236 +250	+375	+32	+265 +282	+407				
1,75	св.11,2 до 22,4	0	+200	+335	+34	+234	+369	0	+250	+425	+34	+284	+459				
2,00	св.11,2 до 22,4 св.22,4 до 45	0	+212 +224	+375	+38	+250 +262	+413	0	+265 +280	+475	+38	+318	+513				
2,50	11,2 до 22,4	0	+224	+450	+42	+266	+492	0	+280	+560	+42	+322	+602				
3,00	св. 22,4 до 45	0	+265	+500	+48	+313	+548	0	+335	+630	+48	+383	+678				
3,5	св. 22,4 до 45	0	+280	+560	+53	+333	+613	0	+355	+710	+53	+408	+763				

Результаты промежуточных измерений и расчётов параметров метчиков

№ п/п	Наименование параметра	Обозначение	Расчётная формула	Результат	
				Измерение	Расчёт
1.	Радиус канавки	r_1			
2.	Радиус канавки	r_2			
3.	Угол спинки канавки	η_k			
4.	Угол раствора канавки	ε	$\varepsilon=360/z-2\arctg C/d-\gamma$		
5.	Глубина канавки метод гребёнками	h_r			
6.	Диаметр сердцевины метчика	d_c			

Таблица П8

Расчёт режимных параметров

№ п/п	Наименование	Обозначение	Расчётная формула	Результат
1	Допустимая скорость резания (м/мин)	V_T	$V_T=C_v \cdot d^{q_v} \cdot K_v / (T^{m_v} \cdot P^{y_v})$	
2	Частота вращения шпинделя (об/мин)	n	$n \leq 1000 \cdot V_T / (\pi d)$	
3	Подъём на зуб (мм)	S_z	$S_z=P \cdot \operatorname{tg} \varphi / Z$	
4	Толщина среза (мм)	a_z	$a_z=P \cdot \sin \varphi / Z$	
5	Крутящий момент (Н.м)	$M_{кр}$	$M_{кр}=C_m \cdot d^{q_m} \cdot P^{y_m} \cdot K_m$	
6.	Эффективная мощность (кВт)	$N_{эф}$	$N_{эф}=M_{кр} \cdot n_{шп} / 9555$	
7.	Машинное время обработки (мин)	T_m	$T_m=(l_{\partial} + l_{\hat{a}i}) / (P \cdot n_{шп}) + (l_{\partial} + l_{en}) / (P \cdot n_{1шп})$	

Примечание. Расчёт произвести для нарезания резьбы метчиком в детали из конструкционной или легированной стали с использованием рекомендуемых нижеприведенных значений коэффициентов и показателей степеней:

$C_v=14,8$; $q_v=1,0$; $K_v=1,0$; $m=0,9$; $T=50$ мин; $y_v=0,5$; $C_m=0,027$; $q_m=1,4$; $y_m=1,5$; $K_m=1$;

$n_{шп}$ – ближайшее меньшее из ряда: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; l_{∂} – длина резьбы в

детали; $l_{\partial} = 30$ мм; l_{en} – длина врезания и перебега; $l_{\hat{a}i} = 8P$; $n_{1шп}$ – частота обратного вращения шпинделя при вывинчивании метчика из отверстия; $n_{1шп}=1,25 n_{шп}$.

4. Результаты промежуточных измерений и расчётов параметров метчика (табл. П7)

5. Схемы заточки передней и задней поверхностей метчика (рис.5,6)

6. Расчёт числа переточек метчика по передней и задней поверхностям.

7. Расчёт режимных параметров (табл. П8).

8. Ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель _____

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. МЕТЧИКИ	4
1.1. Измерение конструктивных элементов метчиков.....	4
1.2. Технологический маршрут изготовления метчиков.....	10
1.3. Заточка метчиков.....	11
1.4. Расчёт числа переточек метчика по передней и задней поверхностям	13
1.5. Распределение нагрузки ручных метчиков.....	14
1.6. Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками.....	15
1.7. Другие технические требования к метчикам.....	16
1.8. Схемы резания метчиками.....	16
1.9. Разновидности некоторых конструкций метчиков.....	16
1.10. Параметры режима резания при нарезании резьбы метчиками.....	23
1.11. Требования к оформлению отчёта по лабораторной работе.....	24
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	26
ПРИЛОЖЕНИЯ	27