

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ

Часть 2

Рекомендовано редакционно-издательским советом федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» в качестве лабораторного практикума для студентов, обучающихся по программам высшего образования укрупненной группы направлений и специальностей 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника

САМАРА
Издательство Самарского университета
2016

УДК 621.9(075)

ББК 34.63-5я7

Л 125

Авторы: *М.Б. Сазонов, Д.Л. Скуратов, А.Н. Волков,
В.Д. Смолин, Ю.А. Шабалин, А.Н. Швецов*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Н. Д. П р о н и ч е в
д-р техн. наук, проф. В. Н. Т р у с о в

Л 125 **Лабораторный практикум по режущим инструментам. Ч.2:** лаб. практикум / [М.Б. Сазонов и др.]. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. – 116 с.

ISBN 978-5-7883-1076-3

Рассмотрены металлорежущие инструменты.

Лабораторный практикум предназначен для студентов, обучающихся по программам высшего образования УГС 24.00.00 Авиационная и ракетно-космическая техника и других, изучающих дисциплины «Резание металлов», «Режущий инструмент», «Обработка конструкционных материалов», выполняющих лабораторные и курсовые работы. Он также может быть использован студентами при выполнении дипломных проектов по технологии машиностроения.

Выполнен на кафедре механической обработки материалов Самарского университета.

УДК 621.9(075)

ББК 34.63-5я7

ISBN 978-5-7883-1076-3

© Самарский университет, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа №6 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РАЗВЁРТОК.....	4
Лабораторная работа №7 РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. МЕТЧИКИ	20
Лабораторная работа №8 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ	45
Лабораторная работа №9 ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	88
ПРИЛОЖЕНИЕ А ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАЗВЕРТКАМ	91
ПРИЛОЖЕНИЕ Б ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТЧИКОВ	95
ПРИЛОЖЕНИЕ В ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДОЛБЯКОВ.....	102
ПРИЛОЖЕНИЕ Г БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №6.....	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Д БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №7.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Е БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №8.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №9.....	112

Лабораторная работа №6

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ РАЗВЁРТОК

Цель работы:

- изучение конструкции и геометрии развёрток;
- измерение геометрических параметров развёрток и ознакомление с применяемыми измерительными инструментами и приборами;
- выполнение эскизов развёрток в соответствии с требованиями ЕСКД и стандартов на развёртки;
- рассмотрение процессов изготовления и заточки развёрток.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ РАЗВЁРТЫВАНИЯ И КОНСТРУКЦИИ РАЗВЁРТОК

1.1. Назначение развёрток. Движение при развёртывании

Развёртки предназначены для обработки глухих и сквозных отверстий. Достигаемая при этом точность соответствует 7 - 9 квалитетам, шероховатость поверхности $Ra = 1,25 \dots 3,2$ мкм. Процесс развёртывания осуществляется вручную с помощью воротка, пневмо- или электродрелями, на сверлильных или токарных станках и совершается при двух совместных движениях: вращательном движении развёртки или детали (главное движение) и поступательном движении инструмента вдоль его оси (движение подачи).

Скорость вращательного движения определяет скорость резания ($м/мин$), максимальная величина которой рассчитывается по формуле

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000},$$

где d – диаметр развёртки или обрабатываемого отверстия, мм;
 n – частота вращения развёртки или детали, об/мин.

Скорость поступательного движения развёртки определяет подачу S и характеризуется величиной перемещения за время одного оборота развёртки или детали. Подачу S принято выражать в мм/об.

Параметры режима резания при развёртывании могут быть определены по учебному пособию [23].

1.2. Основные конструктивные и геометрические параметры развёрток

1.2.1. Ручные развёртки

Ручные развёртки применяются для обработки в труднодоступных местах.

Номинальные размеры ручных развёрток (рис. 1) изготавливаются 1, 2 и 3 рядов.

Первый ряд предпочтителен, третий ряд применяется для обработки посадочных отверстий под шарико- и роликоподшипники по ГОСТ 3478–79, второй ряд не рекомендуется.

Как видно из рис. 1, ручная развёртка состоит из рабочей части l и хвостовика l_x . На рабочей части, в свою очередь, можно выделить режущую часть l_p , калибрующую l_k и обратный конус.

Режущая часть выполнена в виде заборного конуса с углом в плане $\varphi = 1^\circ$, передним углом γ и задними поверхностями с углами α_s и α_k (см. рис. 4). Задние поверхности обращены к поверхности резания и затачиваются по плоской схеме заточки.

Величина углов φ , γ , α выбирается в зависимости от механических характеристик обрабатываемых материалов. Для надёжного направления инструмента в отверстии при заточке зубьев развёртки оставляется цилиндрическая ленточка шириной f на калибрующей части развёртки. Для уменьшения трения ленточек о поверхность обрабатываемого отверстия и устранения защемления развёртки на длине рабочей части зуба допускается обратная конусность, составляющая, в зависимости от диаметра развёртки, от 0,03...0,15 мм на 100 мм длины.

В централизованном порядке ручные цилиндрические развёртки изготавливаются с прямыми канавками. По соглашению с потребителем допускается изготовление развёрток с винтовыми канавками.

Развёртки должны быть изготовлены из легированной стали марки 9ХС по ГОСТ 5950–2000 или из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265–73.

Развёртки из быстрорежущей стали диаметром 13 мм и более изготавливаются сварными.

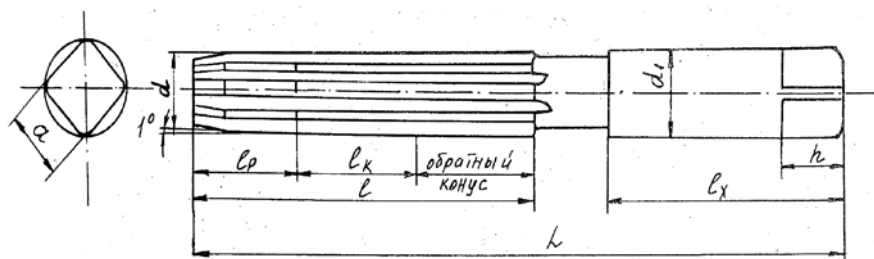


Рис. 1. Конструкции цилиндрической ручной развёртки

Хвостовики сварных развёрток выполняются из стали 45 по ГОСТ 1050–88 или из стали 40Х по ГОСТ 4543–71, допускается хвостовики сварных развёрток изготавливать из стали 50ХФА по ГОСТ 14959–79.

Твёрдость HRC₂ рабочей части развёрток должна быть:

из стали 9ХС диаметром

до 8 мм – 61...63,

свыше 8 мм – 62...64;

из быстрорежущей стали диаметром

до 6 мм – 61...63,

свыше 6 мм – 62...65.

Твёрдость HRC₂ квадрата хвостовиков развёрток:

сварных – 30...45,

цельных – 35...55.

Параметры шероховатости поверхностей развёрток по ГОСТ 2789–73 должны быть:

- передних и задних поверхностей шлифованных развёрток не более 3,2 мкм;
- передних и задних поверхностей доведенных развёрток – 1,6 мкм;
- поверхностей хвостовиков – 6,3 мкм.

Предельные отклонения диаметра рабочей части чистовой развёртки – $h9$.

Допуск радиального биения рабочей части относительно центровых отверстий не должен превышать у развёрток диаметром до 20 мм – 0,02 мм, свыше 20 мм – 0,03 мм.

1.2.2. Машинные развёртки

Машинные развёртки выполняются цельными, оснащёнными пластинами из быстрорежущей стали или твёрдого сплава, со вставными ножами из быстрорежущей стали или оснащёнными твёрдым сплавом [8].

Изготавливают следующие типы машинных цельных развёрток:

- с цилиндрическим хвостовиком (диаметр развёрток 2...16 мм, рис. 2);
- с коническим хвостовиком (диаметр развёрток 5,5...50 мм);
- насадные (диаметр развёрток 25...50 мм, рис. 3).

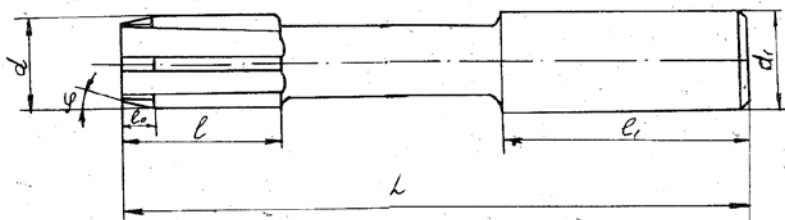


Рис. 2. Конструкция машинной развёртки с цилиндрическим хвостовиком

Стандарт ГОСТ 1672-80 распространяется на машинные цельные развёртки:

– чистовые – для обработки отверстий с полями допусков *G6, H6, J_s6, K6, G7, H7, J_s7, K7, M7, N7, P7, E8, H8, D9, E9, F9, H9, H10, H11*;

– черновые – для обработки отверстий с полем допуска *U8*.

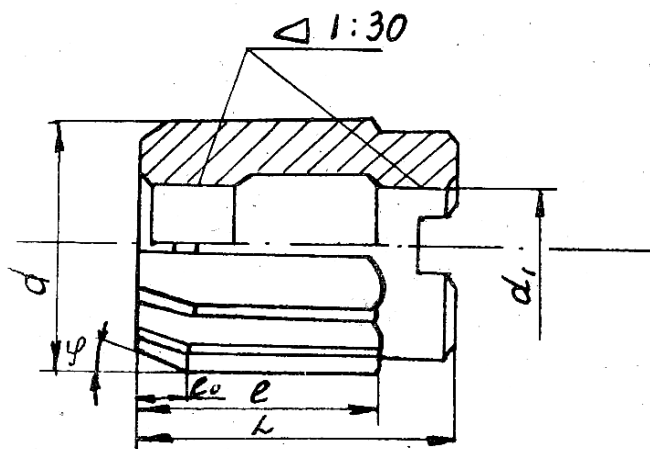


Рис. 3. Конструкция насадной развёртки

Развёртки в централизованном порядке изготавливаются с $\varphi = 5^\circ$ для обработки хрупких материалов; $\varphi = 15^\circ$ – для обработки вязких материалов.

Инструментальные конусы выполняются по ГОСТ 25557-2006; центровые отверстия формы *B* – по ГОСТ 14034-74; предельные отклонения диаметра чистовых и черновых развёрток – по ГОСТ 13779-77; профили канавок и неравномерная разбивка шагов зубьев развёрток – по ГОСТ 7722-77; технические требования – по ГОСТ 1523-81.

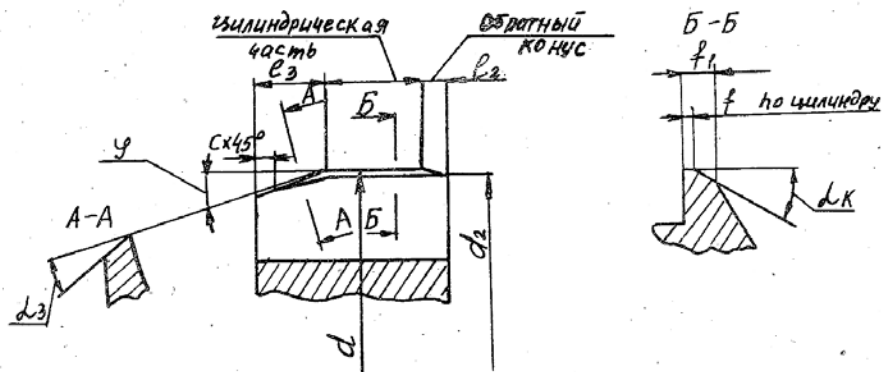


Рис. 4. Элементы конструкции и геометрические параметры развёрток

1.2.3. Развёртки машинные, оснащённые пластинами твёрдого сплава

Эти развёртки изготавливаются в соответствии с требованиями ГОСТ 5735–81.

Режущая часть развёрток оснащена твёрдосплавными пластинами марок ВК8, ВК6, ВК6М, ВК6-ОМ, Т15К6, Т14К8, Т5К10 по ГОСТ 3882–74. Формы и размеры пластин выбирают по ГОСТ 2209–90, технические требования на изготовление пластин – по ГОСТ 4872–75.

Основные детали развёрток (корпуса) должны изготавливаться из стали марок 40Х по ГОСТ 4543–71 или У7...У8 по ГОСТ 1435–99.

Допуск радиального биения зубьев, измеренный в начале калибрующей части, и допуск биения по режущей части должны соответствовать указанным в табл. 1.

Допуск радиального биения хвостовика развёртки относительно центровых отверстий не должен превышать: 0,01 мм для разверток диаметром до 30 мм; 0,015 мм для развёрток диаметром свыше 30 мм.

Таблица 1. Допуски радиального биения зубьев развёрток

Диаметр развёртки, мм	Чистовые развёртки			
	Квалитет обрабатываемых развёрткой отверстий			
	6	7, 8	9, 10	11
	Допуск биения калибрующей части, мкм			
От 10 до 30	8	10	12	16
От 30 до 120	10	12	16	20
Свыше 120	20	20	20	25
Диаметр развёртки, мм	Допуск биения по режущей части, мкм			
От 10 до 30	12	16	20	25
От 30 до 120	16	20	25	32
Свыше 120	25	32	32	32

1.2.4. Развёртки машинные со вставными ножами из быстрорежущей стали

На эти развёртки распространяется стандарт ГОСТ 833–80.

Изготавливаются развёртки двух типов: с коническим хвостовиком, насадные.

Размеры рифлений для вставных ножей выбирают по ГОСТ 2568–71. Ножи окончательно затачиваются на собранной развёртке.

По требованию заказчика допускается изготовление развёрток с равномерным шагом.

2. СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Определение типа развёртки.

Измерение конструктивных параметров развёртки.

Замеры геометрических параметров развёрток (γ_p , γ_k , α_p , α_k , φ , φ_1 , f , f_1).

Замеры биения зубьев на режущей и калибрующей частях, величины обратной конусности зубьев.

Определение формы пластин у инструментов с твёрдосплавными и быстрорежущими пластинами.

Составление эскиза развёртки.

Разработка технологического маршрута изготовления и заточки развёрток.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Выполнить эскиз заданной развёртки согласно рис. 1...4.
- Замерить линейные размеры штангенциркулем и микрометром.
- Замерить угол наклона спирали ω двумя способами:

а) с помощью штангенрейсмуса при установке развёртки в центрах или на оправке в специальном приспособлении измеряется подъём спирали h на расстоянии l . Тогда центральный угол ε , соответствующий подъёму спирали h , определяется из зависимости

$$\varepsilon = \arcsin \frac{2h}{d}.$$

Далее находим шаг спирали развёртки по формуле

$$H_{СП} = \frac{360 \cdot l}{\varepsilon}.$$

Затем находим угол подъёма спирали ω :

$$\omega = \arctg \frac{\pi d}{H_{СП}};$$

б) путём прокатки развёртки через копировальную бумагу. На полученном отпечатке (рис. 5) измеряют величину подъёма Δ , соответствующую некоторой длине l , и находят угол спирали ω по формуле

$$\omega = \arctg \frac{\Delta}{l};$$

- подсчитать число зубьев развёртки;
- с помощью универсального угломера замерить углы в плане φ и φ_1 ;
- замерить углы α и γ на зубе развёртки режущего и калибрующего участков при помощи прибора системы М.И. Бабчиницера (рис. 6).

Неравномерность расположения зубьев развёртки по окружности определяется формулой $\eta = 2 \arcsin P/d$, где P – расстояние по хорде между двумя соседними зубьями. Неравномерность делается на угле 180° с тем, чтобы накрест лежащие углы были равны, а

противоположно лежащие зубья находились в диаметральной плоскости, что крайне важно для точного измерения диаметра развёртки.

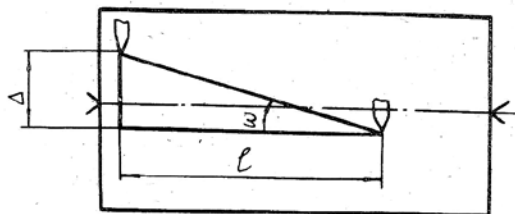


Рис. 5. Схема замера угла подъёма спирали ω

Перед измерением штрих числа зубьев на шкале углов установить против штриха «0». Если на шкале отсутствует штрих, соответствующий нужному числу зубьев, то против «0» устанавливается штрих, соответствующий ближайшему числу зубьев. Процесс измерения заключается в следующем. Измеряемый зуб располагается между измерительными поверхностями ножа 6 и 7, перемещая шаблоны 2 и 4 вдоль шкалы 3. Опорная линейка 5 при этом должна опираться на соседний зуб инструмента.

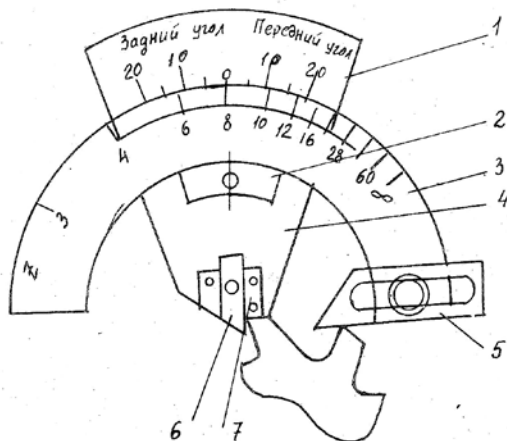


Рис. 6. Измерение переднего и заднего углов развёртки прибором Бабчиницера

Для измерения переднего угла γ сектор прибора *I* поворачивается до совмещения рабочей поверхности ножа *б* с передней поверхностью зуба развёртки. Для измерения заднего угла α сектор поворачивается до совмещения рабочей поверхности ножа *7* с задней поверхностью зуба.

Замеренные и рассчитанные величины занести в таблицу бланка отчёта.

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗВЁРТОК

В качестве примера рассмотрим последовательность основных операций по изготовлению машинной развёртки с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали (ГОСТ 1672-80) диаметром 10...32 мм [5]:

- получение заготовки по типовой технологии для сварных изделий с центровыми отверстиями;
- токарная обработка рабочей части и хвостовика;
- шлифование конического хвостовика;
- токарная обработка торца рабочей части;
- маркировка на шейке;
- фрезерование лапки и стружечных канавок;
- закалка и отпуск;
- шлифование и доводка центровых отверстий;
- заточка передней поверхности;
- шлифование хвостовика, рабочей части и заборного конуса;
- затачивание задней поверхности;
- тонкое затачивание передней, задней и наружной поверхностей.

5. ЗАТОЧКА РАЗВЁРТОК

Изнашивание развёрток происходит по задним поверхностям, по передним поверхностям с образованием лунки и по ленточке с

образованием поперечных проточин (рис. 7) в зоне перехода заборного конуса в калибрующую часть.

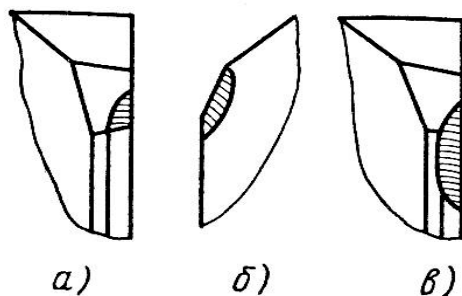


Рис. 7. Схема износа развёртки из быстрорежущей стали:

а – по задней поверхности;

б – по передней поверхности;

в – по ленточке

Припуск, снимаемый при заточке передней поверхности развёрток, составляет 0,15 мм, а при доводке – 0,03...0,05 мм.

Заточку и доводку быстрорежущих развёрток проводят на универсально-заточном станке в следующей последовательности [28]:

- затачивают переднюю поверхность;
- шлифуют калибрующую часть и обратный конус;
- затачивают заднюю поверхность.

Для заточки применяют круги из электрокорунда 25А, зернистостью 16...25, на керамической связке К5, твёрдостью СМ1...СМ2.

При затуплении развёрток в процессе эксплуатации затачивание производится по задней поверхности на режущей части «до остра».

В процессе изготовления развёрток производят затачивание передней поверхности. При этом применяют тарельчатые круги 1Т. Для развёрток с прямыми зубьями используют торцовую сторону круга, а винтовые зубья обрабатывают конической стороной при $\omega \leq 20^\circ$ (рис. 8). Для радиальной установки рабочей поверхности

круга используют специальный шаблон [27]. В случае, когда передний угол на калибрующей части не равен нулю, необходимо круг сместить от радиального положения для $\gamma = 0$ на α_1 :

$$\alpha_1 = \frac{d \cdot \sin \gamma}{2 \cos \beta},$$

где d – диаметр инструмента; β – угол правки круга, при работе торцом круга $\beta = 0$.

При заточке развёрток с винтовым зубом шлифовальную головку поворачивают в горизонтальной плоскости на угол подъёма спирали зуба развёртки ω .

Заточку задней поверхности на калибрующей части производят в центрах. Ось центров располагается параллельно направлению продольной подачи стола. При заточке торцом круга (рис. 9, а) вершину зуба с помощью упорки устанавливают ниже горизонтальной осевой плоскости развёртки на величину

$$\alpha = \frac{D \cdot \sin \alpha_T}{2},$$

где α_T – задний угол в торцовом сечении, $\operatorname{tg} \alpha_T = \operatorname{tg} \alpha_N \cdot \cos \omega$; здесь α_N – задний угол в нормальном сечении.

При заточке периферией круга упорку располагают в горизонтальной осевой плоскости инструмента, а ось шлифовального круга смещают вверх на величину

$$\alpha = \frac{D_{KP} \cdot \sin \alpha_T}{2},$$

где D_{KP} – диаметр круга.

При заточке инструмента с прямым зубом упорку используют только для деления и закрепляют её на столе станка таким образом, чтобы его упорное лезвие касалось передней поверхности затачиваемого зуба как можно ближе к режущей кромке (не далее 0,5 мм).

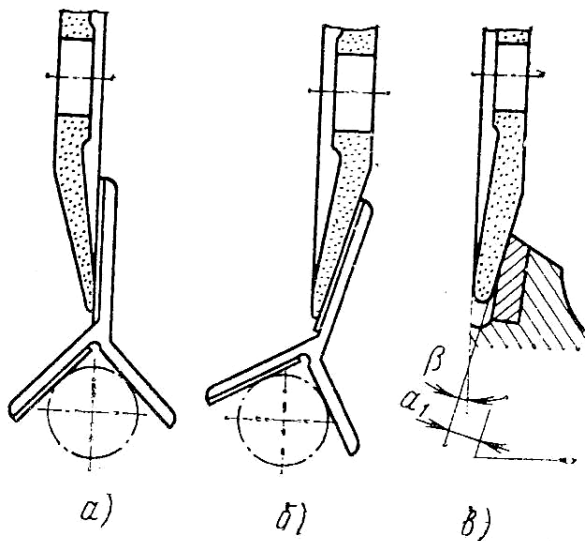


Рис. 8. Схема установки шлифовального круга при заточке передней поверхности:

a – с прямым зубом при $\gamma=0$; *б* – с винтовым зубом при $\gamma=0$;

в – с винтовым зубом при $\gamma < 0$

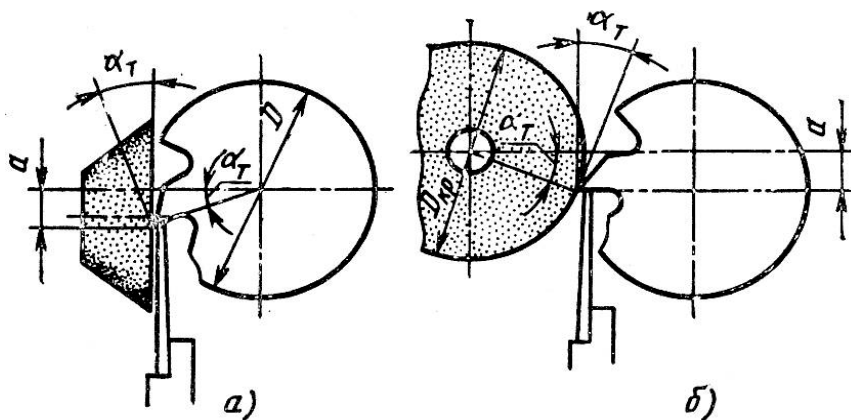


Рис. 9. Схема установки круга при заточке задней поверхности:

a – торцом круга; *б* – периферией круга

При заточке инструмента с винтовым зубом упорка служит как для деления, так и для придания инструменту винтового движения. Упорку закрепляют на заточной головке и в процессе заточки инструмент перемещается относительно её. Опорное лезвие упорки наклоняют так, чтобы оно составляло с осью инструмента угол ω . Величину смещения упорки устанавливают по средней точке опорного лезвия. Для снижения теплообразования при заточке задних поверхностей круг имеет специальную форму (рис. 10).

При заточке задних поверхностей зубьев на режущей части верхнюю часть стола поворачивают на угол уклона заборного конуса – величину смещения упорки рассчитывают по среднему диаметру режущей части.

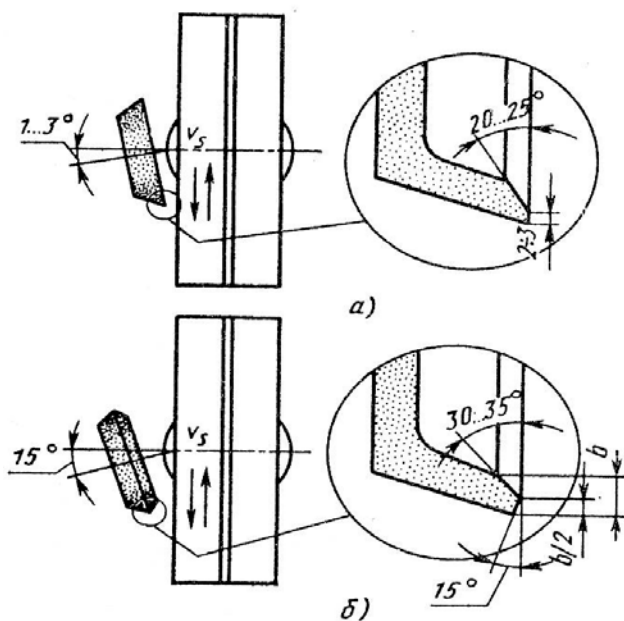


Рис. 10. Форма рабочей поверхности шлифовального круга для заточки задних поверхностей развёрток:
 а – торцом; б – конусом

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЁТА

- Рабочий эскиз развёртки и её режущей части.
 - Таблицы с замеренными и стандартными значениями отдельных параметров развёрток.
 - Результаты расчётов и схемы, поясняющие методику измерений.
- Примерная форма отчёта приведена в приложении.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение процесса развёртывания.
2. Движения при развёртывании.
3. Перечислите конструкции развёрток.
4. Назовите основные части развёрток.
5. Каковы конструктивные особенности ручных развёрток?
6. Какие углы характеризуют геометрию развёрток?
7. Какие материалы применяют для изготовления развёрток?
8. В чём различие задних поверхностей на заборном конусе и калибрующей части?
9. Для чего делается неравномерное расположение зубьев по окружности на прямозубых развёртках?
10. Для чего служит обратный конус?
11. В чём преимущество развёрток с винтовыми зубьями?
12. Какие конструктивные особенности имеют машинные развёртки?
13. Укажите конструктивные особенности насадных развёрток.
14. Какие величины допуска радиального биения развёрток?
15. Как измерить передний угол развёртки?
16. Как измерить задний угол развёртки?
17. Перечислите последовательность основных операций по изготовлению развёрток.

18. Как определяется угол наклона зубьев ω у винтовых развёрток?
19. Приведите характеристики шлифовальных кругов для заточки развёрток из быстрорежущей стали.
20. Как производится заточка передней поверхности развёртки?
21. Как выполняют заточку задней поверхности?
22. Как профилируют круг для снижения температуры резания при заточке?
23. В чём особенности заточки передних поверхностей развёрток с прямыми и винтовыми зубьями?
24. Как определяется величина смещения зуба при заточке задней поверхности?
25. Изобразите схему установки шлифовального круга при заточке передней поверхности.

Лабораторная работа №7

РЕЗЬБООБРАЗУЮЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ. МЕТЧИКИ

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.

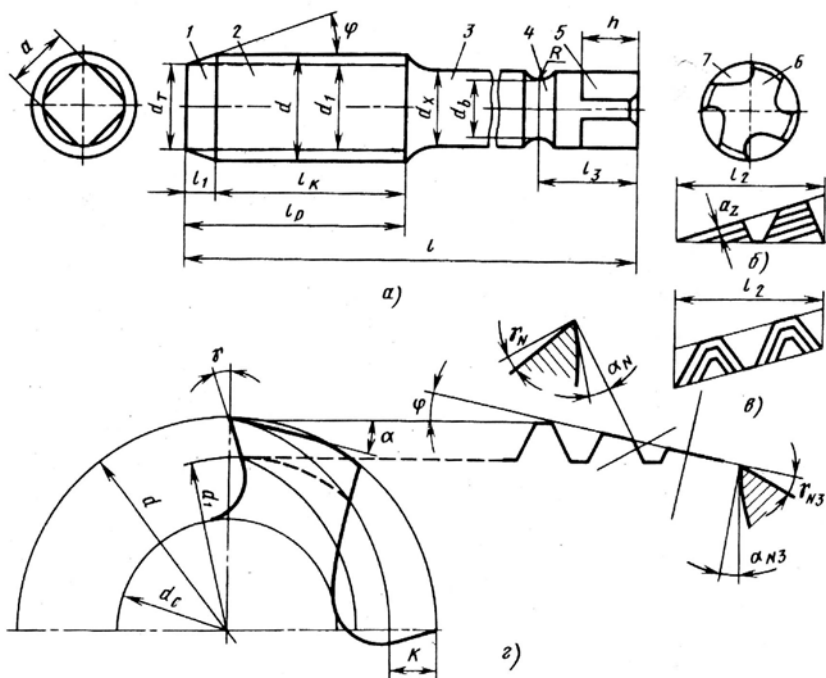


Рис.1. Конструктивные элементы метчиков:

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; б – зуб метчика; 7 – стружечная канавка; б – генераторная схема резания; в – профильная схема резания; г – геометрические параметры метчика

Результаты измерений представить в виде таблицы.

Величина шага резьбы P определяется по формуле

$$P = \frac{l_n}{n},$$

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 [4]:

$$d_T = D_1 - (0,1 \dots 0,35),$$

где D_1 – внутренний диаметр резьбы.

Угол уклона заборного конуса φ определяют угломером или по формуле [13]

$$\varphi = \arctg \frac{(d - d_T)}{2l_1}.$$

Наиболее распространённой формой задней поверхности заборного конуса является Архимедова спираль.

Падение затылка K_1 на некотором угле поворота метчика $\theta = 10 \dots 20^\circ$ 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

$$\eta = \frac{360^\circ}{z}.$$

Падение затылка K на центральном угле η определяют по формуле [36]

$$K = K_1 \cdot \frac{\eta}{\theta}.$$

Задний угол α

$$\alpha = \arctg \frac{K \cdot z}{\pi \cdot d}.$$

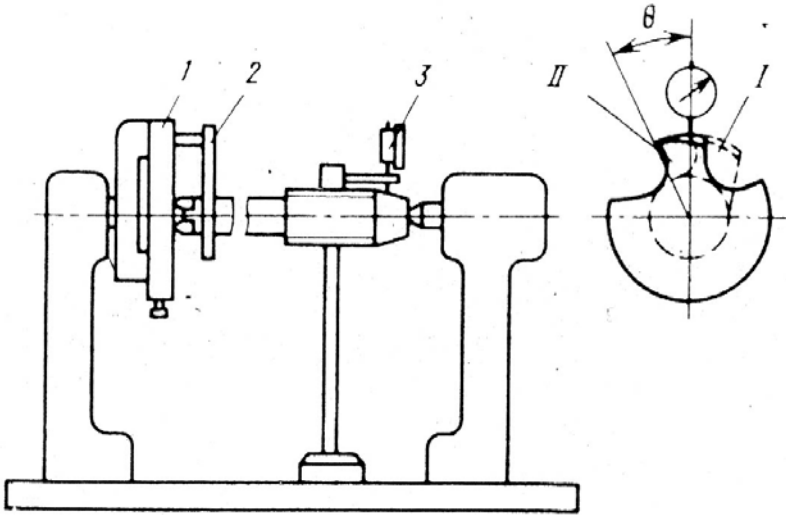


Рис.2. Схема контроля заднего угла метчика:

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 $l_n = 0,75 \cdot C$, где C – ширина пера. В этом месте снимают второе показание индикатора (первое у режущей кромки настраивают на нуль). Определяют величину θ и K :

$$\theta = \frac{l_n \cdot 360}{\pi \cdot d};$$

$$K = \frac{K_1 \cdot 360}{z \cdot \theta}.$$

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

$$\alpha_x = \arctg \frac{K \cdot z}{\pi \cdot d_x}.$$

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.

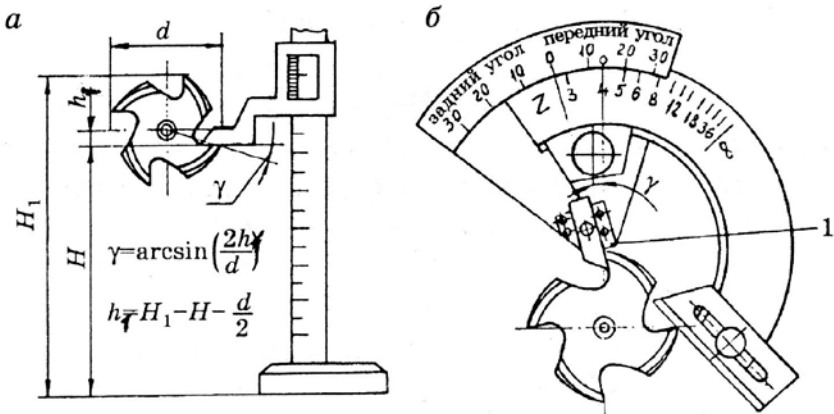


Рис. 3. Схема измерения переднего угла метчика:
 а – измерение в центрах с помощью штангенрейсмуса;
 б – измерение угломером конструкции Бабчиничера

Определяют величину h_1 [34]

$$h_1 = H_1 - H - \frac{d}{2}$$

и затем

$$\gamma = \arcsin \frac{2h_1}{d}.$$

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 сталей рекомендуется принимать в пределах $\gamma = 12 \dots 15^\circ$, $\alpha = 6 \dots 12^\circ$.

Метчики для метрической резьбы изготавливают классов точности 1, 2, 3 и 4. Классы точности устанавливаются в зависимости от поля допуска среднего диаметра. Метчиками классов точности 1, 2, 3 и 4 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_1 . Некоторые сведения о численных величинах номинальных значений наружного, среднего и внутреннего диаметров метрической резьбы и их предельных отклонений для метчиков приведены в табл. П.Б.2...П.Б.6 приложения Б.

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_1 . Ориентировочно при нарезании метрических резьб в стальных заготовках диаметр сверла определяют по формуле [13]

$$d_{ce} = d - P.$$

Длина режущей части

$$l_2 = \frac{d - d_{ce}}{2 \operatorname{tg} \varphi}.$$

Длина заборного конуса

$$l_1 = \frac{d - d_T}{2 \operatorname{tg} \varphi}.$$

Диаметр на переднем торце метчика d_T можно также определить по формуле [13]

$$d_T = d_{ca} - 2f \cdot l_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

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).

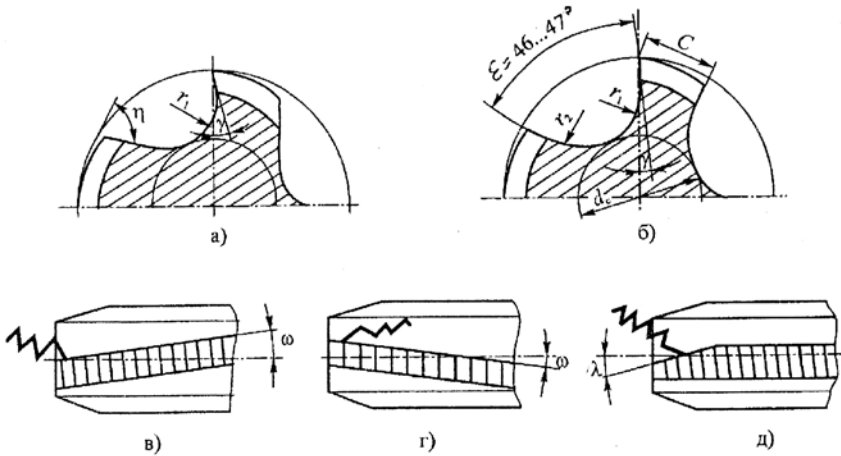


Рис. 4. Форма и направление стружечных канавок метчика:

- a – прямолинейный профиль; b – 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_r , диаметр сердцевины d_c . При этом можно воспользоваться соотношениями (рис.1)

$$\varepsilon = \frac{360}{z} - 2 \operatorname{arctg} \frac{C}{d} - \gamma ;$$

$$h_r = \frac{d - d_c}{2} \text{ при } Z = 4,$$

где $d_c = (0,35 \dots 0,4)d$, $C = 0,3d$ при $z = 3$,

$d_c = (0,4 \dots 0,5)d$, $C = (0,2 \dots 0,25)d$ при $z = 4$,

$d_c = (0,5 \dots 0,55)d$, $C = 0,16d$ при $z = 6$.

Результаты измерений и расчётов представляют в виде табл. П.Б.7 приложения Б.

Угол $\eta = 80 \dots 85^\circ$; $\omega = 0 \dots 45^\circ$; $\lambda = 0 \dots 15^\circ$.

Материал метчиков – быстрорежущая сталь Р6М5 и др. Шероховатость передней, задней поверхностей и профиля резьбы $Ra = 0,63 \dots 0,32$ мкм. Метчики диаметром до 12 мм делают цельными, а более – 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 [26]:

- 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 круглошлифовальном станке;
- закалка рабочей части до HRC₃63...66, квадрата с кольцевой канавкой до HRC₃35...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 многониточным 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):

$$h = \frac{d}{2} \sin \gamma .$$

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 [16].

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

$$K = \frac{\pi d_1}{z} \operatorname{tg} \alpha ,$$

где d_1 – внутренний диаметр резьбы; z – число гребёнок метчика;
 $\alpha = 6 \dots 12^\circ$ – задний угол по наружному диаметру.

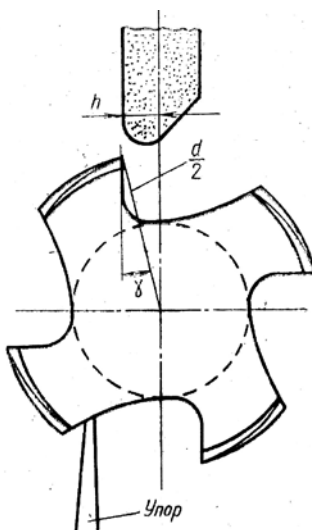


Рис. 5. Схема заточки метчика по передней поверхности

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

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
кадеткой 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 [36].

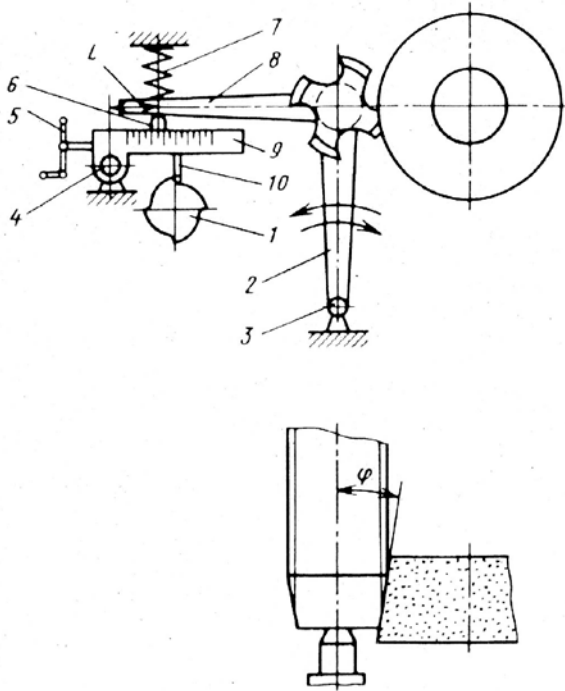


Рис. 6. Схема механизма затылования режущей части метчика

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).

Величина заднего угла изменяется за счёт изменения эксцентриситета e . Шлифовальный круг заправляют под углом уклона заборного конуса φ , либо разворачивают приспособление или стол станка [26].

$$\text{Эксцентриситет } e = \frac{d}{2} \operatorname{tg} \alpha .$$

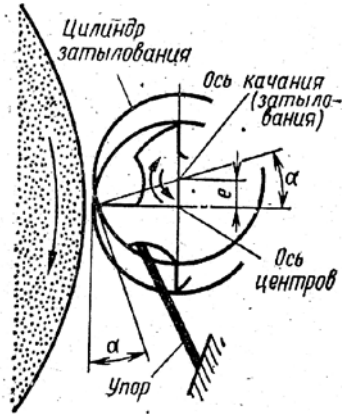


Рис. 7. Затылование метчика в приспособлении на круглошлифовальном станке

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_3 поверхностям приведен в табл. 1[36].

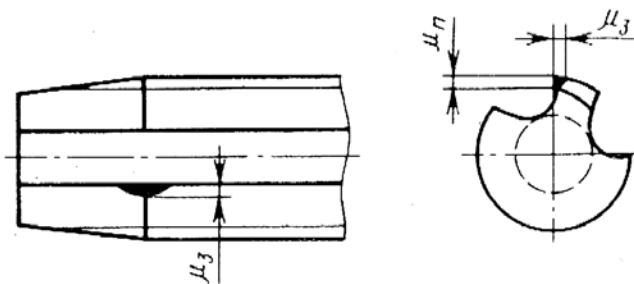


Рис. 8. Характер изнашивания метчиков

Таблица 1. Допустимый износ метчиков

Номинальный диаметр, мм	Шаг резьбы, мм	Длина калибрующей части, мм	Число перьев	Ширина пера, мм	μ_n	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

$$n_n = \frac{M_1}{q_1},$$

где $M_1 = (0,5 \dots 0,7) \cdot C$; $q_1 = \mu_3 + (0,05 \dots 0,1)$; C – ширина пера.

Число переточек метчика по задней поверхности

$$n_3 = \frac{M}{q},$$

где M – величина допускаемого стачивания;

$$M = l_k - 3P; q = \frac{\Delta}{\sin \varphi},$$

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

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 табл. 2.

Таблица 2. Распределение припуска между метчиками комплекта [36]

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

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:

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

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

1.6. Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками.

Можно выделить четыре 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 $l_1 = (6...12)P$ в глухих отверстиях $l_1 = 2P$ и в труднообрабатываемых материалах $l_1 = (12...20)P$.

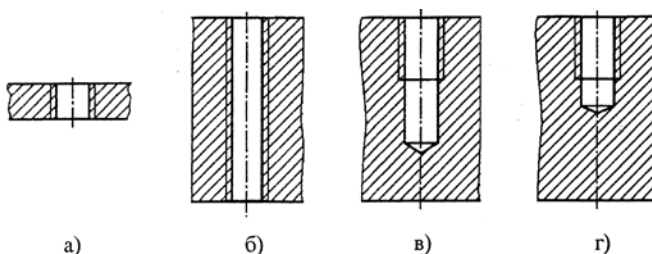


Рис. 9. Типы отверстий для нарезания резьбы метчиками:

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 табл. П.Б.5 приложения Б.

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, стеснённых 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. 10, а). *Метчики с шахматным расположением зубьев* (рис. 10, б) используют для нарезания резьбы в вязких материалах. *Метчики с укороченной стружечной канавкой* (так называемые бесканавочные) применяют для нарезания резьб в

сквозных отверстиях (рис. 10, в). *Метчики с винтовыми канавками* (рис. 10, з) эффективны при нарезании резьбы в глухих отверстиях. *Ступенчатые метчики* (рис. 10, д) имеют двойную режущую часть и позволяют реализовать в одном метчике любую комбинацию схем резания, обеспечивая получение резьбы высокой точности. Метчики с режуще–выглаживающими зубьями позволяют повысить точность резьбы (рис. 10, е). Метчики с направляющими частями применяются для обработки поверхностей с точным взаимным расположением (рис. 10, ж).

Метчики с внутренним подводом СОЖ (рис. 10, з) имеют стойкость в несколько раз выше вследствие лучшего охлаждения, смазки и отвода стружки. Метчики колокольного типа (рис. 10, и) применяют при нарезании резьб в сквозных отверстиях больших диаметров $d = 50...400$ 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.

Плашечные и маточные метчики изображены на 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.

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 – $l_{з.к} = (46...48)P$. При этом на длине заборной части, равной $l_1 = 16P$, зубья имеют полный профиль с углом $\varphi = 1^\circ 20'$ и затылованием на величину $K = 0,03...0,06$ 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, плащечный 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 [13].

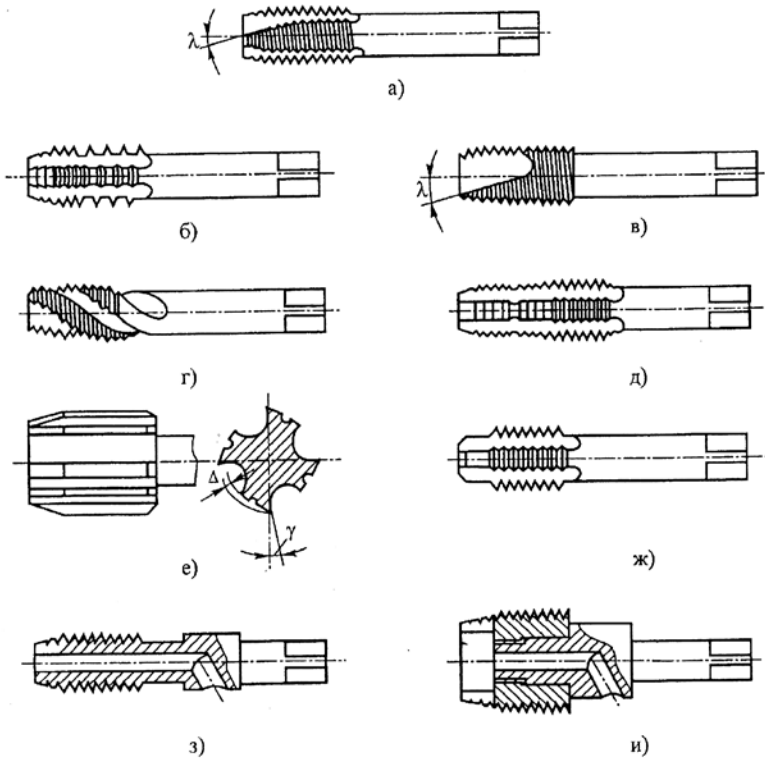


Рис. 10. Конструкции некоторых типов метчиков:

- a* – 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

У маточных метчиков имеются заборная часть длиной $l_1 = 12P$ с углом $\varphi = 0^\circ 12'$ и калибрующая часть длиной $l_k = 10P$. Во избежание

ударов стружечные канавки делают винтовыми с углом $\omega = 8...10^\circ$ и направлением, противоположным направлению резьбы. Число канавок маточного метчика $Z = 6...10$, 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.

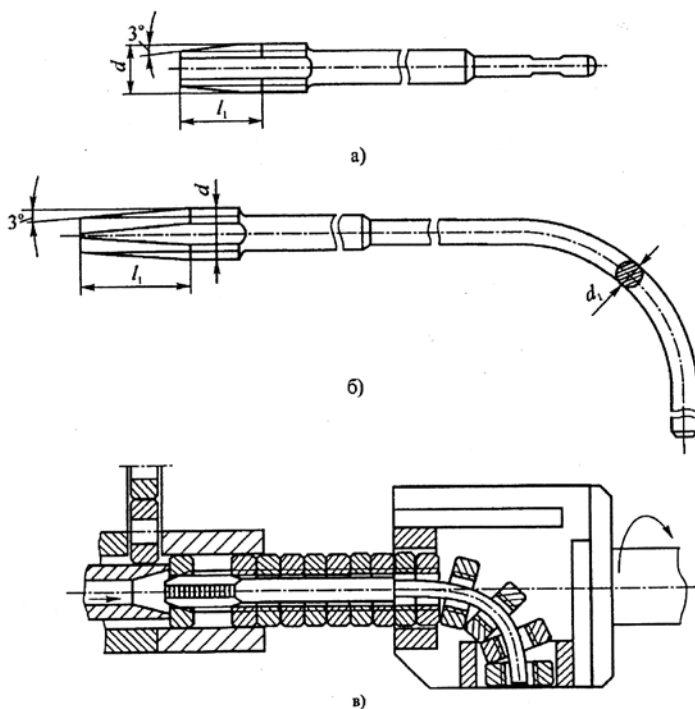


Рис. 11. Гаечные метчики: а – с прямым хвостовиком;
 б – с изогнутым хвостовиком;
 в – схема работы гайконарезного станка-автомата

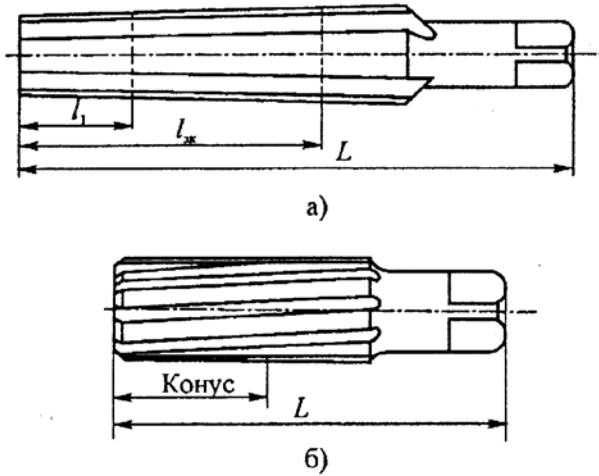


Рис. 12. Метчики:
a – плащечный; *б* – маточный

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 ($\alpha = 6...8^\circ$, $\gamma = 5...10^\circ$).

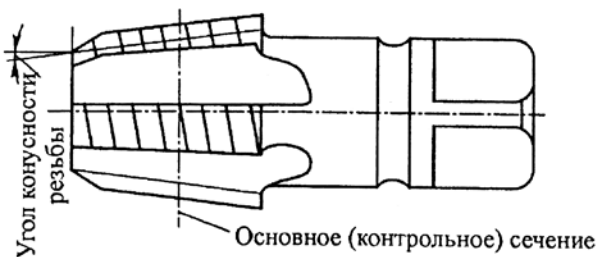


Рис. 13. Метчик для конической резьбы

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.

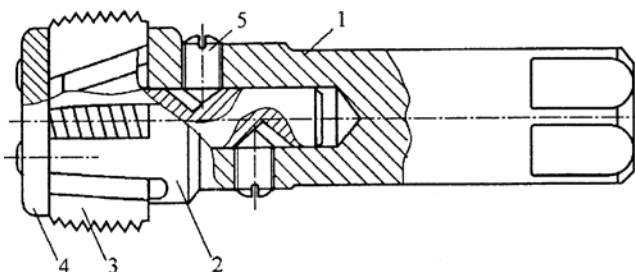


Рис. 14. Регулируемый метчик

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 [13].

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 затылуются, а затачиваются только по задним поверхностям с двойной заточкой: $\alpha_1 = 12...15^{\circ}$, $\alpha_2 = 30...60^{\circ}$;

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 $\omega = 4...15^\circ$; угол раскрытия канавки $\psi = 80...90^\circ$;

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 $d \geq 20$ мм.

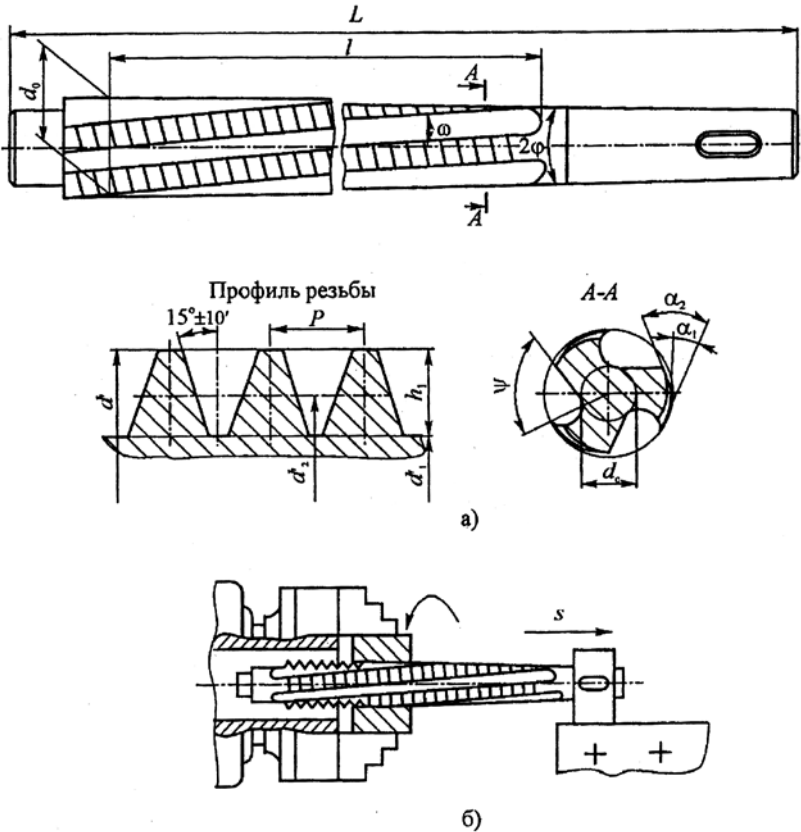


Рис. 15. Метчик-протяжка:

а – конструкция; б – схема протягивания внутренней резьбы

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. 15, б) 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 [29]:

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

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.

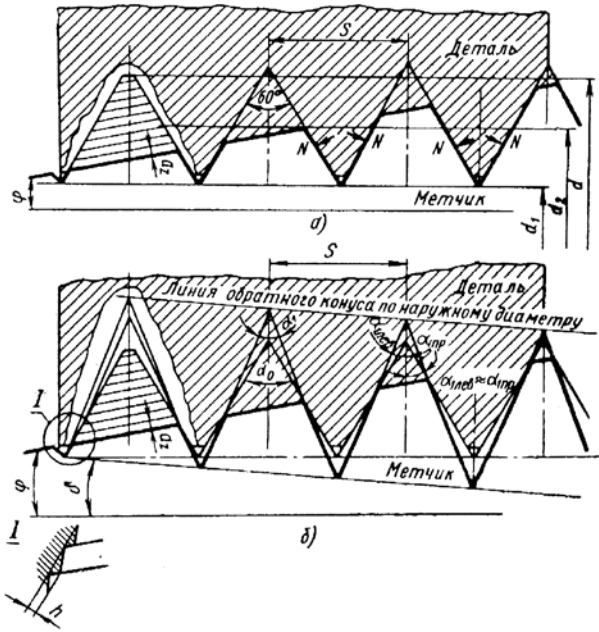


Рис. 16. Схемы резания нормальным (а) и скорректированным (б) метчиками

1.10. Параметры режима резания при нарезании резьбы метчиками

Фактическая скорость резания $v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$ (м/мин) должна быть

меньше или равна допустимой скорости резания, определяемой стойкостной зависимостью нормативов режимов резания [3, 25]:

$$v_T = \frac{C_v \cdot d^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot P^{y_v}}$$

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

Подача на зуб S_z равна

$$S_z = \frac{P}{z} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Толщина среза a_z равна

$$a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi.$$

Крутящий момент M_{KP} (Н·м) и эффективную мощность $N_{эф}$ (кВт) находят по формулам [15]:

$$M_{KP} = 10C_M \cdot d^{q_M} \cdot P^{y_M} \cdot K_M;$$

$$N_{эф} = \frac{M_{KP} \cdot n}{9555}.$$

Результаты расчётов оформить в виде табл. П.Б.8 приложения Б.

1.11. Требования к оформлению отчёта по лабораторной работе

Выполнить эскиз метчика с указанием обозначений линейных и угловых размеров (рис. 1).

Произвести измерения и расчёты параметров метчика (табл. П.Б.1, П.Б.7).

Указать последовательность основных процессов маршрутной технологии изготовления метчиков.

Дать схему заточки передних и задних поверхностей метчиков.

Определить количество переточек метчика по передней и задней поверхностям.

Указать номинальные и предельные размеры наружного, среднего и внутреннего диаметров, предельные отклонения половины угла профиля и шага резьбы заданного метчика.

Ознакомиться с различными конструкциями метчиков.

Рассчитать режимные параметры для обработки стали.

Ответить на контрольные вопросы.

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 собой 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 собой 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?

Лабораторная работа №8

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Цель работы: изучение схемы работы, конструкции и основных геометрических параметров червячных модульных фрез; освоение методов измерения и расчетов их основных геометрических элементов; приобретение навыков пользования измерительными инструментами и приборами, применяемыми при контроле элементов червячных модульных фрез.

1. ЧЕРВЯЧНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ФРЕЗЫ

Червячные модульные фрезы используются для нарезания цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных зубчатых колес.

Как инструмент фреза получается из червяка, путем прорезания на нем продольных стружечных канавок. Канавки прорезаются перпендикулярно или (реже) вдоль оси червяка. Продольные стружечные канавки (рис. 1) образуют на наружной поверхности червяка режущие гребенки с передней поверхностью A_r и пространство для размещения стружки. Число режущих гребенок – Z_0 , считающееся числом зубьев фрезы, определяется числом продольных стружечных канавок. Количество зубьев в самой режущей гребенке определяется числом витков винтовой спирали червяка.

Червяк, на основе которого изготавливают фрезу, называется **основным**. Для нарезания прямозубых и косозубых зубчатых колес с эвольвентным профилем наиболее часто используются фрезы на основе конволютного основного червяка, который в сечении,

перпендикулярном виткам его винтовой спирали, имеет форму трапецидальной рейки с углом профиля, равным углу зацепления $\alpha_0 = 20^\circ$.

Основной червяк может быть одно-, двух- и более заходным Z_1 . Однако с увеличением числа заходов и уменьшением наружного диаметра увеличивается угол подъема винтовой спирали червяка γ_{m0} , что приводит к отклонению трапецидального профиля зуба режущей гребенки от прямолинейности. Поэтому точные фрезы для чистовой обработки зубчатых колес изготавливают из **однозаходных** червяков. В связи с тем, что образование зубьев колеса режущими гребенками аналогично эвольвентному зацеплению зубчатого колеса с рейкой, нарезание зубчатых колес червячными модульными фрезами производят **методом обкатки**.

В процессе нарезания фреза 1 и заготовка 2 совершают согласованные рабочие движения (D_r, D_{s1}, D_{s2}), копирующие зацепление червяка (фреза) с зубчатым колесом (заготовка). Вращение фрезы является главным движением резания D_r . Поступательное движение фрезы вдоль оси заготовки называется движением вертикальной подачи D_{s1} , а вращательное движение заготовки является движением обкатки (деления) или движением круговой подачи D_{s2} .

Движение обкатки происходит при качении без скольжения делительной (начальной) окружности с диаметром d_e нарезаемого зубчатого колеса по начальной прямой режущей гребенки (образующая делительного цилиндра фрезы с диаметром d_{m0}). Для этого за один оборот однозаходной фрезы заготовка должна повернуться на один нарезаемый зуб, у двухзаходной фрезы – на два нарезаемых зуба и т.д. Таким образом, увеличение количества заходов фрезы приводит к увеличению производительности нарезания зубчатых колес. Однако, как было сказано выше, это происходит в ущерб их точности.

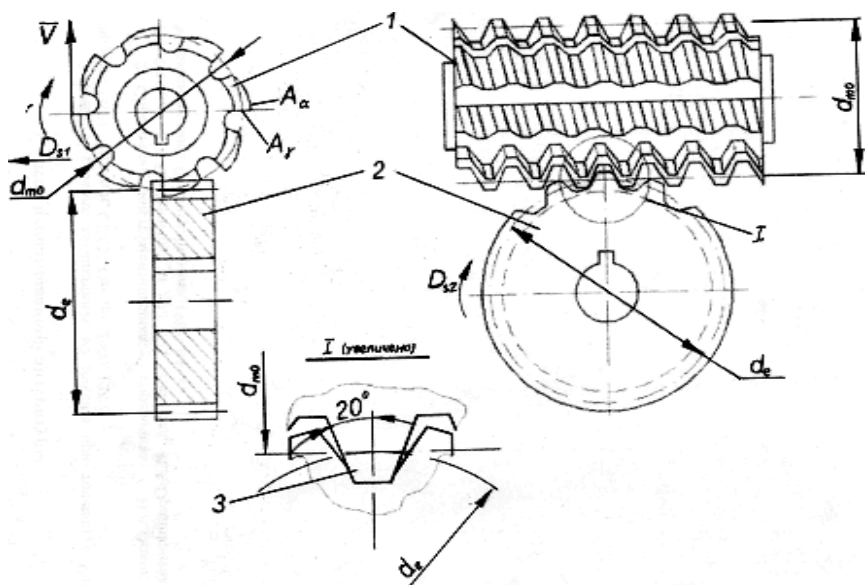


Рис. 1. Схема нарезания зубчатого колеса червячной модульной фрезой:
 1 – фреза; 2 – заготовка; 3 – зуб гребёнки фрезы

Геометрические параметры лезвия зуба режущей гребенки фрезы формируются прорезанием продольных стружечных канавок, образующих переднюю поверхность A_{γ} , а также образованием задней поверхности A_{α} . Для образования задней поверхности с задним углом при вершине a_g (рис. 2) на каждом зубе гребенки делается так называемое *затылование*. Если зубья режущих гребёнок фрезы шлифуются, то делается двойное затылование. Так, параметр K соответствует падению первого затылка, а параметр K_1 – падению второго затылка на центральном угле η . Изношенные фрезы, как правило, перетачиваются по передней поверхности. Чтобы профиль зубьев режущих гребёнок при переточке не изменялся, затылование выполняется по *спирали Архимеда*.

Шлифование зубьев режущих гребёнок производится с целью повышения качества нарезаемых зубчатых колес. Задние поверхности зубьев гребенок шлифуются на длине порядка 60...70% от всей длины зуба, т.е. на центральном угле $\psi = \eta/2$, где η – центральный угол между передними поверхностями двух соседних режущих гребёнок. Оставшаяся часть не шлифуется, но для того, чтобы шлифовальный круг имел возможность выхода, делается второе затылование.

При переточках фрезы по передним поверхностям режущих гребёнок уменьшаются её наружный диаметр d_{a0} и диаметр делительного цилиндра d_{m0} . Уменьшение диаметра делительного цилиндра приводит к увеличению угла подъема винтовой спирали γ_{m0} и уменьшению нормального шага P_{n0} . В свою очередь, уменьшается окружной шаг между зубьями нарезаемого зубчатого колеса.

Для того чтобы расположить это возможное отклонение в поле допуска шага изготавливаемого колеса, который задается одинаковыми отклонениями в плюс и минус, а также обеспечить меньшее искажение профиля зуба, расчетный диаметр делительного цилиндра фрезы d_{m0} устанавливается в радиальном сечении OA , отстоящем от передней поверхности новой фрезы на центральном угле σ_η (расчётное сечение):

$$\sigma_\eta = (0,1 \dots 0,25) \cdot \eta, \text{ где } \eta = \frac{360^\circ}{Z_0}.$$

Согласно ГОСТ 9324–80 чистовые червячные модульные фрезы, изготавливаемые в централизованном порядке, имеют следующую геометрию режущей части по вершинам зубьев:

передний угол $\gamma_g = 0^\circ$;

задний угол $\alpha_g = 9 \dots 12^\circ$.

Червячные фрезы могут изготавливаться и с положительным передним углом $\gamma_e = +10...+15^\circ$. С увеличением переднего угла улучшаются условия резания, но искажается профиль зубьев нарезаемого колеса, поэтому требуется соответствующая корректировка профиля зубьев фрезы. Червячные фрезы с положительным передним углом обычно применяют только для предварительного нарезания.

2. ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Порядок проведения измерений и расчетов следующий:

По маркировке, выполненной на торце фрезы, определить:

m_0 – нормальный модуль, мм;

α_0 – угол профиля (зацепления), град.;

γ_{m0} – угол подъема витков винтовой спирали (основной нитки), град.;

P_z – шаг продольной стружечной канавки, мм.

Сосчитать:

Z_0 – число режущих гребенок (зубьев фрезы);

Z_1 – число заходов фрезы.

С помощью штангенциркуля замерить:

d_{a0} – диаметр вершин зубьев, мм ;

L – общую длину фрезы, мм;

l_1 – длину шлифованной части посадочного отверстия, мм;

b – ширину шпоночного паза, мм;

C_1 – размер, характеризующий высоту шпоночного паза, мм;

d – диаметр посадочного отверстия, мм;

d_1 – диаметр буртиков, мм;

l – длину буртиков, мм.

Штангензубомером (рис.3) измерить:

h_0 – высоту профиля зуба, мм.

Для этого по нониусу «А» установить такой размер, чтобы между ножками зубомера и основанием зуба был зазор 0,5...1,0 мм для исключения влияния радиуса ρ_{f0} у основания ножки зуба на результат измерения. Затем линейку «В» прижать к вершине зуба и по нониусу «С» произвести отсчет размера с точностью до десятых долей миллиметра. Полученный размер будет соответствовать полной высоте профиля зуба фрезы (h_0). При наличии канавки во впадине гребенки концы «ножек» штангензубомера устанавливаются на высоте рабочей части профиля зуба.

Штангензубомером измерить:

P_{n0} – нормальный шаг винтовой (режущей) спирали, мм.

Для этого линейку «В» (рис. 4) по нониусу «С» установить на размер, равный величине высоты головки зуба (h_{a0}):

$$h_{a0} = 1,25 \cdot m_0.$$

Далее ножки зубомера установить по боковым поверхностям зуба и по нониусу «А» произвести отсчёт толщины зуба (S_{n0}). Аналогично измеряется блочный размер (M_{II}). Тогда нормальный шаг будет равен [33]:

$$P_{n0} = M_{II} - S_{n0}.$$

Нормальный шаг ($P_{n0}^{расч.}$) в расчетном сечении определяется по формуле

$$P_{n0}^{расч.} = \pi \cdot m_n \cdot z_1,$$
$$S_{n0} = \frac{P_{n0}}{2}.$$

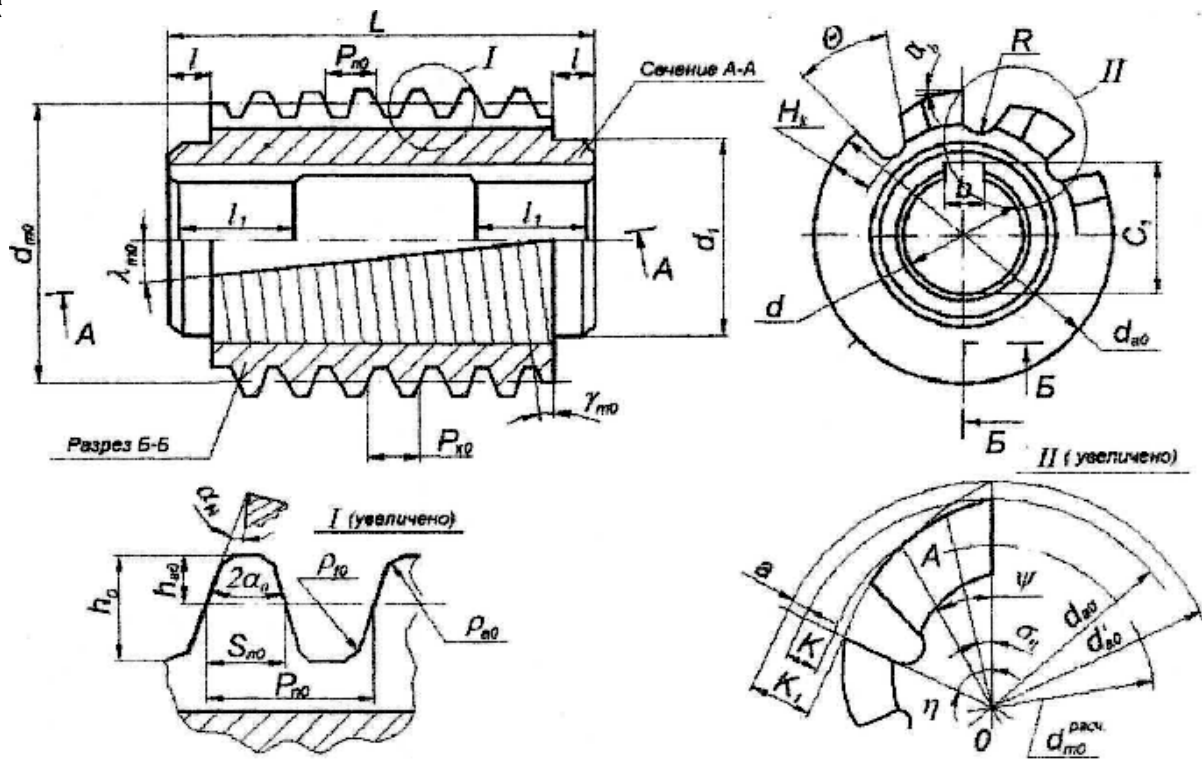


Рис.2. Эскиз фрезы червячной модульной

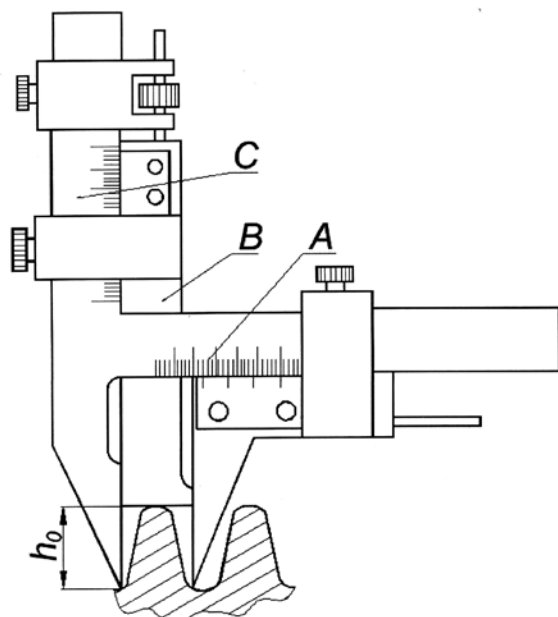


Рис.3. Схема измерения высоты профиля зуба в нормальном сечении с помощью штангензубомера

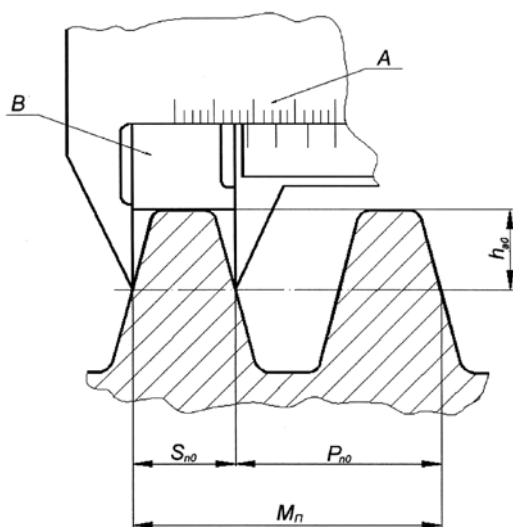


Рис.4. Схема измерения нормального шага винтовой спирали фрезы

Расчетом определить:

P_{x0} – осевой шаг режущей спирали, мм,

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} = \frac{\pi m_0 z_1}{\cos \gamma_{m0}}.$$

С помощью приспособления, представленного на рис. 5, определить:

K – величину падения затылка, мм.

Фрезу закрепить на оправке и зафиксировать в центрах приспособления. Ножку индикатора часового типа установить на вершину зуба (рис. 6) со стороны задней поверхности, задать по индикатору предварительный натяг 4...5 мм и повернуть его шкалу так, чтобы “ноль” совместился с большой стрелкой. Затем повернуть фрезу в центрах на некоторый угол (τ) в пределах шлифованной части зуба и снять его значение по угловой шкале «N» прибора, а с индикатора снять показание Δ_1 , соответствующее падению затылка.

Так как затылование выполняется по спирали Архимеда, то величина падения затылка будет пропорциональна углу поворота фрезы. Тогда

$$K = \frac{\Delta_1 \eta}{\tau}.$$

Величина падения затылка также может быть определена по формуле

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \cdot \operatorname{tg} \alpha_6.$$

Для фрезы с двойным затылованием аналогично определяется падение второго затылка (K_1). Только первая установка ножки индикатора производится на границе шлифованной и нешлифованной части зуба. Величина падения второго затылка может быть определена по зависимости

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5)K.$$

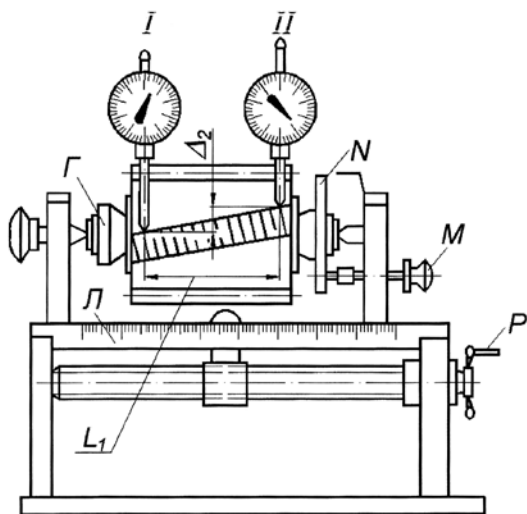


Рис.5. Приспособление для измерения:

а – K и K_1 – величин падения затылков на зубья режущих гребенок;
 б – P_z – шага продольных стружечных канавок

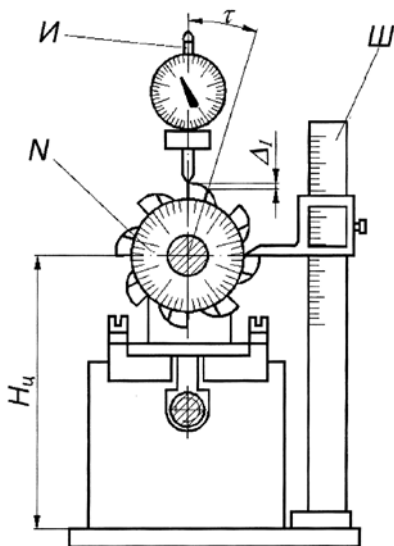


Рис. 6. Схема измерения падения затылка

По величине второго затылования K_1 должен быть построен диаметр d'_{a0} несколько больший, чем диаметр вершин зубьев d_{a0} , на величину a , которая определяется выражением

$$a = \frac{(K_1 - K)}{2},$$

тогда $d'_{a0} = d_{a0} + a$.

При этом принято $\sigma_\eta = 0,25\eta$.

Затылованные фрезы со шлифованным профилем обрабатываются шлифовальным кругом, который имеет форму диска диаметром 100...200 мм. При этом отвод круга должен произойти до касания им передней поверхности следующего зуба во избежание его зареза. Поэтому зубья фрезы не могут быть прошлифованы по всей задней поверхности. Нешлифованная часть задней поверхности зуба до термической обработки срезается затыловочным резцом также по спирали Архимеда, но с большим падением затылка.

Расчётом, с предварительными измерениями, определить:

a_0 – угол зацепления (угол половины профиля зуба режущей гребенки в нормальном сечении),

$$a_0 = \arctg \frac{S_2 - S_1}{2(h_2 - h_1)},$$

где S_1 и S_2 – толщина зуба на высотах (рис. 7) соответственно h_1 и h_2 , мм (измеряют штангензубомером); $h_1 = 0,5...2$ мм; $h_2 = h_0 - (0,5...2)$ мм.

Расчётом и измерением определить:

a_g – задний угол на вершине зуба, который образуется вектором скорости резания и касательной к задней поверхности зуба на его вершине в плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы:

$$a_g = \arctg \frac{KZ_0}{\pi d_{a0}}.$$

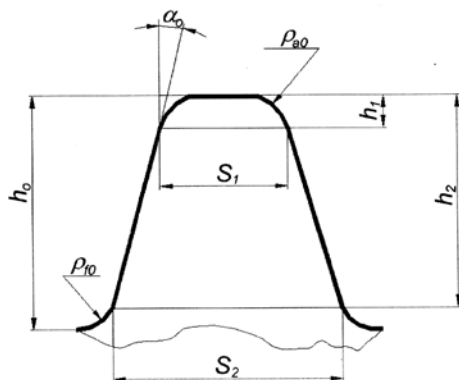


Рис.7. Схема измерений для расчета угла зацепления α_0

Задний угол на вершине зуба измеряется с помощью угломера М.И. Бабчиничера (рис. 8).

Подготовка прибора состоит в следующем: совместить риску «0» на шкале углов 1 с риской на шкале числа зубьев 2 , соответствующей числу зубьев (режущих гребёнок) фрезы – Z_0 .

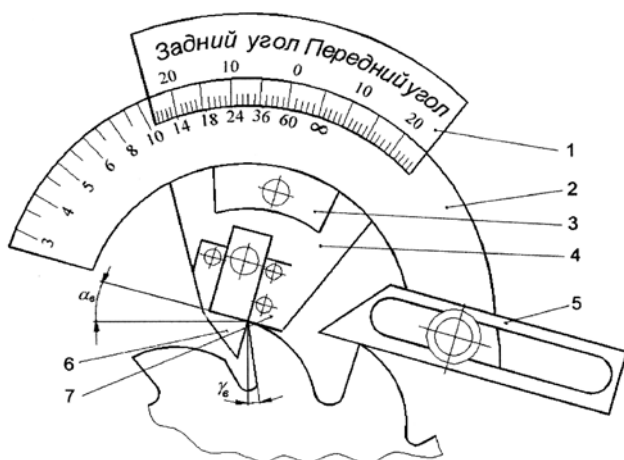


Рис.8. Схема измерений переднего и заднего углов по вершинам зубьев режущих гребёнок с помощью угломера системы М.И. Бабчиничера

Процесс измерения заключается в следующем. Измерительный инструмент накладывается на измеряемый зуб так, чтобы зуб упирался своей вершиной в угол измерительного шаблона 4, образованного линейками 6 и 7. При этом опорная линейка 5 должна опираться на следующий зуб фрезы. Для измерения угла a_g сектор со шкалой углов 1 поворачивается так, чтобы линейка 7 проходила по касательной к вершине зуба со стороны его задней поверхности.

Для измерения переднего угла γ_g поворачивают шаблон 4 до совмещения ножа 6 с передней поверхностью зуба фрезы и снимают показание прибора против числа гребёнок.

Расчётом определить:

α_N – задний угол на боковых поверхностях зубьев в нормальном сечении (рис. 2),

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} a_g \cdot \sin a_0.$$

Величина $\alpha_N \geq 2^\circ 30'$.

Расчётом двумя способами определить:

d_{m0} – фактический и расчётный средний диаметры делительного цилиндра фрезы, мм ($\sigma_\eta = 0,25\eta$),

$$d_{m0}^{\text{факт}} = d_{a0} - 2h_{a0} - 0,5K.$$

Средний диаметр делительного цилиндра фрезы является условным размером, необходимым для расчёта. По нему определяются углы наклона продольной стружечной канавки (λ_{m0}), угол подъема винтовой (режущей) спирали (γ_{m0}) и другие геометрические параметры. По мере переточки зубьев фрезы по передней поверхности уменьшается диаметр вершин зубьев, уменьшается и средний размер (d_{m0}), а следовательно, изменяются угол наклона стружечной канавки (λ_{m0}) и угол подъёма витков винтовой (режущей) спирали (γ_{m0}).

Для уменьшения отклонений фактических значений λ_{m0} и γ_{m0} от расчётных, средний расчётный диаметр фрезы при её проектировании принимается в расчётном сечении [24]

$$d_{m0}^{расч} = \frac{m_0 z_1}{\sin \gamma_{m0}}.$$

В расчётном сечении по делительному цилиндру величины углов $\gamma_{m0} = \lambda_{m0}$.

Расчётом и измерением определить:

P_z – шаг продольной стружечной канавки, мм,

$$P_z = \frac{\pi d_{m0}^{расч}}{tg \lambda_{m0}}.$$

Значение P_z также можно измерить следующим образом.

Сначала устанавливают измерительную линейку штангенрейсмуса «Ш» на высоте центров приспособления – H_u (рис. 6). Далее оправку со свободно насаженной на неё фрезой устанавливают в центрах приспособления и закрепляют фиксатором «М» (рис. 5) в отверстии диска «N». Фрезу поворачивают с помощью штангенрейсмуса таким образом, чтобы зуб фрезы в положении I индикатора находился на высоте центров (H_u). После этого фреза закрепляется на оправе гайкой «Г».

Ножка индикатора устанавливается на переднюю поверхность зуба фрезы, выставленного по рейсмусу, ближе к наружному диаметру, задается предварительный натяг и стрелка индикатора совмещается с “нулем” поворота шкалы. Затем, вращая рукоятку «Р», салазки с фрезой перемещают на возможно большее расстояние « L_1 », которое отмеряется по линейке «Л» так, чтобы индикатор относительно фрезы занял положение II, а отклонение стрелки покажет величину подъема Δ_2 . Далее производят расчет центрального угла ε , соответствующего подъему спирали:

$$\varepsilon = \arcsin \frac{2\Delta_2}{d_{a0}},$$

где d_{a0} – диаметр по вершинам зубьев, мм.

Затем определяют шаг режущей спирали:

$$P_z = \frac{360^\circ \cdot L_1}{\varepsilon}.$$

Измерением на том же приспособлении (рис. 6) определить:

γ_ε – передний угол на вершине зуба фрезы. Схема измерения приведена на рис. 9.

Для этого измерительную линейку штангенрейсмуса установить на высоте центров приспособления (H_ψ) – эта величина фиксируется. Затем фрезу повернуть таким образом, чтобы передняя поверхность (A_γ) заняла горизонтальное положение. После этого зафиксировать высоту (H_n).

$$\gamma_\varepsilon = \arcsin \frac{2\Delta H}{d_{a0}},$$

где $\Delta H = H_\psi - H_n$, мм;

Расчётом определить геометрические элементы продольных стружечных канавок по следующим данным:

H_κ – глубина стружечной канавки; для фрез со шлифованным профилем

$$H_\kappa = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + (1...2),$$

для фрез с нешлифованным профилем

$$H_\kappa = h_0 + K + (1...2).$$

Высота профиля зуба h_0 равна

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} = 2,5m_0.$$

ρ_{a0} – радиус зуба при вершине,

$$\rho_{a0} = \frac{C}{1 - \sin a_0},$$

где $C = 0,25$ мм;

ρ_{f0} – радиус профиля зуба у ножки,

$$\rho_{f0} = (0,2 \dots 0,3)m_0.$$

R – радиус дна продольной стружечной канавки, мм,

$$R = \frac{\pi(d_{a0} - 2H_k)}{10Z_0}.$$

θ – угол стружечных канавок, для фрез с $m < 9$ мм $\theta = 25^\circ$; для фрез с $m > 9$ мм $\theta = 22^\circ$.

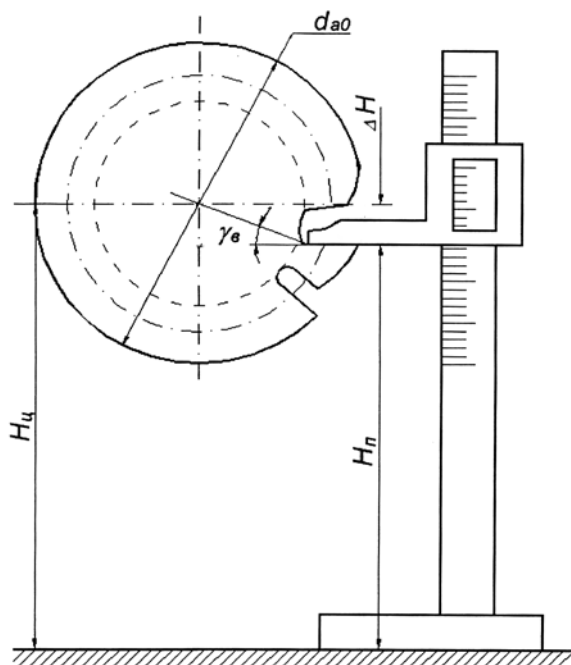


Рис. 9. Схема измерений для расчета переднего угла γ_s с помощью штангенрейсмуса

После того как произведён обмер и расчет всех конструктивных и геометрических параметров фрезы, выполняется ее эскиз. Эскиз выполняется по линейке с указанием всех перечисленных вышеизмеренных или полученных расчетом геометрических элементов фрезы. На эскизе проставляются буквенные обозначения каждого элемента, размерные значения этих элементов вносятся в таблицу бланка отчета по лабораторной работе. Полученные данные сопоставить с размерами величин параметров по ГОСТ 9324–80 [11].

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Рассмотрим последовательность основных операций по изготовлению фрез класса точности А [5].

Первые операции относятся к типовому технологическому процессу получения и обработки заготовок для насадных инструментов, имеющих цилиндрическое отверстие: отрезка и ковка заготовок, отжиг, очистка от окалины, центрирование, сверление, подрезание торца, зенкерование отверстия, растачивание выточки в отверстии, развёртывание отверстия, снятие фасок в отверстии, подрезание второго торца, шлифование второго торца, протягивание шпоночной канавки, черновое и чистовое обтачивание наружной поверхности. После образования буртиков обработка протекает в следующей последовательности:

- нарезание резьбы;
- фрезерование винтовых стружечных канавок;
- шлифование передней поверхности;
- шлифование торцев;
- затылование зубьев фрез;
- затылование профиля зубьев;
- снятие неполных витков;
- маркирование;
- снятие заусенцев;

- термическая обработка;
- шлифование отверстия;
- доводка отверстия;
- шлифование торцев;
- затачивание передней поверхности;
- шлифование профиля.

4. ЗАТОЧКА ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Износ зуборезных инструментов происходит по передней и задней поверхностям у вершины зуба. Определяющим является износ по задней поверхности. Допустимая величина износа зависит от вида обработки и составляет $\mu = 0,2 \dots 0,4$ мм при чистовой и $\mu = 1,0 \dots 1,2$ мм при черновой обработке. Заточка производится по передней поверхности. Величина припуска на переточку составляет $\Delta = \mu + (0,1 \dots 0,2)$ мм.

Заточку ведут конической поверхностью тарельчатого круга с углом профиля $15 \dots 40^\circ$. Основные движения: вращение шлифовального круга, подача на врезание, деление на зуб, продольная подача и связанный с ней поворот червячной фрезы для формообразования винтовой передней поверхности. В качестве примера рассмотрим схему, приведённую на рис. 10 [36].

По пазу линейки 1, закреплённой на станине станка, может перемещаться сухарь 2 приспособления, которое установлено на столе 4 станка. При продольном ходе стола 4 станка перемещение сухаря 2 по пазу линейки 1 заставляет перемещаться связанную с ним штангу 3 в вертикальном направлении и через реечно-зубчатую передачу 6 - 5 производить вращение шпинделя приспособления с затачиваемой фрезой 7.

Угол установки линейки

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\pi \cdot m \cdot z}{P_z},$$

где t и z – модуль и число зубьев зубчатого колеса приспособления с реечно-зубчатым механизмом; P_z – шаг стружечной канавки затачиваемой фрезы.

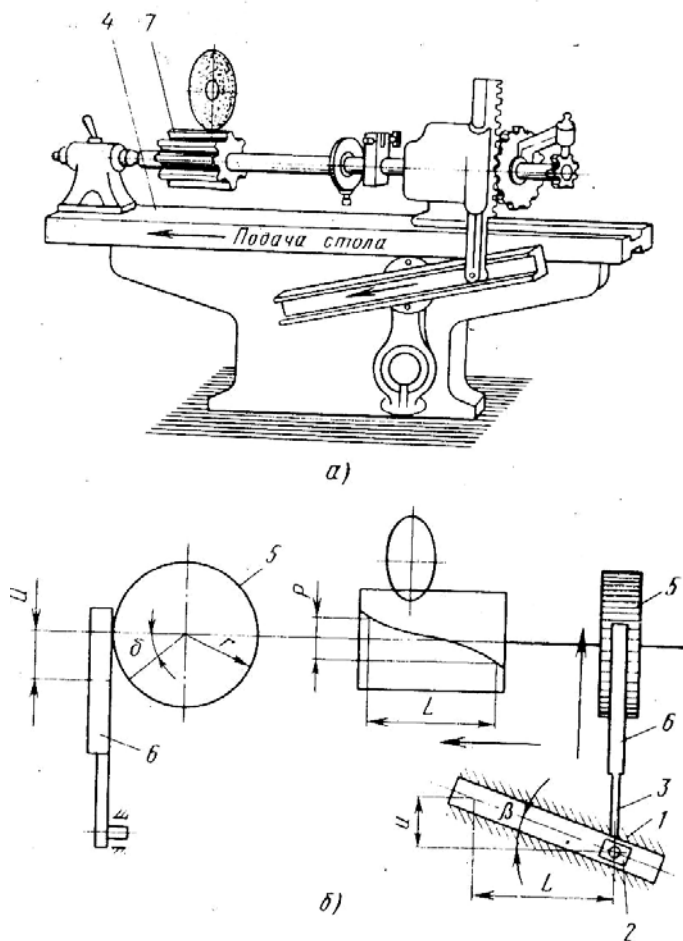


Рис. 10. Схема устройства для заточки передней винтовой поверхности червячной модульной фрезы:

a – общий вид; b – определение угла установки линейки β

В приспособлении устанавливают делительный диск в соответствии с числом стружечных канавок фрезы и поворачивают копирную линейку на угол β . Шлифовальную головку станка поворачивают в горизонтальной плоскости на угол наклона винтовой передней поверхности фрезы.

Рабочую поверхность шлифовального круга устанавливают таким образом, чтобы её образующая находилась в плоскости, проходящей через ось фрезы с помощью шаблона (рис. 11, а). Такая установка соответствует заточке переднего угла $\gamma = 0$. Если угол $\gamma > 0$, то смещают стол станка от положения, соответствующего $\gamma = 0$, в сторону круга на величину

$$H = \frac{d_{a0} \cdot \sin \gamma}{2 \cos \varphi_k},$$

где φ_k – угол между образующей рабочей конической поверхности круга и плоскостью, перпендикулярной к его оси (рис. 11, б).

Предельная величина стачивания зуба фрезы не должна превышать

$$M = 0,7B,$$

где B – толщина зуба новой фрезы (рис. 12). Тогда общее количество переточек определяется формулой

$$n_{II} = \frac{M}{\Delta}.$$

Червячные фрезы классов точности A , AA и AAA затачивают на цилиндрических оправках. Для черного затачивания выбирают электрокорундовые круги зернистостью 40 на керамической связке К1, К2, твёрдостью СМ1...СМ2, структурой 5...8, а для чистового – зернистостью 25-16. В качестве СОЖ применяют эмульсию: аквол – 14 (6%), вода (94%).

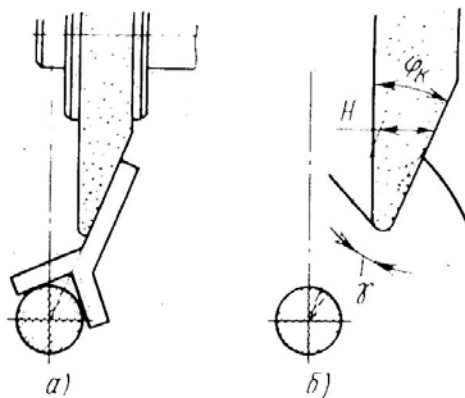


Рис. 11. Схема установки круга для затачивания передней поверхности червячной фрезы:

а – с передним углом $\gamma = 0$; б – $\gamma > 0$

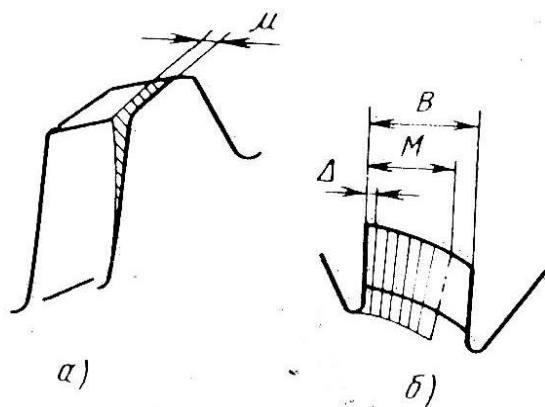


Рис. 12. Изнашивание зубьев червячной фрезы:

а – характер изнашивания; б – схема заточки

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите движения при нарезании зубчатых колёс червячными модульными фрезами.
2. Что такое затылование?
3. Что такое расчётное сечение?
4. Как определяется нормальный шаг?
5. Как найти величину осевого шага между зубьями?
6. Как определяется угол подъёма основной нитки по делительному диаметру в расчётном сечении?
7. Чему равна высота профиля зуба?
8. Как определяется падение затылка зуба фрезы?
9. С какой целью делается двойное затылование?
10. Чему равен угол профиля зуба?
11. Как определяется шаг стружечной канавки?
12. Укажите зависимость между задним углом по вершинам зубьев и боковым.
13. Как определяется делительный диаметр в расчётном сечении?
14. Как найти величину переднего угла?
15. Как определить величину заднего угла по вершинам зубьев?
16. Как определяется глубина стружечной канавки при одинарном и двойном затыловании?
17. Назовите основные операции по изготовлению червячных модульных фрез.
18. Как производится заточка винтовой передней поверхности фрезы?
19. Укажите допустимые величины износа зубьев фрезы.
20. Как определить угол установки линейки β при заточке фрезы?
21. Как устанавливается шлифовальный круг при заточке $\gamma = 0$?

Лабораторная работа №9

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

Зуборезные долбяки занимают важное место в производстве цилиндрических зубчатых колёс методом обкатки. Данный метод характеризуется высокой производительностью и точностью обработки, возможностью нарезания блоков зубчатых колёс, зубчатых венцов внутреннего зацепления, прямозубых, косозубых и шевронных колёс.

Данная работа посвящена ознакомлению с конструкциями прямозубых долбяков для нарезания цилиндрических зубчатых колёс с эвольвентным профилем зубьев и исходным контуром по ГОСТ 13755–81. Технологические условия на стандартные чистовые зуборезные долбяки изложены в ГОСТ 9323–79. Приведены основные типы долбяков, классы точности и их назначение. Показаны схема нарезания зубчатого колеса, основные движения и параметры режима резания. Даны теоретические сведения в части применения эвольвенты к долбякам. Рассмотрены элементы конструкции и геометрии долбяков, приборы и способы измерения основных параметров, расчётные формулы. Рассмотрены вопросы формообразования и заточки долбяков. В приложении представлены некоторые сведения о параметрах некоторых типов стандартных долбяков. Составлен список контрольных вопросов и указана литература по долбякам. Даны рекомендации по оформлению отчёта о проведенных измерениях и расчётах. Показано измерение отдельных параметров различными приборами. Рекомендуется сопоставлять измеренные величины со стандартными или расчётными значениями.

Условные обозначения

m_0 – модуль, мм;

a_0 – угол зацепления долбяка, *град.*;
 Z_0 – число зубьев долбяка;
 d_0 – делительный диаметр, *мм*;
 d_{a0} – наружный диаметр по вершинам зубьев в исходном сечении, *мм*;
 d_1 – посадочный диаметр, *мм*;
 d_2 – диаметр выточки, *мм*;
 x_0 – коэффициент смещения исходного контура;
 A – расстояние исходного сечения от передней поверхности, *мм*;
 B_1 – ширина ступицы, *мм*;
 B – высота долбяка, *мм*;
 d_{b0} – диаметр основной окружности, *мм*;
 X – радиальное смещение исходного контура, *мм*;
 S_0 – толщина зуба в исходном сечении по делительной окружности, *мм*;
 S_{a0} – толщина зуба по делительной окружности в плоскости передней поверхности, *мм*;
 S'_{a0} – толщина зуба по вершинам зубьев, *мм*;
 r_{b0} – радиус основной окружности, *мм*;
 r_0 – радиус делительной окружности, *мм*;
 γ_e – передний угол долбяка, *град.*;
 α_e – задний угол долбяка, *град.*;
 $\alpha_{e,0}$ – задний боковой угол долбяка по делительному цилиндру, *град.*;
 α_N – задний боковой угол в нормальном сечении, *град.*;
 α_x – угол давления в некоторой точке эвольвенты, *град.*;

h_{a0} – высота головки зуба долбяка в исходном сечении, мм;
 h_{f0} – высота ножки зуба долбяка в исходном сечении, мм;
 h_{b0} – основной шаг, мм;
 θ – инволюта или эвольвентный угол;
 h_0 – высота зуба, мм;
 φ_0 – половина центрального угла, соответствующего толщине зуба по делительной окружности, град.;
 φ'_0 – половина центрального угла, соответствующего толщине зуба по делительной окружности в передней плоскости, град.;
 γ_N – передний угол в нормальном сечении на делительной окружности, град.;
 h'_{a0} – высота головки зуба долбяка в передней плоскости, мм;
 h'_{f0} – высота ножки в передней плоскости, мм;
 A_c – коррекция предельно сточенного долбяка, мм.
 d_{f0} – внутренний диаметр в исходном сечении, мм;
 d'_{f0} – диаметр окружности впадин зубьев в передней плоскости, мм.

Цель работы:

Рассмотрение схемы и основных движений в процессе нарезания наружных цилиндрических прямозубых колёс долбяками. Ознакомление со стандартными конструкциями долбяков. Изучение теоретических основ эвольвентного зацепления в приложении к долбякам. Освоение основных параметров конструкции и геометрии долбяков, методов их расчёта и измерения с помощью различных приборов. Ознакомление с технологическими процессами изготовления и заточки долбяков. Составление отчёта по лабораторной работе и ответы на контрольные вопросы.

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

Зуборезные долбяки предназначены для нарезания цилиндрических прямозубых и косозубых колёс наружного и внутреннего зацепления методом обкатки. В процессе резания долбяк и нарезаемое колесо представляют кинематическую пару и совершают согласованное движение.

Стандартные чистовые зуборезные долбяки изготавливаются по ГОСТ 9323–79 пяти типов и трёх классов точности (рис. 1):

- Тип 1* – дисковые прямозубые классов точности *AA*, *A* и *B*;
- Тип 2* – дисковые косозубые классов точности *A* и *B*;
- Тип 3* – чашечные прямозубые классов точности *AA*, *A* и *B*;
- Тип 4* – хвостовые прямозубые классов точности *A* и *B*;
- Тип 5* – хвостовые косозубые классов точности *B*.

Исходный контур нарезаемых зубчатых колёс должен соответствовать параметрам по ГОСТ 13755–81.

Стандартные долбяки классов точности *AA*, *A* и *B* предназначены соответственно для нарезания колёс 6, 7 и 8 степеней точности.

Чашечные долбяки применяют при нарезании зубьев в упор, например, на блочных колёсах. Хвостовые долбяки применяют при нарезании колёс внутреннего зацепления и мелкозубых колёс ($m < 1$ мм).

Преимуществами долбяков являются их высокая технологичность, возможность достижения высокой точности при изготовлении и широкая универсальность в применении.

Долбяки уступают по производительности червячным модульным фрезам вследствие прерывистости процесса резания и невозможности развивать высокие скорости резания по причине больших сил инерции.

Изготавливают долбяки из быстрорежущих сталей.

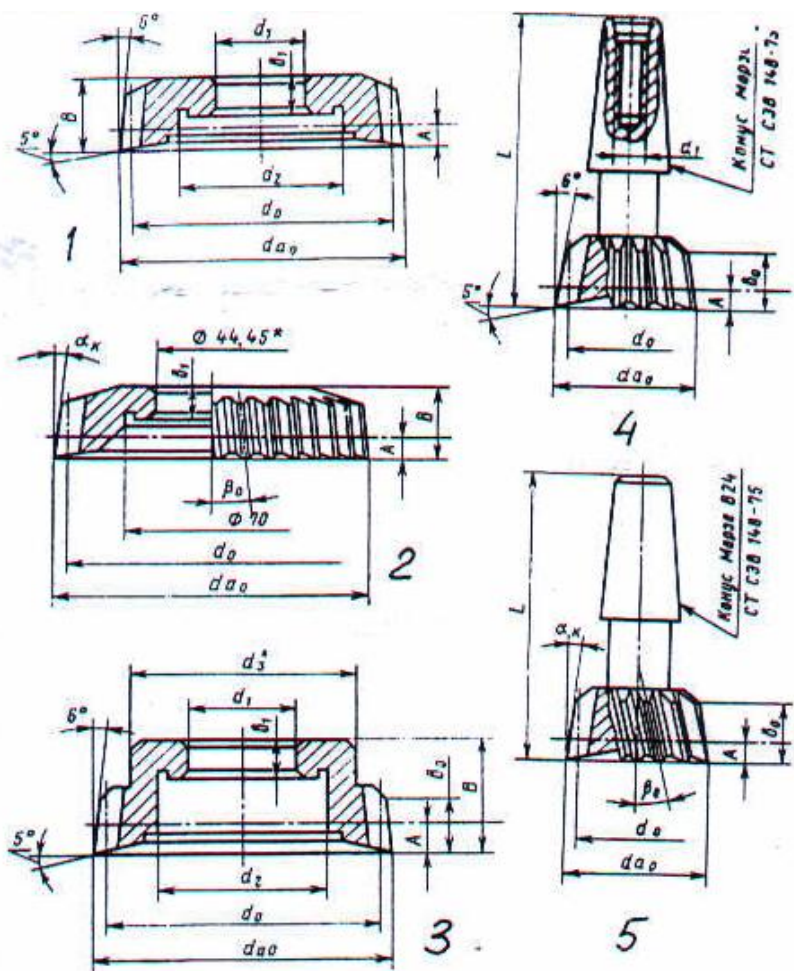


Рис. 1. Типы зуборезных долбяков:

- 1 – дисковый прямозубый; 2 – дисковый косозубый;
 3 – чашечный прямозубый; 4 – хвостовой прямозубый;
 5 – хвостовой косозубый

2. СХЕМА ОБРАБОТКИ И ОСНОВНЫЕ ДВИЖЕНИЯ ПРИ НАРЕЗАНИИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС ДОЛБЯКАМИ

Долбьяк крепится на штосселе зубодолбёжного станка и совершает возвратно-поступательное движение вниз и вверх (рис. 2). Это движение называется главным и определяет скорость резания (*м/мин*)

$$v_p = \frac{2l \cdot n}{1000},$$

где $l = b + 3 \dots 5$, мм – длина хода долбьяка;

b – ширина зубчатого колеса;

n – число двойных ходов долбьяка в минуту.

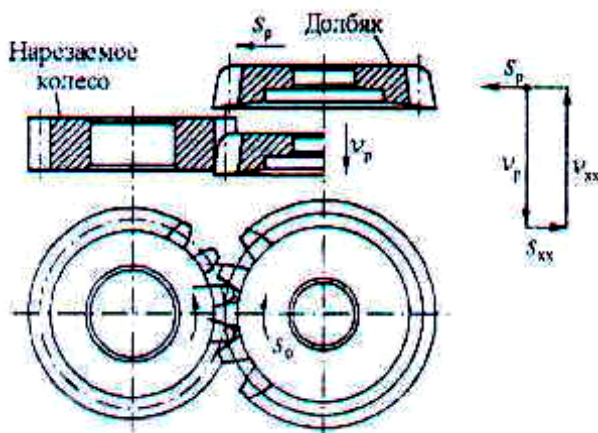


Рис. 2. Схема работы зуборезного долбьяка:

v_p – скорость резания; S_0 – круговая подача; S_p – радиальная подача;

$v_{хх}$ – скорость холостого хода; $S_{хх}$ – отвод долбьяка от заготовки при холостом ходе 0

Одновременно долбьяк и заготовка совершают согласованное вращательное движение, определяющее круговую подачу S_0 (*мм/дв.ход.*) и обкаточное движение

$$n_3 = n_0 \cdot z_0 / z_3,$$

где n_3 – частота вращения заготовки, мин^{-1} ;

n_0 – частота вращения долбяка, мин^{-1} ;

z_3 – число зубьев нарезаемого колеса.

Для врезания долбяка в заготовку служит радиальная подача S_p (мм/дв.ход).

Перед холостым ходом ($v_{x.x}$) долбяк отводится на небольшое расстояние $S_{x.x}$ от заготовки для избежания обкатки при движении долбяка вверх задней поверхностью.

3. ТЕОРИЯ ЭВОЛЬВЕНТЫ В ПРИМЕНЕНИИ К ДОЛБЯКАМ

Полярная ось проводится через центр долбяка и точку эвольвенты зуба, лежащую на основной окружности (рис. 3).

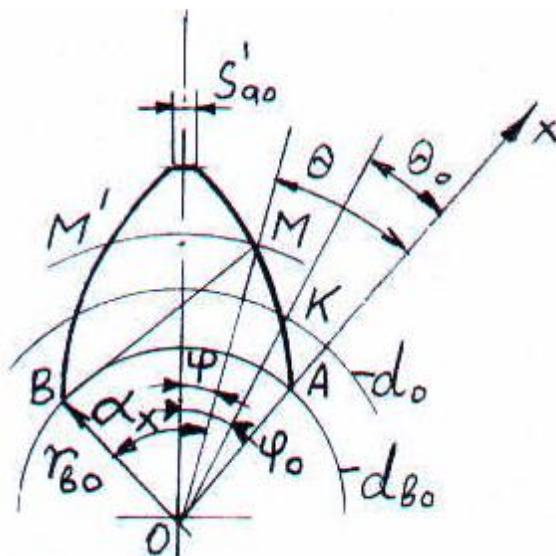


Рис. 3. Схема к определению параметров эвольвенты и толщины зуба долбяков

Уравнение эвольвенты даётся в параметрической форме.

α_x – угол давления, является параметром прямоугольного треугольника ΔOBM .

Первое уравнение эвольвенты

$$\rho = \frac{r_{b0}}{\cos \alpha_x} \quad \text{или} \quad \cos \alpha_x = \frac{r_{b0}}{\rho}.$$

Второе уравнение эвольвенты

$$BM = r_{b0} \operatorname{tg} \alpha_x = \cup BA = r_{b0} (\alpha_x + \theta),$$

где $\theta = \operatorname{tg} \alpha_x - \alpha_x$ – эвольвентная функция угла θ или инволюта,

$$\theta = \operatorname{inv} \alpha_x.$$

Толщина зуба на любой окружности

$$\cup M'M = S_x = 2\rho\varphi.$$

Точка «K» принадлежит эвольвенте и делительной окружности.

$\varphi = \varphi_0 - (\theta - \theta_0)$; φ_0 – половина центрального угла, соответствующего толщине зуба по делительной окружности;

$$S_x = 2\rho(\varphi_0 - \theta + \theta_0); \quad \theta_0 = \operatorname{inv} \alpha_0 = \operatorname{inv} \alpha_0,$$

где α_0 – угол зацепления.

В точке, лежащей на делительной окружности, угол давления есть угол зацепления:

$$S_x = 2\rho(\varphi_0 - \operatorname{inv} \alpha_x + \operatorname{inv} \alpha_0).$$

Толщина зуба в плоскости исходного контура по делительному цилиндру

$$S_0 = 2\varphi_0 r_0.$$

Толщина зуба по делительному цилиндру в плоскости передней поверхности

$$S_{a0} = S_0 + 2A \operatorname{tg} \alpha_{\delta,0},$$

где $\operatorname{tg} \alpha_{\delta,0} = \operatorname{tg} \alpha_{\delta} \cdot \operatorname{tg} \alpha_0$.

Толщина зуба долбяка по вершинам зубьев

$$S'_{a0} = d'_{a0} (\varphi_0 - \operatorname{inv} \alpha'_{a0} + \operatorname{inv} \alpha_0);$$

$\cos \alpha'_{a0} = \frac{2r_{b0}}{d'_{a0}}$; d'_{a0} – диаметр окружности вершин зубьев,

$$d'_{a0} = m_0 \cdot Z_0 + 2h_{a0} + 2Atg\alpha_g;$$

$$S'_{a0} = F(A).$$

С увеличением A размер S'_{a0} уменьшается. При выборе смещения надо проверять толщину зуба долбяка на вершинах зубьев. Из соображений прочности и стойкости $S'_{a0} > S'_{a0\text{ доп}}$. Значение допустимой толщины рекомендуется принимать на основании практики:

$$S'_{a0\text{ доп}} = 0,51\sqrt{m_0}.$$

4. ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЁТ ЭЛЕМЕНТОВ ПРЯМОЗУБОГО ДОЛБЯКА

По клеймению и при общем осмотре определяются модуль m_0 , число зубьев Z_0 , угол зацепления α_0 .

При помощи штангенциркуля измеряются наружный диаметр d'_{a0} , посадочный диаметр d_1 , диаметр выточки d_2 , высота долбяка B и ширина ступицы B_1 (рис. 4). Результаты измерений сопоставляются с табличными значениями параметров по ГОСТ 9323–79 (приложение В).

Зубомером измеряется высота зуба долбяка h_0 . Для этого ножки зубомера опускают во впадины зубьев долбяка до соприкосновения с внутренней окружностью диаметра d'_{f0} , а штангу вертикальной шкалы опускают до соприкосновения с наружной окружностью зубьев диаметра d'_{a0} . Отсчёт производят по вертикальной шкале зубомера.

Высота головки зуба долбяка в исходном сечении h_{a0} выполняется равной высоте ножки зуба нарезаемого колеса:

$$h_{a0} = h_f = 1,25 \cdot m_0.$$

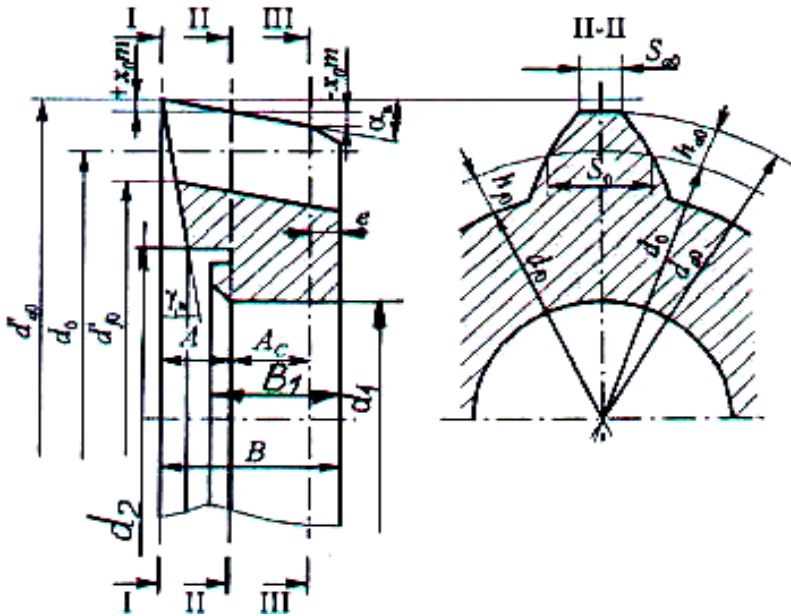


Рис. 4. Основные параметры долбяка

Высота ножки зуба долбяка вычисляется по формуле

$$h_{f0} = h_0 - h_{a0} = h_a + C = (1,25 \dots 1,3)m_0,$$

где h_a – высота головки зуба нарезаемого колеса, $h_a = m_0$;

$C = 0,25m_0$ – величина радиального зазора при $m_0 \leq 2,75$ мм или

$C = 0,3m_0$ при $m_0 \geq 3$ мм.

Коэффициент высоты головки зуба f' определяется по формуле

$$f' = \frac{h_{a0}}{m_0}.$$

Измерение заднего угла α_e и угла заострения β_e на вершинной кромке производится универсальным угломером, как показано на рис. 5.

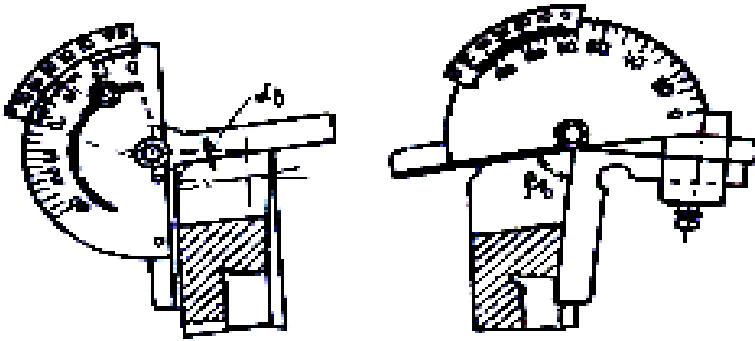


Рис. 5. Измерение заднего угла α_s и угла заострения β_s на вершинной кромке долбяка

Величина переднего угла

$$\gamma_s = 90^\circ - (\alpha_s + \beta_s).$$

Измерение углов γ_s и α_s можно также выполнить с помощью настольного угломера.

Делительный и основной диаметры

$$d_0 = m_0 z_0; \quad d_{s0} = m_0 z_0 \cos \alpha_s.$$

Определение коррекции A и коэффициента радиального смещения x_0 производится расчётным путём:

$$d'_{a0} = m_0 z_0 + 2f'm_0 + A \operatorname{tg} \alpha_s,$$

$$\text{откуда } A = \frac{d'_{a0} - m_0 z_0 - 2f'm_0}{2 \operatorname{tg} \alpha_s}.$$

Величина A , рассчитанная по приведенной формуле, в зависимости от количества произведенных переточек долбяка и соответствующего расположения передней поверхности относительно плоскости исходного контура, может оказаться положительной, отрицательной или равной нулю.

Радиальное смещение профиля

$$X = A \cdot \operatorname{tg} \alpha_s.$$

Коэффициент радиального смещения профиля в долях модуля

$$x_0 = \frac{X}{m_0}.$$

Далее определяются задний угол на боковых сторонах зубьев в нормальном сечении α_N и задний угол в сечении по делительному цилиндру $\alpha_{\delta,0}$:

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_e \cdot \sin \alpha_0;$$

$$\alpha_{\delta,0} = \operatorname{tg} \alpha_e \cdot \operatorname{tg} \alpha_0.$$

Толщина зуба по хорде на делительной окружности (хордальная толщина) в передней плоскости может быть измерена на инструментальном микроскопе. Для этого предварительно определяют размер « g » (мм), равный расстоянию от вершинной кромки до хорды на делительной окружности (рис. 6):

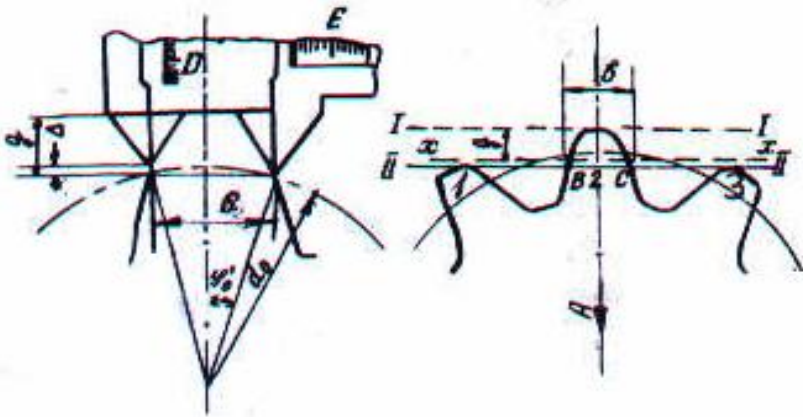


Рис. 6. Схема измерения толщины зуба долбяка по хорде на делительной окружности в передней плоскости

$$g = \frac{d'_{a0} - d_0}{2} + \frac{d_0}{2}(1 - \cos \varphi'_0),$$

где $\varphi'_0 = \frac{\pi m_0 + 4A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\delta,0}}{2d_0}$ (рад).

Приступая к работе на инструментальном микроскопе, следует прежде всего совместить нули градусной и минутной шкал, долбляк установить на стол микроскопа и навести на резкость.

При измерении хордальной толщины на инструментальном микроскопе долбляк должен быть установлен так, чтобы вершины зубьев 1 и 3 совпадали с горизонтальной линией окуляра $x - x$, что будет указывать на совпадение оси измеряемого зуба 2 с направлением поперечного перемещения столика.

Дальнейшие перемещения стола с долбляком осуществляют вращением микровинтов поперечной или продольной подачи стола микроскопа. Вращая микровинт поперечной подачи стола, совмещают горизонтальную линию на окуляре с вершиной зуба (положение I – I на рис. 6), фиксируют показание лимба поперечного перемещения столика. После этого долбляк передвигают в положение II – II по направлению стрелки A на величину « g », отсчитывая её по лимбу поперечных перемещений столика.

Совместив затем продольным перемещением столика пересечение вертикальной и горизонтальной визирных линий окуляра с профилем зуба в точках B и C , снимают соответствующие показания лимба микровинта. Разность между этими показаниями есть величина хорды « v ». Для получения более точных данных следует производить не менее трёх замеров.

Измерение основного шага также выполняют на инструментальном микроскопе. Долбляк устанавливают на предметный столик и один из зубьев подводится к вертикальной линии окуляра так, чтобы эта линия была касательной к боковой стороне профиля зуба долбляка в точке, лежащей ближе к наружному диаметру (рис. 7, точка A).

При этом для наглядности измерения необходимо совместить точку перекрестия окуляра с точкой касания A . Линия $X - X$ в этом случае будет нормалью к эвольвенте зуба в точке A и касательной к основной окружности.

Эта же линия будет нормалью к эвольвенте соседнего зуба в точке B , лежащей ближе к основанию зуба. Расстояние AB равно основному шагу P_{b0} , так как $P_{b0} = \cup DC$, $a \cup DC = AB$.

Отметив показание лимба микрометрического винта продольного перемещения I – I и переведя в положение II – II, когда вертикальная линия окуляра будет касаться второго зуба, определяют величину основного шага P_{b0} как разность показаний микрометрического винта в положениях I – I и II – II.

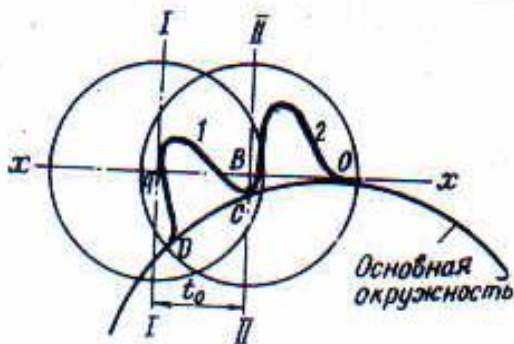


Рис. 7. Схема измерения шага долбяка на инструментальном микроскопе

Расчётное значение основного шага

$$P_{b0} = \pi m_0 \cos \alpha_0.$$

Находят хордальную толщину зуба на делительной окружности в передней плоскости при помощи зубомера. Для этого высотная линейка зубомера устанавливается по шкале «Д» на величину «g» и укрепляется. Далее, приложив зубомер к зубу долбяка (рис. 6), по шкале «Е» определяют величину хорды «в». Результат измерения сравнивают с величиной, полученной на инструментальном микроскопе.

Толщина зуба по делительной окружности в плоскости передней поверхности

$$S_{a0} = d_0 \varphi'_0 = S_0 + 2A \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\phi_0}.$$

Толщина зуба по делительной окружности в плоскости исходного контура

$$S_0 = \frac{\pi m_0}{2}.$$

Толщина зуба по вершинам зубьев

$$S'_{a0} = d'_{a0} \left(\frac{S_0}{d_0} - \operatorname{inv} \alpha'_{a0} + \operatorname{inv} \alpha_0 \right),$$

где $\cos \alpha'_{a0} = \frac{2r_{b0}}{d'_{a0}}$; $\operatorname{inv} \alpha'_{a0} = \operatorname{tg} \alpha'_{a0} - \alpha'_{a0}$; $\operatorname{inv} \alpha_0 = \operatorname{tg} \alpha_0 - \alpha_0$.

Минимальная толщина зуба по вершинам зубьев из условий прочности и стойкости

$$S'_{a0 \text{ мин}} = 0,51 \sqrt{m_0}.$$

Передний угол в нормальном сечении на делительной окружности

$$\operatorname{tg} \gamma_N = \operatorname{tg} \gamma_s \sin \alpha_0.$$

Высота головки зуба в передней плоскости

$$h'_{a0} = h_{a0} + A \cdot \operatorname{tg} \alpha_s.$$

Высота ножки зуба в передней плоскости

$$h'_{f0} = h_{f0} - x_0 \cdot m_0.$$

Диаметр окружности впадин в передней плоскости

$$d'_{f0} = d_0 - 2h'_{f0}.$$

5. ЗАТОЧКА ДОЛБЯКОВ

Задние поверхности зубьев долбяков являются эвольвентными винтовыми поверхностями, которые обрабатывают преимущественно методом огибания в процессе обкатки.

Наиболее употребительными схемами обработки являются шлифование плоской стороной дискового круга в процессе прерывистой обкатки с единичным делением и шлифование червячным абразивным кругом с непрерывной обкаткой и делением.

Шлифование плоской стороной дискового круга ведётся без продольной подачи вдоль зуба. Поэтому для охватывания всей длины обрабатываемого зуба используют шлифовальные круги большого диаметра. Для воспроизведения эвольвенты в торцовом сечении шлифуемая заготовка получает в процессе обработки возвратно–качательное и возвратно–поступательное движения обкатки, отталкиваясь эвольвентным кулаком от упора (рис. 8, а, б).

При этом шлифуется одна сторона одного зуба. Затем производится деление, круг вводится в другую впадину, начинается шлифование боковой стороны следующего зуба и так до тех пор, пока не будут обработаны все зубья с одной стороны. Тогда оправку с обрабатываемой заготовкой устанавливают в шпиндель противоположным концом и производят поочерёдное шлифование второй стороны профиля всех зубьев.

Для того, чтобы избежать подреза зуба долбяка в точках, лежащих ниже его делительной окружности, плоскость шлифовального круга устанавливают к плоскости упора копира под углом α_y , близким к углу зацепления эвольвенты (рис. 8, б).

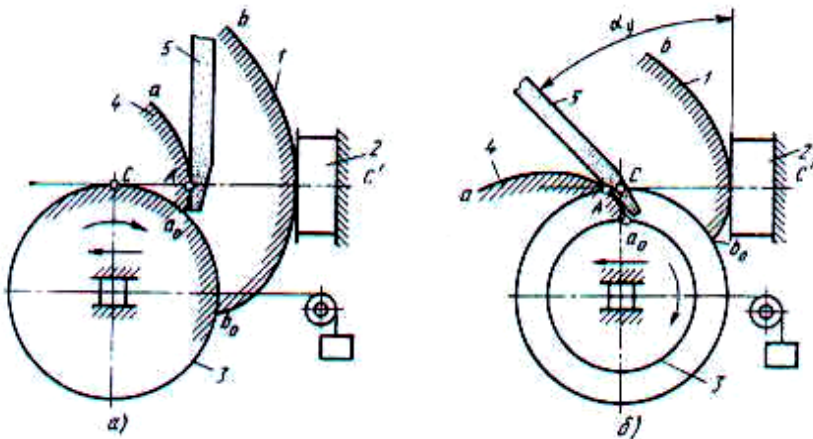


Рис. 8. Шлифование эвольвентной поверхности долбяка плоской стороной дискового круга при использовании механизмов с эвольвентным кулачком:

- 1 – эвольвентный кулачок; 2 – упор; 3 – основная окружность;
- 4 – обрабатываемый инструмент; 5 – шлифовальный круг

Шлифование червячным абразивным кругом (рис. 9) долбяков с модулем до 4мм обеспечивает наиболее производительное зубошлифование за счёт непрерывности процесса и минимальных вспомогательных ходов.

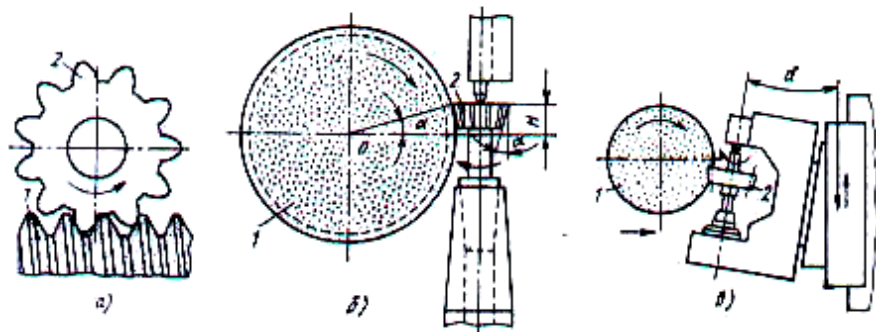


Рис. 9. Шлифование эвольвентной задней поверхности долбяка червячным абразивным кругом:

a – формообразование; *б* – установка долбяка выше оси круга;
в – установка долбяка с наклоном оси

Червячный абразивный круг 1 и обрабатываемая заготовка 2 совершают взвисязанные вращения от системы электровала, обеспечивающего одинаковую частоту вращения двух синхронных реактивных электродвигателей приводов круга и заготовки.

При шлифовании долбяков с помощью абразивного червяка образование задних углов достигается двумя способами (рис. 9, б, в): установкой передней поверхности долбяка выше оси «*O*» шлифовального круга (шлифование врезанием) на величину «*H*» или установкой оси долбяка под углом «*α*» к направлению подачи.

Затачивание передней поверхности долбяков производят методом круглого шлифования (рис. 10).

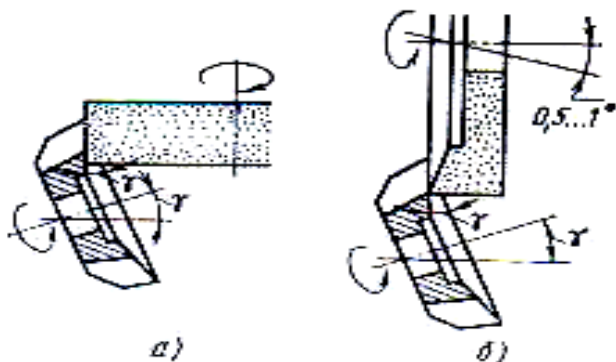


Рис. 10. Методы заточки передней поверхности прямозубых долбяков:
 а – периферией круга; б – торцом круга

Обработка производится периферией абразивного, алмазного или эльборового круга прямого профиля на специальном полуавтомате ВЗ – 203Ф2 с ЧПУ.

Характеристики абразивного круга:

абразивный материал – электрокорунд белый 24А, 25А;

зернистость – 40...25;

твёрдость – СМ2...С1;

структура – б...7;

связка – керамическая К8;

скорость круга – 25...30 м/с.

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОЛБЯКОВ

1. Заготовительная. Отрезать заготовку. Абразивно–отрезной станок МФ332.

2. Кузнечная. Штамповать заготовку. Пресс.

3. Термическая. Отжечь заготовку. Галтовочная (очистить заготовку).

4. Токарно–револьверная. Станок 1П365 или станок с ЧПУ. База – торец и наружный диаметр. Подрезать торец, просверлить отверстие, обточить наружный диаметр до кулачков.

Переустановить заготовку. Подрезать другой торец, обточить оставшуюся часть наружного диаметра, расточить отверстие, выточку, проточить кольцевую канавку, расточить канавку в выточке, обточить торец на конус под 5° , снять фаску по отверстию (рис. 11).

5. Токарная. Станок 1К62. База – торец и отверстие. Обточить по наружному диаметру на конус.

6. Зубофрезерная. База – торец и отверстие. Фрезеровать профиль зубьев червячно–модульной фрезой. Образование задних углов на долбяке в этом случае обеспечивается комбинированием продольной и радиальной подачи.

7. Термическая. Закалить, отпустить. Очистить.

8. Шлифовальная. Станок карусельно–шлифовальный 3Д7428. Шлифовать ленточку на переднем торце и опорный торец.

9. Размагнитить.

10. Притирочная. Притереть опорный торец.

11. Внутришлифовальная. Станок 3А2278. Шлифовать отверстие и внутренний опорный торец. База – опорный торец и шлифуемое отверстие.

12. Доводочная или хонинговальная. Довести отверстие.

13. Шлифовальная. Плоскошлифовальный станок с круглым столом 3Д742В. Предварительно заточить переднюю поверхность под углом 6° .

14. Круглошлифовальная. Станок 3А110. Предварительно шлифовать по задней поверхности. База – торец и отверстие.

15. Зубошлифовальная. Станок 5893. База – отверстие и торец. Шлифовать профиль зубьев с одной и другой стороны предварительно.

16. Зубошлифовальная. Шлифовать профиль зубьев с одной и другой стороны окончательно. Контроль на эвольвентомере.

17. Круглошлифовальная. Шлифовать по окружности выступов окончательно. База – отверстие и торец.

18. Шлифовальная. Станок 3Д742В. Заточить по передней поверхности окончательно. База – опорный торец и отверстие .

19. Круглошлифовальная. Шлифовать скос.
20. Притупление вершин абразивным бруском.
21. Полирование профиля. Станок специальный.
22. Размагничивание.
23. Контроль.
24. Цианирование.

На рис. 11 приведены некоторые графические операционные карты технологического процесса производства долбяков.

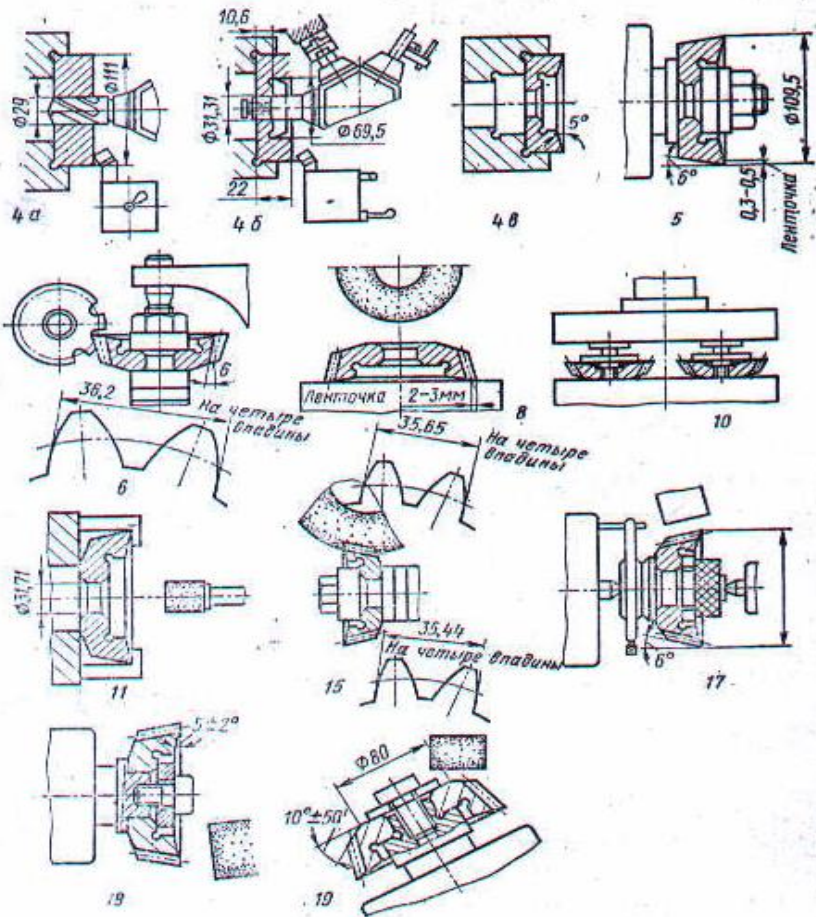


Рис. 11. Графическое изображение технологического маршрута изготовления долбяков

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите основные типы и классы точности долбяков.
2. Назначение, преимущества и недостатки долбяков.
3. Укажите параметры режима резания при зубодолблении.
4. Напишите уравнение обкаточного движения.
5. Как записываются уравнения эвольвенты?
6. Как определить толщину зуба долбяка на делительной окружности в передней плоскости?
7. Укажите формулу для определения толщины зуба долбяка по вершинам зубьев.
8. Что такое коррекция долбяка?
9. Как определяется коэффициент смещения исходного контура?
10. Как определяется основной шаг на инструментальном микроскопе?
11. Напишите формулу для диаметра окружности впадин передней плоскости.
12. Укажите расчётные зависимости для задних боковых углов по делительному цилиндру и в нормальном сечении.
13. Как определить хордальную толщину зуба по делительному цилиндру в передней плоскости на инструментальном микроскопе.
14. Укажите формулу для переднего угла в нормальном сечении на делительной окружности.
15. Чему равна толщина зуба в исходном сечении по делительной окружности?
16. Как производится шлифование задней поверхности плоской стороной?
17. Укажите минимальную толщину зуба по вершинам зубьев.
18. Поясните процесс шлифования задней поверхности червячным абразивным кругом.
19. Приведите схему заточки передней поверхности.
20. Укажите основные операции изготовления долбяков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алексеев, Г.А. Конструирование инструмента [Текст] / Г.А. Алексеев, В.А. Аршинов, Р.М. Кричевская. – М.: Машиностроение, 1979. – 384 с.
2. Баранчиков, В.И. Обработка специальных материалов в машиностроении [Текст]: справочник / В.И. Баранчиков, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с.
3. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов [Текст]: справочник / В. И. Баранчиков, А. В. Жаринов, Н. Д. Юдина [и др.] / под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990. – 400 с.
4. Справочник конструктора-инструментальщика [Текст] / В.И. Баранчиков, Г. В. Боровский, В. А. Гречишников [и др.]; под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1994. – 560 с.
5. Барсов, А.И. Технология инструментального производства [Текст] / А.И. Барсов. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
6. Бобровский, А. В. Резание цветных металлов [Текст]: справочник / А.В. Бобровский, О.И. Драчев, А.В. Рыбьяков. – СПб.: Политехника, 2001. – 200 с.
7. Волков, А.Н. Режимы резания авиационных материалов при фрезеровании [Текст] : учеб. пособие / А.Н. Волков ; Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад.С. П. Королева. - Самара : [б. и.], 1994. – 89 с.
8. Волков, А.Н. Изучение конструкции и геометрии разверток [Текст]: метод. указания к лаб. работе / М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т); [сост. А.Н. Волков, М.Б. Сазонов]. – Самара: Изд-во СГАУ, 2011. – 23 с.
9. ГОСТ 25751–83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий [Текст] – Введ. 01.07.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 27 с.
10. ГОСТ 25762–83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий [Текст] – Введ. 01.07.1984. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 45 с.
11. ГОСТ 9324–80. Фрезы червячные чистовые однозаходные для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия [Текст] – Введ.01.01.1982. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 50 с.

12. Грановский, Г. И. Резание металлов [Текст] / Г.И. Грановский, В.Г. Грановский. – М.: Высш. шк., 1985. – 304 с.
13. Металлорежущие инструменты / В.А. Гречишников, С.Н. Григорьев, С.В. Кирсанов [и др.]. – М.: МГТУ СТАНКИН, 2005. – 567 с.
14. Проектирование режущих инструментов [Текст] В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе, В.А. Иванов [и др.]. – М.: Глобус, 2006. – 271 с.
15. Дальский, А. М. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] в 2 т. Т. 2 / под ред. А.М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – 943 с.
16. Егоров, С.В. Руководство к лабораторным работам [Текст] / С.В. Егоров, А.Г. Червяков; под ред. Б. Е. Бруштейна. – М., 1971. – 196 с.
17. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов [Текст] / Г.Н. Кирсанов, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
18. Инструменты для обработки точных отверстий [Текст] / С.В. Кирсанов, В.А. Гречишников, А.Г. Схиртладзе [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 330 с.
19. Справочник инструментальщика конструктора [Текст] / В.И. Климов, А.С. Лернер, М.Д. Пекарский [и др.]. – М.: ГНТИМЛ, 1958. – 608 с.
20. Режущий инструмент [Текст] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов [и др.]. – М.: Машиностроение, 2005. – 528 с.
21. Режущий инструмент [Текст]: учеб. для вузов / [Д.В. Кожевников и др.]; под ред. С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
22. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки [Текст] / [В.А. Кривоухов и др.]; под ред. П.Г. Петрухи. – М.: Машиностроение, 1974. – 616 с.
23. Лепилин, В.И. Режимы резания авиационных материалов при сверлении, зенкерования и развертывании [Текст] : учеб. пособие / В. И. Лепилин; Гос. ком. Рос. Федерации по высш. образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева. – Самара: [б. и.], 1993. – 80 с.
24. Нефёдов, Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту [Текст] / Н.А. Нефёдов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1990. – 445 с.
25. Ординарцев, И.А. Справочник инструментальщика [Текст] / под ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.
26. Палей, М.М. Технология производства металлорежущих инструментов [Текст] / М.М. Палей. – М.: Машиностроение, 1982. – 256 с.

27. Палей, М.М. Технология шлифования и заточки режущего инструмента [Текст] / М.М. Палей, Л.Г. Дибнер, М.Д. Флид. – М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
28. Попов, С.А. Заточка и доводка режущего инструмента [Текст] / С.А. Попов. – М.: Высш. шк., 1986. – 223 с.
29. Резников, Н.И. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов [Текст]/ под ред. Н.И. Резникова. – М.: Машиностроение, 1972. – 200 с.
30. Металлорежущие инструменты [Текст] / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.
31. Семенченко, И.И. Проектирование металлорежущих инструментов [Текст] / И.И. Семенченко, В.М. Матюшин, Г.Н. Сахаров. – М.: ГНТИМЛ, 1962. – 952 с.
32. Четвериков, С.С. Металлорежущие инструменты [Текст] / С.С. Четвериков. – М.: Высш. шк., 1965. – 731 с.
33. Шабалин, Ю. А. Обмер, эскизирование и изучение конструкции червячных модульных фрез [Текст]: метод. указания к лаб. работе / Федер. агентство по образованию; Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. акад. С.П. Королева; [сост. Ю.А. Шабалин, М.Б. Сазонов]. - Самара: СГАУ, 2006. – 27 с.
34. Шагун, В.И. Режущий инструмент [Текст]: лаб. практикум / под ред. В.И. Шагуна. – Минск, 2004. – 191 с.
35. Шатин, В.П. Справочник конструктора – инструментальщика [Текст] / В.П.Шатин, Ю.В. Шатин. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.
36. Щегольков, Н.Н. Режущий инструмент [Текст]: лаб. практикум / под ред. Н.Н. Щеголькова. – М.: Машиностроение, 1985. – 165 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО РАЗВЕРТКАМ

Таблица П.А.1. Таблица стандартов

Наименование	Номер стандарта
Посадочные отверстия на шарико- и роликоподшипники	ГОСТ 3478-79
Сталь 9ХС	ГОСТ 5950-2000
Быстрорежущая сталь	ГОСТ 19265-73
Сталь 45	ГОСТ1050-88
Сталь 40Х	ГОСТ 4543-71
Сталь 50ХФА	ГОСТ 14959-79
Параметры шероховатости	ГОСТ 2789-73
Технические требования на машинные цельные развёртки	ГОСТ 1672-80
Конусы инструментальные	ГОСТ 25557-2006
Центровые отверстия формы <i>B</i>	ГОСТ 14034-74
Предельные отклонения диаметра чистовых и черновых развёрток	ГОСТ 13779-77
Разбивка шагов зубьев развёрток	ГОСТ 7722-77
Технические требования на машинные развёртки, оснащённые пластинами твёрдого сплава	ГОСТ 5735-81
Твёрдосплавные пластины марок ВК8, ВК6, ВК6М, ВК6-ОМ, Т15К6, Т14К8, Т5К10	ГОСТ 3882-74
Форма и размеры пластин	ГОСТ 2209-90
Технические требования на изготовление пластин	ГОСТ 4872-75
Развёртки цилиндрические	ГОСТ 1523-81
Размеры рифлений для вставных ножей	ГОСТ 2568-71

Таблица П.А.2. Предельные отклонения диаметров развёрток, мкм

Номинальный диаметр развёртки, мм		Поля допусков отверстий									
свыше	до	E9	F8	H7	H8	H9	H11	J _s 7	K7	N7	P7
1	3	+35 +26	+1 7 +1 2	+8 +4	+1 1 +6	+2 1 +1 2	+51 +30	+3 -1	-2 -6	-6 -10	-8 -12
3	6	+45 +34	+2 5 +1 8	+1 0 +5	+1 5 +8	+2 5 +1 4	+63 +36	+4 -1	+1 -4	-6 -11	-10 -15
6	10	+55 +42	+3 1 +2 3	+1 2 +6	+1 8 +1 0	+3 0 +1 7	+76 +44	+5 -1	+2 -4	-7 -13	-12 -18
10	18	+68 +52	+3 8 +2 8	+1 5 +8	+2 2 +1 2	+3 6 +2 0	+93 +54	+6 -1	+3 -4	-8 -15	-14 -21
18	30	+84 +65	+4 8 +3 6	+1 7 +9	+2 8 +1 6	+4 4 +2 5	+11 0 +64	+7 -1	+2 -6	-11 -9	-18 -26
30	50	+10 2 +80	+5 8 +4 4	+2 1 +1 2	+3 3 +1 9	+5 2 +3 0	+13 6 +80	+8 -1	+3 -6	-12 -21	-21 -30

Таблица П.А.3. Поля допусков на исполнительные размеры диаметров развёрток с припуском под доводку

Предельное отклонение	Предельные отклонения диаметра развётки, мкм, при номинальных диаметрах развётки, мм								Поле допуска отверстия, для которого предназначается развётка
	от 1 до 3	от 3 до 6	от 6 до 10	от 10 до 18	от 18 до 30	от 30 до 50	от 50 до 80	от 80 до 120	
Верхнее Нижнее	+17 +11	+19 +12	+21 +13	+25 +16	+28 +18	+33 +21	+36 +22	+41 +25	N7; M7; K6;K7; P7
Верхнее Нижнее	+23 +17	+26 +19	+29 +21	+34 +25	+38 +28	+45 +33	+50 +36	+57 +41	j _s 6; j _s 7 H6; H7;G7
Верхнее Нижнее	+30 +23	+34 +26	+39 +29	+46 +34	+52 +38	+61 +45	+70 +50	+82 +57	H8; G7
Верхнее Нижнее	+37 +30	+42 +34	+53 +43	+64 +52	+76 +62	+90 +74	+105 +85	+122 +97	F8; H9
Верхнее Нижнее	+49 +39	+61 +49	+73 +59	+86 +70	+10 4 +84	+126 +101	+145 +117	+167 +135	H10;F9; E8
Верхнее Нижнее	+69 +57	+85 +71	+10 2 +86	+124 +104	+15 2 +12 7	+180 +152	+214 +182	+251 +213	H11; D9

Таблица П.А.4. ЕСДП. Значения допусков, мкм

Интервалы размеров, мм	Квалитеты													
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
До 3	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Свыше 3 до 6	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200
Св. 315 до 400	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700
Св. 400 до 500	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1500	2500	4000	6300

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТЧИКОВ

Таблица П.Б.1. Основные конструктивные элементы метчиков

№ п/п	Наименование	Обозначение	Формула	Результат	
				измерение	расчёт
1	2	3	4	5	6
1	Наружный диаметр	d			
2	Шаг резьбы	P	$P = \frac{l_n}{n}$		
3	Число гребёнок	z			
4	Длина метчика	l			
5	Длина заборного конуса	l_1	$l_1 = \frac{d - d_T}{2 \operatorname{tg} \varphi}$		
6.	Длина калибрующей части	l_k			
7.	Диаметр на торце	d_T	$d_T = D_1 - (0,1 \dots 0,35)$		
8.	Диаметр хвостовика	d_x			
9	Диаметр канавки на хвостовике	d_g			
10	Глубина канавки на хвостовике	h_k	$h_k = \frac{(d_x - d_g)}{2}$		
11	Ширина канавки	b_k			
12	Радиус канавки	R	$R = \frac{b_k^2 / 4 + h_k^2}{2h_k}$		
13	Сторона квадрата	a			
14	Высота квадрата	h			
15	Расстояние до центра канавки	l_3			

Окончание табл. П.Б.1

1	2	3	4	5	6
16	Длина рабочей части	l_p	$l_p = l_1 + l_k$		
17	Угол уклона заборного конуса	φ	$\varphi = \arctg\left(\frac{d - d_T}{2l_1}\right)$		
18	Ширина пера	C			
19	Толщина среза	a_z	$a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi$		
20	Падение затылка на угле θ	K_1			
21	Центральный угол	η	$\eta = \frac{360^\circ}{z}$		
22	Падение затылка на угле η	K	$K = K_1 \cdot \frac{\eta}{\theta}$		
23	Задний угол	α	$\alpha = \arctg \frac{K \cdot z}{\pi \cdot d}$		
24	Смещение вершины зуба от оси	h_1	$h_1 = H_1 - H - d/2$		
25	Передний угол	γ	$\gamma = \arcsin \frac{2h_1}{d}$		
26	Биение зубьев	δ			
27	Диаметр сверла для отверстия под резьбу	d_{ce}	$d_{ce} = d - P$		
28	Длина режущей части	l_2	$l_2 = \frac{d - d_{ce}}{2tg \varphi}$		

Таблица П.Б.2. 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
--	-----	--------	--------

Окончание табл. П.Б.2

1	2	3	4
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

Таблица П.Б.3. 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 П.Б.4. Предельные отклонения среднего диаметра резьбы метчика

Номинальный диаметр резьбы	Шаг резьбы <i>P</i>	Предельные отклонения среднего диаметра, <i>мкм</i> , для метчика класса точности			
		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 П.Б.5. Предельные отклонения шага резьбы метчиков

Шаг резьбы <i>P</i> , мм	Длина измерения в количестве шагов	Предельные отклонения шага резьбы, <i>мкм</i> , для метчика класса точности	
		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

Таблица П.Б.6. Предельные отклонения диаметров внутренней резьбы, мкм

Шаг P , мм	Номинальный диаметр резьбы D , мм	Поля допусков											
		6H			6G			7H			7G		
		нижнее	верхнее		нижнее	верхнее		нижнее	верхнее		нижнее	верхнее	
		D, D ₁ , D ₂	D ₂	D ₁	D, D ₁ , D ₂	D ₂	D ₁	D, D ₁ , D ₂	D ₂	D ₁	D, D ₁ , D ₂	D ₂	D ₁
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	+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

*Таблица П.Б.7. 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	$\varepsilon = \frac{360}{z} - 2 \operatorname{arctg} \frac{C}{d} - \gamma$		
5	Глубина канавки метод гребёнками	h_T			
6	Диаметр сердцевины метчика	d_c			

Таблица П.Б.8. Расчёт режимных параметров

№ п/п	Наименование	Обозначение	Расчётная формула	Результат
1	Допустимая скорость резания, м/мин	v_T	$v_T = \frac{C_v \cdot d^{q_v} \cdot K_v}{T^m \cdot P^{y_v}}$	
2	Частота вращения шпинделя, об/мин	n	$n \leq \frac{1000 \cdot v_T}{\pi \cdot d}$	
3	Подъём на зуб, мм	S_z	$S_z = \frac{P}{z} \cdot \operatorname{tg} \varphi$	
4	Толщина среза, мм	a_z	$a_z = \frac{P}{z} \cdot \sin \varphi$	
5	Крутящий момент, Н.м	M_{KP}	$M_{KP} = C_M \cdot d^{q_M} \cdot P^{y_M} \cdot K_M$	
6.	Эффективная мощность, кВт	$N_{эф}$	$N_{эф} = \frac{M_{KP} \cdot n_{ун}}{9555}$	
7.	Машинное время обработки, мин	T_M	$T_M = \frac{(l_\partial + l_{gn})}{P \cdot n_{ун}} + \frac{(l_\partial + l_{gn})}{P \cdot n_{1ун}}$	

Пр и м е ч а н и е. 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; $y_v = 0,5$;
 $C_M = 0,027$; $q_M = 1,4$; $y_M = 1,5$; $K_M = 1$; $n_{шт}$ – ближайшее меньшее из ряда: 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; l_d – длина резьбы в детали; $l_d = 30$ мм; l_{en} – длина врезания и перебега; $l_{en} = 8P$; $n_{шт}$ – частота обратного вращения шпинделя при вывинчивании метчика из отверстия; $n_{шт} = 1,25 n_{шт}$.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ОСНОВНЫЕ РАЗМЕРЫ ДОЛБЯКОВ

Таблица П.В.1. Долбяки дисковые прямозубые с номинальным делительным диаметром 80 мм

Модуль m_0			Число зубьев Z_0	Диаметры окружностей				Ширина ступицы B_1	Высота долбяка B	Коэффициент смещения исходного контура X_0	
Ряды				делительной d_0	выступов d_{f0}	отверстия d_1	выточки d_2				сечения от передней поверхности
1	2	3									
1			76	76	79,82	31,75	50	8	12	0,66	
1,125			67	75,375	79,47					6,3	0,57
1,25			60	75	79,38					6,1	0,50
	1,375		56	77	81,70					5,9	0,46
1,5			50	75	79,95					6,0	0,40
	1,75		43	75,25	80,78					5,7	0,33
2			38	76	82,12					5,5	0,28
	2,25		34	76,5	83,20					5,3	0,24
2,5			30	75	82,25					5,1	0,20
	2,75		28	77	84,86					4,8	0,18
3			25	75	83,40			4,7	0,15		
		3,25	24	78	87,04			4,3	0,14		
	3,5		22	77	86,59			4,3	0,12		
		3,75	20	75	85,12			4,0	0,10		
4			19	76	86,72			3,6	0,09		
		4,25	18	76,5	87,81			3,4	0,08		
	4,5		17	76,5	88,38			3,2	0,07		
5			16	80	93,10			3,0	0,06		
								2,8			

Таблица П.В.2. Долбяки дисковые прямозубые с номинальным делительным диаметром 100 мм

Модуль, m_0			Число зубьев Z_0	Диаметры окружностей				Расстояние исходного сечения от передней поверхности A	Ширина ступицы B_1	высота долбяка B	Коэффициент смещения исходного контура X_0
Ряды				делительной d_0	выступов d_{f0}	отверстия d_1	выточки d_2				
1	2	3									
1			100	100	104,3	44,45	70	8	17	0,90	
1,125			90	101,25	105,86					8,6	0,80
1,25			80	100	104,88					8,3	0,70
	1,37		73	100,375	105,54					8,2	0,63
1,5	5		68	102	107,49					8,3	0,58
	1,75		58	101,5	107,55					8,0	0,48
2			50	100	106,6			7,6	0,40		
	2,25		45	101,25	108,45			7,5	0,35		
2,5			40	100	107,75			7,1	0,30		
	2,75		36	99	107,30			6,8	0,26		
3			34	102	110,94			6,8	0,24		
	3,25		31	100,75	110,24			6,5	0,21		
	3,5		28	98	108,01			6,0	0,18		
	3,75		27	101,25	111,90			6,1	0,17		
4			25	100	111,20			5,7	0,15		
		4,25	24	102	113,82			5,7	0,14		
	4,5		22	99	111,33			5,1	0,12		
5			20	100	113,50			4,8	0,10		
	5,5		18	99	113,63			4,2	0,08		
6			17	102	117,84			4,0	0,07		
		6,5	16	104	121,03	3,7	0,06				
	7		16	112	130,34	4,0	0,06				
8			14	112	132,64	3,0	0,04				

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №6

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Изучение конструкции и геометрии развёрток

Эскиз развёртки (рис. 1...4)

Схема замера переднего и заднего углов развёртки

Параметры развёртки.

Элементы конструкции и геометрии развёртки

Наименование	Обозначение	Значения параметров	
		Согласно стандарту или по расчёту	Измерение
Диаметр развёртки, мм	d		
Общая длина, мм	L		
Длина рабочей части, мм	l		
Длина режущей части, мм	l_p		
Длина заборного конуса, мм	l_0	$l_0 = l_p - c$	
Длина хвостовика, мм	l_x		
Диаметр хвостовика, мм	D_1		
Приёмная фаска (С×45°), мм	C		
Угол уклона заборного конуса, град	φ	$\varphi = \arctg \frac{(d_k - d_0)}{2 \cdot l_p}$	
Диаметр заборного конуса наименьший, мм	d_0	$d_0 = d_k - 2l_0 \cdot \tg \varphi$	
Диаметр на торце, мм	d_T	$d_T = d_0 - 2C$	
Диаметр обратного конуса наименований, мм	d_2		
Угол обратного конуса, мин	φ_2	$\varphi_2 = 60 \cdot \arctg \frac{(d_k - d_2)}{2 \cdot l_2}$	

Наименование	Обозначение	Значения параметров	
		Согласно стандарту или по расчёту	Измерение
Длина обратного конуса, мм	l_2		
Фаска по цилиндру на калибрующей части, мм	f		
Длина задней поверхности, мм	f_l		
Число зубьев развёртки	z		
Передний угол, град	γ		
Задний угол, град	α		
Угол спирали, град	ω		
Номер конуса Морзе	N_2		
Конусность посадочного отверстия	K	$K = \frac{(d_{1нб} - d_{1нм})}{L}$	
Радиальное биение, мм	δ		
Размеры квадрата хвостовика, мм	$a \times h$		
Центральные углы между зубьев, град	η	$\eta = 2 \arcsin P/d$	

Схемы установки шлифовального круга при заточке передней и задней поверхностей развёртки.

Ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №7

Кафедра

Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Резьбообразующие инструменты. Метчики

Эскиз метчика (рис. 1)

Схемы измерений падения затылка и переднего угла метчика
(рис. 2, 3)

Основные конструктивные элементы метчика (табл. П.Б.1)

Результаты промежуточных измерений и расчётов параметров
метчика (табл. П.Б.7)

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

Расчёт числа переточек метчика по передней и задней поверхностям.

Расчёт режимных параметров (табл. П.Б.8).

Ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №8

Кафедра

Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

Изучение конструкции и геометрии червячных модульных фрез

Эскиз червячной фрезы

Результаты измерений и расчётов

Элементы, необходимые при выборе фрезы для нарезания зубчатого колеса, соединительные и габаритные размеры (определяются при осмотре фрезы по её маркировке, непосредственным подсчетом и измерением).

Таблица П.Е.1. Основные размеры фрезы

m_0	α_0	γ_{m0}	P_z	Z_0	Z_1	d_{a0}	L	l_1	b	C_1	d	d_1	l
мм	град.	град.	мм	—	—	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

Таблица П.Е.2. Размеры профиля зубьев гребенки

Размер	h_0	h_{a0}	Δ_0	S_{n0}	P_{n0}	P_{x0}	α_0	τ_{f0}	ρ_{a0}
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	град.	град.	мм
Измер.									
Расчёт									

Формулы для расчёта:

Таблица П.Е.3. Элементы конструкции и геометрии зубьев режущих гребенок и продольных стружечных канавок

Размер	η	K	K_1	h_{f0}	d_{m0}	α_e	γ_e	α_N	λ_{m0}	P_Z	H_K	R	θ
	град.	мм	мм	мм	мм	град.	град.	град.	град.	мм	мм	мм	град.
Измер.													
Расчёт													

Формулы для расчёта:

Ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
БЛАНК ОТЧЁТА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ №9

Кафедра
Механической обработки материалов

Студент _____

Группа _____ Дата _____

ОТЧЁТ

по лабораторной работе

**Изучение конструкции и геометрии
зуборезных долбяков**

Эскиз долбяка

Схема измерения хордальной толщины на инструментальном микроскопе

Схемы измерения основного шага на инструментальном микроскопе

Схемы заточки задней и передней поверхностей долбяка

Таблица П.Ж.1. Результаты измерений и расчётов основных параметров долбяка

№ п/п	Измеряемая или рассчитываемая величина	Принятое обозначение	Расчётная формула	Результат измерения	Результат расчёта
1	2	3	4	5	6
1	Модуль				
2	Число зубьев				
3	Угол зацепления				
4	Наружный диаметр				
5	Посадочный диаметр				
6	Диаметр выточки				
7	Высота долбяка				
8	Ширина ступицы				
9	Высота зуба				
10	Высота головки зуба				
11	Высота ножки зуба				
12	Задний угол				
13	Передний угол				
14	Делительный диаметр				
15	Основной диаметр				
16	Основной шаг				
17	Коррекция долбяка				
18	Радиальная коррекция				
19	Козф. радиального смещения профиля				

Окончание таблицы П.Ж.1

1	2	3	4	5	6
20	Боковой задний угол по делит. цилиндру				
21	Боковой задний угол в нормальном сечении				
22	Величина «g» от вершин до хорды				
23	Величина пол. центр. угла толщины зуба				
24	Хордальная толщина				
25	Толщина зуба по делит. окруж. в передней плоскости				
26	Толщина зуба по вершинам зубьев				
27	Толщ. зуба по делит. окруж. в исх. сечении				
28	Высота гол. зуба в передней плоскости				

Преподаватель _____

Учебное издание

*Сазонов Михаил Борисович
Скуратов Дмитрий Леонидович
Волков Александр Николаевич
Смолин Владимир Дмитриевич
Шабалин Юрий Александрович
Швецов Алексей Николаевич*

**ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ
ПО РЕЖУЩИМ ИНСТРУМЕНТАМ
Часть 2**

Лабораторный практикум

Редактор Т.К. Кретинина
Доверстка Т.С. Зинкина

Подписано в печать 15.06.2016 . Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ.л. 7,25.
Тираж 250 экз. Заказ . Арт. - 14/2016.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»
(Самарский университет)
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

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

