

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

**ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ для студентов
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»)
всех форм обучения

Воронеж 2022

УДК 621.01 (07)
ББК 34.5я7

Составитель

д-р техн. наук, профессор С. Ю. Жачкин

Прогрессивные конструкции режущего инструмента станочных комплексов: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет»; сост. С. Ю. Жачкин. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. – 25 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению лабораторных работ, рассматриваются конструкции сложных технических объектов с целью выбора и обеспечения точности, применяются алгоритмы расчетов их геометрических параметров.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ ПКРИСК ЛР.pdf.

Ил. 21. Табл. 4. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.01(07)
ББК 34.5 я7

Рецензент – С. Н. Яценко, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ И ЗАТОЧКА СВЁРЛ

Цель работы: изучение конструкции и приобретение навыков определения геометрических параметров свёрл.

Задачи работы:

- 1) знакомство с конструкцией спиральных свёрл;
- 2) исследование геометрии свёрл;
- 3) знакомство с методами заточки свёрл;
- 4) проработка контрольных вопросов.

Оснащение: спиральные сверла, штангенциркуль, микрометр, миллиметровая линейка, угломеры, эталоны шероховатости, делительная головка, набор конических втулок для установки свёрл, индикаторная стойка, заточной станок.

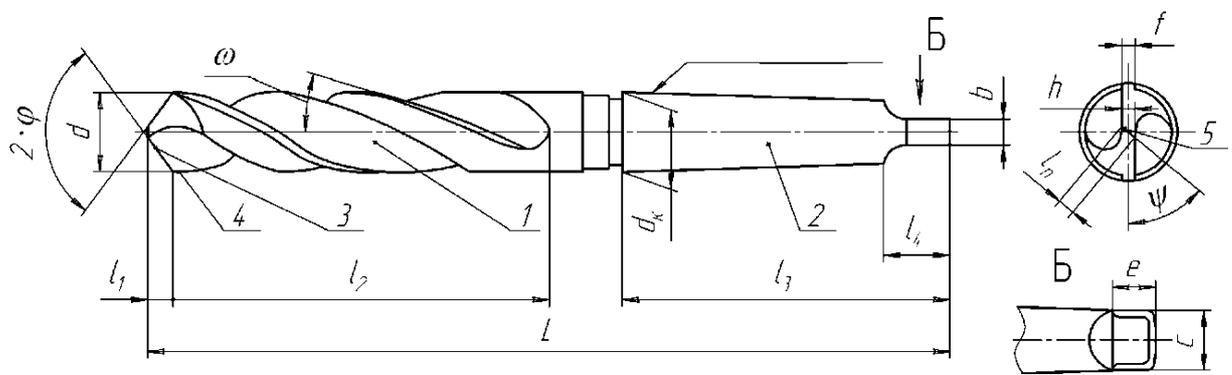


Рис. 1.1 Общий вид спирального сверла:

- 1 - рабочая часть; 2 - хвостовик; 3 - главная режущая кромка;
4 - вспомогательная режущая кромка; 5 - поперечная режущая кромка

Общие сведения о свёрлах и порядок определения их геометрических параметров

Сверло состоит из рабочей части 1 и хвостовика 2. В рабочей части сверла находятся режущая и калибрующая части длиной l_1 и l_2 соответственно (рис. 1.1).

Сверло имеет три типа режущих кромок: две главных, две вспомогательных и одну поперечную. Главные кромки образуются при пересечении винтовых передних поверхностей с задними поверхностями. Поперечная кромка образуется в результате пересечения двух задних поверхностей и соединяет две главные кромки. Вспомогательные кромки образуются при пересечении винтовых передних поверхностей и цилиндрических калибрующих ленточек, направляющих при обработке сверло в отверстии, и образующих калибрующую часть. Рассмотрим способы и устройства для измерения основных геометрических параметров сверла.

Угол в плане ϕ , угол наклона винтовой стружечной канавки ω и угол наклона поперечной кромки ψ измеряются универсальным угломером. На рис. 1.2 показаны положения угломера для измерения указанных углов.

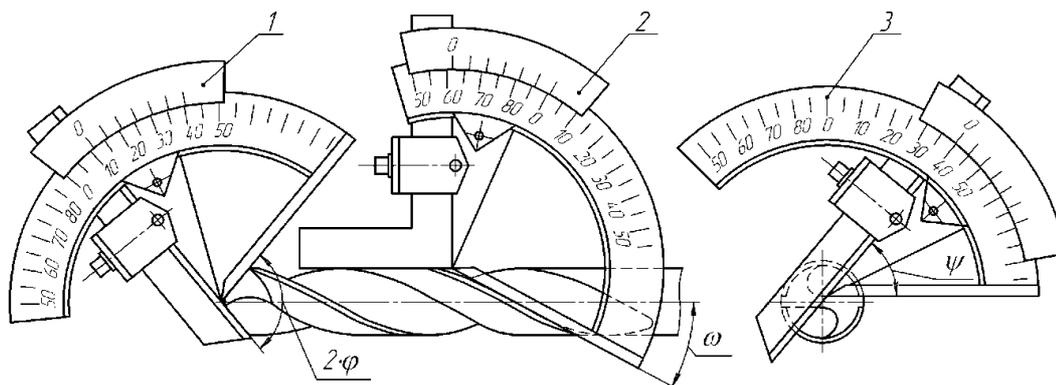


Рис. 1.2 Схемы измерения углов φ (1), ω (2) и ψ (3)

Передний угол γ для главной режущей кромки на чертеже не задается. Он меняется вдоль кромки и определяется по формуле

$$\gamma_i = \arctg\left(\frac{d_i \cdot \operatorname{tg}(\omega)}{d \cdot \sin(\varphi)}\right) \quad (1.1)$$

где d - диаметр сверла; d_i - диаметр окружности, которой принадлежит i -ая точка главной режущей кромки (рис. 1.3); φ - угол в плане. Для 1-ой точки $d_1 = d$; для 2-ой - $d_2 = 2/3d$; для 3-й - $d_3 = 1/3d$.

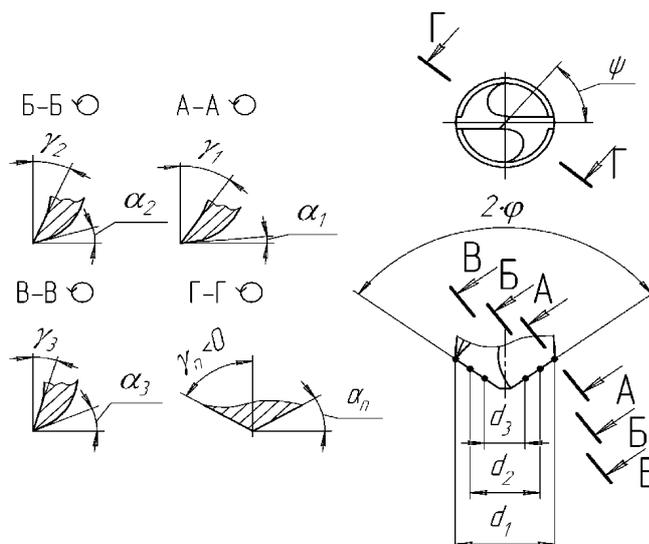


Рис. 1.3 Углы γ_i и α_i в различных точках главной режущей кромки

Для измерения задних углов можно использовать универсальную делительную головку. На рис. 1.4 представлена схема измерений для i -ой точки режущей кромки. Сверло 1 устанавливают в делительную головку 2. Измерительный стержень индикаторных часов 4, закрепленных на стойке 3, устанавливают в i -ую точку режущей кромки. Обнуляют показания индикаторных часов. Затем поворачивают сверло на угол $\beta = 20 \dots 40^\circ$ и записывают показания индикатора N_i . Задний угол определяют по формуле

$$\alpha_i = \arctg\left(\frac{114,6 \cdot N_i}{\beta \cdot d_i}\right) \quad (1.2)$$

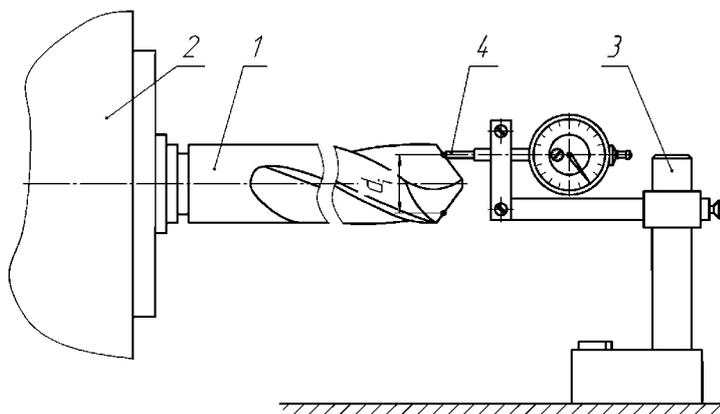


Рис. 1.4. Схема косвенного измерения заднего угла α :

1 - сверло; 2 - делительная головка;
3 - стойка; 4 - измерительная головка ИЧ

Углы, определяющие геометрию поперечной кромки (см. рис. 1.3):
угол в плане $\varphi_{\text{п}} = 90^\circ$, передний угол

$$\gamma_{\text{п}} = \arctg[-\text{tg}(\varphi) \cdot \sin(\psi)], \quad (1.3)$$

задний угол

$$\alpha_{\text{п}} = 90^\circ - |\gamma_{\text{п}}|. \quad (1.4)$$

Вспомогательная режущая кромка в резании принимает незначительное участие. Для неё определяют вспомогательный угол в плане

$$\varphi_1 = \arctg\left(\frac{d - d_2}{L}\right), \quad (1.5)$$

где d_2 - диаметр сверла в сечении, расположенном на расстоянии $L = 50 \dots 80$ мм от его вершины.

Заточка сверла

Спиральные свёрла затачивают по задним поверхностям. Их форма определяется методом заточки и диаметром сверла. Задним поверхностям сверла небольшого диаметра (до 10 мм), как правило, придают плоскую форму. У сверла диаметром более 10 мм задняя поверхность каждого зуба после заточки может являться частью цилиндрической, конической или винтовой поверхности.

Заточка свёрл в инструментальном производстве осуществляется на специальных заточных станках-полуавтоматах, которые обеспечивают одинаковую криволинейную форму задних поверхностей.

В механических цехах обработки заготовок деталей машин станочники в течение рабочей смены многократно перетачивают свёрла вручную на универсально-заточных станках. При такой заточке трудно обеспечить одинаковую криволинейную форму задних поверхностей, что отражается на стойкости сверла.

Заточку ручную производят следующим образом:

1) ориентируют сверло так, чтобы режущая кромка была параллельна оси вращения шлифовального круга (рис. 1.5);

2) прижимают сверло к рабочей поверхности круга и производят заточку движением в направлениях S_1 , S_2 , S_3 ;

3) повторяют вышеуказанные этапы 1 и 2 до тех пор, пока не удалят фаску износа на задней поверхности сверла.

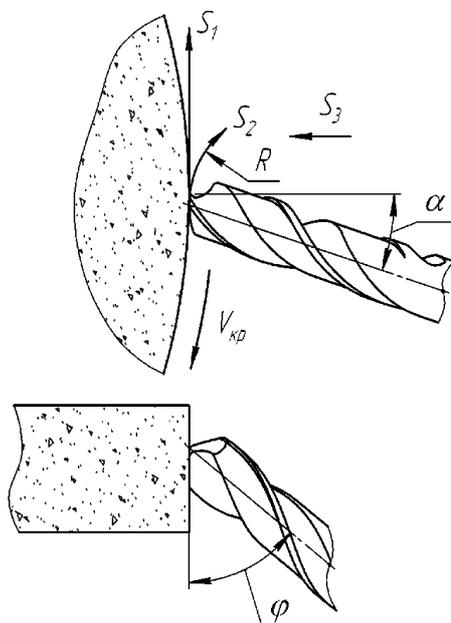


Рис. 1.5. Схема заточки сверла по задней поверхности вручную

При заточке сверла необходимо обеспечить одинаковую длину режущих кромок и угол наклона поперечной кромки ψ в пределах $50...70^\circ$ (см. рис. 1.3).

Порядок выполнения работы.

- 1) Произведите заточку сверла по задней поверхности вручную.
- 2) Выполните эскиз сверла с соблюдением требований ЕСКД.
- 3) Измерьте диаметральные (d , d_k , линейные (L , l_1 , l_2 , l_3 , l_4 , b , c , e , f , h , l_n) и угловые (ϕ , ω , ψ) размеры сверла и укажите их на эскизе.

4) Произведите расчёт углов γ_i , α_i , γ_n , α_n , ϕ_1 по формулам (1.1) -(1.5) и заполните табл. 1.1.

5) Постройте графики изменения углов резания γ , α вдоль режущей кромки.

Таблица 1.1

Значения углов резания γ , α исследуемого сверла

Наименование определяемого параметра	Точки главной режущей кромки			Поперечная кромка
	1	2	3	
Текущий диаметр d_i , мм				
Передний угол γ_i , градусы				
Задний угол α_i , градусы				

Контрольные вопросы и задания:

- 1) Каково назначение различных элементов спирального сверла?
- 2) Каково назначение различных кромок сверла?
- 3) От чего зависит выбор угла в плане ϕ ?
- 4) Покажите на сверле положение координирующих плоскостей и углы γ , α для заданных точек режущей кромки.
- 5) Как изменяются углы γ , α вдоль главной режущей кромки?
- 6) Как определяется вспомогательный угол в плане ϕ_1 ?

Лабораторная работа № 2 **ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ И ЗАТОЧКА ФРЕЗ**

Цель работы: знакомство с конструкцией и приобретение навыков определения и измерения геометрических параметров фрез.

Задачи работы:

- 1) ознакомление с конструкцией и геометрией фрез;
- 2) измерение геометрических параметров фрезы;
- 3) знакомство с техникой заточки фрез;
- 4) проработка контрольных вопросов.

Оснащение: универсально-заточной станок; универсально-заточная головка; набор оправок для насадных фрез; переходные конические втулки; угломер Бабчициера (тип 2УРИ); универсальный угломер; штангенрейсмас; штангенциркуль; набор фрез.

Общие сведения о фрезях, порядок определения их геометрических параметров

Фреза - многозубый лезвийный режущий инструмент для обработки с вращательным главным движением резания и хотя бы одним движением подачи в любом направлении.

По конструкции различают следующие фрезы: 1) цилиндрические; 2) дисковые; 3) торцовые; 4) концевые; 5) угловые; 6) фасонные.

По числу зубьев z существует два типа фрез. Если $z < 1,2 \cdot \sqrt{D}$, где D - диаметр фрезы, мм, то фрезу относят к крупнозубым; если $z \geq 1,2 \cdot \sqrt{D}$ - к мелкозубым.

По форме и способу заточки зубья фрез могут быть остроконечными (рис. 2.1, а, б, в) и затылованными (рис. 2.1, г). Остроконечные зубья по форме разделяют на трапецеидальные, трапецеидальные усиленные и параболические. Остроконечные зубья, как правило, затачивают по задней поверхности, а затылованные – по передней.

В общем случае фрезы имеют три типа режущих кромок: главные, вспомогательные и переходные. Главные кромки располагаются на цилиндрической поверхности фрезы, вспомогательные – на торце фрезы, переходные кромки соединяют главные и вспомогательные. Переходные кромки имеют небольшую длину (1...2 мм) и выполняются в виде радиуса или фаски.

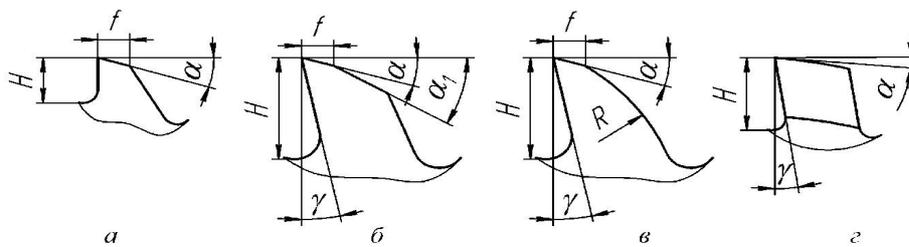


Рис. 2.1. Профили зубьев фрез

а, б, в - остроконечный профиль: а - трапецеидальный, б - трапецеидальный усиленный, в - параболический; г - затылованный профиль

Цилиндрические насадные фрезы имеют только главные режущие кромки (рис. 2.2). Геометрия режущего клина определяется углом наклона зубьев ω , а также передним γ_N и задним α_N углами в плоскости, нормальной к режущей кромке.

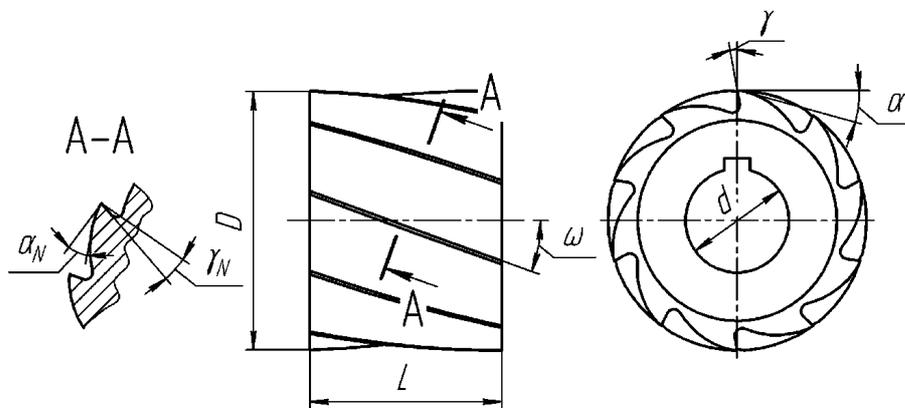


Рис. 2.2. Эскиз цилиндрической фрезы

Угол наклона зубьев ω измеряется с помощью универсального угломера (рис. 2.3, а). Углы γ_N и α_N измеряют с помощью угломера Бабчиничера, показанного на рис. 2.3, б, в: угломер устанавливают нормально к режущей кромке зуба фрезы.

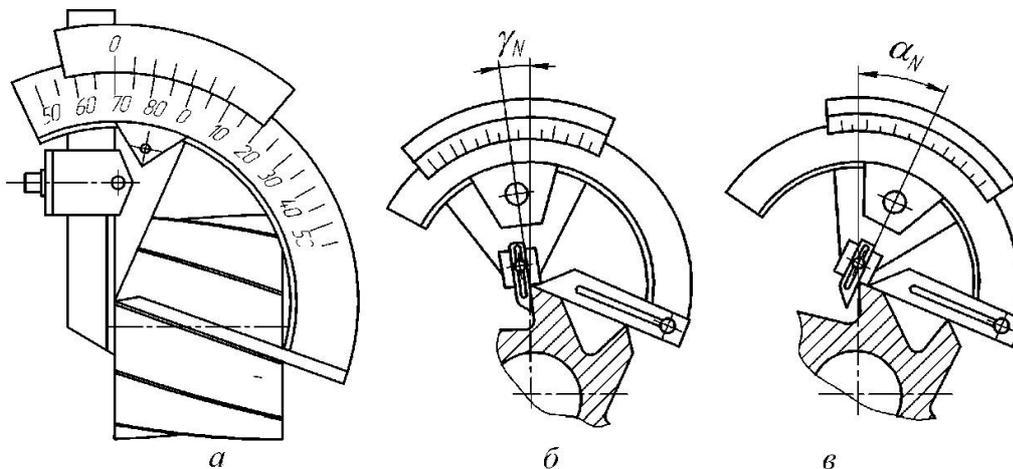


Рис. 2.3. Схема измерения углов:

а) угол наклона зубьев фрезы – универсальным угломером; б) – переднего угла γ_N и в) – заднего угла α_N – угломером Бабчиничера

Углы γ и α в торцевой плоскости можно рассчитать по формулам:

$$\gamma = \arctg\left(\frac{\operatorname{tg}(\gamma_N)}{\cos(\omega)}\right) \quad (2.1)$$

$$\alpha = \arctg(\operatorname{tg}(\alpha_N) \cdot \cos(\omega)), \quad (2.2)$$

либо измерить косвенно с помощью штангенрейсмаса (рис. 2.4). Перед началом измерений, нож штангенрейсмаса устанавливают по линии центров и записывают показание N_0 . Затем в центры на поверочной плите устанавливают фрезу. Далее совмещают нож с передней поверхностью зуба фрезы, как показано на рис. 2.4, *а*, и записывают показание N_1 . Передний угол γ в торцевой плоскости определяют по формуле

$$\gamma = \arcsin\left(\frac{2 \cdot (N_0 - N_1)}{D}\right). \quad (2.3)$$

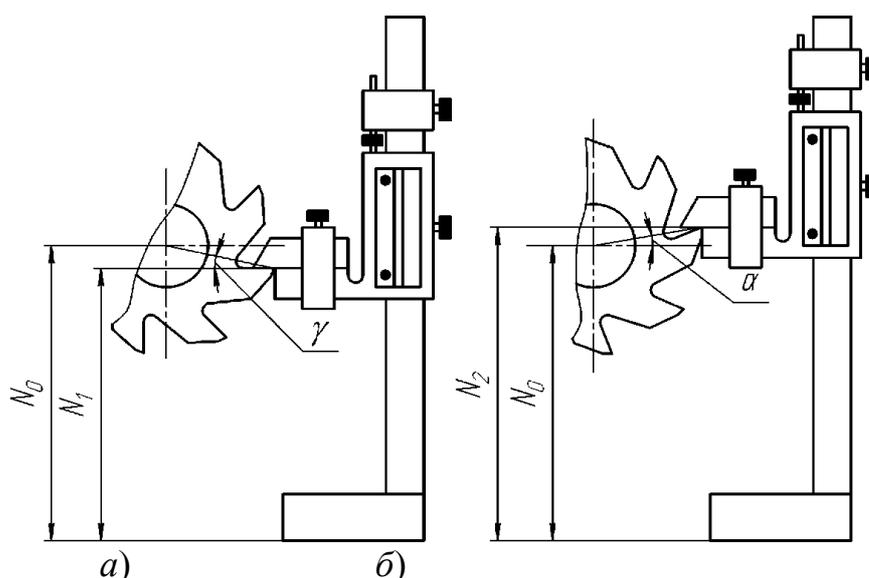


Рис. 2.4. Схема измерения переднего угла γ (*а*) и заднего угла α (*б*) с помощью штангенрейсмаса

Для определения заднего угла α вертикальную поверхность стержня штангенрейсмаса совмещают с задней поверхностью зуба фрезы, как показано на рис. 2.4, *б*. Задний угол α в торцевой плоскости определяется по формуле

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{2 \cdot (N_2 - N_0)}{D}\right). \quad (2.4)$$

Концевые фрезы (рис. 2.5) обычно имеют все три типа режущих кромок: главные, вспомогательные и переходные. Для главной режущей кромки

концевой фрезы измеряют углы ω , γ_N , α_N с помощью угломеров и штангенрейсмаса (см. рис. 2.3 и 2.4). Для вспомогательной кромки измеряют передний γ_{N1} и задний α_{N1} углы с помощью настольного угломера.

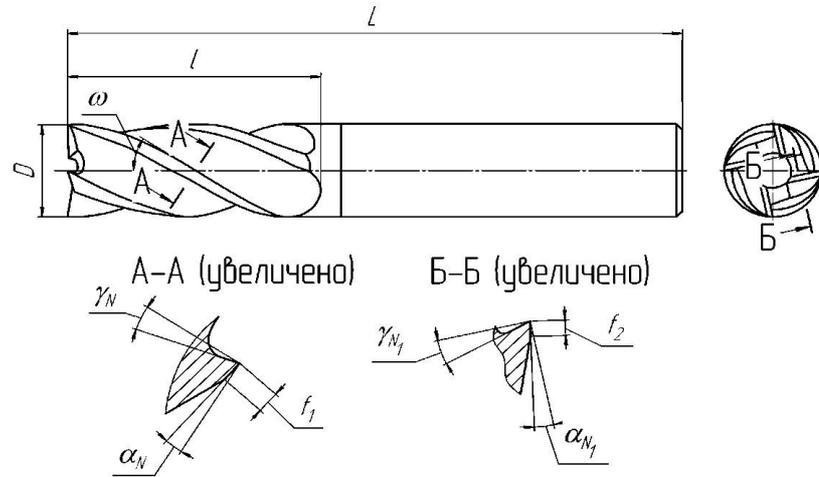


Рис. 2.5. Эскиз концевой фрезы

Торцевые фрезы (рис. 2.6) со вставными ножами устанавливают в корпусе под углами γ_0 и γ_p которые определяют передние углы для всех кромок зубьев. Для главной режущей кромки измеряют углы φ , α ; для вспомогательной - φ_1 и α_1 . Углы γ_0 , φ_1 , α_1 измеряют с помощью настольного угломера, угол φ - с помощью универсального угломера, угол α - с помощью угломера Бабчиничера. Передний угол γ для главной кромки можно определить по формуле

$$\gamma = \arctg[\operatorname{tg}(\gamma_0) \cdot \cos(\varphi) + \operatorname{tg}(\gamma_p) \cdot \sin(\varphi)]. \quad (2.5)$$

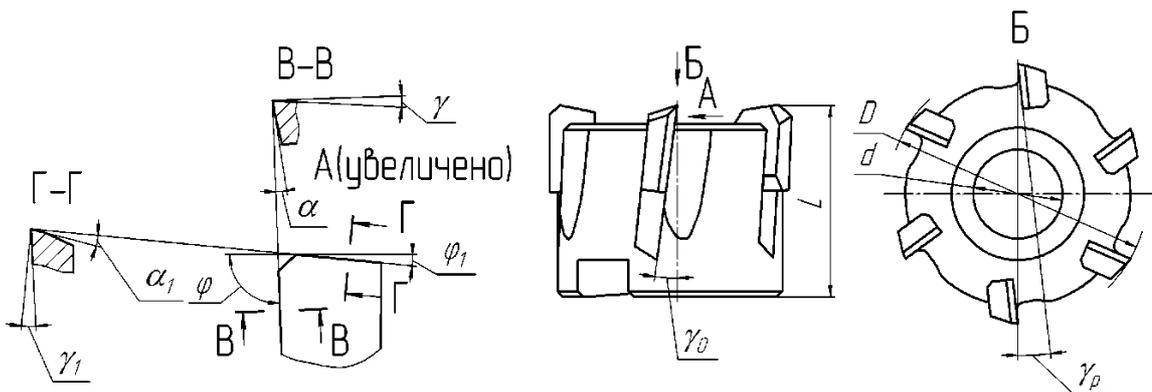


Рис. 2.6. Эскиз торцевой фрезы со вставными ножами

Заточка фрез

В лабораторной работе производится заточка концевой фрезы. При этом задаются углы, которые необходимо получить заточкой: γ , α , γ_1 , α_1 , φ_1 . Все необходимые для заточки размеры фрезы устанавливаются измерением. Заточка производится на универсально-заточном станке. Зубья по передней поверхности затачивают тарельчатыми кругами, по задней поверхности - коническими или цилиндрическими чашечными кругами. Фрезу устанавливают

по её центровым отверстиям. Сначала производят заточку по передней поверхности, а затем - по задней.

Для заточки по передней поверхности шпиндельную бабку заточного станка поворачивают на угол ω (рис. 2.7). Стол станка устанавливают в положение, при котором ось фрезы располагается в одной плоскости с вертикальной осью симметрии торца шлифовального круга (точка пересечения осей обозначена M на рис. 2.7). Затем стол станка смещают в сторону к шпиндельной бабке станка на величину h_γ , определяемую выражением

$$h_\gamma = \frac{D}{2} \cdot \sin(\gamma),$$

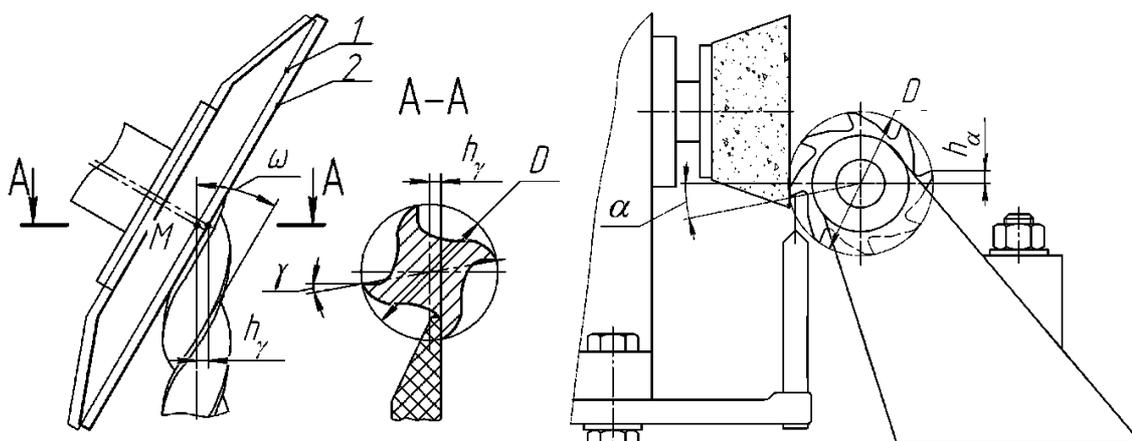


Рис. 2.7. Схема заточки передней и задней поверхности главной режущей кромки концевой фрезы
1 - исходное положение круга, 2 - рабочее положение круга

Величину h_γ отсчитывают по лимбу поперечного перемещения стола. На практике точно определить положение точки M затруднительно, поэтому заточка заднего угла α выполняется путём пробных заточек, с последующей поднастройкой станка. После достижения заданного угла γ производят заточку всех зубьев.

Заточка по главной задней поверхности производится согласно схеме, показанной на рис. 2.7. Заточиваемый зуб упирается передней поверхностью в упор, устанавливаемый на шпиндельной бабке станка. Конец упора смещают в вертикальном направлении относительно оси центров на величину h_α , определяемую по формуле

$$h_\alpha = \frac{D}{2} \cdot \sin(\alpha).$$

Прижимая зуб к упору, и переместив стол на заданную глубину резания по лимбу поперечного перемещения, сообщают столу продольные перемещения. Так последовательно заточивают все зубья.

Заточку передней поверхности вспомогательной режущей кромки производят в тех случаях, когда угол спирали фрезы значительно отличается

от оптимального вспомогательного переднего угла. Фрезу при этом устанавливают в универсально-заточную головку, закрепленную на столе станка. Заточку производят тарельчатым кругом. Заточную головку поворачивают в горизонтальной плоскости на угол γ_1 , а режущую кромку совмещают с торцевой плоскостью круга. Заточку производят путем врезания на высоту торцевого зуба при продольном перемещении стола (рис. 2.8).

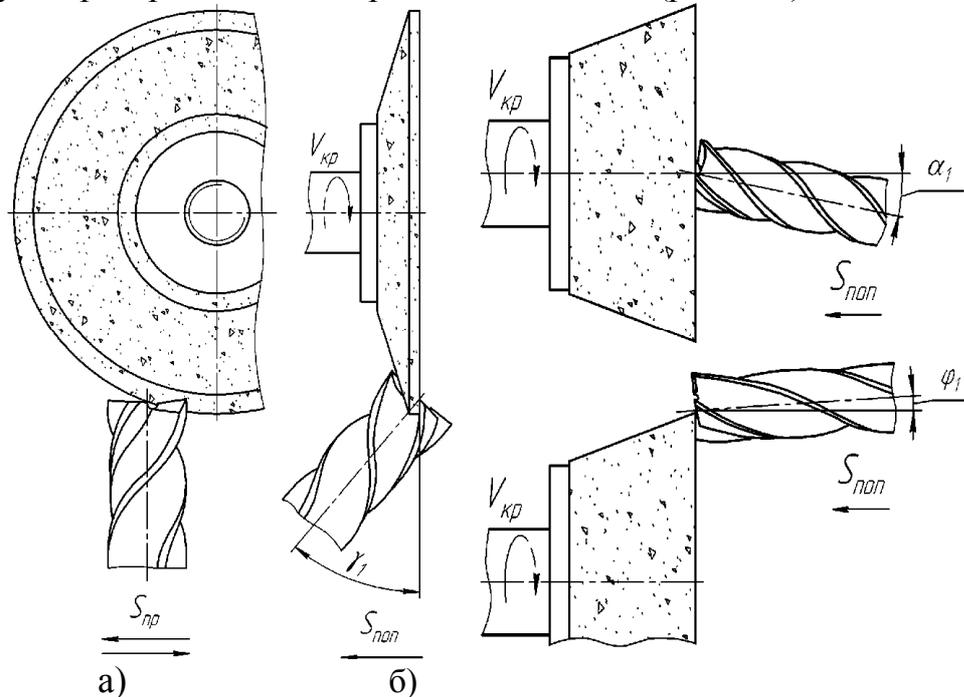


Рис. 2.8. Схемы заточки концевой фрезы:
 а) передней поверхности вспомогательной режущей кромки;
 б) задней поверхности вспомогательной режущей кромки

Заточка задней поверхности вспомогательных режущих кромок осуществляется также с помощью заточной головки. При этом её поворачивают в вертикальной плоскости на угол α_1 , в горизонтальной плоскости на угол ϕ_1 , а фрезу вокруг своей оси так, чтобы кромка заняла горизонтальное положение (см. рис. 2.8).

Порядок выполнения работы:

В качестве задания студенту выдаётся фреза.

1) Выполните эскиз фрезы (см. рисунки 2.2, 2.5, 2.6) с соблюдением требований ЕСКД.

2) Определите наименование фрезы, материал режущей части, число зубьев, тип фрезы в зависимости от числа зубьев z , тип зуба (см. рисунок 2.1), габаритные размеры. Результаты отобразите в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Характеристики фрез

№ п/п	Наименование фрезы	Материал режущей части	Число зубьев z	Тип фрезы по числу зубьев z	Тип зуба	Размеры $D, L, мм$	Размеры $L, мм$

- 3) Произведите заточку фрезы.
- 4) Измерьте геометрические параметры выданной фрезы (см. рисунки 2.2, 2.5, 2.6), обозначьте их на эскизе.
- 5) Произведите расчёт углов резания по формулам (2.1) – (2.5), в зависимости от типа фрезы, обозначьте их на эскизе.

Контрольные вопросы и задания:

- 1) Какие типы фрез Вы знаете?
- 2) В чём состоят преимущества спиральных фрез перед прямозубыми?
- 3) Какие формы шлифовальных кругов применяются для заточки фрез?
- 4) Какие инструменты применяются для измерения углов фрез? Покажите на конкретных примерах, как ими пользоваться.
- 5) В чём состоит настройка станка и заточных приспособлений при заточке зубьев фрез?

Лабораторная работа № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ И ЗАТОЧКА МЕТЧИКОВ

Цель работы: приобретение навыков определения геометрических параметров метчиков.

Задачи работы:

- 1) ознакомление с конструкцией и геометрией метчика;
- 2) измерение геометрических параметров метчика;
- 3) знакомство с техникой заточки метчиков;
- 4) проработка контрольных вопросов.

Оснащение: комплект метчиков, контрольно-измерительные приборы и устройства, универсально-заточной станок.

Общие сведения о метчиках

Метчики предназначены для нарезания и/или калибрования внутренних цилиндрических и конических резьб с различным профилем вручную или на станках. Метчик состоит из режущей 1, калибрующей 2 и крепёжной частей в виде хвостовика 3 (рис. 3.1).

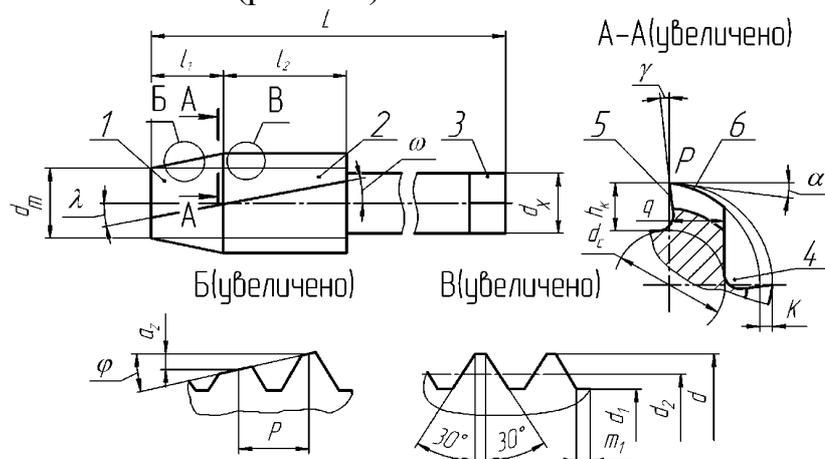


Рис. 3.1. Метчик для нарезания метрической резьбы:

- 1 - режущая часть; 2 - калибрующая часть; 3 - хвостовик;
4 - стружечная канавка; 5 - передняя поверхность; 6 - задняя поверхность

На рабочей части метчика выполнены стружечные канавки 4, образующие переднюю поверхность 5, которая наклонена к основной плоскости под передним углом γ . Режущие зубья метчика характеризуются задним углом α и углом ϕ заборного конуса.

В процессе эксплуатации режущая способность метчиков ухудшается из-за износа лезвий. Наибольший износ наблюдается на границе режущей и калибрующей частей. При этом износ по передней и задней поверхностям режущего клина наблюдается в соотношении $n_\alpha > n_\gamma$ (рис. 3.2). Для метчиков различного назначения и размеров допустимый износ по задней поверхности определяется следующим выражением [12]

$$n_\alpha = x \cdot d, \quad (3.1)$$

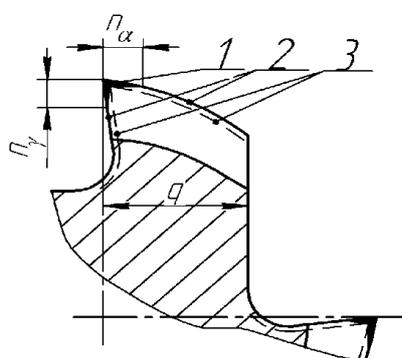


Рис. 3.2. Характер износа зубьев метчика
1 - зона износа; 2 - исходный контур зуба;
3 - контур зуба после комбинированной заточки

где d - номинальный диаметр резьбы метчика, мм; x - коэффициент, принимающий следующие значения: 0,05 - для гаечных метчиков; 0,07 - для машинных метчиков при нарезании резьбы в чугунных деталях; 0,125 - для машинных метчиков при нарезании резьбы в стальных деталях.

С целью увеличения ресурса рекомендуется ручные и машинные метчики затачивать по передней и задней поверхностям, а метчики для глухих отверстий и гаечные метчики - по передней поверхности. Количество переточек по задней поверхности ограничивается минимально допустимой длиной калибрующей части ($L_{2\min} = 2P$), а количество переточек по передней поверхности минимально допустимой толщиной зуба ($q_{\min} = 0,5 \cdot q$).

Заточка метчика

Для заточки метчиков используются станки общего и специального назначения. На станках общего назначения осуществляется заточка передней поверхности всех зубьев и задней поверхности режущих зубьев метчика. При этом используют шлифовальные круги тарельчатой или чашечной формы.

Перед заточкой по передней поверхности (рис. 3.3) метчик с прямыми канавками устанавливают на станке так, чтобы передняя поверхность располагалась параллельно торцу шлифовального круга. Затем круг опускают во впадину зуба на глубину $H_3 > 2 \cdot H$, где H - высота профиля резьбы, мм. Для обеспечения требуемого значения переднего угла γ торец круга смещают относительно вертикальной осевой плоскости метчика на величину h_γ

$$h_\gamma = \frac{d}{2} \cdot \sin(\gamma). \quad (3.2)$$

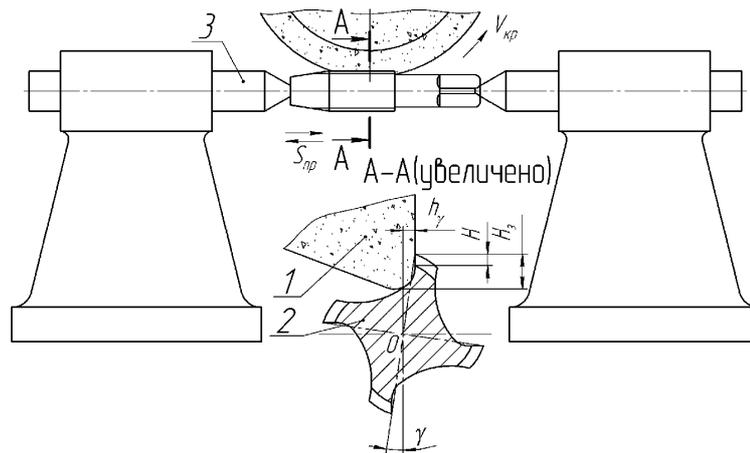


Рис. 3.3. Схема заточки метчика по передней поверхности
1 - шлифовальный круг; 2 - метчик; 3 - центр

Заточку режущей части метчиков по задней поверхности можно выполнить по схеме, представленной на рис. 3.4.

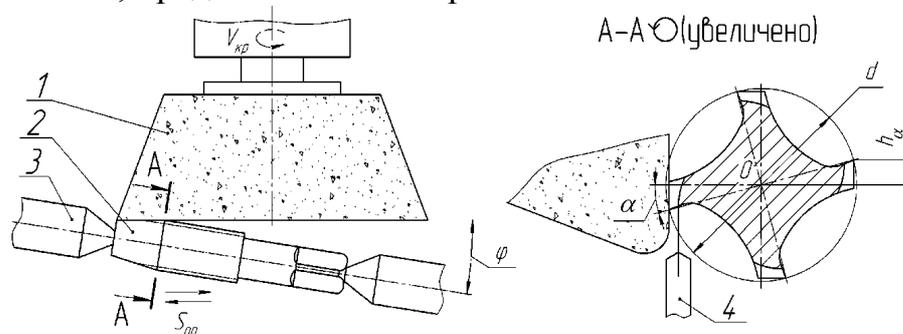


Рис. 3.4. Схема заточки режущей части метчика по задней поверхности
1 - шлифовальный круг; 2 - метчик; 3 - центр; 4 - упор

Метчик устанавливают в центрах и поворачивают относительно торца круга на заданный угол в плане ϕ . Затем метчик поворачивают вокруг оси центров таким образом, чтобы вершина затачиваемого зуба опустилась на величину h_α

$$h_\alpha = \frac{d}{2} \cdot \sin(\alpha). \quad (3.3)$$

Для предотвращения поворота метчика во время заточки используют упор.

Заточка задней поверхности калибрующих зубьев метчика осуществляется на станках специального назначения при его изготовлении. Соответствующая операция называется затылованием. В результате затылования задняя поверхность калибрующих зубьев приобретает криволинейный профиль (спираль Архимеда), который характеризуется величиной падения затылка K (см. рис. 3.1):

$$K = \frac{\pi \cdot d}{z} \cdot \operatorname{tg}(\alpha). \quad (3.4)$$

Порядок выполнения работы.

- 1) Получите метчик и исходные данные для выполнения работы.
- 2) Выполните эскиз метчика с соблюдением требований ЕСКД.
- 3) Измерьте геометрические параметры метчика, результаты занесите в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Основные параметры метчика

Наименование параметров	Обозначение	Численное значение
Номинальный диаметр, мм	M	
Наружный диаметр, мм	d	
Средний диаметр, мм	d_2	
Внутренний диаметр, мм	d_1	
Шаг резьбы, мм	P	
Ширина впадины резьбы, мм	m_1	
Число стружечных канавок, шт.	z	
Глубина стружечной канавки, мм	h_k	
Диаметр сердцевины, мм	d_c	
Угол наклона стружечной канавки, градусы	ω	
Угол наклона передней плоскости режущих зубьев, градусы	λ	
Угол заборного конуса (угол в плане), градусы	φ	
Длина метчика, мм	L	
Длина режущей части	l	
Длина калибрующей части, мм	l_1	
Диаметр свободного торца, мм	d_r	
Диаметр хвостовика, мм	d_x	
Толщина зуба, мм	q	
Передний угол, градусы	γ	
Задний угол, градусы	α	

- 4) Проведите заточку метчика (см. рисунки 3.3, 3.4).
- 5) Рассчитайте высоту подъема на зуб

$$a_{zn} = \frac{P}{z} \cdot \sin(\varphi). \quad (3.5)$$

6) Определите рациональную область использования метчика в зависимости от величины подъема на зуб a_{zn} . Величина a_{zn} при обработке стали 0,02 - 0,05; при обработке чугуна 0,05 - 0,1; при обработке цветных материалов 0,1 - 0,15.

- 7) Представьте преподавателю результаты выполненной работы.

Контрольные вопросы и задания

- 1) Чем определяется допустимый износ по задней поверхности метчика?
- 2) По каким поверхностям затачивается метчик?
- 3) Чем ограничивается количество переточек метчика?
- 4) В чём состоит настройка станка и приспособлений при заточке зубьев метчика?
- 5) Какими параметрами метчика определяется величина подъёма на зуб a_{zn} ?
- 6) На что оказывает влияние угол наклона передней плоскости режущих зубьев λ ?
- 7) От чего зависит выбор угла в плане φ при заточке?

Лабораторная работа № 4

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ И ЗАТОЧКА ЧЕРВЯЧНЫХ ФРЕЗ

Цель работы: изучение конструкции и приобретение навыков определения геометрических параметров червячных фрез.

Задачи работы:

- 1) ознакомление с конструкцией и геометрией червячных фрез;
- 2) измерение геометрических параметров червячной фрезы;
- 3) знакомство с техникой заточки червячных фрез;
- 4) проработка контрольных вопросов.

Оборудование: комплект червячных фрез, контрольно-измерительные приборы и устройства, универсально-заточной станок.

Общие сведения о червячных фрез

Червячные фрезы предназначены для нарезания цилиндрических зубчатых колес. Червячная фреза включает корпус 1 с буртиками 2, рабочую часть 3, режущие зубья 4 (рис. 4.1). Режущая способность червяка обеспечивается выполнением стружечных канавок 6 с последующей окончательной обработкой зубьев по поверхностям 7 и 8.

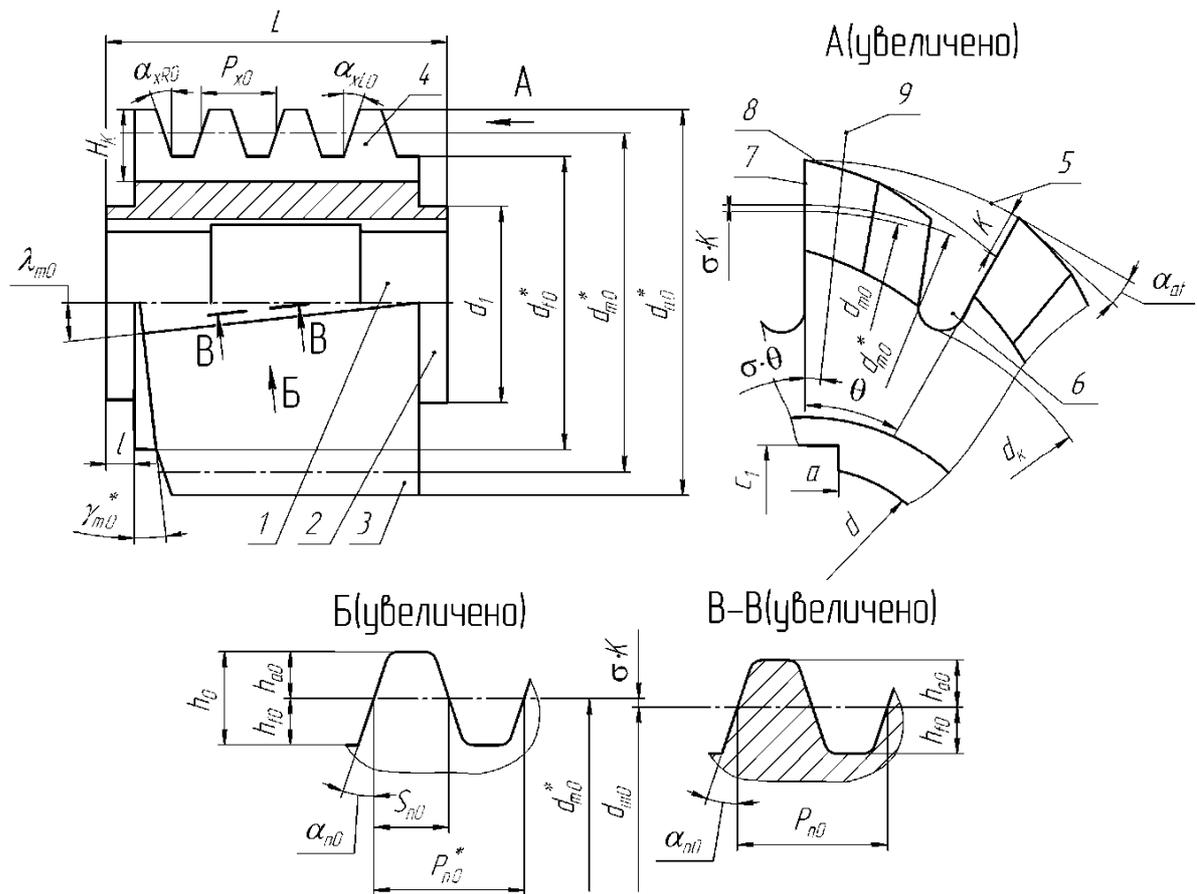


Рис. 4.1. Однозаходная червячная зуборезная фреза (ГОСТ 9324-80) для окончательной обработки цилиндрических колес с эвольвентным профилем:

- 1 - корпус; 2 - буртик; 3 - рабочая часть (червяк); 4 - зуб фрезы;
 5 - поверхность вершин зубьев; 6 - стружечная канавка; 7 - передняя поверхность;
 8 - задняя поверхность; 9 - след плоскости расчётного сечения зуба

Задняя поверхность зубьев образуется при изготовлении фрезы в результате операции затылования. Затылованные зубья сохраняют форму режущей кромки при переточках по передней поверхности, что обеспечивает постоянство профиля зубьев нарезаемых зубчатых колес. В результате затылования задняя поверхность зубьев приобретает криволинейный профиль (спираль Архимеда), который характеризуется величиной падения затылка K (рис. 4.1):

$$K = \frac{\pi \cdot d_{a0}^*}{z_0} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{at}) \quad (4.1)$$

или

$$K = \frac{\pi \cdot d_{a0}^*}{z_0 \cdot \cos(\gamma_{m0})} \cdot \operatorname{tg}(\alpha_{a\gamma}) \quad (4.2)$$

где d_{a0}^* - диаметр окружности вершин зубьев, мм;

γ_{m0} - угол подъёма витков червяка;
 z_0 - число стружечных канавок;
 α_{α} - задний угол на вершине зуба фрезы в торцовой плоскости;
 $\alpha_{\alpha\gamma}$ - задний угол на вершине зуба фрезы в плоскости спирали с углом γ_{m0} .
 Из выражений (4.1) и (4.2) следует, что

$$\alpha_{\alpha\gamma} = \arctg(\tg(\alpha_{\alpha t}) \cdot \cos(\gamma_{m0})),$$

$$\alpha_{\alpha\gamma} < \alpha_{\alpha t}. \quad (4.3)$$

При проектировании червячной фрезы, параметры профиля зуба определяют в так называемом, расчётном сечении (поз. 9, сечение P-P (см. рис. 4.1). При этом фреза изготавливается так, чтобы передняя поверхность зубьев располагалась под углом θ к расчётному сечению, где θ - угловой шаг зубьев в градусах ($\theta = 360/z_0$), σ - коэффициент затылования ($\sigma = 0,10...0,15$). Это позволяет увеличить технологический ресурс фрезы и обеспечивает минимальные погрешности обработки после переточек. На рис. 4.1 параметры профиля передней поверхности (вид N) указаны с верхним индексом «*», а параметры расчётного сечения (сечение P-P) – без верхнего индекса.

Заточка зубьев червячной фрезы на универсально-заточных станках осуществляется по передней поверхности кругом тарельчатой формы. Заточная операция восстанавливает режущую способность фрезы после износа, но изменяет ряд её параметров: уменьшаются диаметры $d_{\alpha 0}^*$, d_{m0}^* , d_{f0}^* , увеличивается угол подъёма витка γ_{m0}^* , уменьшается нормальный шаг P_{n0}^* [13, 14].

Порядок определения геометрических параметров червячных фрез

Для определения модуля m_0 , угла профиля α_{n0} , угла подъёма витка γ_{m0} , шага P_z винтовой стружечной канавки, числа стружечных канавок z_0 измерительные приборы не требуются. Эти параметры определяются по маркировке фрезы и заносятся в таблицу 4.1.

Штангенциркуль необходим для измерения основных размеров фрезы, таких как d_1 , l , L , C_1 , α (рис. 4.1) и $d_{\alpha 0}^*$, d_{f0}^* , H_k при чётном значении z_0 .

Штангензубомер используется для измерения высоты h_0 и толщины зуба S_{n0} , а также толщины его ножки S_{f0} . Измерение отмеченных параметров у червячной фрезы показано на рис. 4.2. Для измерения толщины зуба S_{n0} необходимо предварительно установить штангензубомер на высоте $h_{\alpha 0}$ (рис. 4.2, б), которая определяется по следующей формуле:

$$h_{\alpha 0} = 1,25 \cdot m_0. \quad (4.4)$$

Передний угол $\gamma_{\alpha t}$ определяют штангенрейсмасом (см. рис. 2.4, а). Перед началом измерений нож штангенрейсмаса устанавливают по линии центров и записывают показание N_0 . Затем совмещают нож с передней поверхностью зуба фрезы и записывают показание N_1 . Передний угол γ_{α} определяют по формуле (2.3).

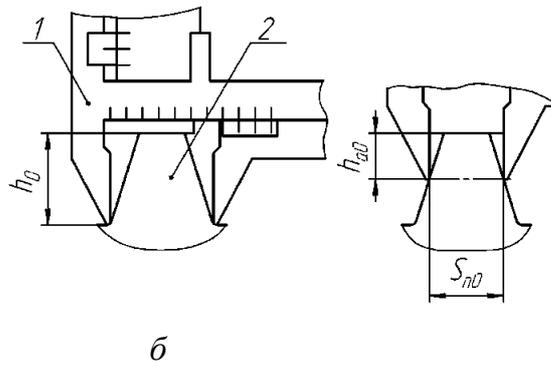


Рис. 4.2. Схемы измерения штангензубомером
 а - схема измерения высоты зуба h_0 ; б - схема измерения толщины зуба S_{nD} ;
 1 - штангензубомер; 2 - зуб фрезы

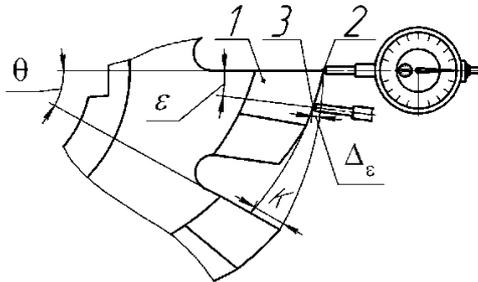


Рис. 4.3. Схема измерения величины падения затылка K :
 1 - рабочий (шлифованный) участок зуба;
 2 - исходное положение индикатора;
 3 - конечное положение индикатора

Определение заднего угла α_{at} производится с помощью индикатора часового типа ИЧ-10 (рис. 4.3). Индикатор устанавливают в поз. 2. Затем осуществляют поворот фрезы на угол $\varepsilon = 10...20^\circ$ и определяют перемещение головки индикатора Δ_ε при её установке в позицию 3. Далее оценивают величину затылования по формуле

$$K = \Delta_\varepsilon \cdot \frac{\theta}{\varepsilon}, \quad (4.5)$$

где θ - угловой шаг зубьев фрезы в градусах,

$$\theta = \frac{360}{z_0}.$$

Определив K , из формулы (4.1) можно найти задний угол α_{at} в торцевой плоскости

$$\alpha_{at} = \arctg \left(\frac{K \cdot z_0}{\pi \cdot d_{a0}^*} \right). \quad (4.6)$$

Заточка червячных фрез

Для заточки зубьев червячной фрезы по передней поверхности, шпиндельную бабку заточного станка поворачивают на угол λ_{m0} (рис.4.4). Стол

станка устанавливают в положение, при котором ось фрезы располагается в одной плоскости с вертикальной осью симметрии торца шлифовального круга (точка пересечения осей обозначена буквой M на рисунке 4.4). Затем стол станка смещают в сторону к шпиндельной бабке станка на величину h_γ

$$h_\gamma = \frac{d_{a0}^*}{2} \cdot \sin(\gamma).$$

Величину h_γ отсчитывают по лимбу поперечного перемещения стола. На практике точно определить положение точки M затруднительно, поэтому заданный угол γ достигается путём выполнения пробных заточек с последующей поднастройкой станка. После достижения заданного угла γ производят заточку всех зубьев.

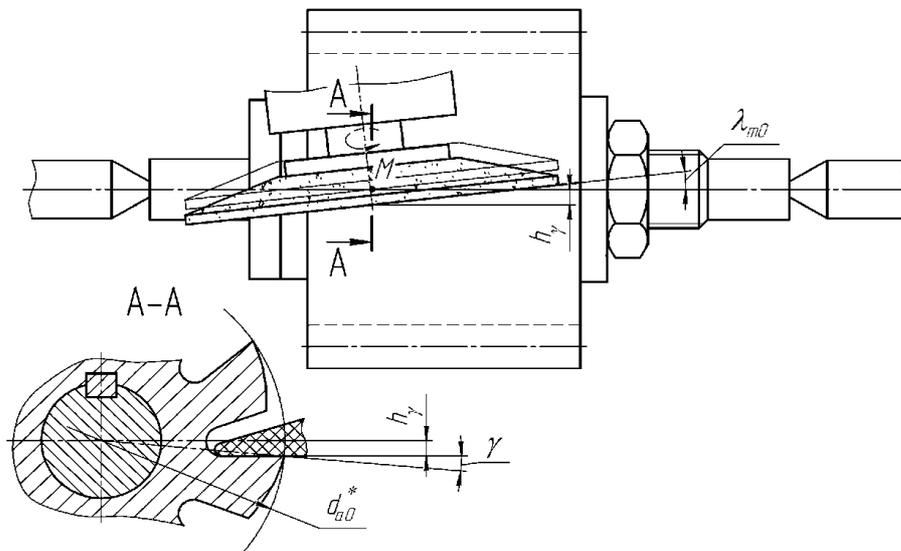


Рис. 4.4. Схема заточки передней поверхности главной режущей кромки червячной фрезы

Заточка задней поверхности зубьев червячной фрезы осуществляется на станках специального назначения при её изготовлении. Соответствующая операция называется затылованием. В результате затылования задняя поверхность зубьев приобретает криволинейный профиль (спираль Архимеда), который характеризуется величиной падения затылка K (см. рис. 4.3).

Порядок выполнения работы

- 1) Получите червячную фрезу и исходные данные для выполнения работы.
- 2) Выполните эскиз фрезы с соблюдением требований ЕСКД.
- 3) Измерьте конструктивные и геометрические параметры фрезы.
- 4) Рассчитайте следующие параметры фрезы:
 - диаметр делительной окружности в расчётном сечении:

$$d_{m0} = \frac{m_0}{\sin(\gamma_{m0})};$$

- нормальный шаг между зубьями в расчётном сечении:

$$P_{n0} = \pi \cdot m;$$

- осевой шаг между зубьями:

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos(\gamma_{m0})};$$

- величину затылования K - по формуле (4.5);

- задний угол α_{at} на вершине зуба в торцовой плоскости по формуле (4.6);

- задний угол на вершине зуба в плоскости спирали по формуле (4.3);

- угол наклона стружечных канавок

$$\lambda_{m0} = \arctg\left(\frac{\pi \cdot d_{m0}}{P_z}\right);$$

- высоту ножки зуба h_{a0} по формуле (4.4).

5) Проведите заточку червячной фрезы по передней поверхности.

6) Заполните табл. 4.1.

Таблица 4.1

Основные параметры червячной зуборезной фрезы

Наименование параметров	Обозначение	Значение
Модуль, мм	m_0	
Угол главного профиля, градусы	α_{n0}	
Угол подъема витка, градусы	γ_{m0}	
Нормальный шаг между зубьями в расчётном сечении, мм	P_{n0}	
Осевой шаг между зубьями, мм	P_{x0}	
Шаг винтовой стружечной канавки, мм	P_z	
Угол наклона стружечных канавок, градусы	λ_{m0}	
Число стружечных канавок, шт.	z_0	
Длина фрезы, мм	L	
Диаметр буртика, мм	d_1	
Длина буртика, мм	l	
Диаметр отверстия, мм	d	
Диаметр окружности вершин, мм	d^*_{a0}	
Диаметр окружности впадин, мм	d^*_{f0}	
Диаметр окружности впадин стружечных канавок, мм	d_k	

Глубина стружечной канавки, мм	H_k	
Высота шпоночного паза, мм	C_1	
Ширина шпоночного паза, мм	a	
Высота зуба, мм	h_0	
Высота головки зуба, мм	$h_{\alpha 0}$	
Толщина зуба, мм	S_{n0}	
Величина затылования, мм	K	
Задний угол на вершине зуба в торцовой плоскости, градусы	α_{at}	
Задний угол на вершине зуба в плоскости спирали, градусы	$\alpha_{\alpha\gamma}$	
Передний угол в торцовой плоскости, градусы		γ_{at}

Контрольные вопросы и задания

- 1) Что такое расчётное сечение фрезы?
- 2) По каким поверхностям затачивается фреза?
- 3) В чём заключается процесс затылования зубьев фрезы, и какими параметрами он описывается?
- 4) Что определяет маркировка червячной зуборезной фрезы?
- 5) Чем определяется выбор количества стружечных канавок при проектировании червячной фрезы?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Автоматизация инструментальной подготовки производства с помощью ЭВМ. – М.: Центрот, 1973.
2. Автоматизация проектно-конструкторских работ и технологической подготовки производства в машиностроении. Т. 2. – Минск: «Вышэйшая школа», 1977.
3. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1976.
4. Алексеев, Г. А. и др. Расчет и конструирование режущего инструмента / Г. А. Алексеев, В. А. Аршинов, Е. А. Смольников. – М.: Машгиз, 1950, 1951.
5. Аршинов, В. А. Резание металлов и режущий инструмент / В. А. Аршинов, Г. А. Алексеев. – М.: Машиностроение, 1975.
6. Басе, И. А. Профилирование червячных фрез с использованием ЭЦВМ / И. А. Басе. – Минск: Наука и техника, 1974.
7. Блох А. Ш., Неверов Г. С. В помощь авторам алгоритмов / А. Ш. Блох, Г. С. Неверов. – Минск: Беларусь, 1971.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1	
Исследование геометрии и заточка свёрл.....	3
Лабораторная работа № 2	
Исследование геометрии и заточка фрез.....	7
Лабораторная работа № 3	
Исследование геометрии и заточка метчиков.....	13
Лабораторная работа № 4	
Исследование геометрии и заточка червячных фрез.....	17
Библиографический список.....	23

**ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ для студентов
направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
(профиль «Металлообрабатывающие станки и комплексы»)
всех форм обучения

Составитель
Жачкин Сергей Юрьевич

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 26.05.2022.
Уч.-изд. л. 1,3.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394006 Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84