

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра Технологии машиностроения

Елкин Алексей Иванович

Процессы и операции формообразования

Лабораторные работы
по дисциплине «Процессы и операции формообразования» для студентов ВлГУ,
обучающихся по направлению 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

(шифр направления, название)

Владимир – 2016 г.

Лабораторная работа №1

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ РЕЗЦОВ, ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ, КРЕПЛЕНИЯ И БАЗИРОВАНИЯ

Цель работы. Изучение конструктивных особенностей резцов с многогранными твердосплавными пластинами, способа установки в державке резца многогранных пластинок, не имеющих задних углов в статическом положении, исследование конструкции и точности позиционирования быстросменных резцов, настраиваемых на размер вне станка. Изучение конструкции приспособления для размерной настройки резцов и приобретение навыков работы на нем, изучение индикаторного приспособления для измерения точности позиционирования, анализ погрешностей позиционирования и обработка полученных данных.

Оборудование, инструменты и приборы.

Практическая часть лабораторной работы выполняется на универсально-заточном станке, приспособлении для настройки резца на размер вне станка. Используются эталон к приспособлению для установки нулевого показания индикатора с маркировкой номинального и фактического размера длины; индикаторное приспособление для измерения точности позиционирования резца; резцовая вставка с резцом для настройки длины; проходные токарные резцы с механическим креплением многогранных пластин; макет державки; резца для пластин из алюминия или дерева.

Формообразование основных элементов гнезда под пластинку выполняют в двух или трех поворотных тисках с использованием специальной державки.

Контроль полученных геометрических параметров режущей части выполняется с помощью настольного угломера для контроля углов резца в плане.

Методика выполнения работы

1. В соответствии с заданными условиями обработки выбирают форму многогранной пластинки. Число граней пластинки:

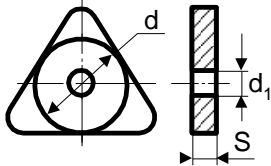
$$n = 360 / (\varphi + \varphi_1)$$

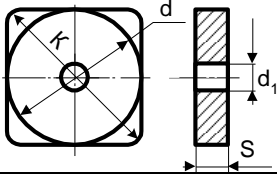
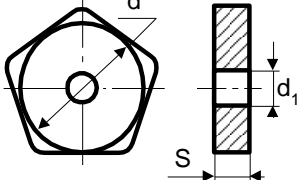
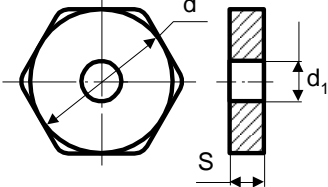
где φ и φ_1 - главный и вспомогательный углы в плане.

Если n получается дробным, его округляют до целого числа, при этом сохраняя заданное значение φ , а φ_1 определяют расчетом, используя приведенную формулу.

При выборе пластинки необходимо пользоваться рекомендациями таблицы 1.

Таблица 1

Многогранные пластинки с $\alpha = 0$	d, мм	d ₁ , мм	S, мм
1	2	3	4
Трехгранные 	9,525 12,700	3,81 5,16	3,18 4,76

<p>Четырехгранные</p> 	15,875 19,050	6,35 7,93	4,76 6,35
<p>Пятигранные</p> 	15,875 19,050	6,35 7,93	4,76 4,76
<p>Шестигран- ные</p> 	22,200	7,93	6,35

2. Для создания задних углов на главной и вспомогательной режущих кромках, пластинка должна быть установлена в державке с наклоном в сторону вершины резца. В резце с пластинкой нельзя задавать независимо друг от друга все шесть геометрических параметров режущей части (углы φ , φ_1 , γ , α , α_1 , λ). Геометрические параметры резца с многогранной пластинкой определяются углами α , α_1 , значения которых задаются независимо друг от друга. Значения φ_1, γ и λ - производные от φ , α , α_1 .

На практике пользуются приближенными выражениями для определения ориентации пластинки без задних углов. Схема ее установки показана на рис.1. После выбора числа граней пластинки по заданным углам φ и φ_1 и определения фактической величины φ_1 задают требуемые значения α и α_1 и определяют угол поворота ν опорной плоскости пластинки относительно основной плоскости резца, а также положение оси поворота Т-Т относительно главной режущей кромки резца (угол $90^\circ - \theta$). Угол θ определяет положение плоскости поворота пластинки. Значение этих параметров находят по приближенным формулам

$$tg\nu = tg\alpha / \sin\theta,$$

$$tg\theta = \frac{tg\alpha \sin \eta}{tg\alpha_1 + tg\alpha \cos \eta},$$

где η - угол при вершине пластинки:

$$\eta = [180(n - 2)].$$

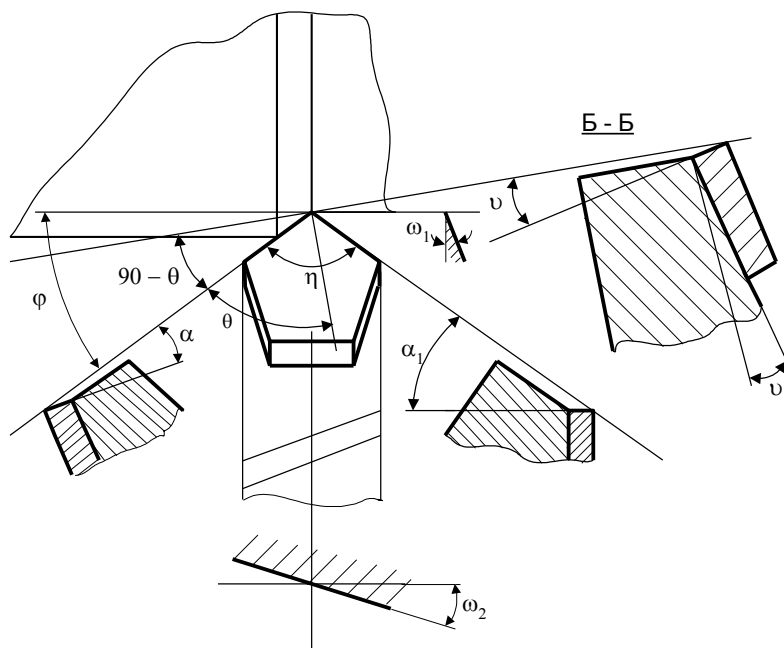


Рис.1. Схема расположения опорной поверхности пластины на державке резца

Угол λ определяют по формуле $\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{tg} \alpha \operatorname{ctg} \theta$.

Передний угол: $\gamma = \gamma_{\text{пл}} - \alpha$, где $\gamma_{\text{пл}}$ - передний угол в статическом положении.

3. Для проверки выполненных расчетов опорную поверхность гнезда державки обрабатывают на макете резца (рис.2). Обработка осуществляется на универсально-заточном станке шлифовальным кругом.

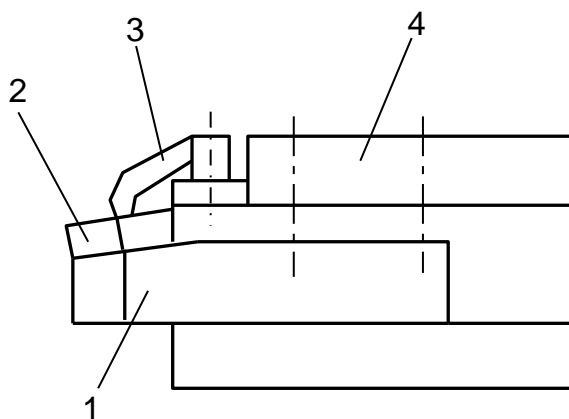


Рис.2. Схема закрепления многогранной режущей пластинки на макете:

1 - корпус; 2 - пластинка; 3 - прихват;
4 - обойма

Державки на станке устанавливают в трехповоротных тисках. Для настройки тисков необходимо определить углы поворота, после настройки на которые опорная плоскость гнезда под пластинку займет требуемое положение. Опорную плоскость гнезда задают двумя прямыми, расположенными в поперечном сечении корпуса под углом ω_2 и в продольном сечении под углом ω_1 (см. рис.1).

Углы ω_1 и ω_2 определяют по формулам:

$$\operatorname{tg} \omega_1 = (\operatorname{tg} \alpha / \cos \gamma) \cos \varphi + \operatorname{tg} \lambda \sin \varphi,$$

$$\operatorname{tg} \omega_2 = (\operatorname{tg} \alpha / \cos \gamma) \sin \varphi - \operatorname{tg} \lambda \cos \varphi.$$

Настройку приспособления при шлифовании опорной поверхности под пластинку на заточном станке (рис.3) выполняют относительно вертикального положения основной плоскости резца. Угол ω_1 устанавливают по шкале лимба горизонтальной оси, а угла ω_2 - по шкале оси, перпендикулярной основанию стола станка. Поверхность шлифуют торцом круга.

4. После обработки опорной поверхности державку устанавливают в обойме (см.

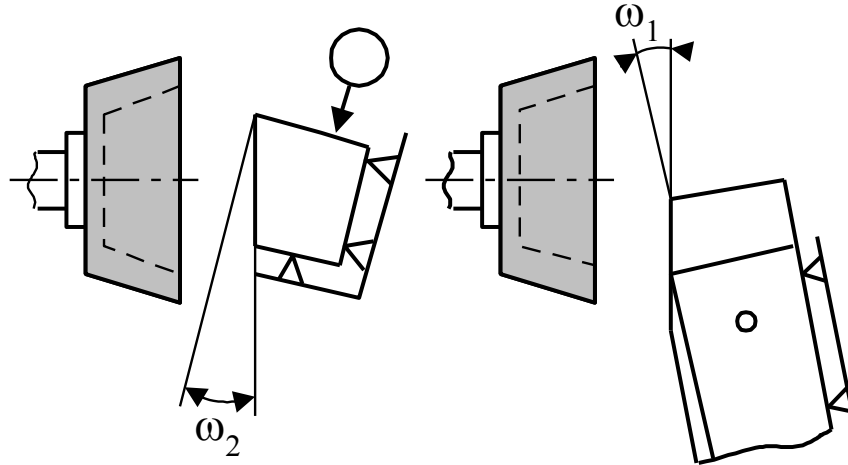


Рис.3. Установка державки резца при шлифовании опорной поверхности гнезда под пластинку на станке

рис.2) и на ней закрепляют многогранную пластинку.

Ориентацию пластинки в державке производят по главному углу в плане φ , (рис.4). После закрепления измеряют и анализируют величины фактических значений геометрических параметров резца - α , α_1 , φ , λ , γ . При их отклонениях, превышающих допустимые значения (табл.2), проверяют расчеты и работу повторяют.

Таблица 2

Параметры резца	Углы, град.					
	α	α	γ	λ	φ	φ
Твердосплавный	6 - 15	1 - 15	-20 - 16	-20 - 20	30 - 100	0 - 45
Быстрорежущий			5÷30			
Допуск на углы	+1	±0,5 при $\alpha_1 < 2$ ±1 при $\alpha_1 > 2$	±1 при $\gamma < 12$ ±2 при $\gamma > 12$	±1	±2	±0,5 при $\varphi_1 < 2$ $\varphi_1 = 2 - 5$ ±2 при $\varphi_1 > 5$

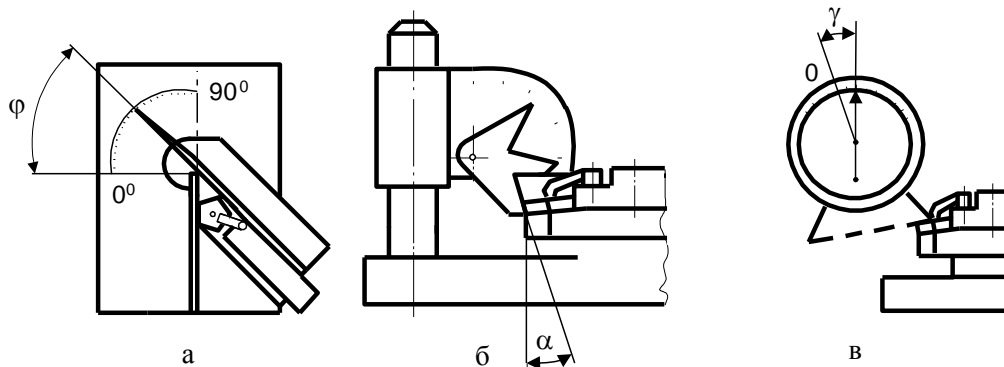


Рис.4. Схемы контроля геометрических параметров резца:

а - углов в плане с помощью специального угломера; б - задних углов с помощью настольного прибора; в - переднего угла с помощью маятникового угломера

5. Настраивают длину L резцовой вставки (рис.5) в приспособлении для настройки резцов вне станка. Схема приспособления показана на рис.6. Нулевое показание индикатора устанавливают по эталону с номинальной длиной L . По эталону устанавливают нулевое показание шкалы индикатора приспособления. Натяг индикатора делают около одного миллиметра. Записывают фактический размер эталона и показание индикатора.

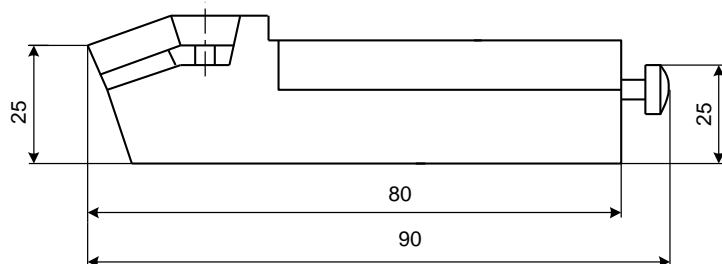


Рис.5. Резцовая вставка

Затем устанавливают в приспособление резцовую вставку и настраивают ее на длину L с точностью $\pm 0,01$ мм. Записывают действительный размер резца, равный фактической длине эталона, и показание индикатора.

6. Погрешность установки резцовой вставки определяют специальным контрольным приспособлением (рис.7). Работа его осуществляется следующим образом. Оправку затягивают рукояткой 8, а рукоятками 9 и 16 вершину резца устанавливают в середину плоского наконечника так, чтобы шкала индикатора показывала "0". Покачиванием рукоятки 13 на противовесе добиваются минимального показания индикатора - нулевое показание.

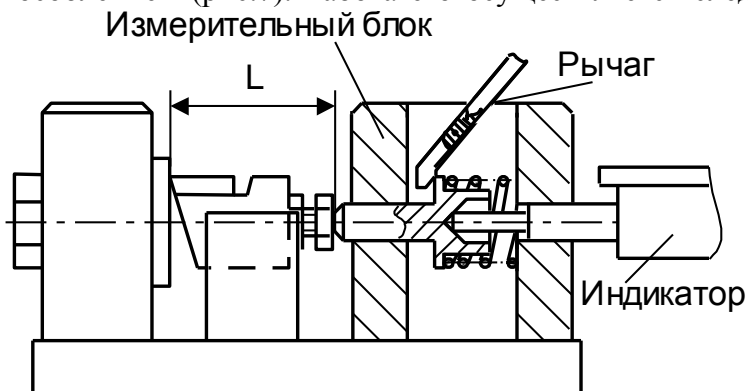


Рис.6. Приспособление для настройки длины резца вне станка

вают его. Операцию повторяют 8 - 10 раз.

7. Определяют, снимают и вновь устанавливают резец. Фиксируют минимальное показание индикатора и записывают его.

Определяют, снимают и вновь устанавливают резец. Фиксируют минимальное показание индикатора и записывают его.

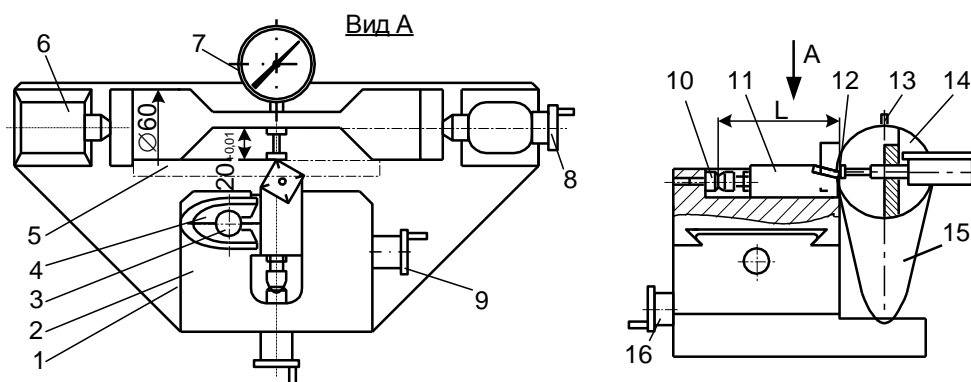


Рис.7. Схема индикаторного приспособления для исследования точности позиционирования резца: 1 - плита; 2 - резцедержавка; 3 - винт; 4 - клин; 5 - планка; 6 - центровая бабка; 7 - индикатор; 8 - рукоятка; 9 - рукоятка продольного перемещения; 10 - упор; 11 - резцовая вставка; 12 - вершина резца; 13 - рукоятка противовеса; 14 - оправка; 15 - противовес; 16 - рукоятка поперечного перемещения

Максимальное показание индикатора при многократных установках определяет погрешность установки резца, настроенного на размер вне станка.

8. Запись и обработку данных производят в соответствии с табл.3. По таблице определяют точность обработки (квалитет) детали.

Таблица 2

№ п/п	Измеряемый или рассчитываемый параметр Формула для расчета	Полученное значение параметра, мм
1	Погрешность эталона	
2	Показания индикатора контрольного приспособления, после настройки резца на размер	
3	Показания индикатора контрольного приспособления при повторных установках и закрепления резца $\delta_{y1}; \delta_{y2}; \dots \delta_{y10}$	
4	Погрешность позиционирования (настройки): $\delta_n = 1,2\sqrt{\delta_3^2 + \delta_n^2 + \delta_y^2}$	

9. Многогранные пластинки измеряют микрометром по ширине квадрата (квадратные) d , толщине S и диагонали K (см.табл.1). Результаты измерений записывают. Допустимые предельные отклонения рассматриваемых пластин приведены в табл.4.

Таблица 3

Классы допусков	Предельные отклонения мм, для параметров		
	m	d	S
A	$\pm 0,005$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$
F	$\pm 0,005$	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$
M	$\pm 0,08 \div 0,18$	$\pm 0,05 \div 0,13$	$\pm 0,13$
U	$\pm 0,13 \div 0,38$	$\pm 0,08 \div 0,25$	$\pm 0,13$

10. По эталону устанавливают нулевое показание индикатора приспособления. Резец с пластинкой по схеме крепления (рис.8,а), настраивают в приспособлении на размер L с точностью $\pm 0,01$ мм. На резце первую пластинку поворачивают и закрепляют три раза. Каждый раз записывают показания индикатора. Разность показаний индикатора представляет собой погрешность размерной настройки после поворота. На резце устанавливают и закрепляют вторую пластину. Затем повторяют предыдущие переходы.

11. Действия, аналогичные пункту 10, повторяют для резцов по другим схемам крепления (см. рис.8,б,в). Результаты опытов и расчеты записывают в табл.4.

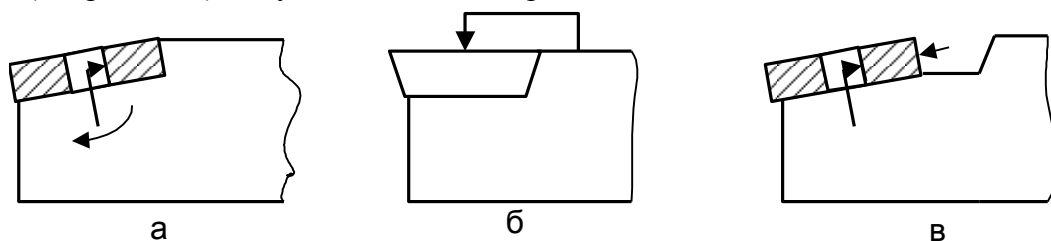


Рис.8. Схемы крепления и базирования многогранных пластин на резцах.

Таблица 4

№ п/п	Измеряемый и расчетный параметр Формула для расчета	Результат
1	2	3
1	Размеры первой пластины (см.рис.9,а) $d_1, K_1, S_1, m = (K_1 - d_1)/2$	
2	Размеры второй пластины (см.рис.9,а) $d_2, K_2, S_2, m = (K_2 - d_2)/2$	
3	Погрешность эталона $\delta_3 = L - L_{\phi}$	
4	Показания индикатора настроенного приспособления для резца (см.рис. 8,а) с первой пластиной δ_{111}	
5	Тоже после поворота и закрепления пластины: $\delta_{112}, \delta_{113}, \delta_{114}$	
6	Показания индикатора настроенного приспособления для резца (см.рис. 8,а) со второй пластиной δ_{121} Тоже после поворота и закрепления пластины: $\delta_{122}, \delta_{123}, \delta_{124}$	
7	Параметры аналогичные п.п. 4...6 для резца (см.рис. 8,б): $\delta_{211}, \delta_{212}, \delta_{213}, \delta_{214}, \delta_{221}, \delta_{222}, \delta_{223}, \delta_{234}$	
8	Погрешность длины резца (см.рис. 8,а) после поворота первой пластины: $\delta_{1n} = \delta_{11max} - \delta_{11min}$	
9	Погрешность длины резца (см.рис. 8,а) после замены первой пластины на вторую: $\delta_{13} = \delta_{12max}$	
10	Погрешность длины резца (см.рис. 8,б) после поворота первой пластины: $\delta_{2n} = \delta_{21max} - \delta_{21min}$	
11	Погрешность длины резца (см.рис. 8,б) после замены первой пластины на вторую: $\delta_{23} = \delta_{22max} - \delta_{21min}$	

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку задания, цель работы, обоснование выбора формы пластинки, геометрических параметров резца и расположения опорной поверхности гнезда под пластинку, схему обработки опор-

ной поверхности гнезда под пластинку, схему обработки опорной поверхности, эскизы приспособлений, эскиз резцовой вставки, схему определения поверхностей позиционирования, результаты измерений (в таблицах), анализ полученных данных и заключение по работе.

Контрольные вопросы

1. Какова форма твердосплавной пластинки для резца с углами в плане: $\varphi = 60^\circ$ и $\varphi_1 = 12^\circ$?
2. Каким образом у резцов с механическим креплением пластинок без задних углов обеспечивается получение главного заднего угла ?
3. Как настраивается базовая длина L резцовой вставки ?
4. С какой целью настраивают базовую длину L резцовой вставки вне станка ?
5. Какая схема установки и класс допусков пластин пригодны для бесподналадочной замены многогранных твердосплавных пластин ?
6. Какая пластина пригодна для бесподналадочной замены ее в режущих инструментах ?

Библиографический список

1. Кузнецов Ю.А., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справ. М.: Машиностроение, 1968. - 359 с.
2. Рывкин Г.М. Инструментальная оснастка для механической обработки деталей в автоматическом производстве. - М.: Машиностроение, 1972 - 145 с.
3. Металлообрабатывающий твердосплавный инструмент: Справ. / В.С. Самойлов, Э.Ф. Эйхманс, В.А. Фальковский и др. - М.: Машиностроение, 1988. - 368 с.
4. Филлипов Г.В. Режущий инструмент. - Л.: Машиностроение, 1981. - 394 с.

Лабораторная работа №2**ИССЛЕДОВАНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА**

Цель работы. Изучение конструкций спирального сверла, зенкера, развертки, их присоединительных поверхностей (хвостовиков), вспомогательного инструмента, методов формообразования задней поверхности сверла, методов формирования и контроля режущей части зенкера, а также режущей и калибрующей частей развертки. Кроме этого проводится контроль точности и геометрии свела, зенкера и развертки, обработка полученных экспериментальных данных.

Оборудование, инструменты и приборы.

1. Станок для заточки сверл (мод.ЗБ653, 3659М, ЗГ653 и др.).
2. Универсально-заточной станок (любой модели).
3. Горизонтально-фрезерный станок (мод.6Р82, 6Р82Г и др.) со шпинделем, имеющим внутренний конус 50.
4. Комплект сверл диаметром 20 - 30 мм, зенкеров диаметром 20 - 30 мм, разверток с прямым зубом диаметром 15 - 50 мм.
5. Шпиндельная головка со шкалой углов поворота сверла, специальное приспособление для заточки винтовых задних поверхностей с набором кулачков, приспособление для контроля, шлифовальный круг, центровые бабки с центрами, упорка, центрирующее приспособление, переходная втулка с конусом 50 для инструментов с конусом Морзе 3 с лапкой.
6. Стойка с индикатором часового типа с ценой деления 0,002 мм, универсальный угломер, штангенциркуль, штангенрейсмус, поводок, шаблон центроискатель, эталоны для определения шероховатости поверхности.
7. Комплект контрольных цилиндрических оправок: №1, №2, №3, №4, №5, №6, державка с конусом 50 для регулируемых патронов, втулок и оправок с цилиндрическим отверстием диаметром 36 мм (рис.8).

Краткие сведения об осевых инструментах.

Спиральные сверла являются наиболее распространенным видом инструмента для обработки отверстий (рис.1).

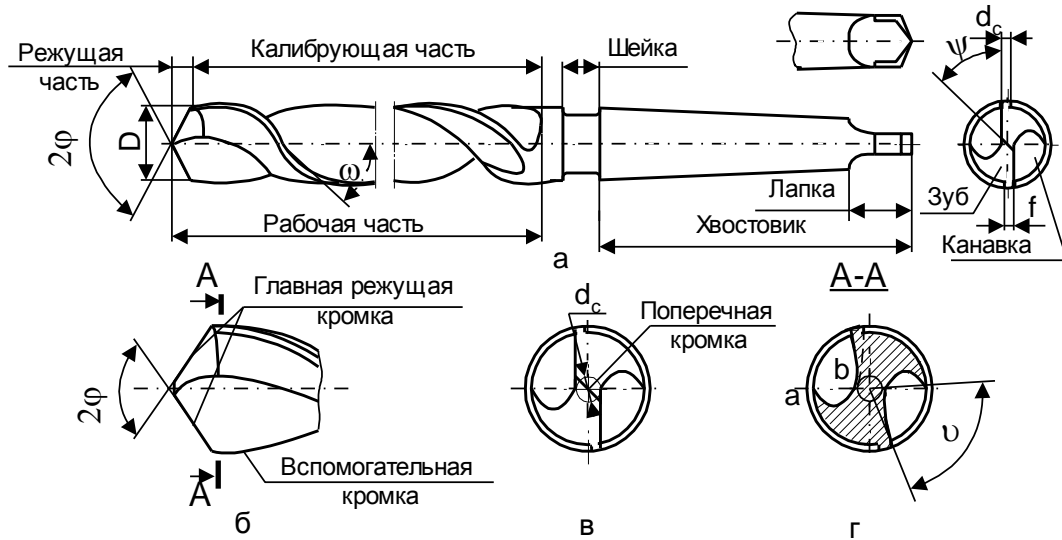


Рис.1. Спиральное сверло

Геометрия режущей части сверла (рис.2) характеризуется углами: передним γ , задним α , углом при вершине 2φ , наклона поперечной режущей кромки ψ , наклона винтовой стружечной канавки ω .

Сверло имеет сложную геометрию передних и задних углов, которые переменны для различных точек режущих кромок. В цилиндрическом сечении радиусом R_x , передний угол:

$$\operatorname{tg} \gamma_{ox} = \operatorname{tg} \omega_x - \frac{R_x}{R} \operatorname{tg} \omega,$$

где ω_x - угол наклона канавки на цилиндре радиусом R_x .

При известном шаге T стружечной канавки $\operatorname{tg} \omega_x = \frac{2R_x}{T}$.

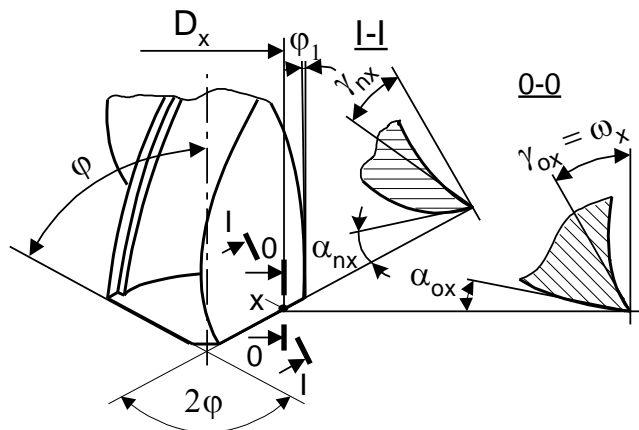


Рис.2. Геометрические параметры режущей части сверла

Нормальный передний угол γ_n на периферии сверла $\operatorname{tg} \gamma_n = \operatorname{tg} \omega / \sin \varphi$

Нормальный задний угол α на периферии сверла $\operatorname{tg} \alpha_n = \operatorname{tg} \alpha_o \sin \varphi$.

На эксплуатационные показатели сверл влияет их жесткость, определяемая формой стружечных канавок. Сверла могут иметь коническую, винтовую, одно-двухплоскостные формы задней поверхности. Винтовая форма задней поверхности осуществляет по сравнению с конической более рациональное распределение задних углов.

Двухплоскостная форма обеспечивает хорошее центрирование сверла при врезании и рекомендуется для сверл применяющихся на станках с ЧПУ.

При работе сверло изнашивается по задней и передней поверхностям, ленточке, по перемычке. Заточка производится по задней поверхности.

Шероховатость задних поверхностей и ленточек не должна превышать $R_a = 0,63 - 1,25$ мкм. Радиальное биение режущих кромок и ленточек не более $0,04 - 0,16$ мм (в зависимости от вида хвостовика, диаметра, серии).

Главные режущие кромки располагаются симметрично относительно оси сверла, их длина должна быть одинакова.

Отклонение угла при вершине сверла 2φ не более $\pm 2^\circ$, задних углов α - $\pm 1^\circ$, угла ψ - $\pm 5^\circ$.

Зенкеры применяют для обработки отверстий с допусками Н11, Н12. В зависимости от назначения зенкеры имеют различные конструкции. На рис.3 показан хвостовой зенкер из быстрорежущей стали, имеющий винтовые передние и задние поверхности. Главный угол в плане у зенкера $\varphi = 60^\circ$. Геометрия режущей части характеризуется углами: передним $\gamma = 6-12^\circ$ (при обработке стали и чугуна); $\gamma = 20-30^\circ$ (при обработке цветных металлов); задним $\alpha = 6-10^\circ$.

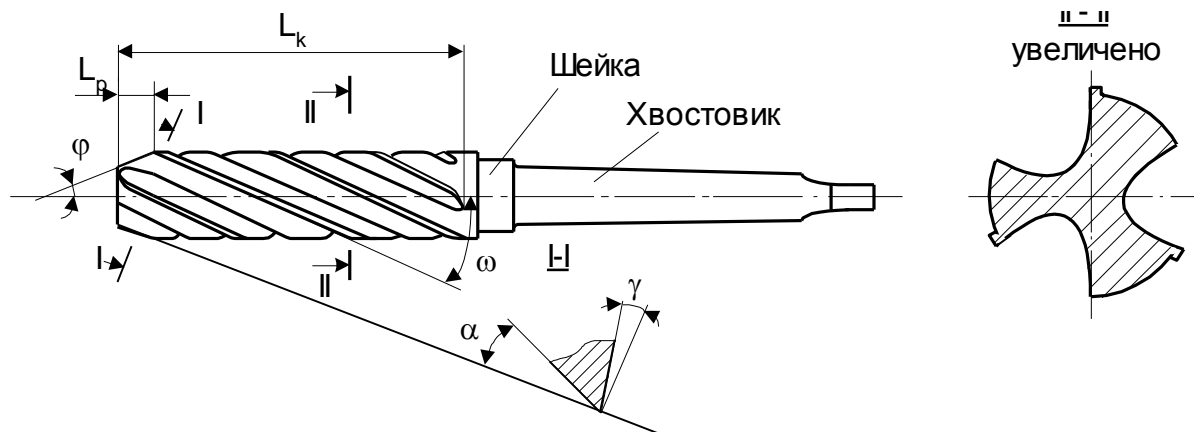


Рис.3. Зенкер с коническим хвостовиком

Характер изнашивания зенкеров зависит от обрабатываемого материала. Износ может быть по уголкам, по ленточке, по задней поверхности. Для восстановления режущей способности зенкеры необходимо затачивать по задней поверхности перьев (зубьев).

Развертки (рис.4) предназначены для чистовой обработки отверстий после сверления, зенкерования или растачивания и обеспечивают допуски Н6 -Н11 и параметры шероховатости поверхности $R_a = 2,5 - 0,160$ мкм. Передний угол у разверток $\gamma = 0^\circ$, задний угол $\alpha = 6 - 10^\circ$. Главный угол в плане φ машинных разверток выбирают в пределах от 5 до 45° ($\varphi = 15^\circ$), у ручных разверток $\varphi = 1 - 1,5^\circ$.

При изготовлении разверток режущие и калибрующие зубья затачивают по передней и задней поверхностям. Переточка производится по задней поверхности.

Одним из условий эффективной эксплуатации автоматических линий, станков с ЧПУ и автоматизированных комплексов из этих станков, управляемых от ЭВМ, а также ГПС, является применение быстросменных бесподналадочных конструкций инструментов и инструментальных блоков (режущий и вспомогательный инструмент в сборе).

Быстросменность инструмента обеспечивается совершенствованием методов его крепления и базирования, а также унификацией присоединительных поверхностей режущего и вспомогательного (зажимного) инструмента с целью сокращения его номенклатуры.

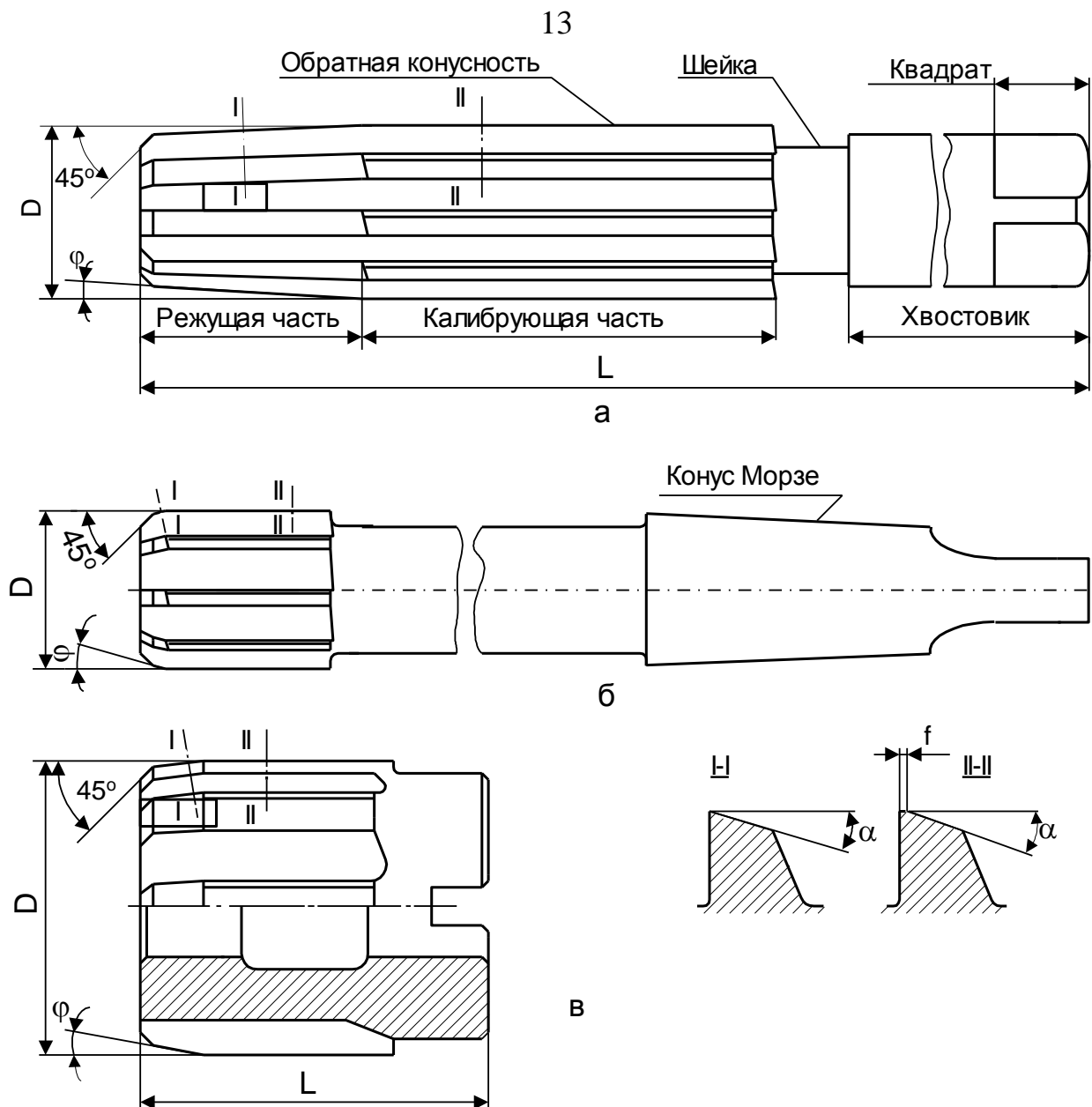


Рис.4. Развертки: а - ручная; б - машинная хвостовая; в - машинная насадная

Бесподналадочная замена инструмента обеспечивается наличием элементов регулирования инструмента на размер с помощью регулировочного винта либо упорной гайкой, а также применением цилиндрических хвостовиков с передачей крутящего момента с помощью шпонки (рис.5).

Системы инструментальной оснастки предназначены для компоновки функциональных единиц - инструментальных блоков, каждый из которых служит для конкретного технологического перехода. Важным условием эффективности подсистемы вспомогательного инструмента является его минимальное количество. Эта задача решается унификацией конструктивных элементов. С этой целью разработаны хвостовики инструментов с конусом 7:24 для станков с ЧПУ (ГОСТ 25827-83).

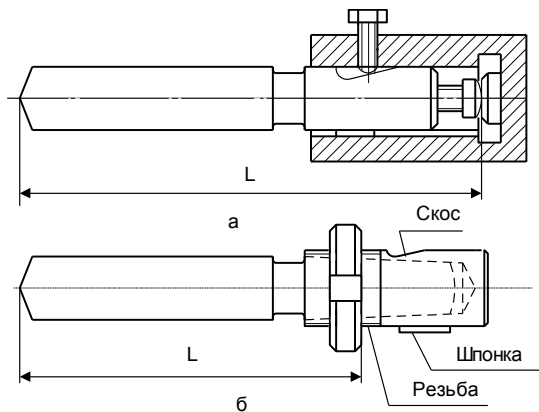


Рис. 5. Инструменты, обеспечивающие настройку размеров вне станка

Для станков классов точности Н и П степень точности хвостовиков АТ5, для классов В и А - АТ4.

В инструментальных блоках, устанавливаемых в шпинделе станка, биение режущих кромок осевых инструментов не должно превышать:

- сверло с цилиндрическим хвостовиком диаметром 6-18 мм - 0,056 мм;
- сверло с коническим хвостовиком диаметром 18 -30 мм -

0,071 мм;

- зенкер и развертка диаметром до 50 мм - 0,062 мм;
- зенкер и развертка диаметром -до 120 мм - 0,071 мм.

Методика выполнения работы

1. Выбирают два одинаковых сверла, одно из которых предназначено для образования конической задней поверхности, а второе для винтовой. Задают исходные параметры - α и 2φ .

2. Осуществляют формообразование конической задней поверхности с соответствующей наладкой заточного станка ЗБ653 со следующими значениями - $\delta = 45^\circ$, $H = (1,8 - 1,9)D$, $K = (0,5 - 0,7)D$. Коническую заднюю поверхность образуют качанием сверлодержателя станка.

3. Формообразуют винтовые задние поверхности второго сверла. При их обработке на станке типа 3659М для образования задних геометрических параметров служат пять движений. Обработку осуществляют в полуавтоматическом режиме в соответствии с инструкцией по эксплуатации станка.

При обработке задних поверхностей на станке типа 3Г653 формообразование винтовой поверхности обеспечивается движениями в соответствии с паспортными данными станка.

4. Производят контроль задних углов и осевого биения индикатором в делительной головке, углов φ и ψ при помощи универсального угломера (рис.6).

Задний нормальный угол $tg \alpha_n = 180 a / \pi r \eta$,

где η - угол поворота сверла в приспособлении.

Задний угол в цилиндрическом сечении
 $tg\alpha_o = tg\alpha_n / \sin\varphi$.

Задний угол контролируется в 3 - 4 точках и строится зависимость $\alpha = f(\rho)$ для каждого сверла.

5. На основании полученных данных анализируют особенности геометрии сверл. По биению и отклонениям углов определяют точность сверл и их соответствие техническим требованиям.

6. Для формообразования винтовой задней поверхности и получения необходимых задних углов зенкер устанавливают и закрепляют в шпинделе приспособления (рис.7). Зенкер совершает винтовое движение, создаваемое кулачком 1. При повороте маховичка 4, зенкер начинает вращаться. Упор 3, скользя по кулачку, заставляет зенкер перемещаться (преодолевая сопротивление пружины) в осевом направлении. Необходимый шаг винтовой поверхности кулачка: $P = \pi D tg\alpha_o$, где D - диаметр зенкера, α_o - задний угол.

7. По полученному результату выбирают кулачок и проводят заточку задней поверхности на режимах, указанных в общих рекомендациях.

8. После образования задних поверхностей измеряют задние углы, биение режущих кромок и главный угол в плане. Измерения производят в соответствии со схемой (рис.8). Задний угол зенкера в осевом сечении:

$$tg\alpha_o = \frac{a}{0,01745 \cdot \rho \tau \sin\varphi},$$

где: a - показание индикатора, ρ - радиус сечения, τ - угол поворота зенкера, φ - главный угол в плане.

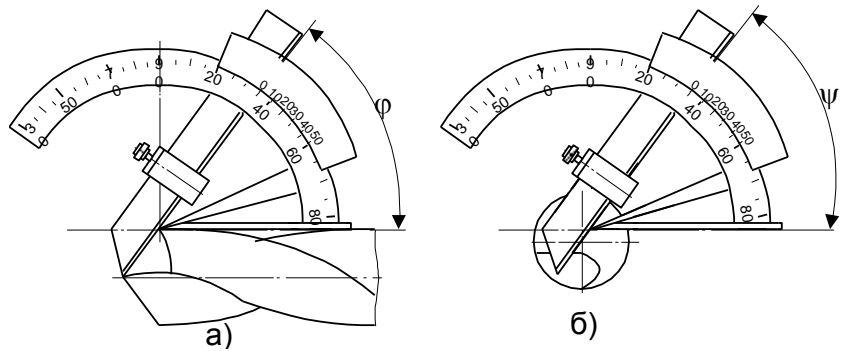


Рис.6. Контроль геометрических параметров спиральных сверл с помощью универсального угломера:
 а - угла φ ; б - угла ψ

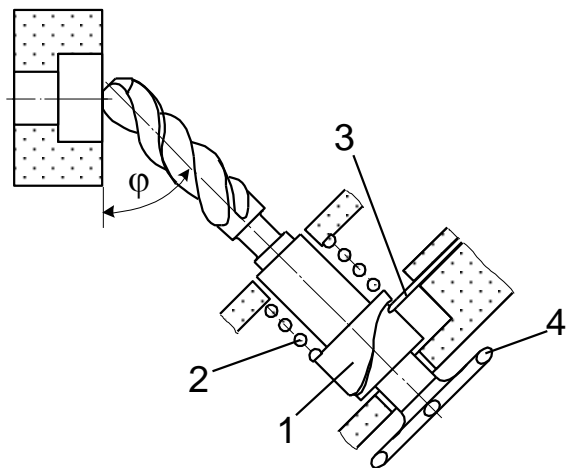


Рис.7. Схема формообразования винтовых задних поверхностей зенкера

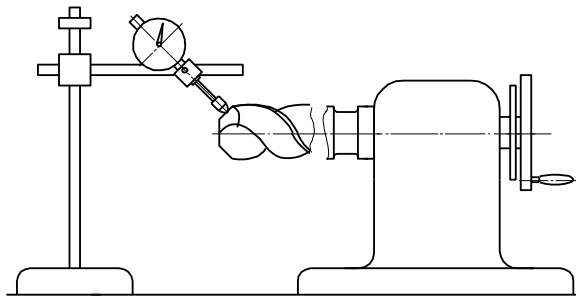


Рис.8. Схема измерения заднего угла зенкера

гают ниже оси развертки на величину $h = D/2 \sin \alpha$, где D - диаметр развертки (рис.9).

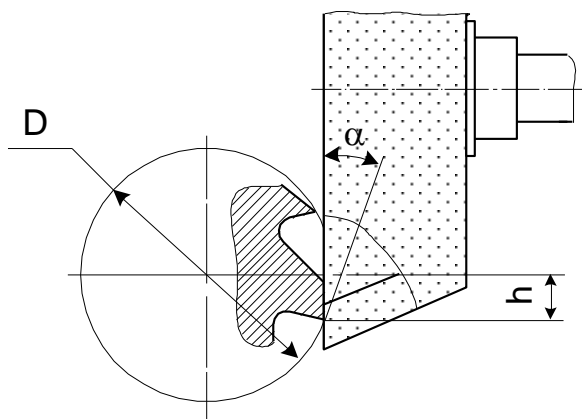


Рис.9. Установка развертки для образования заднего угла

Главный угол в плане измеряют универсальным угломером. Биение режущих кромок не должно превышать 0,05 - 0,07 мм.

9. Задние углы измеряют в 3 - 4 точках, строят зависимость $\alpha = f(\rho)$ и дают заключение о соответствии зенкера предъявляемым техническим требованиям.

10. Для формообразования задней поверхности зубьев на режущей части развертки стол станка поворачивают на величину главного угла в плане - ϕ (на калибрующей части - в нулевое положение). Для получения заданного α , режущую кромку зуба располагают ниже оси развертки на величину $h = D/2 \sin \alpha$, где D - диаметр развертки (рис.9).

Устанавливается развертка в необходимое положение с помощью упорки, используя штангенрейсмус в соответствии со схемой (рис.10)

$$H_{yc} = h_{из} - (D_o/2 + h).$$

11. Производят контроль режущих элементов развертки: радиальное биение не более 0,03 мм (для калибрующих зубьев не более 0,01 - 0,02 мм). Отклонения углов не более $\pm 2^\circ$. Анализируют полученные результаты, делают заключение о соответствии развертки предъявляемым техническим требованиям.

12. С хобота горизонтально-фрезерного станка снимают кронштейн и сдвигают его в направлении шпинделя в крайнее положение. Измеряют биение конуса

са 7:24 в шпинделе на расстоянии 5 мм от торца шпинделя.

13. Устанавливают в шпиндель переходную втулку с конусом 50. Измеряют биение конуса Морзе в переходной втулке на расстоянии 5 мм от торца. Биение конуса Морзе есть сумма трех компонентов: биение отверстия в шпинделе - $\delta_{ш}$; биение отверстия с конусом Морзе 3 в переходной втулке δ_6 ; биение от перекоса оси втулки, вызванного угловыми погрешностями конусов 7:24 - θ_8

$$\theta_{\epsilon} = \frac{\delta_{\epsilon} - (\delta_{ш} + 0,01)}{2}.$$

14. Устанавливают в переходную втулку оправку №1 и измеряют ее биение - δ_{o1} на 100 мм от торца.

$$\theta_{o1} = \frac{\delta_{o1} - (\delta_{\epsilon} + 0,01 + 2\theta A_1)}{2 \cdot 100},$$

где A_1 - передаточное отношение равное 1,6.

Выполняют аналогичные действия с оправками №2 и №3. Рассчитывают θ_{o2} и θ_{o3} . На основании результатов расчетов определяют влияние точности изготовления конусов Морзе инструментов на точность их позиционирования и соответствующие составляющие блока.

15. В шпиндель устанавливают державку с конусом 50 и измеряют биение δ_D отверстия диаметром 36 мм на 5 мм от торца. Биение - сумма трех составляющих и рассчитывается аналогично θ_{ϵ} . В отверстие державки устанавливают оправку №4 и замеряют ее биение на 100 мм от торца. $\delta_{4ц}$ - биение оправки №4 при сопряжении цилиндрических поверхностей:

$$\delta_{4ц} = \delta_{o4} - (\delta_{ш} + 0,02 + \theta_D A_1),$$

где $A_1 = 1,6$. Аналогичные измерения и расчеты проводят с оправками №5 и №6.

16. На основании измерений и расчетов делают вывод о влиянии конструкции хвостовиков инструмента (конус Морзе или цилиндрические поверхности) на точность позиционирования инструмента. Запись и обработку данных производят в соответствии с приведенной таблицей.

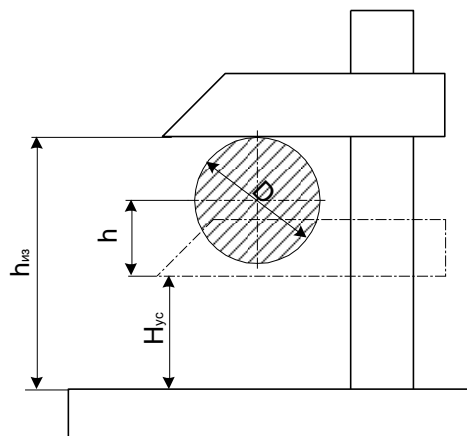


Рис.10. Способ установки упорки для образования заднего угла штангенрейсмусом

Таблица

№ п/п	Измеряемый или рассчитываемый параметр	Полученное значение, мм
1	Биение отверстия с конусом 7:24 на 5 мм от торца: $\delta_{ш}$	
2	Биение отверстия с конусом Морзе 3 в переходной втулке на 5 мм: $\delta_{в}$	
3	Биение отверстия с конусом Морзе 3 относительно хвостовика с конусом 7:24 переходной втулки	0,01
4	Вылет торца переходной втулки относительно торца шпинделя	60
5	Величина перекоса от втулки в следствии погрешностей изготовления конусов 7:24 при их сопряжении и вылете 60 мм	

Окончание табл.

№ п/п	Измеряемый или рассчитываемый параметр	Полученное значение, мм
6	Пересчет величины перекоса оси втулки при величине вылета	

	100 мм: $\theta_B = 1,67\theta_B$	
7	Биение контрольной оправки №1 при установке ее во втулку	
8	Величина перекоса оси оправки №1 оси погрешностей изготовления конусов Морзе θ_{01} мкм/мм	
9	Биение δ_{02} для оправки №2	
10	Перекося θ_{02} для оправки №2	
11	Биение δ_{03} для оправки №3	
12	Перекося θ_{03} для оправки №3	
13	Биение δ_D отверстия диаметром 36 мм в державке с конусом 50, установленной в шпинделе на 5 мм от торца	
14	Биение отверстия $\varnothing 36$ мм относительно хвостовика с конусом 50 державки	0,01
15	Величина перекоса от державки вследствие погрешностей изготовления конусов 7:24 при их сопряжении и вылете 60 мм: θ_D	
16	Пересчет величины перекоса оси державки при величине вылета 100 мм	
17	Биение δ_{04} контрольной оправки №4, установленной в державку, на расстоянии 100 мм от торца	
18	Биение $\delta_{4ц}$ копировальной оправки №4 при сопряжении цилиндрических поверхностей	
19	Биение δ_{05} оправки №5	
20	Биение $\delta_{5ц}$ для оправки №5	
21	Биение δ_{06} оправки №6	
22	Биение $\delta_{6ц}$ для оправки №6	

Содержание отчета.

Отчет должен содержать формулировку цели работы, исходные данные, эскизы режущих частей инструментов, схемы их формообразования и контроля, эскиз переходной втулки и хвостовиков, необходимые расчеты и графики, расчетную таблицу, заключения и выводы по разделам работы в соответствии с пунктами методики.

Контрольные вопросы

1. На каком расстоянии от оси сверла находятся главные режущие кромки, если диаметр сердцевины сверла d_c ?
2. По каким поверхностям затачивают сверла, зенкеры, развертки ?
3. Каким образом изменяются геометрические параметры зенкера, если поставить в приспособление кулачок с шагом винтовой поверхности больше расчетного ?
4. Каким можно считать наиболее рациональный способ заточки развертки после ее затупления ?
5. Какие элементы конструкции инструментальных блоков влияют на точность позиционирования инструмента ?
6. При какой степени точности конусов Морзе обеспечивается минимальное биение режущих кромок инструмента в инструментальном блоке ?

Библиографический список

1. Справочник конструктора - инструментальщика: Под общ. ред. В.И. Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1994. - 560 с.
2. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справ.- М.: Машиностроение, 1983.- 359 с.
3. Рывкин Г.М. Инструментальная оснастка для механической обработки деталей в автоматизированном производстве.- М.: Машиностроение, 1972, - 145 с.
4. Семенченко И.И., Матюшкин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов.- М.: Машгиз, 1962.- 962 с.
5. Филлипов Г.В. Режущий инструмент.- Л.: Машиностроение, 1981, - 394 с.

Лабораторная работа №3

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ, КОНСТРУКЦИИ И РАБОТЫ РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы. Изучение основных конструктивных элементов режущей части метчиков, конструкций и работы резбонарезных головок, конструкции резбонакатной головки для формообразования наружной резьбы; изучение методов и средств формообразования режущей части метчиков, методики определения геометрических параметров резбонарезной головки (РНГ), в зависимости от условий обработки.

Оборудование, инструменты и приборы.

Для проведения лабораторной работы необходимы: универсально-заточной станок, приспособление для затылования метчиков, универсальный токарно-винторезный станок, специальное приспособление для заточки гребенок, комплект метчиков М12 - М20, резбонарезная головка типа ЗК-30 с набором комплектов кулачков и гребенок, резбонакатная головка типа ВНГН-3, комплект шлифовальных кругов соответствующих характеристик, центровые бабки с центрами, микрометрическая упорка, шаблон-центро-искатель, штангенрейсмус, штангенциркуль, стойка с индикатором, микрометрическое приспособление для контроля гребенок, набор резьбовых калибров, резьбовой микрометр, круглый прутки из стали диаметром 9 - 20 мм, комплект плакатов с конструкциями резбонарезных и резбонакатных головок.

Краткие сведения о резбообразующем инструменте

Метчики - режущие инструменты, применяемые для нарезания внутренней резьбы в различных деталях. Метчики делятся на ручные, машинно-ручные, гаечные, с прямыми и изогнутыми хвостовиками. Метчиками нарезаются резьбы со степенями точности 4Н5Н, 5Н6Н, 6Н, 7Н.

Режущая часть практически всех метчиков представляет собой коническую поверхность с витками резьбы, профиль которых постепенно увеличивается до полной высоты по калибрующей части (рис.1). Главный угол в плане - ϕ , вычисляется по формуле:

$$\operatorname{tg} \phi = (az z) / P,$$

где: az - толщина среза, z - число перьев, P - шаг резьбы.

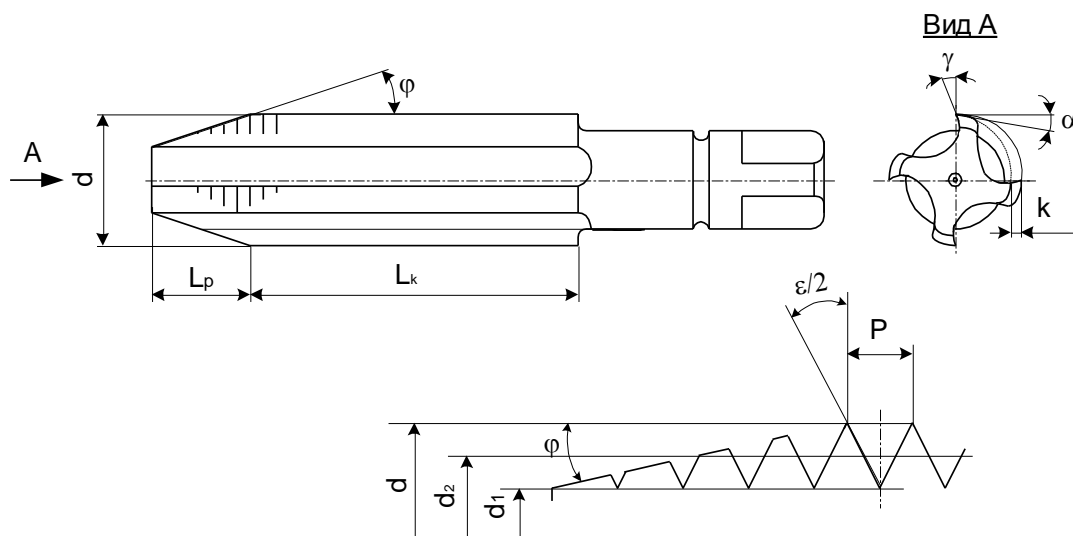


Рис.1. Машинно-ручной метчик

Передний угол γ выбирают от 0 до 25° , α - 6 - 10° (получают с помощью затылования - шлифованием). Метчики для метрической резьбы изготавливают 1,2,3-м и 4-м классами точности. Обычно применяют комплекты метчиков из 2 - 3 штук.

Износ метчиков наиболее интенсивно происходит по задней поверхности. Число переточек метчика по задней поверхности

$$n = M/q = (L_k - 3P)/q,$$

где M - величина допускаемого стачивания; q - величина стачивания за одну повторную заточку; L_k - длина калибрующей части; P - шаг резьбы.

Резьбонарезные (винторезные) и резьбонакатные головки - большая группа резьбообразующих инструментов сложной конструкции. Этими инструментами можно нарезать резьбу и в телах вращения, и в корпусных деталях. Они бывают вращающимися и невращающимися (см. плакаты в лаборатории). Невращающиеся предназначены для работы на токарных, револьверных и других станках, где движение резания - вращение заготовки. На станках, использующих невращающееся движение резания, используются вращающиеся резьбонарезные головки. Головки имеют возможность (благодаря конструктивным особенностям) тонкого регулирования диаметра нарезаемой резьбы.

Резьбонакатные головки предназначены для обработки за один рабочий ход крепежных или трапецеидальных резьб. Применяются такие головки практически на всех видах оборудования, и что особенно важно, в условиях гибких производств, так как способны работать на интенсивных режимах, имеют стойкость, соответствующую времени смены и не образуют стружки. Головками можно обрабатывать резьбы большого диапазона типоразмеров, а также для них требуется меньший, чем при нарезании, припуск под резьбу.

Методика проведения работы

1. Для выбранного метчика по заданному значению α определяют величину затылования:

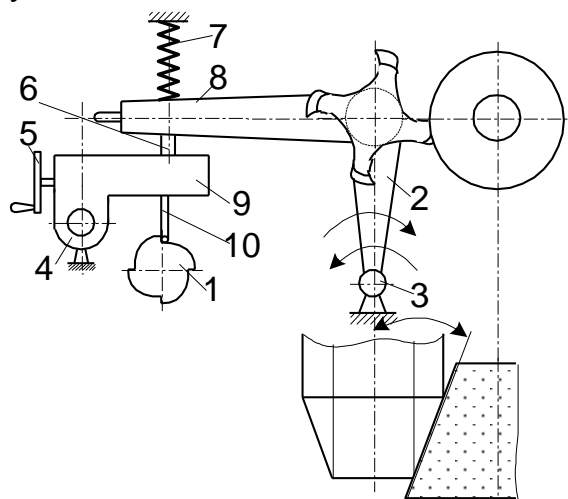
$$K = (\pi d_m / z) \operatorname{tg} \alpha,$$

где d_m - диаметр переднего торца; z - число перьев.

$$d_m = d - 1,7P - (0,3 \dots 0,5) \text{ мм}$$

где d - наружный диаметр резьбы; P - шаг резьбы.

Метчик устанавливается в центрах механизма для затылования (рис.2). В механизме одновременно с вращением метчика вращается кулачек 1 (число выступов кулачка равно числу перьев метчика). От кулачка через упор 10 колебательное движение передается рычагу 9 на оси 4.



На этом рычаге имеется сухарь 6, упирающийся в рычаг 8, связанный с кареткой 2 (на каретке закреплен метчик). Каретка вращается на оси 3. Рычаг 8 пружиной 7 прижимается к сухарю 6. Метчик вращаясь совершает циклическое движение. Угол φ устанавливается сухарем 6 (сухарь устанавливается на расстоянии L от оси 4). По величине K выбирают L , исходя из соотношения:

Рис.2. Схема механизма затылования
режущей части метчика

K	0,28	0,65	0,953	1,17	1,35	1,53	1,80	1,96	2,12	2,28
L	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65

2. Для получения угла φ круг должен быть заправлен под этим же углом. Производится заточка задних поверхностей в соответствии с инструкцией по работе на станке.

3. Затачивают переднюю поверхность на универсально-заточном станке, используя упорку в соответствии со схемой рис.3. Для получения заданного γ необходимо рассчитать величину h .

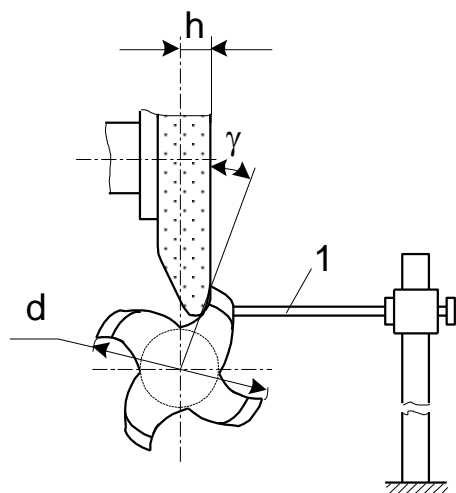


Рис.3. Схема установки метчика при
формообразовании передней поверхности

$$h = (d/2)\sin\gamma, \quad (1)$$

где d - наружный диаметр резьбы метчика.

4. Контролируют задний и передний углы. Задний угол α в приспособлении в соответствии со схемой на рис.4,а, передний - γ с помощью штангенрейсмуса в соответствии схеме на рис.4,б. При контроле α рассчитывают величину спада задней поверхности K_I :

$$\operatorname{tg}\alpha = 360^\circ K_I / \pi d \theta,$$

где $\theta = 10 - 12^\circ$.

При контроле γ_ϕ , штангенрейсмус настраивают на размер $D = A - h$,

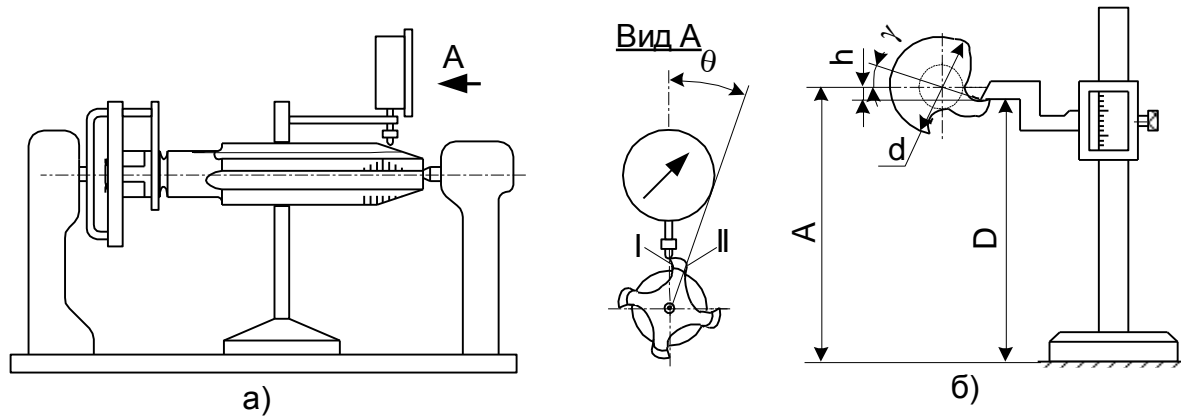


Рис.4. Схемы контроля заднего угла метрика (а) и переднего (б)

где h определяется по формуле (1). Измеряют D_ϕ и определяют полученный угол

$$\sin \gamma_\phi = [2(A - D_\phi)]/d.$$

Отклонение переднего угла γ_ϕ не должно превышать $\pm 2^\circ$. Отклонение заднего угла α не должно превышать $\pm 1^\circ$. По полученным данным делают заключение о соответствии метчика техническим требованиям.

5. По плакатам изучают конструкцию резбонарезной головки, взаимодействие элементов конструкции, методы регулирования диаметра и длины обрабатываемой резьбы, порядок установки кулачков и гребенок, производят сборку и разборку головки. По данной резьбе выбирают тип кулачков и гребенку. Кулачки и гребенки комплектуются в соответствии с ГОСТ 21760-76, 21762-76.

6. Выбирают геометрические параметры режущей части гребенок: угол γ , величину превышения α . Гребенки подготавливают к заточке, собирая их с кулачками, проверяют на микрометрическом приспособлении. Идентичность положения передней поверхности перед заточкой с допустимой разницей порядка $\sim 0,1$ мм. Устанавливают гребенку в заточное приспособление и затачивают в соответствии с рекомендациями по заточке. После заточки контролируют ее правильность на микрометрическом приспособлении. Контролируют величины γ и α , и их идентичность. Точное показание микрометра с заостренной вершиной:

$$m = l + a - h \cdot \tan \gamma - r_2 (1 - \cos \gamma) \cos \gamma,$$

где: l - показание нулевого положения микрометра (при положении острия по оси паза); h - расстояние от наружного диаметра гребенки до оси микрометра; γ - передний угол; α - величина превышения; r_2 - радиус скругления острия микрометра ($r_2 = 0,25$ мм). Разброс показаний микрометра для всех гребенок не должен превышать 0,03 - 0,04 мм.

7. Назначают режимы резания резьбы резбонарезной головкой. Для резьбы M10x1,5 на заготовке стали 45: $V = 9,9$ м/мин; $n = 315$ об/мин; $T = 60$ мин; $M = 1065$ Н·см; $N = 0,34$ кВт. Нарезают резьбу, качество полученной резьбы проверяют резьбовым калибром и визуальным контролем.

8. Изучают конструкцию резбонакатной головки по образцу и плакатам, ее назначение, принцип работы и назначение элементов, методы регулирования диаметра и длины обрабатываемой резьбы, порядок установки режимов. Производят сборку и разборку головки. По выбранному типу и размеру накатываемой резьбы определяют и устанавливают ролики на эксцентричных осях.

9. Назначают режимы накатывания. Для резьбы M16, диаметр заготовки равен 14,66 мм. Длину заготовки определяют заданной длиной резьбы и длиной заготовки под за-

крепление. Накатывают резьбу на режимах, выбранных по справочнику [1], и производят ее контроль согласно п.7.

Содержание отчета

Отчет должен содержать формулировку задания, краткую характеристику оборудования, эскизы инструментов, приспособлений (на усмотрение преподавателя), все расчеты согласно методики, анализ полученных данных и заключение по работе.

Контрольные вопросы

1. Как изменится γ у метчика, если микрометрический винт упорки повернуть на один оборот (шаг резьбы винта - 0,5 мм)?
2. Чем обеспечивается винтовой характер расположения режущих резьбовых элементов гребенок?
3. Что контролируется в микрометрическом приспособлении после заточки гребенок?
4. Что необходимо сделать, чтобы при накатывании на заготовке получился правильный средний диаметр резьбы и увеличенный наружный диаметр?

Библиографический список

1. Общемашиностроительные нормативы режимов обработки резбонакатными и резбонарезными головками, норм расхода и износа (временные), МС и ИП СССР.- М.: НИИМАШ, 1982.- 78 с.
2. Семенченко И.И., Матюшкин В.М., Сахаров Г.Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машгиз, 1962.- 962 с.
3. Султанов Т.А. Резбонакатные головки.- М.: Машиностроение, 1966. -135 с.
4. Филиппов Г.В. Режущий инструмент.- Л.: Машиностроение, 1981.- 394 с.
5. Справочник конструктора - инструментальщика: Под общ. ред. В.И. Баранчикова.- М.: Машиностроение, 1994. - 560 с.

Лабораторная работа №4

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Цель работы. Изучение конструкций зуборезного долбяка и червячной фрезы, изучение элементов, определяющих точность зуборезных долбяков и червячных фрез, способов и технических средств их измерения, а также приобретение практических навыков контроля различных параметров долбяков и червячных фрез.

Оборудование, инструменты и приборы.

Объектами исследований являются зуборезный долбяк с $m = 3 - 5$ мм и диаметром делительной окружности d_o , равным 80 или 100 мм, комплект червячных зуборезных фрез для цилиндрических колес с $m = 2 - 6$ мм.

Эвольвентометр универсального типа любой модели, универсальный прибор для контроля червячных фрез (модель 24G390B), универсальный или инструментальный

микроскоп (любой модели), штангензубомер, штангенциркуль, микрометр, центр, индикатор на стойке, приспособление для контроля биения и шага долбяков.

Краткие сведения о зуборезном инструменте

Долбяки и червячные зуборезные фрезы предназначены для образования зубьев цилиндрических зубчатых колес на зубодолбежных станках - долбяками (рис.1), цилиндрических и червячных колес - на зубофрезерных станках методом обкатывания червячными фрезами (рис.2).

Долбяк является зубчатым колесом с высокой коррекцией зубьев, изменяющейся по длине зуба (высоте долбяка), для образования задних углов на боковых режущих кромках зубьев.

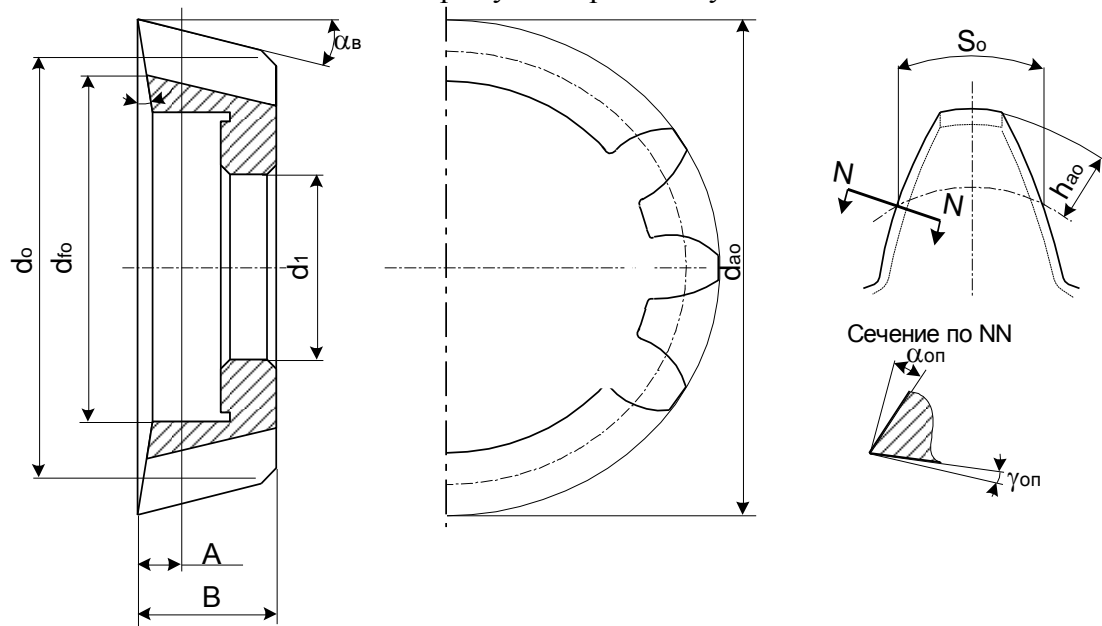


Рис.1. Дисковый зуборезный долбяк

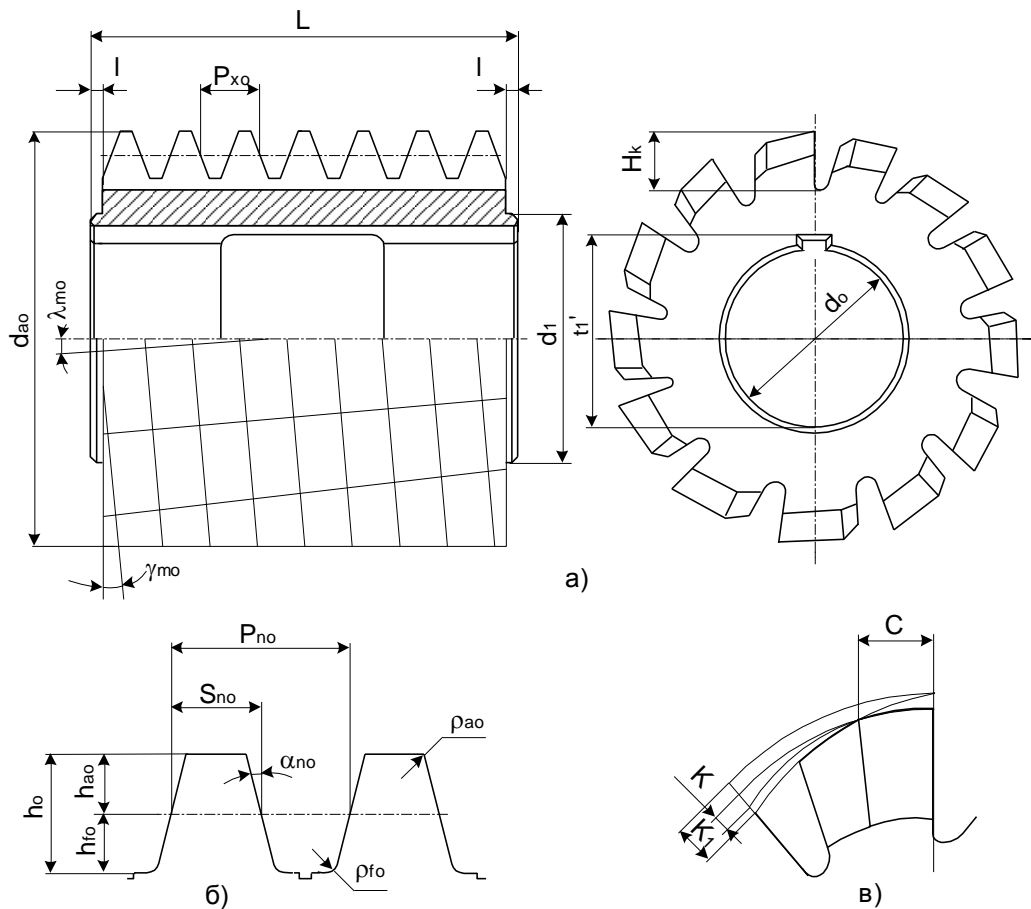


Рис.2. Червячная зуборезная фреза: а - общий вид; б - размер профиля в нормальном сечении; в - элементы затылования зубьев

Сечение, перпендикулярное к оси долбяка, в котором коэффициент смещения исходного контура $X_o = 0$, называется исходным. Расстояние оси исходного сечения до плоскости переднего торца долбяка А называется смещением исходного сечения:

$$A = X_o m / \tan \alpha_s. \quad (1)$$

Диаметр делительной окружности долбяка - d_o

$$d_o = m z_o \quad (2)$$

где m - модуль, z_o - число зубьев.

Диаметр окружности выступов для исходного сечения:

$$d_{ao} = d_o + 2 h_{ao} = m(z_o + 2 h_{ao}^*). \quad (3)$$

Диаметр окружности впадин:

$$d_{fo} = d_o - 2 h_{fo} = m(z_o - 2 h_{fo}^*), \quad (4)$$

где h_{ao} и h_{fo} - высота головок и ножек зубьев, h_{ao}^* и h_{fo}^* - их коэффициенты.

Задние поверхности зубьев долбяков - эвольвенты.

Диаметр основного цилиндра (окружности).

$$d_{bo} = d_o \cos \alpha_o, \quad (5)$$

где α_o - угол профиля задних винтовых поверхностей долбяка:

$$\tan \alpha_o = \tan \alpha_s / [1 - \tan \alpha_s \tan \gamma_s]. \quad (6)$$

Допустимые отклонения размеров дисковых зуборезных долбяков определяются ГОСТом 9323-79.

Червячная фреза представляет собой режущий инструмент, в основе конструкции которого лежит червяк, сопряженный с обкатываемым колесом.

При нарезании червячной фрезой зубьев колеса воспроизводится зацепление исходного червяка с колесом. Поэтому их нормальные шаги P_{no} и P_{n1} и углы профиля α_{no} и α_{n1} должны быть равны.

Червячные фрезы изготавливаются четырех классов точности. Погрешности в расположении режущих кромок фрезы влияют на точность колес.

Фрезы контролируют для оценки качества, характеризуемого степенью отклонения режущих кромок от поверхности основного эвольвентного червяка, и для выявления технологических причин, вызывающих погрешности в расположении режущих кромок. По ГОСТ 9324-80 контроль точности фрез рекомендуется производить по какой-либо одной из имеющихся групп проверок, но для всех групп обязательно контролируется отклонение диаметра посадочного отверстия f_d ; радиальное и торцевое биение буртиков f_y и f_i ; радиальное биение по вершинам зубьев f_{rda} ; отклонение профиля передней поверхности f_y ; разность соседних окружных шагов f_{uo} ; накопленную погрешность окружного шага стружечных канавок F_{po} ; направление стружечных канавок f_x ; отклонение толщины зуба T_{so} .

Методика выполнения работы

1. По маркировке долбяка устанавливают исходные данные: модуль m ; угол профиля α , число зубьев z . Определяют размеры конструктивных элементов долбяка (d_{ao} измеряют с точностью $\pm 0,01$ мм). Толщину зуба B_y определяют зубомером с тангенциальными губками в соответствии со схемой на рис.3.

Величину дуги $\overset{\cup}{S}_y$ определяют

$$\overset{\cup}{S}_y = 2r_y \psi_y,$$

где $r_y = (r_{ao} - h_y) / \cos \psi_y$,

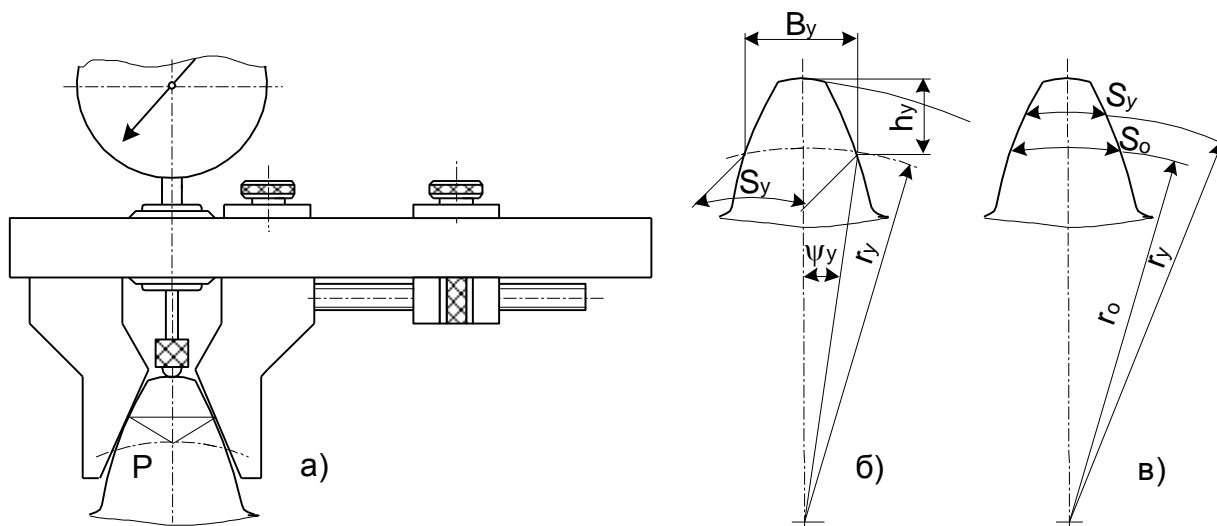


Рис.3. Толщина зубьев долбяка: а - измерение толщины зубьев; б - толщина зуба по хорде; в - толщина зуба по дуге делительной окружности

где ψ_y - половина угловой толщины зуба $\operatorname{tg} \psi_y = B_y / 2(r_{ao} - h_y)$.

Пересчет на расчетный размер по делительной окружности проводят по формуле

$$S_o = 2r(S/2r_{oy} + \operatorname{inv} \alpha_y - \operatorname{inv} \alpha_o),$$

где $\operatorname{inv} \alpha_y$ и $\operatorname{inv} \alpha_o$ - эвольвентные функции для точки профиля на измеряемой и делительной окружностях:

$$\text{inv}\alpha_y = \text{tg}\alpha_y - \alpha_y,$$

$$\text{inv}\alpha_o = \text{tg}\alpha_o - \alpha_o.$$

Величина смещения исходного сечения A_Φ по фактическому размеру диаметра d_{aof} (рис.4)

$$A_\Phi = [(d_{aof} - d_{aоисх})/2] \text{ctg}\alpha_v,$$

или

$$A_\Phi = [(S_{оф} - S_{аоисх})/2] \text{ctg}\alpha_o \text{ctg}\alpha_v.$$

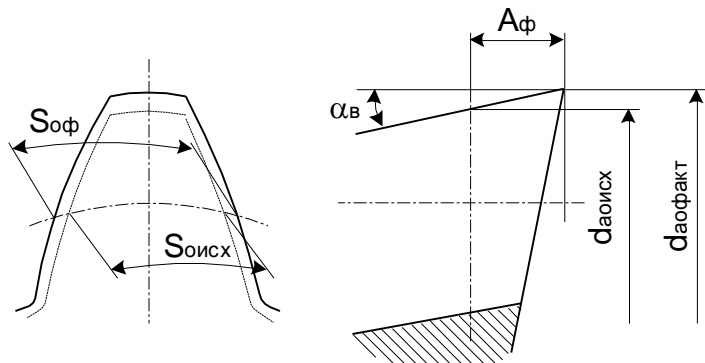


Рис.4. Определение фактической величины смещения исходного сечения

2. Исследуют геометрические параметры долбяка оптическим угломером α_v , γ_v , α_n , согласно схеме рис.5.

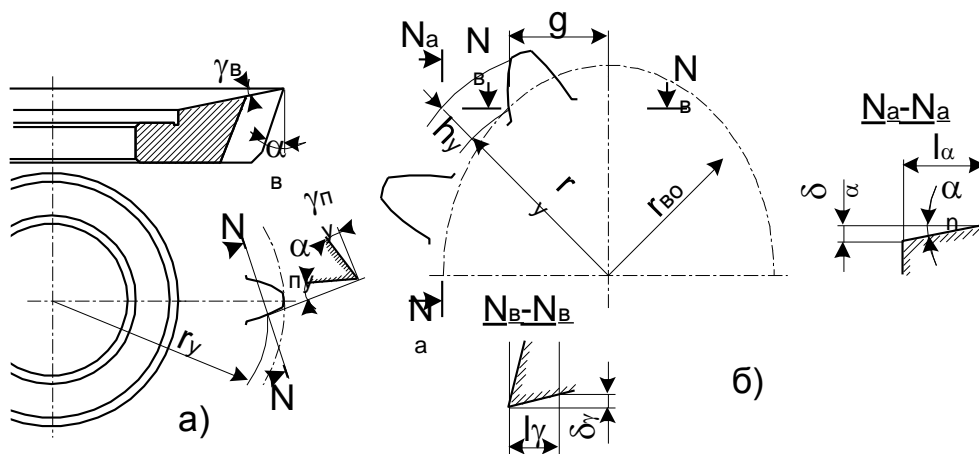


Рис.5. Геометрические параметры долбяка: а - передние и задние углы; б - схема определения бокового нормального заднего угла

$$\text{tg}\alpha_n = \delta\alpha/l_\alpha,$$

$$\text{tg}\gamma = \delta\gamma/l_\gamma.$$

Измерения проводят для 3 - 4 точек режущей кромки, положение которых определяют радиусом r_y и расстоянием h_y

$$r_y = \sqrt{r_{bo}^2 - \xi_y^2}.$$

Производят аналитическое определение значений задних и передних углов в нормальном сечении к проекции режущей кромки на плоскость переднего торца в тех же точках

$$\text{tg}\alpha_n = \sin\alpha_o \text{tg}\alpha_v,$$

$$\text{tg}\gamma_{yn} = \sin\gamma_y \text{tg}\gamma_v,$$

где α_y - угол давления эвольвенты:

$$\cos\alpha_y = r_{bo}/r_y.$$

Сравнивают аналитические и экспериментальные величины, строят график их изменения по высоте зуба долбяка. Определяют погрешность профиля зубьев f_{for} на эвольвентомере на расстоянии 2 - 2,5 мм от плоскости переднего торца наконечником с точечным контактом с измеряемой поверхностью (порядок измерения изложен в паспорте к прибору).

3. По маркировке на выбранной фрезе определяют m , угол профиля α_{no} , шаг стружечных канавок P_z и угол подъема витков γ_{no} . Измеряют общую длину фрезы L , размеры $d_l, l, d_o, h_o, S_{ho}, h_{fo}, d_f, H_k$ (рис.2, рис.6).

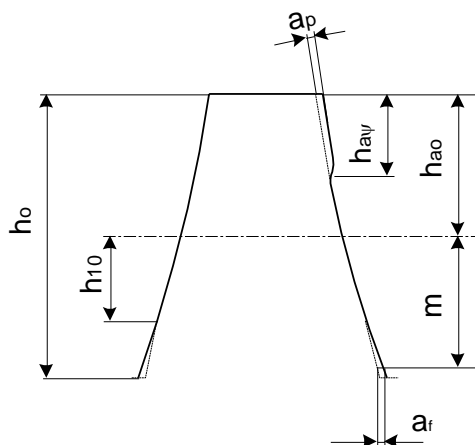


Рис.6. Модифицированный профиль зуба червячной фрезы

4. Находят геометрические параметры фрезы $\alpha_{в}$ - задний угол по значению затылования K , которое определяют на шлифованном участке профиля зуба. Величина затылования

$$K = 360^\circ K' / \tau' z_o.$$

Величину заднего угла вычисляют в соответствии со схемой на рис.7

$$\operatorname{tg} \alpha_{в} = K z_o / \pi d_{ao},$$

$$\operatorname{tg} \alpha_{ln} = r_{ao} \operatorname{tg} \alpha_{в} \sin \alpha_{no} \cos \alpha_{mo},$$

где r_{ao} - наружный радиус фрезы.

Расчет α_{ln} выполняется для нескольких точек (4 - 6).

5. Вычисляют средний расчетный диаметр фрезы в расчетном сечении, отстоящем от передней поверхности на 0,1 - 0,25 окружного шага P_{to} зубьев фрезы:

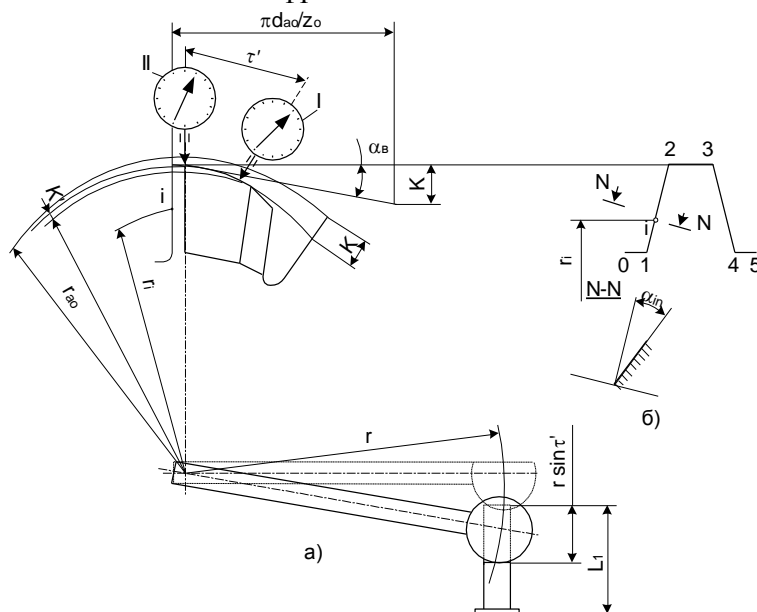


Рис.7. Схема определения задних углов червячной фрезы: а - по вершине зуба; б - нормальных боковых: 1 - начальное положение измерения, 11 - относительное конечное положение измерения

$$d_{mo} = d_{ao} - 2h_{ao} - 2\sigma K,$$

где σ - коэффициент переточки ($\sigma = 0,15$).

Осевой шаг зубьев фрезы $P_{xo} = m_{no} / \cos \gamma$.

Угол подъема витков фрезы $\operatorname{tg} \gamma_{mo} = P_{xo} / \pi d_{mo}$,

где d_{mo} - средний расчетный диаметр

$$\sin \gamma_{mo} = m_n / d_{mo}.$$

Шаг винтовых стружечных канавок $P_z = \pi d_{mo} \operatorname{ctg} \lambda_{mo}$

6. Контролируют профиль передней поверхности фрезы с $\gamma = 0$ на приборе для контроля фрез.

Действительное значение переднего угла $\operatorname{tg} \gamma = f_\gamma / h$, где f_γ - показание индикатора; h - величина перемещения измерительного наконечника, фиксируемая индикатором.

Проводятся измерения разности соседних окружных шагов f_{no} и накопленной погрешности окружного шага P_{po} стружечных канавок. Измеряют погрешность профиля $f_{fo} = a \cos \alpha_o$ прав.лев, где a - показание индикатора. Все измерения на приборе для контроля фрез осуществляются в соответствии с пунктами описания работы прибора.

7. Данные всех измерений систематизируют и, сравнивая полученные результаты со значениями допустимых отклонений соответствующих параметров по ГОСТам, определяют класс инструмента и его пригодность для работы.

Содержание отчета

В отчете приводят формулировку задания, характеристики инструментов, необходимые расчеты и схемы измерений в соответствии с методикой работы (эскизы выполняются по указанию преподавателя), выводы и заключение по работе.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры долбяка не изменяются при его заточке по передней поверхности?
2. На каких размерах зуба колеса отразится погрешность окружного шага зубьев долбяка?
3. С какой целью на торце червячной фрезы маркируется величина шага P_z винтовых стружечных канавок?
4. Какие параметры характеризуют профиль передней поверхности зуба червячной фрезы?

Библиографический список

1. Кудевицкий Я.В. Фасонные фрезы. - Л.: Машиностроение, 1978. - 175 с.
2. Металлорежущие инструменты: Учебник для вузов. / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой и др. - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
3. Филиппов Г.В. Режущий инструмент. Л.: Машиностроение, 1981. - 394 с.
4. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов: Учебн. пособие для вузов. - М.: Машиностроение, 1984 - 272 с.
5. Справочник конструктора-инструментальщика: Под общ. ред. В.И. Баранчикова. - М.: Машиностроение, 1994. - 560 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ИЗУЧЕНИЕ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ И ИХ СТАТИЧЕСКОЙ БАЛАНСИРОВКИ

Цель работы. Изучение конструктивных особенностей шлифовальных кругов, способов их установки в планшайбах, станков для статической и способов динамической балансировки кругов. Получение практических навыков в статической балансировке кругов. Сравнение полученных результатов с расчетными значениями.

Оборудование, инструменты и приборы.

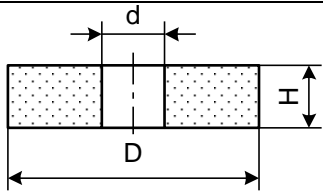
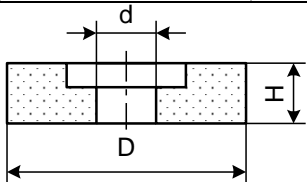
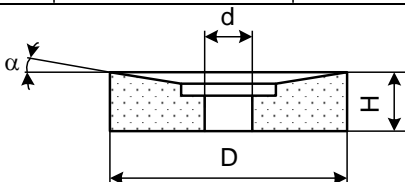
Практическая часть лабораторной работы выполняется на станке для статической балансировки шлифовальных кругов. Используются набор шлифовальных кругов, планшайба с цилиндрической оправкой и набором грузов.

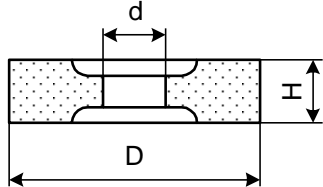
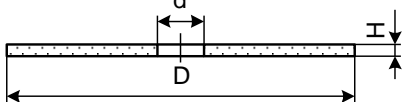
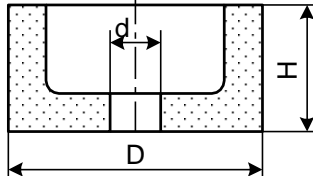
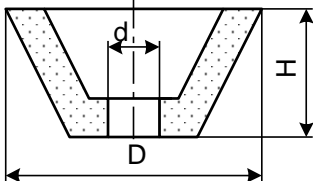
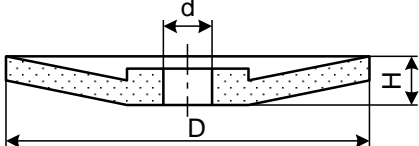
Краткие сведения о шлифовальных кругах и их балансировке.

Абразивные и алмазные инструменты широко применяются в машиностроении и приборостроении для шлифования, притирки, полирования деталей, а также для шлифования, заточки и доводки режущего инструмента.

Абразивным инструментом называется тело определенной геометрической формы, состоящее (или содержащее рабочий слой) из абразивных зерен, скрепленных между собой связкой. Они представляют собой тела вращения, имеющие различные размеры и профили в осевом сечении и насчитывают 17 видов. В таблице 1 показаны основные типы и размеры шлифовальных кругов на керамических и органических связках.

Таблица 1

Шлифовальный круг	Форма круга	Размеры, мм
Прямого профиля ПП		$D = 3...1060$ $H = 1...250$ $d = 1...305$
С выточкой: прямой ПВ		$D = 10...600$ $H = 13...100$ $d = 3...305$
конической ПВК		$D = 300...750$ $H = 50, 80$ $d = 127...305$ $\alpha = 10^0, 15^0, 20^0$

двусторонней прямой ПВД		$D = 100...900$ $H = 25...250$ $d = 32...305$
Диски Д		$D = 100...400$ $H = 0,6...4$ $d = 20...50$
Чашечные цилиндрические ЧЦ		$D = 40...300$ $H = 25...100$ $d = 13...127$
конические ЧК		$D = 50...300$ $H = 25...150$ $d = 13...150$
Тарельчатые Т		$D = 80...350$ $H = 8...40$ $d = 13...127$

В зависимости от формы и назначения они бывают плоские прямого профиля (ПП), плоские с цилиндрическими и коническими выточками (ПВ, ПВД, ПВК, ПВКД), плоские с двух- и односторонним коническим профилем (2П, 3П, 4П), диски (Д), кольца (1К, 2К), чашки цилиндрические (ЧЦ) и конические (ЧК), тарели с различным углом профиля (1Т, 2Т, 3Т) и круги специального назначения, например (С) - для шлифования калиброванных скоб, (И) - для заточки иглолок, (Кс) - для заточки ножей косилок и т.д.

В соответствии с ГОСТ 12.3.028 - 82 для абразивных кругов диаметром 250 мм и более должен быть проведен контроль неуравновешенности по ГОСТ 3060 - 86.

Уравновешенность является одним из основных комплексных показателем качества абразивных кругов. При шлифовании возникают автоколебания, вызываемые неуравновешенностью шпинделя, электродвигателя, ременной передач и других частей шлифовального станка. Однако наибольшие колебания обусловлены неуравновешенностью шлифовального круга, которая приводит к вибрациям технологической системы, возрастанию напряжений в круге, ухудшению качества шлифованных поверхностей и появлению на них прижогов, повышенному износу круга и увеличению расхода правящих средств, преждевременному выходу из строя шпиндельного и других узлов станка. Исключительно важное значение имеет степень уравновешенности кругов в связи со все более широким внедрением в практику скоростного и сверхскоростного шлифования. Дисбалансом называют произведение неуравновешенной массы G и ее эксцентриситет S относительно оси вращения. Согласно ГОСТ 3060-86 установлены четыре класса неуравновешенности шлифовальных кругов, а допустимые неуравновешенные массы определены в зависимости от массы кругов, изготовленных на керамической, бакелитовой, вулканистой и специальных органических связках. В табл. 1 даны допустимые неуравновешенные массы абразивных кругов. Для кругов точности АА класс неуравновешенности должен

быть первым, для кругов точности А - первым или вторым и для кругов точности В - вторым или третьим.

Таблица 1

Масса круга, кг	Класс неуравновешенности				Масса круга, кг	Класс неуравновешенности			
	1	2	3	4		1	2	3	4
0,20 - 0,25	2,5	4,0	6,0	12,0	1,25 - 1,60	6,0	10,0	15,0	30,0
0,25 - 0,30	2,5	4,5	7,0	14,0	1,60 - 2,00	7,0	11,0	17,0	35,0
0,30 - 0,40	3,0	5,0	7,5	15,0	2,00 - 2,50	7,5	12,0	20,0	40,0
0,40 - 0,50	3,5	5,5	9,0	17,0	2,50 - 3,00	9,0	14,0	22,0	45,0
0,50 - 0,63	4,0	6,0	10,0	20,0	3,00 - 4,00	10,0	15,0	25,0	50,0
0,63 - 0,80	4,5	7,0	11,0	22,0	4,00 - 5,00	11,0	17,02	27,0	55,0
0,80 - 1,00	5,0	7,5	12,0	25,0	5,00 - 6,30	12,0	0,0	30,0	60,0
1,00 - 1,25	5,5	9,0	14,0	27,0	6,30 - 8,00	14,0	22,0	35,0	70,0

Примечание: ГОСТом регламентированы допустимые неуравновешенные массы кругов до 300 кг.

Основные причины, вызывающие появление неуравновешенности у шлифовальных кругов:

- 1) погрешность геометрической формы круга;
- 2) эксцентричность посадочного отверстия круга относительно его наружной поверхности;
- 3) неравномерность (неравноплотность) структуры круга;
- 4) смещение центра круга относительно оси его вращения вследствие зазора, образующегося между , посадочным отверстием круга и планшайбой (оправкой, патроном);
- 5) неравномерное поглощение кругом влаги, пыли, отходов шлифования;
- 6) износ круга в процессе шлифования.

Теоретические расчеты и практика показывают, что наибольшее влияние на неуравновешенность кругов оказывают четыре первые причины.

Неуравновешенность круга может быть измерена в рассчитана. Расчет позволяет установить и проанализировать зависимость неуравновешенности от отдельных причин, вызывающих ее появление.

Возможны два подхода:

- 1) нахождение частных зависимостей неуравновешенности от отдельных факторов с последующим векторным или скалярным суммированием результатов расчета;
- 2) вывод обобщенной зависимости, учитывающей единовременное действие всех рассматриваемых источников неуравновешенности.

В табл. 2 представлены расчетные схемы и формулы, позволяющие определять значения частных неуравновешенных масс B_c , B_e , B_n до и после первой правки круга, установленного на шпиндель шлифовального станка.

Таблица 2

Неуравновешенные массы (г), вызванные		
зазором между посадочным диаметром круга и планшайбой	эксцентриситетом посадочного диаметра круга относительно наружного	непараллельностью торца круга

До правки круга		
$B_c = 785 \cdot 10^{-6} [(D^2 - d^2) H \gamma_c] / D$ (1)	$B_e = 157 \cdot 10^{-5} D H \gamma_e$ (3)	$B_H = 196 \cdot 10^{-6} (D^4 - d^4) / D^2 \times H \gamma \Delta H / (2H + \Delta H)$ (4)
После праки круга		
$B_c = 785 \cdot 10^{-6} d^2 H \gamma_c / D$ (2)	$B_e = 0$	$B_H = 196 \cdot 10^{-6} (D^4 - d^4) / D^2 \times H \gamma \Delta H_1 / (2H + \Delta H_1)$ (5)

Из сравнения формул (1) и (2) по табл.2 видно, что величина B_c после правки снижается в $[(D/d)^2 - 1]$ раз. Дисбаланс B_e , после первой правки круга становится равный нулю. Это достигается снятием с круга слоя абразива, равного $2e$. Следовательно, чем больше e , тем большее время затрачивают на правку и тем больше будет расход абразивного и правящего инструментов.

Формулы (4) и (5) позволяют рассчитать величину B_H . Правкой инструмента невозможно устранить неуравновешенную массу B_H , хотя по мере съема абразива эта величина будет уменьшаться. Если при правке круга снимают слой абразива с размером ΔD на сторону, то после правки значение B_H определяют выражением (5), где $\Delta H_1 = \Delta H(1 - \Delta D/D)$; $D_1 = D - 2\Delta D$.

На величину неуравновешенности круга B_γ , являющейся результатом его неравноплотности, существенное влияние оказывают погрешности технологического процесса изготовления кругов и, в частности, непараллельность плоскости нижней плиты пресс-формы и верхней плоскости формуемой массы после разравнивания, перекося осей пресс-формы и пуансона, а также неравномерное распределение зерна и связки после перемешивания.

Суммарную неуравновешенность круга определяют векторной суммой

$$\bar{B} = \bar{B}_e + \bar{B}_c + \bar{B}_H + \bar{B}_\gamma + \bar{B}_o, \quad (6)$$

где B_o - неуравновешанная масса, определяемая прочими причинами.

Рассчитать величину \bar{B} по формуле (6) можно, если известно взаимное расположение векторов. В противном случае следует принимать во внимание худший вариант и определять наибольшее значение суммы. Если при расчете учитывать только смещение центра тяжести только в радиальном направлении, то $B = V\gamma y/R$, где V - объем шлифовального круга; y - смещение центра тяжести.

С учетом значений V и y , полученных интегрированием, последующих преобразований и упрощений при опускании членов, содержащих малые второго в третьего порядков, имеем

$$B = 98 \cdot 10^{-6} V / D^2 \{ (D^2 - d^2) [(D^2 + d^2) \Delta H + 8DHc] + 16D^3 He \} K_1 K_2, \quad (7) \text{ где значения } D, d, H, \Delta H, c, e \text{ даны в мм; } \gamma - \text{ в г/см}^3, B - \text{ в г.}$$

В расчетной зависимости (7) поправочные коэффициенты K_1 и K_2 определяются по зависимостям, приведенным на рис.2.

Статической балансировке вне шлифовального станка подвергают новые круги перед установкой на шпиндель, а также инструменты, достигшие определенной величины износа. Абразивные круги наиболее часто балансируют на станках с параллельными направляющими, которые выполняются в виде цилиндрических валиков (рис.3), а также в виде плоских ножей и призм.

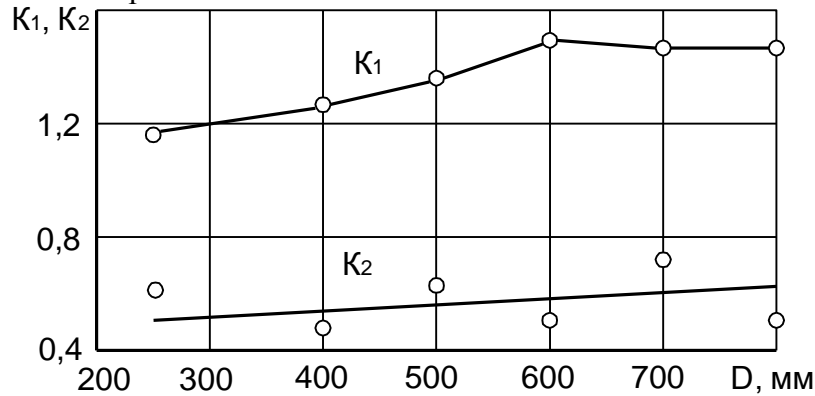


Рис.3. Зависимость поправочных коэффициентов K_1 и K_2 от наружного диаметра круга

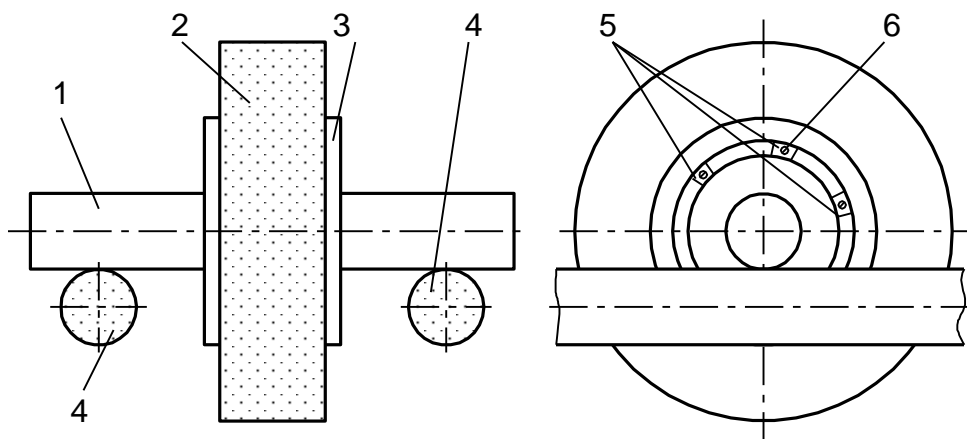


Рис.4. Схема статической балансировки шлифовального круга на станке с цилиндрическими направляющими: 1 - оправка; 2 - шлифовальный круг; 3 - планшайба; 4 - направляющие; 5 - уравнивающие грузы; 6 - крепежные элементы

Методика выполнения работы

1. Устанавливают шлифовальный круг 2 (см. рис.) на планшайбу 3, которую одевают на балансировочный вал 1 и опускают собранный узел на валики 4 балансировочного станка. Легким толчком придают кругу вращательное движение. После остановки круга, в верхней точке его периферии закрепляют груз 5 с помощью болтов 6. Путем подбора грузов добиваются равновесия круга при повороте его на любой угол. Масса грузов 5 и болтов 6 составляют неуравновешенную массу круга.

2. С помощью выражения 7 рассчитывают дисбаланс шлифовального круга и сравнивают полученный результат с экспериментальными значениями.

3. Дают заключение о значении дисбаланса круга по ГОСТ 3060 -86.

Библиографический список

1. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справ. / Под ред. А.Н. Резникова. М.: Машиностроение, 1977. - 391 с.
2. Технология обработки абразивным и алмазным инструментом. Учебник. / Под ред. З.И. Кремня. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд. , 1989. - 207 с.