

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра автоматизированного оборудования
машиностроительного производства

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Воронеж 2021

УДК 621.9(07)
ББК 34.5-5я7

Составитель: Ю. Э. Симонова

Технологическая оснастка: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Ю. Э. Симонова. – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. - 29 с.

В методических указаниях изложены требования и общие вопросы по выполнению лабораторных работ, приведены теоретические сведения, полезные не только для выполнения лабораторных работ, но и при подготовке к сдаче зачетов и экзаменов. Выполнение лабораторных работ дает возможность получения навыков для выбора технологического оснащения при обработке деталей машиностроительного производства с использованием государственных стандартов, учебной и справочной литературы.

Издание предназначено для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение» (профиль «Технологии, оборудование и автоматизация машиностроительных производств») всех форм обучения.

Методические указания подготовлены в электронном виде в файле ТОЛР.pdf.

Ил. 24. Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

УДК 621.9(07)
ББК 34.5-5я7

Рецензент – С. Ю. Жачкин, д-р. техн. наук, проф. кафедры автоматизированного оборудования машиностроительного производства ВГТУ

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

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСИЛИЯ ЗАЖИМА НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: ознакомление с зажимными механизмами приспособлений, определение влияния усилия зажима на точность обработки деталей.

Общие сведения о зажимных механизмах приспособлений

Зажимные устройства используются для обеспечения правильной установки и центрирования заготовки, выполняя функцию установочно-зажимных устройств. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и др. Силовые механизмы приспособлений делятся на простые и комбинированные, т.е. состоящие из двух-трех сблокированных простых. К простым механизмам относятся клиновые, винтовые, эксцентриковые, рычажные, рычажно-шарнирные и т.п. По числу ведомых звеньев механизмы делятся на однозвенные, двухзвенные и многозвенные (многоточечные). Каждый силовой механизм имеет ведущее звено, к которому прикладывается исходная сила, и одно или несколько ведомых звеньев (прижимных планок, плунжеров, кулачков), передающих обрабатываемой детали силы зажима. Многозвенные механизмы зажимают одну деталь в нескольких точках или несколько деталей в многоместном приспособлении одновременно и с равными силами. Особую группу многозвенных механизмов составляют самоцентрирующие патроны и оправки. По степени механизации зажимные механизмы делят: на ручные, требующие применения мускульной силы. При использовании ручных механизмов для зажима заготовок усилие зажима не должно превышать 147 Н. Ручные механизмы применяют в единичном и мелкосерийном производстве; механизированные, представляющие собой компоновку простых или комбинированных механизмов с механизированными приводами. Применяют их в серийном и массовом производстве; автоматизированные зажимные механизмы, которые приводятся в действие перемещающимися частями станков (столами, суппортами, шпинделями и др.), силами резания или центробежными силами вращающихся масс. Зажим и раскрепление заготовки при их использовании происходят без участия рабочего. Автоматизированные зажимные механизмы применяют в крупносерийном и массовом производстве. Главной задачей при разработке любого приспособления является установление типа и размеров зажимного устройства, а также определение силы, развиваемой приводом. Задача решается путем построения схемы закрепления деталей в приспособлении и определения: а) места приложения и направления сил зажима; б) величины сил резания и их моментов, действующих на обрабатываемую деталь, а при необходимости – инерционных и центробежных сил, возникающих при обработке; в) величины усилий зажима при решении задачи статики на

равновесие твердого тела, находящееся под действием всех приложенных к нему сил; г) требуемой величины сил зажима путем умножения найденного значения сил зажима на коэффициент запаса K . Коэффициент запаса K рассчитывается применительно к конкретным условиям обработки по формуле

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (1.1)$$

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный запас для всех случаев; K_1 – коэффициент, учитывающий состояние поверхности заготовки. Для черновой заготовки $K_1 = 1,2$, для чистовой заготовки $K_1 = 1,0$; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от прогрессирующего затупления инструмента: $K_2 = 1,0–1,9$; K_3 – коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании. При работе с ударами $K_3 = 1,2$; K_4 – коэффициент, учитывающий постоянство силы зажима, развиваемой силовым приводом приспособления: $K_4 = 1$ для механизированных силовых приводов (пневматических, гидравлических и т. д.); $K_4 = 1,3$ для ручного привода; K_5 – характеризует зажимные механизмы с ручным приводом. При удобном положении рукоятки зажима и малом диапазоне угла ее отклонения $K_5 = 1,0$; при большом диапазоне угла отклонения рукоятки (более 90°) или неудобном расположении рукояток $K_5 = 1,2$; K_6 – коэффициент, учитываемый только при наличии крутящих моментов, стремящихся повернуть обрабатываемую деталь. $K_6 = 1,0$, если обрабатываемая деталь установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта; $K_6 = 1,5$, если обрабатываемая деталь установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта. Силу, развиваемую силовым приводом, можно определить по формуле

$$Q = KW / i, \quad (1.2)$$

где i – передаточное отношение зажимного механизма, которое зависит от его конструкции и размеров.

Влияние усилия зажима на погрешность формы деталей

При закреплении нежестких деталей типа колец возникают погрешности формы цилиндрической поверхности заготовки, что влияет на точность обработки деталей. В зажимных устройствах (патронах) с обычными (узкими) кулачками наибольшие прогибы колец возникают в местах приложения сил, а наибольшие выпучивания – в сечениях симметрии между кулачками. При наличии широких кулачков деформация колец снижается.

Методика расчета деформации тонкостенных колец при закреплении радиальными силами применима при отношении толщины стенки кольца к среднему радиусу ($h / r \leq 0,2$) и при условии, что кольцо полностью перекрыто кулачками или длина участков кольца, выступающих за кулачками, не превышает

$$l_{\text{пред}} = 1,3rn^{-1} \sqrt{\frac{r}{(n^2 - 1)h}} \quad (1.3)$$

где n – число кулачков;

r и h – средний радиус и толщина стенки кольца соответственно, мм:

$$r = \frac{D+d}{4} \quad (1.4)$$

$$h = \frac{D-d}{2} \quad (1.5)$$

На рисунке представлена номограмма, позволяющая быстро найти $l_{\text{пред}}$ при известных n , r и h/r .

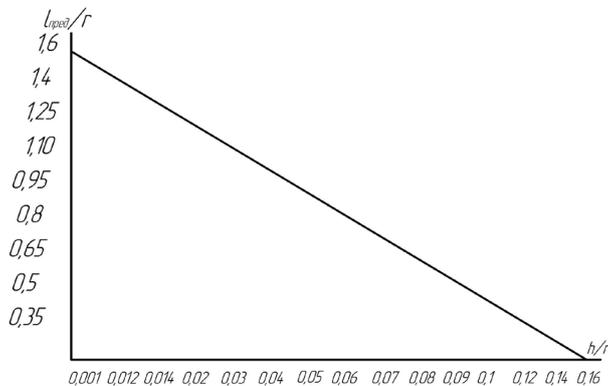


Рис. 1.1. Номограмма для определения $l_{\text{пред}}$

На рис. 2 представлена схема закрепления тонкостенного кольца в трехкулачковом патроне.

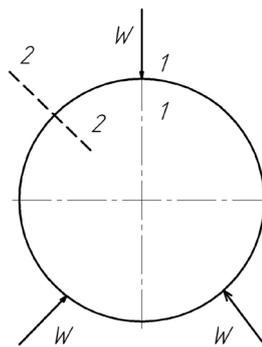


Рис. 1.2. Схема закрепления кольца в трехкулачковом патроне

Наибольший прогиб кольца в сечении рассчитывается по формуле

$$\delta_{1-1} = 0.016 \frac{Wr^3}{EI} \quad (1.6)$$

где W – сила зажима от кулачка (для удобства расчета суммарная сила зажима отнесена к одному кулачку);

$r = (D + d)/4$ – радиус нейтральной окружности кольца; E – модуль упругости материала кольца;

I – момент инерции поперечного сечения кольца относительно нейтральной оси:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (1.7)$$

где b – высота кольца.

Наибольшее выпучивание в сечении 2–2 можно подсчитать по формуле

$$\delta_{2-2} = -0.014 \frac{Wr^3}{EI} \quad (1.8)$$

Силу зажима от одного кулачка W можно определить из условия равновесия кольца:

$$kM_{рез} = WfD/2 \quad (1.9)$$

Отсюда

$$W = \frac{2kM_{рез}}{fD} \quad (1.10)$$

где W – суммарная сила зажима, отнесенная к одному кулачку;

k – коэффициент запаса;

$M_{рез}$ – момент резания;

f – коэффициент трения между кольцом и кулачками: $f = 0,16–0,18$;

D – наружный диаметр кольца. При закреплении тонкостенного кольца двумя призмами возникают погрешности формы, зависящие от силы прижима и угла призм.

На рисунке представлена схема закрепления тонкостенного кольца двумя призмами с углом $\alpha = 90^\circ$. Перемещения в сечениях 2–2, 3–3, 4–4 определяются следующим образом:

$$\delta_{2-2} = 0.006 \frac{Wr^3}{EI} \quad \text{– прогиб} \quad (1.11)$$

$$\delta_{3-3} = 0.004 \frac{Wr^3}{EI} \quad \text{– прогиб} \quad (1.12)$$

$$\delta_{4-4} = -0.012 \frac{Wr^3}{EI} \quad \text{– выпучивание} \quad (1.13)$$

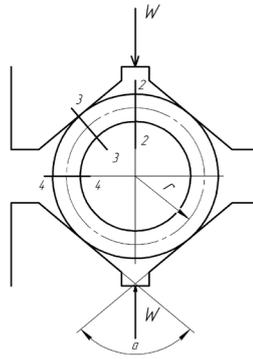


Рис. 1.3. Схема закрепления кольца в призму

Сила зажима детали в призмах определяется по формуле

$$W = kM_{рез} \sin\alpha / (fD) \quad (1.14)$$

где k – коэффициент запаса; $M_{рез}$ – момент резания; α – угол призмы; f – коэффициент трения между кольцом и двумя самоцентрирующими призмами: $f = 0,16-0,18$; D – наружный диаметр кольца.

Порядок выполнения работы

1. У выданных преподавателем тонкостенных колец определить наружный диаметр D , внутренний диаметр d и высоту h .
2. Пользуясь формулой, определить усилие зажима W от кулачков при растачивании кольца, закрепленного в трехкулачковом патроне, при следующих значениях момента резания: а) $M = 0,15$ Нм; б) $M = 0,2$ Нм; в) $M = 0,25$ Нм.
3. Определить наибольший прогиб и выпучивание кольца для каждого полученного усилия зажима W по формулам. Данные занести в табл. 1.1

Таблица 1.1

Результаты измерений

№ детали	D, мм	d, мм	h, мм	Mрез, Нм	Перемещение, мкм				Возможность закрепления
					теоретическое		практическое		
					1-1	2-2	1-1	2-2	

4. Для получения необходимого усилия зажима при различных моментах резания определить исходную силу Q , прикладываемую к рукоятке динамометрического ключа. Уравнение сил механизма патрона в общем виде

$$W = Q\eta_{п1}i_2i_3 \quad (1.15)$$

где i_1, i_2, i_3 – передаточные отношения сил рычажных и центрирующего клиноплунжерного механизмов. В нашем случае $i_1 = 16,4; i_2 = 0,89; i_3 = 6,65$.

КПД патрона определяется по формуле

$$\eta_{п} = \eta_{кз} \eta_{к} \eta_{пп} \quad (1.16)$$

где $\eta_{п}$ – КПД патрона; $\eta_{кз} = 0,96$ – КПД конического зацепления; $\eta_{к} = 0,153$ – КПД клиновой пары «спираль–рейка кулачка»; $\eta_{пп} = 0,81$ – КПД поступательной пары «кулачок–направляющие корпуса патрона».

5. По тарировочному графику определить показания индикатора динамометрического ключа для полученной исходной силы Q .

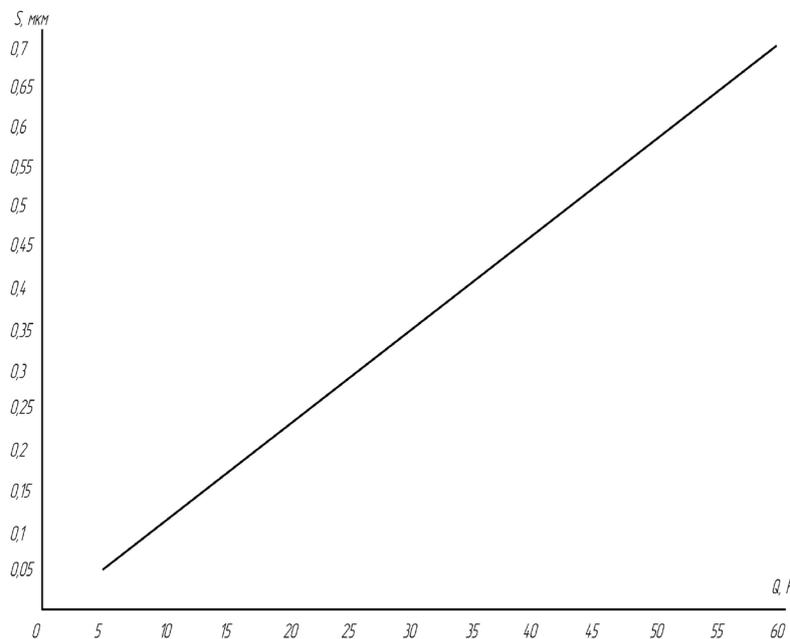


Рис. 1.4. Тарировочный график динамометрического ключа

6. Зажать кольцо в трехкулачковый патрон с исходной силой Q и измерить значение прогибов и выпучиваний (перемещений) в сечениях 1–1, 2–2 по показаниям стрелки индикатора. Повторить опыт три раза для каждого найденного усилия зажима. Данные занести в таблицу

7. Пользуясь формулой, определить усилие зажима W от призмы при растачивании кольца, закрепленного в призмах самоцентрирующего механизма, при следующих значениях момента резания: а) $M_{рез} = 0,3$ Нм; б) $M_{рез} = 0,4$ Нм; в) $M_{рез} = 0,5$ Нм.

8. Определить прогибы $\delta_{2-2}, \delta_{3-3}$ и выпучивание δ_{4-4} для каждого полученного усилия зажима W по формулам.

Таблица 1.2

№ де та ли	D, мм	d, мм	h, мм	Мрез , Нм	Перемещение, мкм				Возможность закрепления
					теоретическое		практическое		
					1–1	2–2	1–1	2–2	

В табл. 1.2 прогиб следует представлять в виде положительной, а выпучивание кольца – в виде отрицательной величины. Значение модуля нормальной упругости для колец, изготовленных из стали 45 ГОСТ 1050–88, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

9. Определить исходную силу Q , прикладываемую к рукоятке динамометрического ключа, для получения необходимого усилия зажима при различных моментах резания. Сила зажима, развиваемая винтовым механизмом:

$$W = Q \frac{l}{r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{пр})} \quad (1.17)$$

где $l = 160$ мм – длина рукоятки ключа; $r_{cp} = 20$ мм – средний радиус резьбы;

$\alpha = 2-4^\circ$ – угол подъема резьбы; $\varphi_{пр}$ – приведенный угол трения для метрической резьбы ($\varphi_{пр} = 60$).

10. Зажать кольцо в призмах и измерить значения прогибов и выпучиваний в сечениях 2–2, 3–3, 4–4. Повторить опыт три раза для каждого найденного усилия зажима. Данные занести в таблицу.

12. Определить возможность закрепления колец для полученных усилий зажима, если допустимая погрешность формы Δ не превышает 0,00001 м. При закреплении в трехкулачковом патроне погрешность формы заготовки

$$\Delta\phi = (|\delta 1| + |\delta 2|),$$

а при закреплении в призмах

$$\Delta\phi = (|\delta 2| + |\delta 4|).$$

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СТАНДАРТНЫМИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯМИ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Цель работы: ознакомиться с различными видами конструкций и принципами работы стандартных приспособлений, применяемых для установки и закрепления заготовок инструмента на токарно-винторезном станке;

Общие теоретические сведения

На токарных станках большинство обрабатываемых деталей, в зависимости от формы и размеров, устанавливаются либо в центрах, либо в патроне. Один центр расположен в шпинделе передней бабки, а второй – в пиноле задней бабки. Патрон устанавливают и закрепляют на конце шпинделя передней бабки токарного станка. Кулачковые патроны применяют для установки и зажима различных типов заготовок, обрабатываемых на токарных станках. В зависимости от количества кулачков патроны подразделяют на двух-, трех- и четырехкулачковые. Патроны двух- и трехкулачковые являются самоцентрирующимися, а четырехкулачковые изготавливают в основном с независимым перемещением кулачков, но бывают и самоцентрирующие. Различают два основных типа универсальных двухкулачковых патронов – патроны с ручным зажимом, расположенным сбоку (для черновых работ) и патроны с центральным винтом (для чистовых работ). На рисунке 1,а представлен универсальный двухкулачковый патрон с ручным винтовым зажимом, находящимся с боку и служащий для перемещения кулачков при зажиме и разжиме небольших заготовок инструмента. На рисунке 1,б показана расчетная схема для определения силы и момента, действующих на патрон. Такую конструкцию патрона применяют для обработки заготовок инструмента на предварительных (черновых) операциях, так как боковое расположение винта может вызывать некоторый перекосящий перемещаемых кулачков.

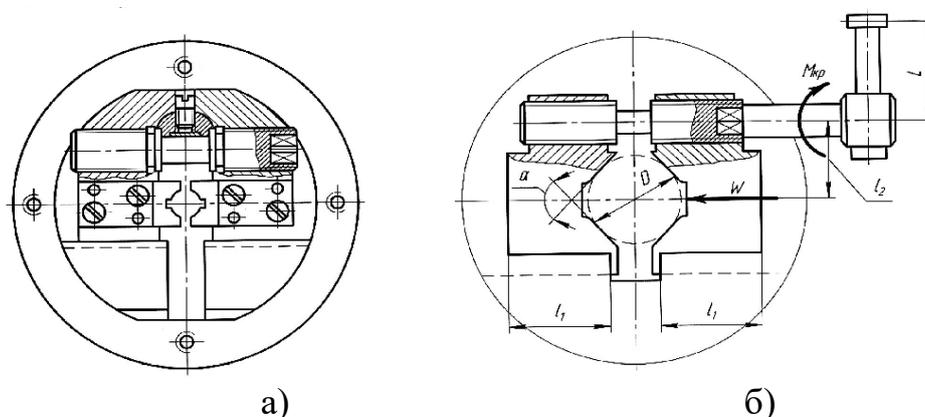


Рис. 2.1. Универсальный двухкулачковый самоцентрирующий патрон с ручным винтовым зажимом: а) конструктивная схема; б) расчетная схема

При зажиме цилиндрической части заготовки инструмента в двухкулачковом патроне требуемая сила зажима на каждом кулачке и крутящий момент на торцовом ключе определяются по следующим формулам:

$$W = kP_z \frac{\sin(\alpha/2)}{zf} \cdot \frac{D_1}{D} \quad (2.1)$$

$$M_{кр} = QL = P_z \frac{\sin(\alpha/2)r_{cp} \operatorname{tg}(\varphi + \varphi_{np})}{f(1 - \frac{3l}{l_1} f_1) \cdot (1 - \frac{3l_2}{l_1} f_1)} \frac{W}{2} \quad (2.2)$$

где W – сила зажима одним кулачком патрона;

$M_{кр}$ – требуемый крутящий момент на торцовом ключе, вращающем винт, который перемещает кулачки патрона;

P_z – тангенциальная составляющая силы резания;

Q – исходная сила, приложенная рабочим на рукоятке, ($Q=120$ Н); z – число кулачков патрона; D – диаметр зажатой поверхности детали; D_1 – диаметр обрабатываемой поверхности детали; L – длина рукоятки ключа; L_1 – расстояние от середины зажатой части детали до места приложения усилия резания P_z ;

l – вылет кулачка от его опоры до центра приложения силы зажима; l_1 – длина направляющей части кулачка; l_2 – расстояние между осью зажимного винта и осью призмы; r_{cp} – средний радиус резьбы винта для кулачков; f – коэффициент трения на рабочих поверхностях призм или кулачков в зависимости от вида поверхности, ($f=0.3 \dots 0.5$); f_1 – коэффициент трения в пазах кулачков, ($f_1=0,1 \dots 0,15$); α – угол призмы кулачка (как правило $\alpha=90^\circ$); φ_{np} – угол подъема резьбы винта, ($\varphi_{np}=6^\circ 30'$); k – коэффициент запаса, величина которого зависит от отношения L_1/D .

При $L_1/D = (0,5; 1; 1,5; 2)$, коэффициент запаса равен $k = (1; 1,5; 2,5; 4)$.

Расчет усилий зажимав трех- и четырехкулачковых универсальных патронов. На деталь, закрепленную в патроне, действуют составляющие силы резания P_x , P_y и P_z . Сила P_z создает на обрабатываемой детали крутящий момент $M_{рез}$, сила P_x – осевой сдвиг и сила P_y – опрокидывающий момент.

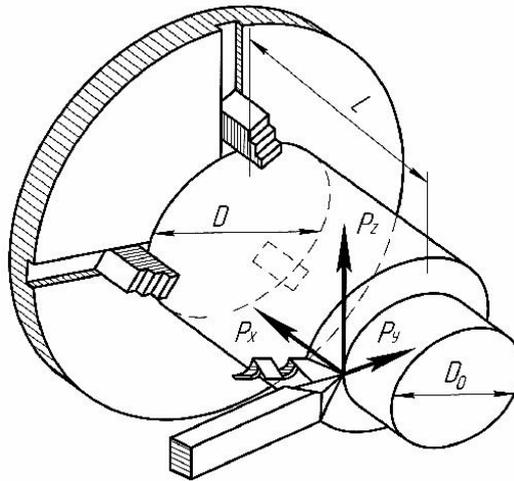


Рис. 2.2. Расчетная схема токарного патрона

Величина крутящего момента M рез зависит от силы P_z , радиуса R_0 обработанной поверхности детали и отношения зажимаемого диаметра детали D и ее диаметра обработки D_0 (чем больше это отношение, тем меньше влияние крутящего момента на деталь). Величина опрокидывающего момента зависит от силы P_y и отношения длины вылета обрабатываемой детали L и диаметра ее зажатой части D (чем больше это отношение, тем больше влияние опрокидывающего момента на деталь). В общем виде, формула для расчета суммарной силы зажима обрабатываемой детали в универсальных трех- и четырехкулачковых патронах имеет следующий вид:

$$W_{\text{сум}} = W_z = \frac{kM_{\text{рез}}}{fR} = \frac{kP_z R_0}{f \cdot R} \quad (2.3)$$

где W – сила зажима одним кулачком патрона;

z – число кулачков патрона; k – коэффициент запаса, ($k=1.3 \dots 1,6$); M рез – момент от силы резания P_z ; R_0 – радиус обработанной части детали; R – радиус зажатой кулачками части детали; f – коэффициент трения (сцепления) между рабочей поверхностью кулачков и обрабатываемой деталью (его величина зависит от вида рабочей поверхности кулачков: при гладкой поверхности $f=0,2$; с кольцевыми канавками $f=0,3 \dots 0,4$; с продольными и кольцевыми канавками $f=0,45 \dots 0,5$; с рифленой поверхностью $f=0,8 \dots 1$).

Установка универсальных патронов на шпиндель станка
Установка универсальных трех- и четырехкулачковых патронов на шпиндель станка осуществляется через планшайбу, которая (в зависимости от типа переднего конца шпинделя станка) либо навинчивается на передний конец шпинделя, либо центрируется по наружному посадочному конусу конца шпинделя и притягивается к торцу фланца четырьмя винтами. Так, на токарно-винторезном станке модели 16К20 планшайба патрона устанавливается на передний конец шпинделя станка по второму варианту. В этом случае, фланцевое закрепление

патрона обеспечивает высокую точность центрирования, жесткость, исключает самоотвинчивание. Для смены патрона ослабляют четыре гайки 6, а шайбу 5 поворачивают так, чтобы окна прорези шайбы были против гаек, далее снимают патрон. Установку и закрепление патрона выполняют в обратном порядке.

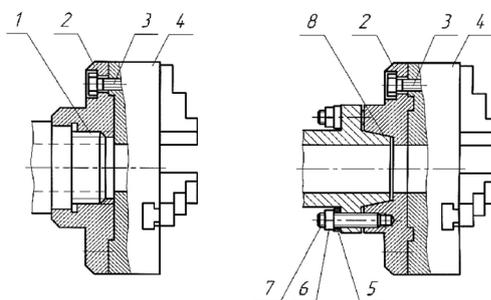


Рис. 2.3. Закрепление токарного патрона на шпинделе станка:
1– резьбовой конец шпинделя; 2– планшайба; 3– винт; 4– корпус; 5– шайба;
6– гайка; 7– шпилька; 8– посадочный конус шпинделя

Универсальные цанговые патроны

Заготовки инструмента класса «валики» и «втулки» с внешним диаметром $D \leq 60$ мм и предварительно обработанной поверхностью целесообразно закреплять не в кулачковых, а в обжимных универсальных цанговых патронах. Такие патроны просты в изготовлении и эксплуатации, обеспечивают надежность закрепления обрабатываемой детали не меньшую, чем в кулачковых патронах. На рисунке, в качестве примера, представлен подобный патрон. Цанга 4 (тонкостенная стальная или чугунная втулка с прорезями), сжимаясь, при наворачивании гайки 1 на резьбу цилиндрического участка корпуса 3 патрона входит в коническую расточку корпуса и осуществляет зажим заготовки инструмента.

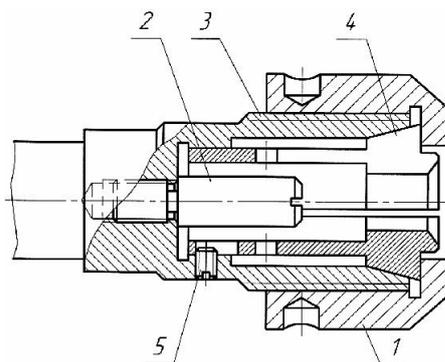


Рис. 2.4. Универсальный цанговый патрон: 1– нажимная гайка;
2– регулируемый упор; 3– корпус; 4– цанга; 5– винт.

Установка и закрепление заготовок инструмента в центрах. Заготовки инструмента (сверла, протяжки, т. д.), длина которых превышает диаметр в пять и более раз, обычно обрабатывают с установкой коническими поверхностями центровых отверстий на центрах станка (установка в центрах). Для установки

обрабатываемой детали в центрах служат центровые отверстия, которые могут быть двух основных типов А и Б. Центровые отверстия типа Б имеют предохранительный конус под углом 120° , обеспечивают точную и надежную посадку конуса центра в центровое гнездо даже при наличии забоин на торце обрабатываемой детали.

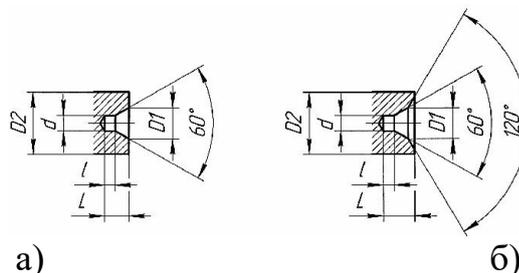


Рис. 2.5. Размеры центровых отверстий: а) тип А без предохранительного конуса; б) тип Б с предохранительным конусом

Поводковые приспособления Поводковые приспособления применяют для передачи вращательного движения (крутящего момента) от шпинделя станка к обрабатываемой детали, установленной в центрах, на оправке или в патроне. К поводковым приспособлениям относятся хомутики, поводковые планшайбы (патроны) и самозажимные поводковые патроны.

Хомутики и поводковые планшайбы (патроны) Простейшим из поводковых устройств, для токарных работ, является – токарный хомутик. Планшайба 1, закрепленная на шпинделе станка, имеет радиальный паз, в который входит отогнутый хвостовик хомутика 3. Вращаясь вместе со шпинделем, планшайба 1 увлекает за собой хомутик, а вместе с ним установленную в центрах заготовку инструмента 2.

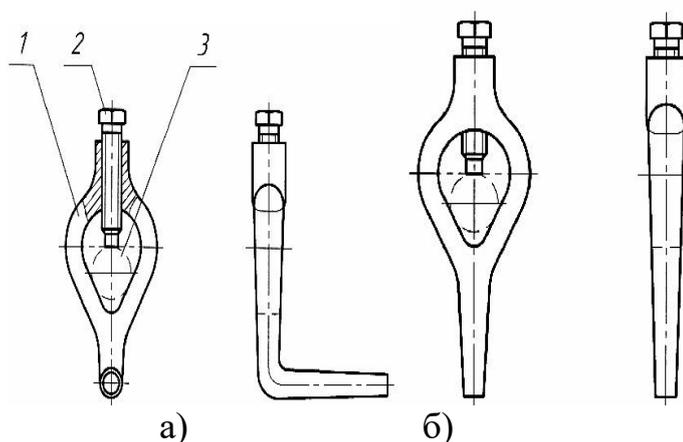


Рис. 2.6. Типы токарных хомутиков: а) с отогнутым хвостовиком; б) с прямым хвостовиком. 1– корпус хомутика; 2– винт; 3– заготовка инструмента

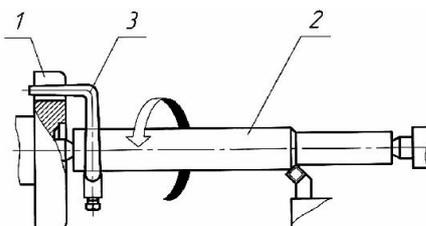


Рис. 2.7. Заготовка инструмента, установленная в центрах: 1– планшайба; 2– заготовка инструмента; 3– хомутик

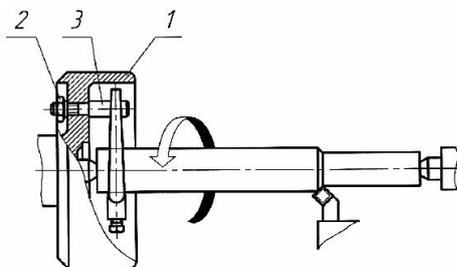


Рис. 2.8. Безопасная планшайба: 1– планшайба; 2– гайка; 3– палец

Так как работа с хомутиком представляет определенную опасность – возможны случаи захвата хвостовиком одежды рабочего, то в целях безопасности применяют поводковые планшайбы (патроны) с защитными кожухами.

Роль поводка выполняет палец (либо планка) 3, закрепленный гайкой 2 в планшайбе 1. Для сокращения вспомогательного технологического времени, связанного с установкой и снятием хомутика применяют различные устройства для беспатронного и безхомутикового закрепления заготовок инструмента. Так, при обработке заготовок инструмента класса «валики» и «втулки» в качестве поводковой планшайбы используют поводковую оправку, состоящую из плавающего (подпружиненного) центра с поводковыми зубьями/штырьками. Корпус оправки 3 имеет коническую часть, с помощью которой она устанавливается в конической расточке шпинделя, подпружиненного центра 5, свободно перемещающегося в осевом отверстии корпуса, пружины 2, упорного винта 1 и поводковых зубьев 7, передающих крутящий момент. Винт 6 играет роль шпонки, а винт 4 – роль стопора.

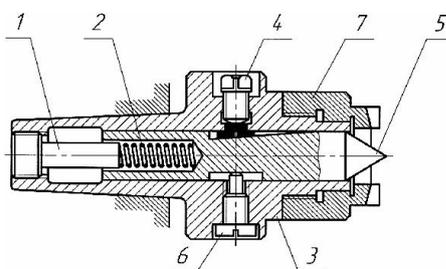


Рис. 2.9. Поводковая оправка: 1–упорный винт; 2–пружина; 3– корпус; 4– стопорный винт; 5–подпружиненный (плавающий) центр; 6– винт; 7– зубья/штырьки

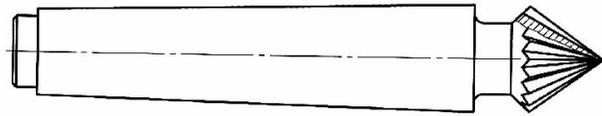


Рис. 2.10. Рифленый поводковый центр(ёрш)

В процессе обработки под действием осевых усилий резания (усилия подачи) поводковые зубья вдавливаются в торец заготовки, обеспечивая надежный контакт между поводковой оправкой и заготовкой инструмента, и передают от шпинделя станка крутящий момент. Основным недостатком таких оправок является относительно небольшой диапазон диаметров заготовок инструмента (максимальный наружный диаметр заготовки инструмента не более двух-трех диаметров делительной окружности зубьев/штырьков).

Поводком для заготовок инструмента класса «валики» малого диаметра также может служить рифленый поводковый центр – «ёрш».

Самозажимные поводковые патроны Самозажимные поводковые патроны изготавливают с двумя или тремя эксцентриковыми кулачками с насечкой, которые в начале обработки под действием сил резания зажимают заготовку инструмента, установленную в центрах станка, и передают ей крутящий момент от шпинделя станка. При увеличении крутящего момента резания автоматически увеличивается и крутящий момент от шпинделя, передаваемый кулачками патрона на заготовку инструмента. Для удобной установки заготовки инструмента в центрах применяют поводковые патроны с автоматически раскрывающимися кулачками. Равномерный зажим заготовки всеми кулачками обеспечивается тем, что применяют плавающие кулачки или кулачки с независимым перемещением. Самозажимные поводковые патроны позволяют устанавливать кулачки на различный диаметр обработки. На рисунке 15 представлен самозажимной трехкулачковый поводковый патрон с плавающим центром. В конусной части 7 сварного корпуса 4 патрона установлены резьбовая пробка 5, пружина 6 и плавающий центр 8. В корпусе 4 расположены три груза 10, качающихся на осях 3. На передней части патрона установлены на осях 12 три кулачка 1. Грузы 10 соединены с кулачками 1 пальцами 2. Продольное перемещение плавающего центра 8 ограничивается винтом 9. Зажим заготовки инструмента, установленной в центрах, производится автоматически поворачивающимися на осях 12 кулачками 1 под действием центробежных сил от грузов 10 и сил резания. При остановке станка шпиндель с патроном перестает вращаться и пружины 14 разводят грузы 10 и кулачки 1 и обработанная заготовка инструмента разжимается. Во время установки заготовки в центрах, центр задней бабки выдвигается и, нажимая на заготовку, перемещает ее с передним плавающим центром влево, пока его коническая шейка плотно совместится с коническим гнездом в корпусе патрона. Для безопасности работы патрон закрыт крышкой 13 и кожухом 11. Центробежные силы, развиваемые каждым грузом с отверстием, залитым свинцом, при вращении шпинделя с патроном поворачивают кулачки 1, и они предварительно зажимают заготовку инструмента, чтобы она в начале процесса обработки не

провернулась под действием сил резания. Окончательный зажим заготовки инструментом кулачками патрона происходит под действием сил резания, вызывающих трение между профильной поверхностью кулачков и поверхностью заготовки. Чем больше момент резания, тем сильнее происходит зажим кулачками патрона.

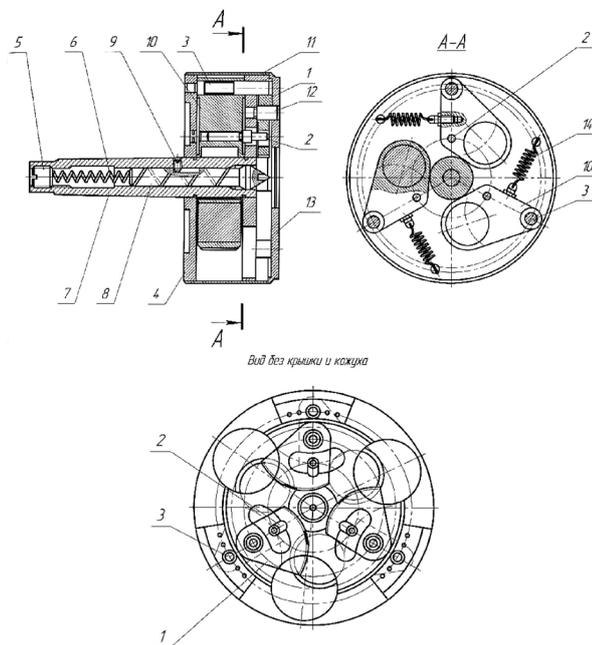


Рис. 2.11. Трехкулачковый поводковый самозажимной патрон

Величина центробежной силы, развиваемая каждым грузом патрона и действующая на один из трех его кулачков (сила зажима одним кулачком патрона) определяется по формуле:

$$P_{ц} = 0,001G \cdot R \cdot n^2 \quad (2.4)$$

где G – вес вращающихся грузов патрона; R – расстояние от центра тяжести груза до оси вращения патрона; n – число оборотов шпинделя станка.

Суммарная сила зажима деталей всеми кулачками патрона равна:

$$W_{сум} = P_{ц} \cdot z \quad (2.5)$$

где z – число кулачков патрона.

В процессе расчета размеров и сложного профиля кулачков патрона необходимо знать следующие данные: величину тангенциальной составляющей усилия резания; диапазон диаметральных размеров заготовок инструмента, зажимаемых комплектом сменных кулачков патрона; размер h – расстояние между осью заготовки и осью качания (поворота) кулачка патрона.

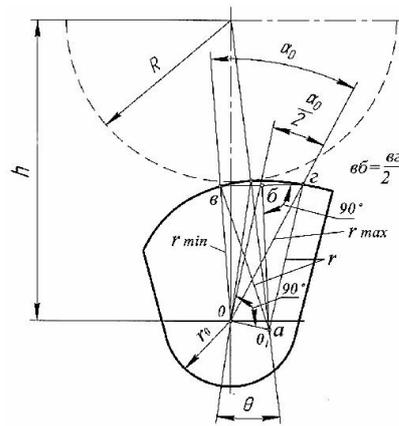


Рис. 2.12. Расчетная схема для определения размеров и профиля кулачков поводковых самозажимных патронов

При проектировании принимаем, что профиль рабочей поверхности кулачка изготовлен по логарифмической спирали с постоянным углом подъема $\theta=0,31$ рад $=18^\circ$. В этом случае, радиусы-векторы профиля кулачка будут равны: – наибольший вектор кулачка:

$$r_{\max} = h - R_{\min} + 0.5 \cdot \theta^2 \cdot R_{\min} (1 - R_{\min} / h) \quad (2.6)$$

наименьший вектор кулачка:

$$r_{\min} = h - R_{\max} + 0.5 \cdot \theta^2 \cdot R_{\max} (1 - R_{\max} / h) \quad (2.7)$$

где R_{\min} и R_{\max} – минимальный и максимальный радиусы зажатой кулачками части заготовки инструмента.

Угол поворота кулачка (град) при зажиме поверхности заготовки инструмента будет равен:

$$\alpha_0 = \frac{2.31(r_{\max} / r_{\min})}{\theta} \quad (2.8)$$

С другой стороны, зная угол α_0 и величину векторов кулачка r_{\min} и r_{\max} , являющихся сторонами угла α_0 с вершиной в точке О (ось вращения кулачка), можно спроектировать профиль рабочей поверхности кулачка не по логарифмической спирали, а по окружности. Центр этой окружности, точка O_1 , находится на пересечении перпендикуляра O_1O , восстановленного из середины прямой vr ($vb=vr/2$), соединяющей концы векторов. Сила зажима заготовки инструмента одним кулачком патрона определяется по формуле:

$$Q = M_{\text{рез}} / \left[z \cdot R_{\max} \cdot \sin\left(\theta + \frac{4r_0\mu}{\pi r_{\min}}\right) \right] \quad (2.9)$$

где $M_{\text{рез}} = Pz r_p$ – момент от силы резания Pz ;

r_p – радиус наибольшей шейки ступенчатой заготовки инструмента; z – число кулачков патрона; μ – коэффициент трения на тыльной поверхности кулачка, ($\mu=0.15$);

R_{max} – максимальный радиус заготовки, которую можно зажать; r_0 – радиус тыльной поверхности кулачка.

Задние центры

Как ранее упоминалось, при установке заготовки инструмента в центрах, в качестве зажимных приспособлений используют передний опорный центр, закрепляемый в шпинделе станка, и задний опорный центр, закрепляемый в пиноли задней бабки. Передний центр вращается вместе с заготовкой инструмента, а задний центр неподвижен. В результате чего, невращающийся задний центр вследствие трения между его конусной поверхностью и центровым отверстием обрабатываемой детали сильно нагревается и изнашивается (неподвижные задние центра используют при сравнительно небольшой скорости вращения шпинделя станка $n \leq 120 \text{ мин}^{-1}$). Для уменьшения износа и увеличения стойкости центров используют износостойкие центры, у которых на рабочий конус наплавлен слой твердого сплава или впаян твердосплавный наконечник. При обработке на высоких скоростях резания применяют вращающиеся задние центры, которые обладают меньшей жесткостью, чем невращающиеся, но не изнашиваются и не портят базовых поверхностей, так как вращаются вместе с заготовкой инструмента.

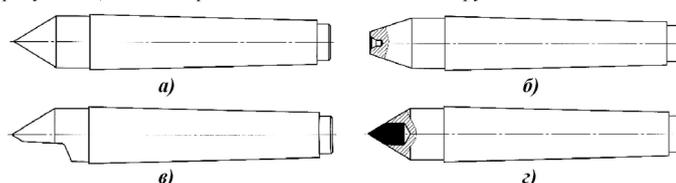


Рис. 2.13. Типы невращающихся задних центров: а) жесткий центр; б) обратный центр; в) полуцентр; г) твердосплавный центр

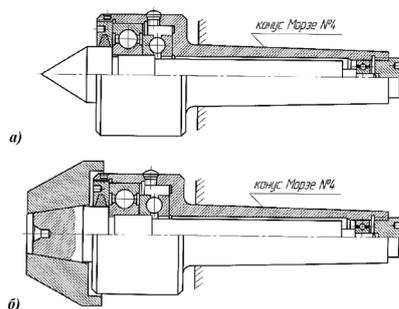


Рис. 2.14. Типы вращающихся задних центров: а) прямой; б) обратный

Люнеты

Заготовки инструмента класса «валики» и «втулки» характеризуются жесткостью, которая определяется отношением деформирующей силы к величине деформации (при отношении $l/d \leq 5$ вал считается жестким, при $l/d =$

5...12–полужестким, а при $l/d \geq 12$ – нежестким). Полужесткие и нежесткие заготовки обрабатывают закрепленными в центрах и дополнительных приспособлениях – люнетах, для уменьшения отжима заготовки. Отжим приводит к увеличению размера в средней части заготовки инструмента (бочкообразность), вызывает сильные вибрации и может привести к вырыву ее из центров.

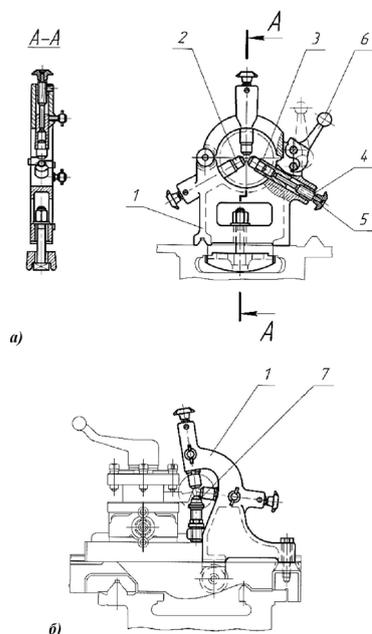


Рис. 2.15. Типы токарных люнетов: а) неподвижный; б) подвижный.
1– корпус; 2– кулачок; 3– пиноль; 4– винт; 5– рукоятка; 6– ручка зажима;
7– домкратик

По конструкции люнеты разделяют на универсальные и специальные, по способу установки на станке – неподвижные, закрепляемые на направляющих станины, и подвижные, закрепляемые на каретке суппорта и движущиеся вместе с ним. Люнеты имеют кулачки из антифрикционного материала (как правило, бронзы), которые прижимаются к заготовке и препятствуют ее отжиму в процессе резания. Кулачки периодически смазывают. При обточке заготовок инструмента твердосплавными резцами на высоких скоростях резания бронзовые кулачки быстро перегреваются и изнашиваются, кроме того, возможно заклинивание обрабатываемой заготовки. В этом случае, обработку твердосплавными резцами на высокой скорости ведут в люнетах, оснащенных роликовыми кулачками. На рисунке представлен подобный люнет. В корпус 4 люнета вместо бронзовых кулачков установлены два шарикоподшипника 5. В отверстие крышки 6 вставлен валик 9 с пружиной, на конце которого подвижно закреплена серьга 11 с двумя шарикоподшипниками 5. При закреплении заготовки 7 опускают крышку 6 люнета и верхней гайкой 8 регулируют положение валика 9. Затем рукояткой 1 поворачивают эксцентрик 2, в спиральный паз которого входит штифт 3, установленный в крышке 6, и крышка перемещается к центру люнета. При этом пружина 10 прижмет серьгу

11 с верхними подшипниками 5 к детали 7, и она зажмется между верхними и нижними подшипниками люнета.

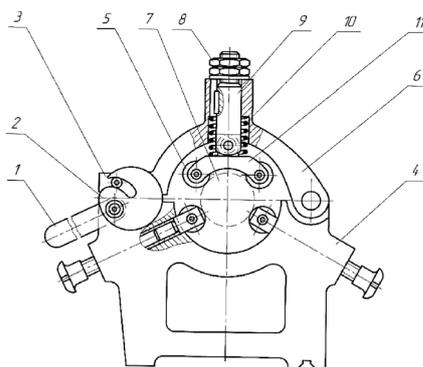


Рис. 2.16. Неподвижный универсальный люнет

Установка и закрепление заготовок инструмента на оправках Установка и закрепление заготовок инструмента класса «втулки» и «диски» на оправках обеспечивает точное их центрирование по отверстию и строгую перпендикулярность торцов к оси отверстия. На закрепление уходит небольшое количество времени и не требует дополнительной выверки. В зависимости от способа установки и закрепления заготовок инструмента все оправки можно разделить на консольные и центровые, которые в свою очередь делят на: жесткие (гладкие) для установки заготовок инструмента с зазором или натягом; цанговые разжимные; клиновые (плунжерные, шариковые); с тарельчатыми пружинами; самозажимные (кулачковые, роликовые); с центрирующей упругой втулкой. Рассмотрим только первые два варианта указанных оправок, которые наиболее широко используют при обработке заготовок инструмента на токарно-винторезном станке. Так на рисунке представлены жесткие центровые оправки, которые используют для установки заготовок инструмента класса «втулки», обрабатываемых по всей длине и по торцам за одну установку, и заготовок инструмента класса «диски» с базированием по центральному отверстию. На рисунке, а показана жесткая центральнаяпологоконусная оправка 1, представляющая собой зацентрированный валик с наружнойпологоконической поверхностью. Заготовка инструмента 2 заклинивается на оправке 1 легким постукиванием о стальную подставку. На цилиндрическую поверхность гладкой центральной оправки 1 (б) устанавливают базовым отверстием заготовку инструмента 3, затем надевают съемную шайбу 5. Ключом, закручивая гайку 4, зажимают заготовку инструмента 3 с упором ее торцом в плоскость фланца 2 оправки 1. Вспомогательной базой служит торцовая поверхность заготовки инструмента, определяющая ее положение на оправке в продольном направлении. Широкое распространение получили цанговые разжимные оправки (в). Стальная закаленная втулка-цанга 2 имеет продольные прорезы. Нажимной гайкой 3 продвигают цангу 2 на конус оправки 1 и цанга разжимается, прочно закрепляя насаженную на нее заготовку инструмента. Также, наиболее надежное и прочное закрепление заготовок инструмента обеспечивается при их установке на гладкие центровые оправки, оснащенные

шпонкой (г) или шлицами (д). Для передачи такой оправкой крутящего момента от шпинделя станка на ее правом конце имеется квадрат или пара лысок. При расчете жестких центровых оправок требуется определить диаметр ее рабочей части. Исходными данными для расчета являются следующие величины – номинальный диаметр базового отверстия заготовки инструмента; длина базового отверстия; верхнее и нижнее отклонение номинального диаметра отверстия заготовки инструмента; момент резания и осевая сила, возникающие в процессе обработки и стремящиеся повернуть или сдвинуть заготовку инструмента на оправке.

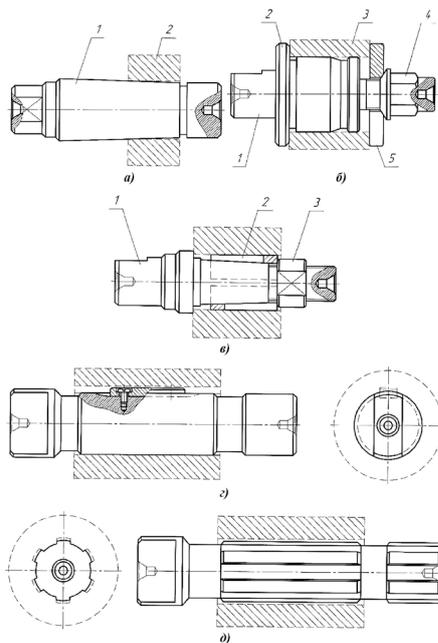


Рис. 2.17. Типы жестких центровых оправок

Момент трения $M_{тр}$ и сила трения $F_{тр}$, препятствующие перемещению заготовки инструмента на оправке, определяются по формуле:

$$M_{тр} = k M_{рез} \quad (2.10)$$

$$F_{тр} = k P_0 \quad (2.11)$$

где k – коэффициент запаса, ($k = 1,3 \dots 2$); $M_{рез}$ – момент от силы резания P_z ; P_0 – осевая сила, возникающая при обработке.

Величину момента трения $M_{тр}$ и усилия трения $F_{тр}$ также можно и по другой формуле:

$$M_{mp} = f \cdot p \cdot l \frac{\pi d^2}{2} \quad (2.12)$$

$$F_{mp} = f p l \pi d \quad (2.13)$$

где f – коэффициент трения между поверхностями заготовки инструмента и оправкой, ($f = 0.1 \dots 0.12$); p – удельное давление на поверхностях сопряжения заготовки инструмента и оправки; l ; d – соответственно длина и номинальный диаметр базового отверстия заготовки инструмента.

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкции и принцип работы станочных приспособлений, используемых для установки и закрепления заготовок инструмента на токарно-винторезном

2. Сделать эскизы рабочих элементов конструкции станочных приспособлений (при необходимости сделать эскизы некоторых приспособлений в сборе);

3. Провести расчет усилий закрепления заготовок инструмента в станочном приспособлении, указанном в выданном задании преподавателем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СТАНДАРТНЫМИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯМИ ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКОВ

Цель работы: Ознакомиться с устройством и принципом работы универсальных самоцентрирующих тисков; Ознакомиться с конструкцией, кинематикой и принципом работы универсальной делительной головкой (УДГ) и оптической делительной головкой (ОДГ).

Общие теоретические сведения

Универсальные самоцентрирующие тиски.

Универсальные тиски применяют для обработки всех четырех классов заготовок инструмента (от класса «валики» до класса «пластины»). Тиски имеют постоянные детали – корпус, салазки и механизм зажима – и сменные губки, которые используют для обработки разных типоразмеров заготовок инструмента. Универсальные тиски бывают с одной или с двумя подвижными губками, с плавающими губками. В зависимости от направления силы зажима, действующей на подвижную губку, тиски бывают с тянущей или толкающей силой зажима. На рисунке представлены универсальные самоцентрирующие переналаживаемые тиски с двумя постоянными подвижными губками 1 и 2 и сменными губками 3 и 4. При вращении винта 5 с правой резьбой на одном конце и левой на другом губки 1 и 2 тисков сдвигаются (при зажиме обрабатываемой заготовки инструмента) или раздвигаются (при разжиме ее). Для уменьшения перемещения губок (сокращения вспомогательного времени) при установке и снятия заготовок инструмента, призматическая губка 1 тисков заменена плоской.

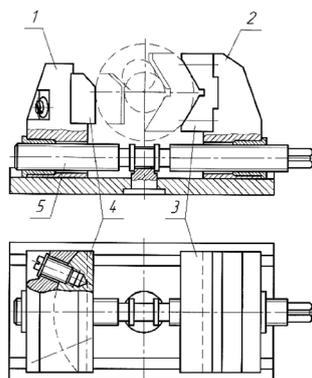


Рис. 3.1. Универсальные самоцентрирующие переналаживаемые тиски

Делительные головки

Делительные головки предназначены для поворота деталей на определенный угол, деления окружности на равные и неравные части, передачи вращения заготовке инструмента при нарезании винтовых стружечных канавок на осевом инструменте (сверла, зенкеры, фрезы и т. д.). Делительные головки подразделяются на универсальные (УДГ) и оптические (ОДГ). В свою очередь все делительные головки делятся на лимбовые и безлимбовые.

Универсальная делительная головка.

Классификацию УДГ производят в зависимости от высоты центров, например УДГ-135 и УДГ-160 имеют высоту центров мм 135 и мм 160 соответственно. Передаточное отношение этих УДГ, характеризующее число оборотов рукоятки за время полного оборота шпинделя называется характеристикой головки и обозначается буквой N (эта величина равна числу зубьев червячного колеса, в большинстве случаев $N=40$).

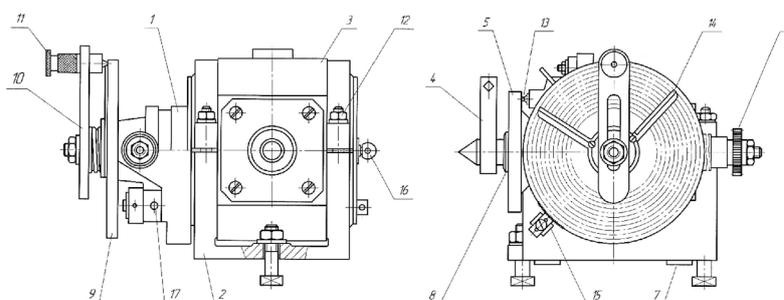


Рис. 3.2. Универсальная делительная головка

На рисунке 2 представлены следующие основные элементы УДГ: 1– кожух зубчатых передач; 2– основание головки; 3– поворотный корпус головки; 4– поводок с передним центром; 5 – делительный диск для непосредственного деления; 6 – гитара сменных колес; 7 – направляющие шпонки; 8 – шпиндель; 9 – делительный диск для простого и дифференциального деления; 10– рукоятка для поворота шпинделя при простом и дифференциальном методе деления; 11– защелка (фиксатор)

рукоятки 10; 12– болты для закрепления поворотного корпуса 3 головки; 13– защелка (фиксатор) для непосредственного метода деления; 14– раздвижные ножки сектора для ограничения угла поворота рукоятки 10; 15– стопор делительного диска 9 для простого метода деления; 16– стопор для закрепления и освобождения шпинделя 8 головки; 17– рукоятка включения и выключения червяка из зацепления с червячным колесом. Делительный диск 5 для непосредственного деления выполнен градуированным с ценой деления 1^0 . Для создания винтовых стружечных канавок на осевом инструменте, корпус 3 поворачивают вокруг горизонтальной оси в вертикальной плоскости на заданный угол относительно основания 2. Универсальные делительные головки позволяют производить деления обрабатываемых деталей тремя методами – непосредственным, простым и дифференциальным.

Оптическая делительная головка. В отличие от УДГ оптические делительные головки (ОДГ) являются более точным механизмом, поэтому они применяются, главным образом, не для непосредственного процесса обработки, а для точных измерений и контроля. Устройство и принцип работы ОДГ совершенно иной, чем у УДГ. Деление и поворот обрабатываемой детали на заданный угол могут производиться только с помощью метода непосредственного деления. Если деление не требует высокой точности, то оно может производиться по градуированному делительному диску 8, закрепленному на переднем конце шпинделя 10. В этом случае обычно за счет поворота эксцентриковой корпусной втулки 12 червяк 13 выводят из зацепления с червячным колесом 6, а шпиндель с обрабатываемой деталью поворачивают вручную. Для точного деления, наоборот, червяк 13 вводят в зацепление с червячным колесом 6 и поворот шпинделя осуществляют предварительно (грубо) маховичком 16 и окончательно (точно) маховичком 15, а отсчет угла поворота в этом случае производят с помощью оптической системы с окуляром 4 по стеклянному делительному диску 5, также закрепленному на шпинделе 10. После поворота шпиндель закрепляется рукояткой 14. Оптическая система состоит из микроскопа 3 с окуляром 4, лампочки 2, отражающей пластинки 1, на которой нанесена шкала с 60-ью делениями для отсчета минут и делительного диска 5 с 360-ью делениями для отсчета градусов. Шпиндель 10 смонтирован в поворотном корпусе 11, который может поворачиваться в вертикальной плоскости совместно со шпинделем относительно основания 7 головки на $+ 100^0$ и $- 10^0$ с точностью отсчета этого поворота ± 6 . В установленном положении корпус закрепляется в подшипниках основания болтами 9. Направляющие шпонки 17 служат для правильной установки головки на столе станка. Настройка ОДГ осуществляется с помощью установки шпинделя головки в каждую из заданных позиций по градуированному на 360 частей диску и шкале, имеющей 60 делений.

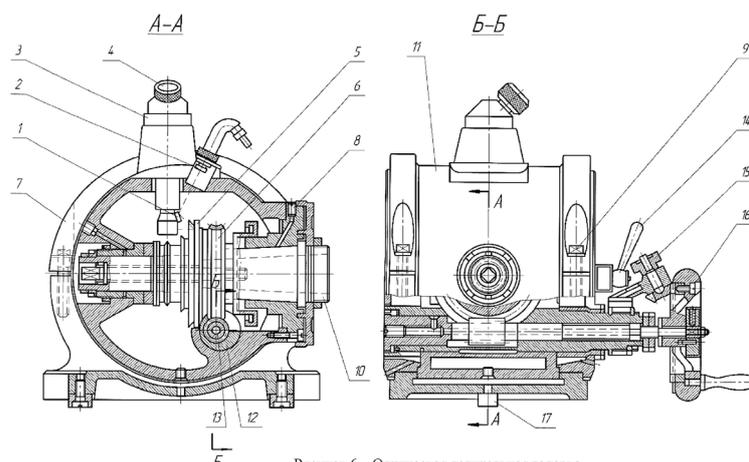


Рис. 3.3. Оптическая делительная головка

Порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию и принцип работы универсальных самоцентрирующих тисков, сделать эскизы их основных элементов;
2. Изучить конструкцию, принцип работы УДГ и ОДГ. Сделать эскизы рабочих элементов конструкции УДГ и ОДГ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корсаков, В. С. Основы конструирования приспособлений: учебник для вузов / В. С. Корсаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1983. – С. 32–36.
2. Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М. : Машиностроение, 1966. – С. 73–77, 134–140.
2. Баталов В. И. и др. Основы конструирования приспособлений: учебное пособие для машиностроительных вузов. / В. И. Баталов, Т. Ф. Терликов, А. С. Мельников.– М.: Машиностроение, 1980.– 119 с.
3. Балакшин Б. С. Основы технологии машиностроения. Изд. 2-е, перераб. и доп., учебное пособие для машиностроительных вузов и факультетов. М., «Машиностроение», Москва, 1966, 556 с. с илл.
3. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений. Изд. 2-е, перераб. и доп. учебное пособие для техникумов. М., «Высш. школа», 1974, 263 с.
4. Денежный П. М. и др. Токарное дело. учебное пособие для проф. техн. училищ. «Высшая школа», М., 1972, 304 с. с илл.
5. Кузнецов Ю. И. Оснастка гибких производственных систем для обработки тел вращения, корпусных и плоскостных деталей в условиях мелкосерийного производства. – М.; 1986. – 60 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лабораторная работа № 1. Исследование влияния усилия зажима на точность обработки деталей.....	3
Лабораторная работа № 2. Техническое оснащение стандартными приспособлениями токарных станков.....	10
Лабораторная работа № 3. Техническое оснащение стандартными приспособлениями фрезерных станков.....	23
Библиографический список.....	27

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
для студентов направления 15.03.01 «Машиностроение»
(профиль «Технологии, оборудование и автоматизация
машиностроительных производств»)
всех форм обучения

Составитель

Симонова Юлия Эдуардовна

Издается в авторской редакции

Подписано к изданию 08.11.2021.

Уч.-изд. л. 1,8. Усл. печ. л. 1,7.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14