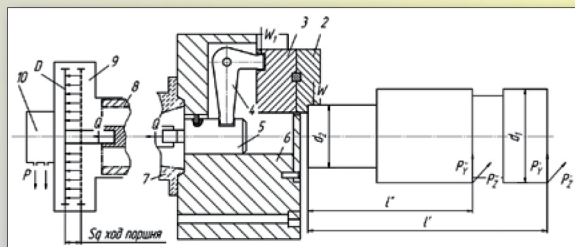
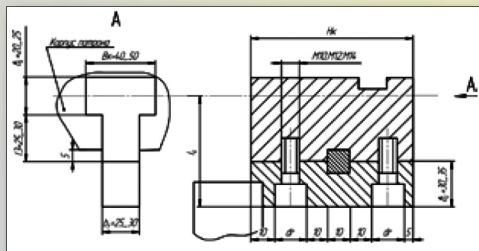


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

А.А. Козлов, С.И. Ярыгин


ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ. ПРОЕКТИРОВАНИЕ КУЛАЧКОВЫХ САМОЦЕНТРИРУЮЩИХ ПАТРОНОВ

Практикум



© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2019

ISBN 978-5-8259-1437-4



УДК 621.9.06

ББК 34.63-5

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, начальник конструкторско-технологического отдела ООО «Авис» *Д.Е. Салабаев*;
канд. техн. наук, доцент Тольяттинского государственного университета *Д.А. Расторгуев*.

Козлов, А.А. Оборудование и технологическая оснастка машиностроительных производств. Проектирование кулачковых самоцентрирующих патронов : практикум / А.А. Козлов, С.И. Ярыгин. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2019. – 1 оптический диск.

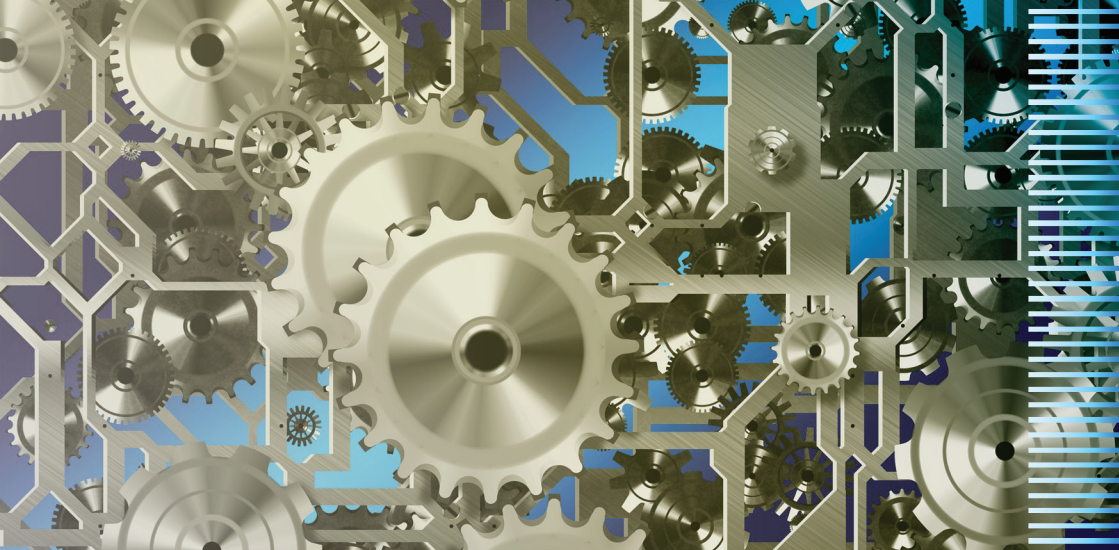
В практикуме представлены описание конструкции кулачкового патрона, методика проектирования станочных приспособлений, пример расчета и рекомендации по оформлению рабочего чертежа приспособления.

Предназначен для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (направленности (профили) «Проектирование технологических процессов», «Технология машиностроения») очной и заочной форм обучения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.



Редактор *Е.В. Ахмадуллина*
Технический редактор *Н.П. Крюкова*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 11.04.2019.
Объем издания 10,8 Мб.
Комплектация издания: компакт-диск,
первичная упаковка.
Заказ № 1-27-18.

Издательство Тольяттинского
государственного университета
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,
тел. 8 (8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ | 6 |
| 2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 7 |
| 3. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ | 9 |
| 4. РАЗРАБОТКА КУЛАЧКОВОГО САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГО ПАТРОНА | 12 |
| 4.1. Сбор исходных данных | 12 |
| 4.2. Расчёт сил резания | 18 |
| 4.3. Расчёт усилия зажима | 22 |
| 4.4. Расчёт силового привода | 29 |
| 4.5. Расчёт погрешности установки заготовки в приспособлении | 33 |
| 5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПАТРОНА И СИЛОВОГО ПРИВОДА | 35 |
| 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА | 36 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 37 |

ВВЕДЕНИЕ

Станочные приспособления в современном производстве играют исключительно важную роль. К ним предъявляется ряд требований, которые в конечном итоге влияют на качество производимой продукции. Приспособления должны реализовывать теоретическую схему базирования, отвечать требованиям точности, надежности, производительности, эргономичности и ряда других. Большинство этих показателей обеспечивается на стадии проектирования и изготовления.

В данном пособии рассматриваются вопросы проектирования одних из самых распространенных станочных приспособлений – кулачковых патронов.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Цель – научиться проектировать станочные приспособления на примере разработки конструкции токарного кулачкового самоцентрирующего патрона.

Задачи занятий:

- изучить конструкцию кулачкового патрона;
- разобраться в методике проектирования станочного приспособления;
- выполнить по заданному варианту необходимые расчёты для проектирования патрона и силового привода к нему;
- разработать конструкцию токарного кулачкового самоцентрирующего патрона с механизированным приводом;
- оформить результаты расчётов и конструирования в виде пояснительной записки и рабочего чертежа патрона с силовым приводом.

2. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТОКАРНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Особенностью токарного приспособления является разделение конструкции на патрон и силовой привод, которые монтируются на различные концы шпинделя коробки скоростей (рис. 1).

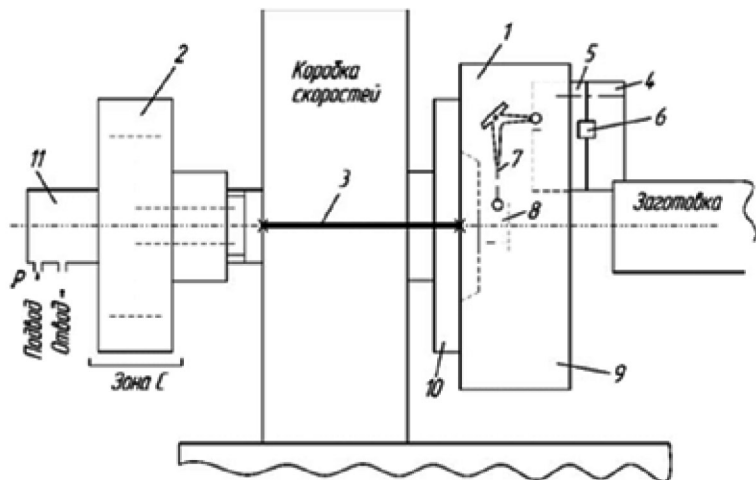


Рис. 1. Компоновка патрона и силового привода на токарном станке

Патрон 1 устанавливается и надёжно закрепляется на переднем конце шпинделя и связывается с зажимным механизмом патрона с помощью жесткого стержня 3 (тяги).

В конструкцию патрона входят три сменных кулачка 4, которые жестко крепятся к постоянным кулачкам 5. Для точной установки сменных кулачков применяется призматическая шпонка 6, а для их закрепления – винты размером М8, М10 или М12 с утопающей головкой. Для радиального перемещения кулачков применяется зажимной механизм 7, который через центральную втулку 8 и тягу связан с силовым приводом 2. Кулачки, зажимной механизм и другие детали патрона монтируются в корпусе 9, устанавливаемом на переднем конце 10 шпинделя.

Силовой привод состоит из силовой части (зона С), создающей исходную силу для закрепления заготовки, и муфты *II* для подвода рабочей среды (сжатый воздух, масло, электроэнергия). Силовая часть привода вращается вместе со шпинделем и патроном, а муфта остаётся неподвижной.

При перемещении кулачков в радиальном направлении к оси патрона осуществляются центрирование и закрепление заготовки.

3. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Процесс проектирования приспособлений представляет собой цепь последовательных этапов, осуществляемых конструктором от начала получения задания до выдачи готовых чертежей, в которых отражается конструктивное воплощение идей технологического процесса, технического творчества, знаний и опыта конструктора.

Методика проектирования приспособления состоит из проектной (расчётной) и конструкторской частей. В расчётной части выполняются следующие этапы.

1. Сбор исходных данных, в которые входят операционный эскиз на выполняемую операцию со схемой базирования, данные о материале заготовки, режущем инструменте, режимах резания, сведения о рабочем органе станка, на который монтируется проектируемое приспособление. В задании указывается также тип приспособления согласно принятой классификации.
2. Расчёт сил резания.
3. Выбор схемы закрепления заготовки и расчёт усилия зажима.
4. Выбор конструкции и расчёт зажимного механизма.
5. Выбор конструкции и расчёт силового привода.
6. Разработка конструкции корпуса.
7. Разработка вспомогательных элементов.
8. Расчёт погрешностей установки заготовки в приспособление (выполняется после разработки рабочего чертежа заготовки).

Конструкторская часть включает разработку рабочего чертежа приспособления, которая начинается с вычерчивания в тонких линиях контура закреплённой заготовки. Контур заготовки обычно выполняется в двух или трёх проекциях с разнесением их на расстояния, достаточные для изображения всех элементов приспособления.

Затем последовательно к изображенному контуру заготовки подчеркиваются установочные элементы, детали зажимного механизма и силового привода, корпус приспособления, элементы для направления режущего инструмента (для сверлильных приспособлений) и вспомогательные элементы приспособления.

Общий вид приспособления обычно вычерчивается в натуральную величину (масштаб 1:1) в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

На чертеже приспособления проставляются размеры, которые по точности исполнения можно разделить на три группы.

К первой группе относятся те размеры приспособления, от точности исполнения которых зависит точность обрабатываемого размера заготовки. Например, расстояние между осями кондукторных втулок влияет на точность координат просверленных отверстий, точность расположения рабочих поверхностей сменных кулачков токарного патрона относительно оси его вращения влияет на величину соосности базовой и обрабатываемой поверхностей заготовки и т. д.

Допуски на данные размеры определяют из условия обеспечения заданной погрешности установки заготовки путём решения размерных цепей.

Ко второй группе относятся размеры, не связанные с точностью обрабатываемых размеров заготовки, но влияющие на работоспособность отдельных механизмов приспособления (например, размеры сопряжений зажимного механизма, силового привода и т. д.). Точность этих размеров назначают исходя из необходимости обеспечения нормальной работы механизмов приспособления в пределах 6, 7, 8 квалитетов.

К третьей группе относятся настроечные, габаритные и справочные размеры. Точность их оговаривается в технических условиях и назначается в пределах 14...17 квалитетов, кроме настроечных.

На последнем этапе проектирования разрабатываются технические требования на сборку и отладку приспособления. Слова «технические требования» пишутся в том случае, если на чертеже общего вида даётся техническая характеристика приспособления. Последовательность назначения этапов технических требований следующая.

1. Погрешности формы и расположения установочных элементов, зажимного механизма, силового привода, элементов для направления инструмента, опорной поверхности и базирующих элементов корпуса приспособления и т. д. (например, непараллель-

ность поверхности В относительно опорной поверхности корпуса С не более 0,01 мм и т. д.).

2. Требования, предъявляемые к рабочей среде, силовому цилиндру, к сборке шлангов и трубопроводов (например, «Рабочий цилиндр испытать давлением 10 МПа в течение 20 мин. Утечки масла в соединениях и трубопроводах не допускается» и т. д.).

3. Технические требования на сборку и наладку вспомогательных элементов приспособления (например, регулировка усилия пружины, установка средств автоматики и др.).

4. Требования на маркировку, окраску и транспортировку приспособления (например, «Приспособление окрасить в синий цвет по ГОСТ Р 12.4.026–2001 за исключением поверхностей К, М и Р»).

После разработки общего вида приспособления конструктор составляет спецификацию и приступает к выполнению рабочих чертежей деталей.

4. РАЗРАБОТКА КУЛАЧКОВОГО САМОЦЕНТРИРУЮЩЕГО ПАТРОНА

Студенту выдается задание на проектирование патрона с механизированным приводом, исходные данные для расчёта которого представлены в табл. 1.

В качестве примера выполним разработку патрона для базирования и закрепления заготовки типа вала при одновременном точении двух диаметров.

4.1. Сбор исходных данных

Вид и материал заготовки – штамповка, сталь $\delta_B = 850$ МПа, 180...220 НВ.

Вид обработки – черновая.

Материал и геометрия режущей части резца – резец сборный со сменной четырёхгранной неперетачиваемой пластиной из Т5К10 $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = -2^\circ$, $\lambda = 0^\circ$.

Режимы резания: глубина $t = 3,6$ мм, подача $S = 0,5$ мм/об, скорость резания $V = 85$ м/мин.

Тип приспособления – одноместное универсальное наладочное (УНП) со сменными кулачками.

Операционный эскиз представлен на рис. 2.

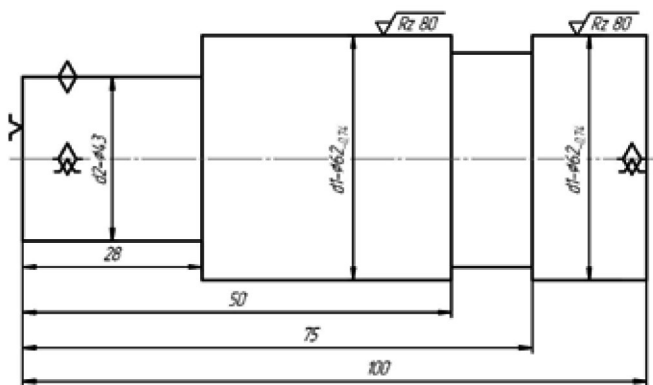
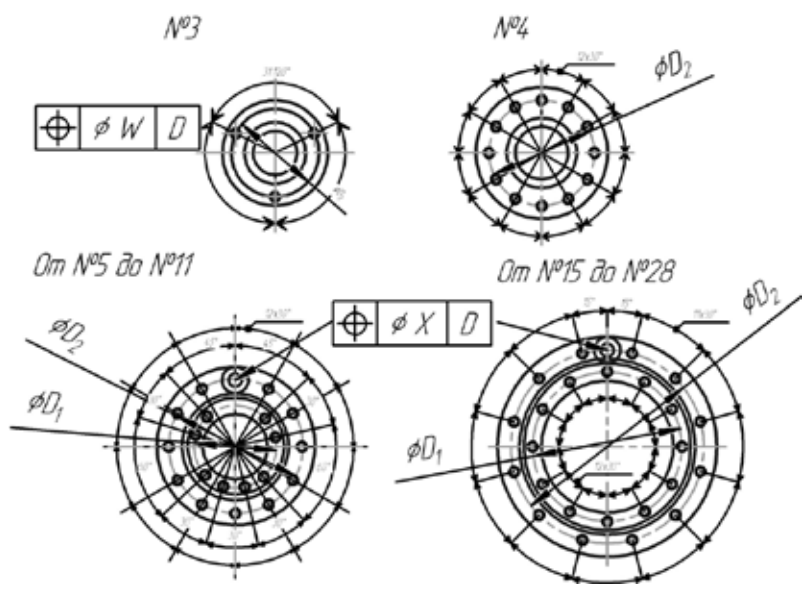
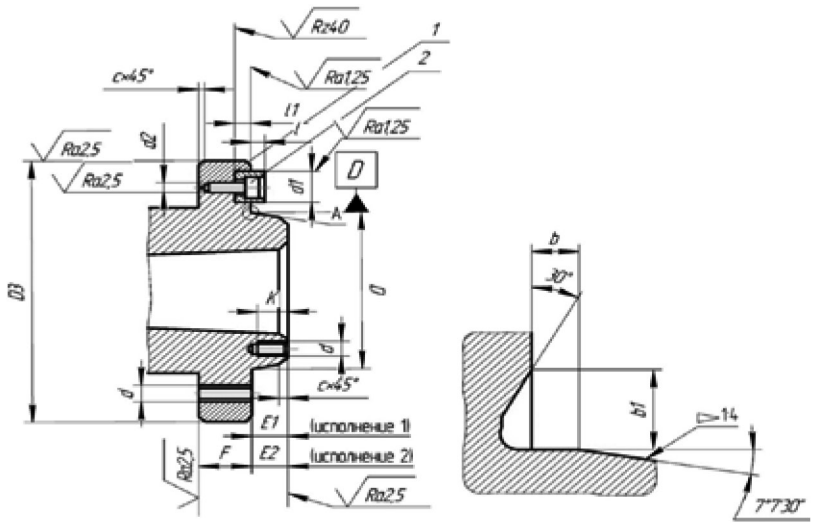


Рис. 2. Операционный эскиз



a)



b)

Рис. 3. Основные размеры конусов шпинделя

Таблица 1

Варианты заданий для проектирования кулачкового патрона

| Вариант | Операционный эскиз | Размеры, мм | | | | Вид и материал заготовки | Вид обработки | Материал реж. части реза | Режимы резания | | | Геом. реза | | |
|---------|--------------------|-------------|-------|-------|-------|---|---------------|--------------------------|----------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|
| | | d_1 | d_2 | l_1 | l_2 | | | | V , м/мин | S_v , мм/об | t_r , мм | ϕ^0 | γ^0 | λ^0 |
| 1 | | 42 | 35 | 40 | 110 | Отливка ЧС НВ240 | Черновая | ВК4 | 110 | 0,5 | 2,5 | 45 | -2 | -3 |
| 2 | | 51 | 43 | 30 | 90 | Отливка ЧС НВ400 | Чистовая | ВК6 | 96 | 0,6 | 3,0 | 60 | -3 | 0 |
| 3 | | 37 | 36 | 35 | 105 | Черновая обр. ЧС НВ 240 | Чистовая | ВК8 | 240 | 0,33 | 0,5 | 45 | 5 | 10 |
| 4 | | 45 | 44 | 30 | 65 | Черновая обр. ЧС НВ 400 | Чистовая | ВК10 | 230 | 0,3 | 0,4 | 45 | 2 | 2 |
| 5 | | 80 | 60 | 50 | 106 | Отливка КЧ НВ230 | Черновая | ВК3 | 105 | 0,9 | 3,6 | 45 | -4 | -2 |
| 6 | | 73 | 60 | 45 | 130 | Черновая обр. КЧ НВ 230 | Чистовая | ВК10 | 260 | 0,26 | 0,5 | 60 | 3 | 5 |
| 7 | | 55 | 78 | 180 | 150 | Штамповка Ст 6 _в 600 МПа | Черновая | Т5К10 | 82 | 0,5 | 3,0 | 90 | -2 | -4 |
| 8 | | 60 | 92 | 190 | 140 | Штамповка Ст 6 _в 700 МПа | Черновая | Т4К8 | 120 | 0,45 | 4,1 | 93 | -3 | -3 |
| 9 | | 49 | 78 | 80 | 50 | Черновая обр. Ст 6 _в 650 МПа | Чистовая | Т15К6 | 245 | 0,2 | 0,8 | 93 | 3 | 0 |
| 10 | | 52 | 92 | 190 | 137 | Черновая обр. Ст 6 _в 800 МПа | Чистовая | Т30К8 | 220 | 0,22 | 0,6 | 90 | 5 | 2 |
| 11 | | 72 | 105 | 145 | 105 | Черновая обр. Ст 6 _в 900 МПа | Черновая | Т510 | 112 | 0,6 | 3,5 | 93 | -5 | -2 |

| Вариант | Операционный эскиз | Размеры, мм | | | | Вид и материал заготовки | Вид обработки | Материал реж. части реза | Режимы резания | | | Геом. реза | | |
|---------|--------------------|-------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|---------------|--------------------------|----------------|---------------|------------|-------------|------------|-------------|
| | | d_1 | d_2 | l_1 | l_2 | | | | V_c , м/мин | S_z , мм/об | t_r , мм | φ^0 | γ^0 | λ^0 |
| 12 | | 50 | 70 | 60 | — | Оливка СЧ НВ220 | Черновая | ВК4 | 83 | 0,4 | 2,2 | 60 | -2 | 3 |
| 13 | | 54 | 70 | 60 | — | Черновая обр. КЧ НВ 260 | Чистовая | ВК10 | 210 | 0,35 | 0,5 | 45 | 5 | 5 |
| 14 | | 52 | 83 | 70 | — | Штамповка Ст σ_b 650 МПа | Черновая | Т5К10 | 95 | 0,42 | 3,0 | 60 | -3 | 5 |
| 15 | | 58 | 85 | 72 | — | Черновая обр. Ст σ_b 700 МПа | Чистовая | Т15К6 | 190 | 0,22 | 0,4 | 93 | 3 | 10 |
| 16 | | 70 | 94 | 102 | — | Штамповка Ст σ_b 800 МПа | Черновая | Т4К8 | 72 | 0,4 | 4 | 45 | 0 | 0 |
| 17 | | 60 | 100 | 60 | 30 | Оливка СЧ НВ200 | Черновая | ВК4 | 96 | 0,4 | 4,2 | 93 | -2 | -4 |
| 18 | | 65 | 110 | 70 | 40 | Оливка КЧ НВ250 | Черновая | ВК3 | 130 | 0,55 | 3,2 | 90 | 0 | 0 |
| 19 | | 52 | 100 | 65 | 30 | Черновая обр. СЧ НВ 220 | Чистовая | ВК8 | 240 | 0,25 | 0,6 | 93 | 3 | 3 |
| 20 | | 59 | 110 | 70 | 43 | Черновая обр. КЧ НВ 300 | Чистовая | ВК10 | 205 | 0,16 | 0,5 | 90 | 4 | 0 |
| 21 | | 55 | 90 | 62 | 37 | Штамповка Ст σ_b 600 МПа | Черновая | Т15К10 | 76 | 0,42 | 5 | 93 | -3 | -10 |
| 22 | | 45 | 90 | 62 | 39 | Черновая обр. Ст σ_b 700 МПа | Чистовая | Т15К6 | 213 | 0,16 | 0,4 | 90 | 2 | 6 |
| 23 | | 38 | 80 | 70 | 48 | Штамповка Ст σ_b 750 МПа | Черновая | Т4К8 | 105 | 0,38 | 5,2 | 93 | -5 | -6 |
| 24 | | 70 | 80 | 90 | 64 | Черновая обр. Ст σ_b 800 МПа | Чистовая | Т30К8 | 260 | 0,1 | 0,3 | 90 | 5 | 10 |
| 25 | | 72 | 94 | 60 | 40 | Штамповка Ст σ_b 900 МПа | Черновая | Т4К8 | 87 | 0,5 | 3 | 93 | -5 | -10 |

Таблица 2

Основные размеры конусов шпинделя

| Размеры | | Значения размеров концов шпинделей условного размера, номер | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------|---|--------|--------|---------|---------|-------------|-------------|---------|---------|--|--|--|
| | | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 15 | 20 | 28 | | | |
| D | Номин. | 53,975 | 63,513 | 82,563 | 106,375 | 139,719 | 196,869 | 285,775 | 412,775 | 584,225 | | | |
| | Пред. откл. | +0,008 | | +0,010 | | +0,012 | +0,014 | +0,016 | +0,020 | +0,023 | | | |
| D1 | Номин. | — | — | 61,90 | 82,6 | 111,1 | 165,1 | 247,6 | 368,3 | 530,2 | | | |
| | Пред. откл. | — | — | | | ±0,2 | | | ±0,3 | | | | |
| D2 | Номин. | 70,6 | 82,6 | 104,8 | 133,4 | 171,4 | 235 | 330,2 | 463,6 | 647,6 | | | |
| | Пред. откл. | | | | | ±0,2 | | | ±0,3 | | | | |
| D3 | | 92 | 108 | 133 | 165 | 210 | 280 | 380 | 520 | 725 | | | |
| d для отверстия | резьбового | | M10 | | M12 | M16 | M18 или M20 | M22 или M24 | M24 | M30 | | | |
| | гладкого* | | 10,5 | | 13,0 | 17,0 | 21,0 | 25,0 | | 31,0 | | | |
| d1 H8/h8 | | — | 14,25 | 15,9 | 19,05 | 23,8 | 28,6 | 34,9 | 41,3 | 50,8 | | | |
| | | — | M6 | | M8 | | M10 | | M12 | | | | |
| Исполнение | 1 | — | — | 14,288 | 15,875 | 17,462 | 19,050 | 20,638 | 22,225 | 25,400 | | | |
| | 2 | | 11 | 13 | 14 | 16 | 18 | 19 | 21 | 24 | | | |
| F | | 16 | 20 | 22 | 25 | 28 | 35 | 42 | 48 | 56 | | | |
| | l | — | 5 | | | 6 | | | 8 | | | | |

| Размеры | Значения размеров концов шпинделей условного размера, номер | | | | | | | | | |
|--------------|---|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|--|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 15 | 20 | 28 | |
| <i>l</i> | – | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | | 16 | 20 | |
| <i>K</i> | 14 | 17 | 19 | 22 | 25 | 32 | 37 | 42 | 50 | |
| <i>b</i> | 1,5 | | | | | | | | | |
| <i>b1</i> | 3,0 | | | | | | | | | |
| <i>c</i> | 2,0 | | 2,5 | | 3,0 | | 3,5 | | 4,0 | |
| <i>c1</i> | 1,0 | | | | | | | | | |
| <i>W и X</i> | 0,2 | | | | | | | | | |
| | 0,3 | | | | | | | | | |

*Размеры для внутршлифовальных станков.

Примечания

1. Форма и размеры отверстий (цилиндрического, конического – конус Морзе, конус метрический) в шпинделях токарно-револьверных станков не регламентируются.
2. Для специальных токарных и шлифовальных станков толщина фланца *F* может быть изменена по согласованию с потребителем при условии сохранения надежности крепления к нему стандартных зажимных устройств и взаимозаменяемости при их присоединении. При этом по согласованию с потребителем допускается изготовление концов шпинделей с глухими резьбовыми отверстиями.
3. Расположение и количество крепежных отверстий на фланцах шпинделей шлифовальных станков, а также размер *D3* для круглошлифовальных станков не регламентируются.

Металлорежущий станок – 16К20Ф3. Наибольший диаметр патрона 400 мм, внутренний конус шпинделя – Морзе 6 [1]. Основные размеры конусов шпинделя по ГОСТ 12595–2003 [2] должны соответствовать указанным на рис. 3, а, б и в табл. 2.

4.2. Расчёт сил резания

Расчёт сил резания выполним по методике, изложенной в теории резания [5]. При наружном продольном и поперечном точении составляющие P_z , P_y силы резания рассчитываются по формуле

$$P_{zy} = 10C_p t^X S^Y V^n K_p, \quad (1)$$

где C_p , X , Y , n – постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки.

При обработке стали резцом, оснащённым пластиной из твёрдого сплава, данные взяты из табл. 3 и равны: для расчёта P_z $C_{pz} = 300$, $X_{pz} = 1,0$, $Y_{pz} = 0,75$, $n_{pz} = -0,15$; для P_y : $C_{py} = 243$, $X_{py} = 0,9$, $Y_{py} = 0,6$, $n_{py} = 0,3$.

Поправочный коэффициент K_p представляет собой произведение ряда коэффициентов, учитывающих фактические условия резания:

$$K_p = K_{mp} K_{\phi p} K_{\gamma p} K_{\lambda p}, \quad (2)$$

где K_{mp} – коэффициент, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости [3]; $K_{\phi p}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла в плане резца на силы резания; $K_{\gamma p}$ – коэффициент, учитывающий влияние переднего угла резца на силы; $K_{\lambda p}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона режущей кромки.

Подставив исходные данные в формулы (1) и (2), получим

$$P_z = 3998 \text{ Н}, \quad P_y = 2030 \text{ Н}.$$

Таблица 3

Постоянная и показатели степени для конкретных условий обработки

| Обрабатываемый материал | Материал рабочей части реза | Вид обработки | Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------------|---|--|------|------|-------|-------|------|------------------|-----|-------|------|------|------|--------------|--|--|
| | | | тангенциальной P_z | | | | | | радиальной P_r | | | | | | осевой P_x | | |
| | | | C_p | x | y | n | C_p | x | y | n | C_p | x | y | n | | | |
| Конструкционная сталь и стальные отливки, $\sigma_B = 750$ МПа | Твердый сплав | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание | 300 | 1,0 | 0,75 | | 243 | 0,9 | 0,6 | | 339 | 1,0 | 0,5 | -0,4 | | | |
| | | | 384 | 0,90 | 0,90 | -0,15 | 355 | 0,6 | 0,8 | | 241 | 1,05 | 0,2 | | | | |
| | Быстро-режущая сталь | Наружное продольное точение, подрезание и растачивание | 408 | 0,72 | 0,8 | 0 | 173 | 0,73 | 0,67 | 0 | | | | | | | |
| | | | 148 | - | 1,7 | 0,71 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Сталь жаропрочная 12Х18Н0Т НВ 141 | Твердый сплав | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание | 200 | | 0,75 | | 125 | 0,9 | 0,75 | 0 | 67 | 1,2 | 0,65 | 0 | | | |
| | | | 247 | | 1,0 | | | | | | | | | | | | |
| | | Фасонное точение | 212 | 1,0 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание | 204 | | 0,75 | 0 | | | | | | | | | | | |

| Обрабатываемый материал | Материал рабочей части реза | Вид обработки | Коэффициент и показатели степени в формулах для составляющих | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|--|--|-----|------|------|-------|------|------------------|-----|-------|------|------|-----|
| | | | тангенциальной P_z | | | | | | радиальной P_p | | | | | |
| | | | C_p | x | y | n | C_p | x | y | n | C_p | x | y | n |
| Серый чугун, HB 190 | Твердый сплав | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание Наружное продольное точение резами с дополнительным лезвием | 92 | 1,0 | 0,75 | 0 | 54 | 0,9 | 0,75 | 0 | 46 | 1,0 | 0,4 | 0 |
| | | | 123 | | 0,85 | | 61 | 0,6 | 0,5 | | 24 | 1,05 | 0,2 | |
| | | | 130 | - | 1,8 | 0,82 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Серый чугун, HB 190 | Быстро-режущая сталь | Отрезание и прорезание | 158 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 81 | 1,0 | 0,75 | 43 | 0,9 | 0,75 | 0 | 38 | 1,0 | 0,4 | 0 | |
| Ковкий чугун, HB 150 | Твердый сплав | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание Отрезание и прорезание | 100 | - | 1,0 | 0 | 88 | - | - | - | 40 | 1,2 | 0,65 | - |
| | | | 139 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Медные гетерогенные сплавы, HB 120 | Быстро-режущая сталь | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание Отрезание и прорезание | 55 | 1,0 | 0,66 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 75 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Алюминий и сплумын | | Наружное продольное и поперечное точение и растачивание, подрезание Отрезание и прорезание | 40 | 1,0 | 0,75 | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 50 | - | 1,0 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Таблица 4

Поправочный коэффициент $K_{\text{мр}}$ для стали и чугуна, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на силовые зависимости

| Обрабатываемый материал | Расчетная формула | Показатели степени n при определении | | |
|---|------------------------------------|---|--|--|
| | | составляющие P_z силы резания при обработке резцами | крутящего момента M и осевой силы P_0 при сверлении, рассверливании и зенковании | окружная сила резания P_z при фрезеровании |
| Конструкционная углеродистая сталь σ_b , МПа ≤ 600 >600 | $K_{\text{мр}} = (\delta_b/750)^n$ | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| | | 0,75/0,35 | 0,75/0,75 | 0,3/0,3 |
| Серый чугун | $K_{\text{мр}} = (HB/190)^n$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |
| Ковкий чугун | $K_{\text{мр}} = (HB/150)^n$ | 0,4/0,55 | 0,6/0,6 | 1,0/0,55 |

Таблица 5

Поправочные коэффициенты, учитывающие влияние геометрических параметров режущей части инструмента на составляющие силы резания при обработке стали и чугуна

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Поправочные коэффициенты | | | |
|-----------------------------|----------|------------------------------------|--------------------------|--|------------------|--------------|
| Наименование | Величина | | Обозначение | Величина коэффициента для составляющих | | |
| | | | | тангенциальной P_z | радиальной P_y | осевой P_x |
| Главный угол в плане ϕ | 30 | Твердый сплав | $K_{\text{фр}}$ | 1,08 | 1,30 | 0,78 |
| | 45 | | | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | 60 | | | 0,94 | 0,77 | 1,11 |
| | 90 | | | 0,89 | 0,50 | 1,17 |
| | 30 | Быстрорежущая сталь | | 1,08 | 1,63 | 0,70 |
| | 45 | | | 1,0 | 1,0 | 1,00 |
| | 60 | | | 0,98 | 0,71 | 1,27 |
| | 90 | | | 1,08 | 0,44 | 1,82 |

| Параметры | | Материал режущей части инструмента | Поправочные коэффициенты | | | |
|--|----------|------------------------------------|--------------------------|--|------------------|--------------|
| Наименование | Величина | | Обозначение | Величина коэффициента для составляющих | | |
| | | | | тангенциальной P_z | радиальной P_y | осевой P_x |
| Передний угол γ° | -15 | Твердый сплав | $K_{\gamma p}$ | 1,25 | 2,0 | 2,0 |
| | 0 | | | 1,1 | 1,4 | 1,4 |
| | 10 | | | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| | 12-15 | Быстрорежущая сталь | | 1,15 | 1,6 | 1,7 |
| | 20-25 | | | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Угол наклона главного лезвия λ° | -5 | Твердый сплав | $K_{\lambda p}$ | 1,0 | 0,75 | 1,07 |
| | 0 | | | | 1,0 | 1,0 |
| | 5 | | | | 1,25 | 0,85 |
| | 15 | | | | 1,7 | 0,65 |
| Радиус при вершине r , мм | 0,5 | Быстрорежущая сталь | K_{rp} | 0,87 | 0,66 | 1,0 |
| | 1,0 | | | 0,93 | 0,82 | |
| | 2,0 | | | 1,0 | 1,0 | |
| | 3,0 | | | 1,04 | 1,14 | |
| | 4,0 | | | 1,10 | 1,33 | |

4.3. Расчёт усилия зажима

В процессе обработки заготовки на нее воздействует система сил. С одной стороны действуют составляющие силы резания, которые стремятся вырвать заготовку из кулачков, с другой – сила зажима, препятствующая этому. Из условия равновесия моментов данных сил и с учётом коэффициента запаса определяются необходимые зажимное и исходное усилия.

В процессе выполнения задания необходимо разработать схему закрепления заготовки согласно варианту задания и выполнить необходимые расчёты.

Например, на рис. 4 представлена схема закрепления заготовки типа вала в кулачковом патроне при одновременном точении резцами двух шеек вала. Практика показывает, что при закреплении заготовок с соотношением диаметров и длины менее $2,5 \left(\frac{d_{cp}}{l_{общ}} < 2,5 \right)$

можно использовать схему консольного закрепления заготовки. При $\frac{d_{cp}}{l} > 1$ для поддержки вала со второго конца используется вращающийся центр, устанавливаемый в пиноль задней бабки станка. В данном примере примем консольное расположение заготовки.

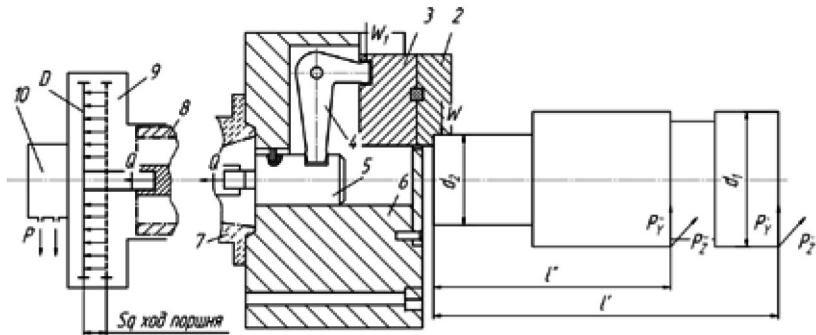


Рис. 4. Схема закрепления заготовки в трёхкулачковом самоцентрирующем патроне: 1 – заготовка; 2 – кулачок сменный; 3 – кулачок постоянный; 4 – зажимной механизм (рычажной); 5 – втулка центральная; 6 – корпус; 7 – передняя часть шпинделя; 8 – задняя часть шпинделя; 9 – вращающаяся ось силового привода; 10 – муфта для подвода рабочей среды

Суммарный крутящий момент от касательной составляющей силы резания стремится повернуть заготовку в кулачках и равен для данного примера:

$$M'_p = \left(P'_z \frac{d_1}{2}\right) + \left(2P''_z \frac{d_1}{2}\right) = \left(\frac{2P'_z d_1}{2}\right) = P'_z d_1. \quad (3)$$

Провороту заготовки препятствует момент силы зажима, определяемый следующим образом:

$$M'_3 = \frac{Td_2}{2} = (Wfd_2)/2, \quad (4)$$

где W – суммарное усилие зажима, приходящееся на три кулачка, Н; f – коэффициент трения на рабочей поверхности сменного кулачка.

Из равенства моментов M_p и M_z определим необходимое усилие зажима, препятствующее провороту заготовки в кулачках:

$$W' = \frac{2KM_p}{fd_2} = \frac{(2KP'_z d_1)}{fd_2}. \quad (5)$$

Значение коэффициента запаса K в зависимости от конкретных условий выполнения технологической операции определяется по формуле

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (6)$$

где $K_0 = 1,5$ – гарантированный коэффициент запаса; K_1 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовки: при черновой обработке $K_1 = 1,2$, при чистовой – $K_1 = 1,0$; K_2 – коэффициент, учитывающий увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента (табл. 6) [7]; K_3 – учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании (при прерывистом резании $K_3 = 1,2$ для непрерывного $K_3 = 1,0$); K_4 – характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом. Для механизированных приводов $K_4 = 1,0$; K_5 – характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма (удобство расположения органов зажима и т. д.). Для механизированных приводов $K_5 = 1,0$; K_6 – вводится в расчёт только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской технологической базой на опоры-штыри.

Таблица 6

Значение коэффициента K_2

| Метод обработки | Материал заготовки | Составляющая силы резания | Коэффициент |
|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------|
| Черновое точение и растачивание | Сталь | P_z | 1 |
| | | P_y | 1,4 |
| | Чугун | P_z | 1 |
| | | P_y | 1,2 |
| Чистовое точение и растачивание | Сталь | P_z | 1 |
| | | P_y | 1,05 |
| | Чугун | P_z | 1,05 |
| | | P_y | 1,4 |

В данном примере коэффициент K равен:

$$K_{pz} = K_0 K_1 K_2 = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 1,0 = 1,90; \quad K_{py} = 2,52.$$

Коэффициент трения f между заготовкой и сменным кулачком зависит от состояния его рабочей поверхности (табл. 7) [7].

Таблица 7

Коэффициент трения f

| Условия трения | Коэффициент f |
|---|-----------------|
| При закреплении в кулачковом патроне с губками: | |
| – гладкими | 0,16–0,18 |
| – с кольцевыми канавками | 0,3–0,4 |
| – с взаимно перпендикулярными канавками | 0,4–0,5 |

Примем форму рабочей поверхности кулачка с кольцевыми канавками и $f = 0,3$. Подставив в формулу (5) исходные данные, получим

$$W' = \frac{2KP_z'd_1}{fd_2} = \frac{2 \cdot 1,80 \cdot 3998 \cdot 62}{0,3 \cdot 43} = 69410 \text{ Н.}$$

Сила P_y стремится вывернуть заготовку из кулачков относительно оси OO_1 , создавая момент:

$$M_p = P_y'l + P_y'l'' \quad (7)$$

Данному моменту препятствует момент от силы зажима:

$$M_3'' = T \left(\frac{2}{3d_2} \right) = 2/3W''fd_2 \quad (8)$$

Необходимая сила зажима равна

$$W'' = 1,5K(P_y'l' + P_y'l'')/fd_2 = \\ = 1,5 \cdot 2,52 \cdot 92030 \cdot 50 + 2030 \cdot 100 / 0,3 \cdot 43 = 95410 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчётов принимаем наихудший случай – $W = 95410 \text{ Н}$.

При установке длинных валов ($1/d_{cp} > 2,5$) осуществляется поджатие задним центром, и поэтому в расчётах величины усилия зажима влиянием силы зажима P_y пренебрегаем, так как опыт показывает, что величина W'' в этом случае значительно меньше силы W' .

Величина усилия зажима W_1 , прикладываемая к постоянным кулачкам, несколько увеличивается по сравнению с усилием W и рассчитывается по формуле

$$W_1 = W / \left(1 - \left(\frac{3l_k}{H_k} \cdot f_1 \right) \right), \quad (9)$$

где l_k – вылет кулачка, расстояние от середины рабочей поверхности сменного кулачка до середины направляющей постоянного кулачка (рис. 5); H_k – длина направляющей постоянного кулачка, мм; f – коэффициент трения в направляющих постоянного кулачка и корпуса ($f = 0,1$ – для полусухого трения стали по стали).

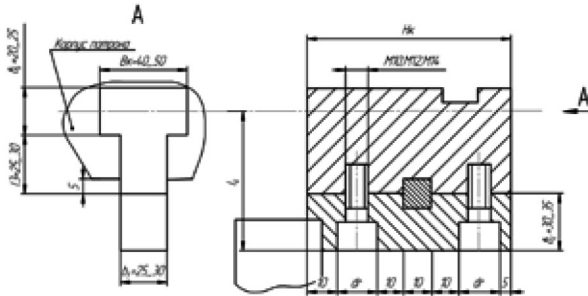


Рис. 5. Конструкция сменного и постоянного кулачков

Значения l_k и H_k для расчётов принимаются на основе анализа ранее разработанных конструкций. На рис. 5 даны размеры на основе опыта ВАЗа. В данном примере примем: толщина сменного кулачка $b_c = 30$ мм, постоянного $b_k + 13 = 20 + 30 = 50$ мм, ширина направляющей постоянного кулачка $B_k = 40$ мм, ширина сменного кулачка $b_1 = 25$ мм, длина кулачка $H_k = 80$ мм, вылет $l_k = 62$ мм.

В процессе конструирования патрона данные размеры могут несколько измениться, но это, как показывает практика, не вносит существенных изменений в расчёты усилий.

Подставив исходные данные в формулу (9), получим

$$W_1 = \frac{W}{1 - \left(\frac{3l_k}{H_k} \cdot f_1 \right)} = \frac{9450}{1 - \left(\frac{362}{80} \cdot 0,1 \right)} = 123909 \text{ Н.}$$

Приступая к расчёту зажимного механизма, необходимо определиться с его конструкцией. В самоцентрирующих механизмах установочные элементы (в данном случае кулачки) должны быть подвижными в направлении зажима, и закон их относительного движения необходимо выдержать с высокой точностью. Поэтому на

движения кулачков накладываются условия: разнонаправленность, одновременность и равная скорость движения. Данное условие можно выдержать, обеспечивая движение трёх кулачков от одного источника движения (силового привода).

В кулачковых патронах наибольшее применение получили рычажные и клиновые зажимные механизмы, движение которым передаётся центральной втулкой (рис. 4, поз. 5), связанной с силовым приводом 9.

Рычажный механизм представляет собой неравноплечий угловой рычаг 1 (рис. 6), смонтированный в корпусе патрона на неподвижных осях 2, который своими сферическими концами входит с посадкой в пазы постоянного кулачка 3 и центральной втулки 4.

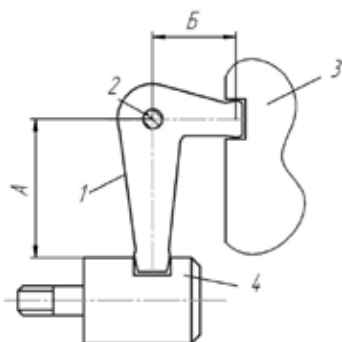


Рис. 6. Схема рычажного зажимного механизма

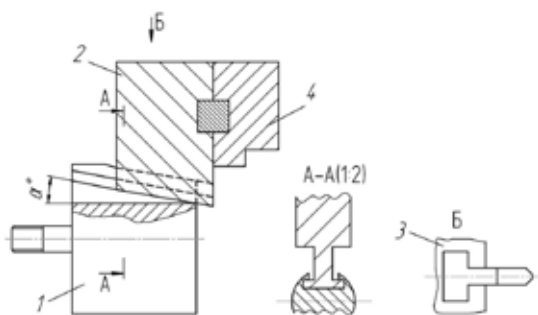


Рис. 7. Схема клинового зажимного механизма

Клиновый зажимной механизм (рис. 7) по конструкции проще рычажного и формируется втулкой 1 и постоянным кулачком 2. Для этого во втулке 1 выполнены наклонённые под углом α Т-образные пазы, в которые входят своими Т-образными выступами постоянные кулачки 2 (сечение А–А). При перемещении втулки 2 от силового привода кулачок 2 перемещается в радиальном направлении в направляющих корпуса 3 патрона. К постоянным кулачкам жестко крепятся сменные кулачки 4.

При расчёте зажимного механизма определяется усилие Q , создаваемое силовым приводом, которое зажимным механизмом увеличивается и передаётся постоянному кулачку (рис. 4, усилие W_1).

$$Q = w_1 / i_c, \quad (10)$$

где i_c – передаточное отношение по силе зажимного механизма (выигрыш в силе). Данное отношение для рычажного механизма равно

$$i_{\text{СРМ}} = A/B, \quad (11)$$

где A и B – плечи рычага (рис. 6).

Для клинового механизма

$$i_{\text{СКЛ}} = 1 / \text{tg}(\alpha + \varphi) + \text{tg} \varphi_1 \quad (12)$$

где α – угол наклона клина (рекомендуемое значение 15...30°); φ и φ_1 – углы трения на поверхностях K и M кулачка и втулки (рис. 7) и определяемые по формуле

$$\varphi = \text{arctg} q f_1 = \text{arctg} q 0,1 = 5^\circ 43'.$$

Можно принять $\varphi = \varphi_1 = 6^\circ$.

Также величину $i_{\text{СКЛ}}$ для разных углов скоса можно определить по табл. 8 [7].

Таблица 8

Передаточные отношения сил i_c клиновых зажимных механизмов

| i_c при угле скоса клина α° | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 2 | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 |
| 4,2 | 3,4 | 2,9 | 2,6 | 2,4 | 2,1 | 1,7 | 1,5 |

Клиновый зажимной механизм рекомендуется применять в патронах, наружный диаметр которых менее 200 мм, при больших диаметрах предпочтение отдаётся рычажному зажимному механизму.

На этапе расчёта наружный диаметр патрона можно определить по формуле

$$D_{\text{п}} = d_2 + 2H_{\text{к}}, \quad (13)$$

где $H_{\text{к}}$ – длина постоянного кулачка (рис. 5).

Например, в данном примере

$$D_{\text{п}} = d_2 + 2H_{\text{к}} = 48 + \frac{2}{80} = 203 \text{ мм}$$

принимая рычажный зажимной механизм с $i_c = 2$ (окончательно уточнится после проектирования патрона).

$$Q = \frac{W}{i_{\text{с.р}}} = \frac{123909}{2} = 61954 \text{ Н.}$$

4.4. Расчёт силового привода

Для создания исходного усилия Q используется силовой привод, устанавливаемый на задний конец шпинделя. В его конструкции можно выделить силовую часть, вращающуюся совместно со шпинделем, и муфту для подвода рабочей среды. В качестве приводов наибольшее применение получили пневматический и гидравлический вращающиеся цилиндры.

В данной работе вначале следует попытаться применить пневматический привод, так как в любом производстве имеются трубопроводы для подачи сжатого воздуха. Диаметр поршня привода определяется по формуле табл. 9 [7].

Таблица 9

Формулы для вычисления диаметра поршня привода

| Привод | Диаметр поршня, мм |
|---|--|
| Для закрепления заготовки: | |
| одностороннего действия | $1,13\sqrt{(P_3 + P_0 + is)/p}$ |
| двухстороннего действия | $1,13\sqrt{P_3/p}$ |
| Для перемещения заготовки в приспособлении: | |
| с горизонтальным штоком | $1,13\sqrt{\frac{P_{\text{н}}}{[xp(1 - \kappa)]}}$ |

| Привод | Диаметр поршня, мм |
|-------------------------|--|
| с вертикальным штоком | $1,13 \sqrt{\frac{P_n + P}{[xp(1 - \kappa)]}}$ |
| при подъёме заготовки | $1,13 \sqrt{\frac{P_n + G}{[xp(1 - \kappa)]}}$ |
| при опускании заготовки | $1,13 \sqrt{\frac{P_n - G}{[xp(1 - \kappa)]}}$ |

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{P}}, \quad (14)$$

где P – избыточное давление воздуха, принимаемое в расчётах равным 0,4 МПа.

В конструкцию станка 16К20Ф3 возможно встроить силовой привод с диаметром поршня не более 120 мм. Если при расчёте по формуле (14) диаметр поршня получится более 120 мм, то следует применять гидравлический привод, где за счёт регулирования давления масла можно получить большие исходные усилия. При заданном усилии Q подбираем давление масла ($P_r = 1,0; 2,5; 5,0; 7,5$; МПа), чтобы диаметр поршня не превышал 120 мм.

Ход поршня цилиндра рассчитывается по формуле

$$S_o = S_w / i_n, \quad (15)$$

где S_w – свободный ход кулачков, который можно принять равный 5 мм; $i_n = 1/i_c$ – передаточное отношение зажимного механизма по перемещению.

Значение S_o принимать с запасом 10...15 мм.

В данном примере имеем:

$$D = 1,13 \sqrt{\left(\frac{Q}{P}\right)} = 1,13 \sqrt{61954/0,4} = 429 \text{ мм}$$

для пневмопривода, для гидравлического привода при 7 МПа имеем $D = 102$ мм. Принимаем $D = 110$ мм, $S_o = 20$ мм.

Типовые конструкции вращающихся пневматических и гидравлических приводов представлены на рис. 8, 9 [6].

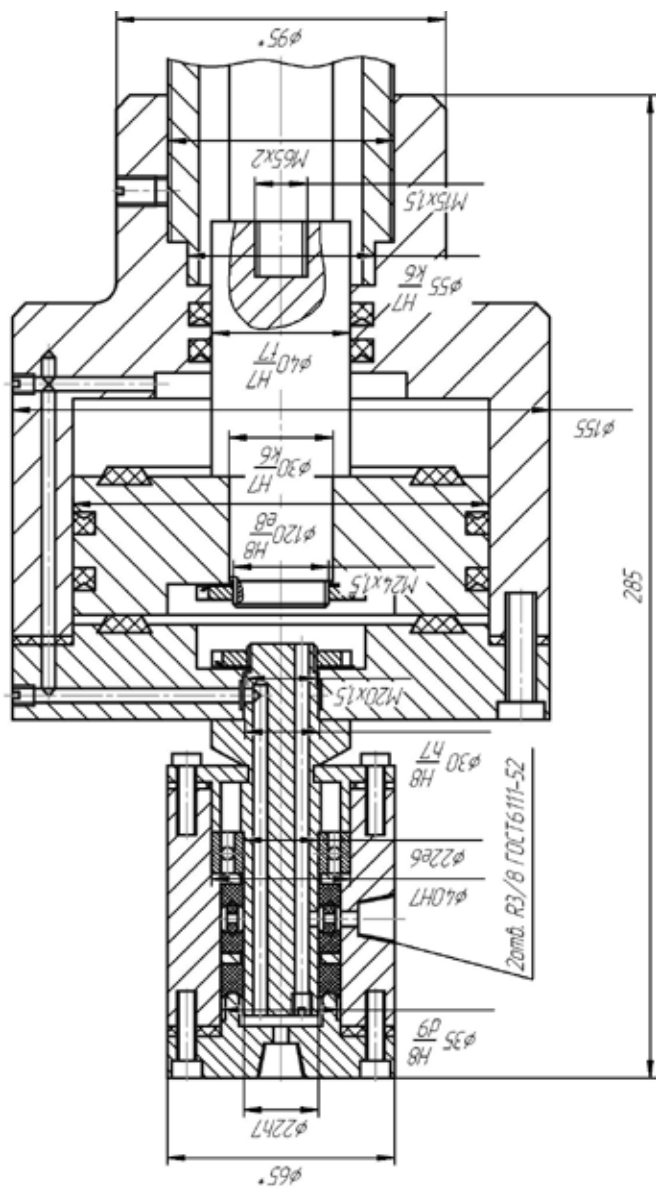


Рис. 8. Конструкция вращающегося гидравлического силового привода

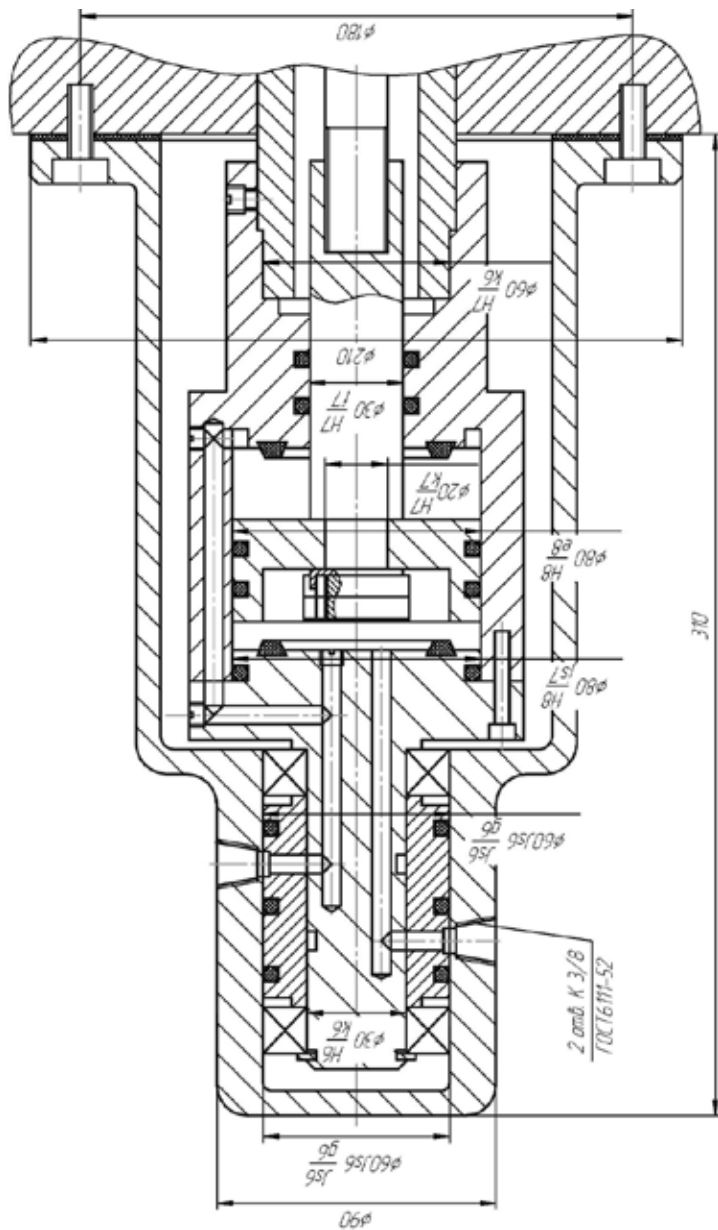


Рис. 9. Конструкция вращающегося пневматического силового привода

4.5. Расчёт погрешности установки заготовки в приспособлении

Данный раздел выполняется после разработки конструкции патрона и протановки размеров. Погрешность установки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{(\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2)} \varepsilon_y, \quad (16)$$

где ε_B – погрешность базирования, равная при данной схеме нулю, так как измерительная база используется в качестве технологической; ε_3 – погрешность закрепления – это смещение измерительной базы под действием сил зажима (в данном примере можно принять $\varepsilon_3 = 0$); $\varepsilon_{\text{пр}}$ – погрешность элементов приспособления, зависящая от точности их изготовления.

На рис. 7 представлена размерная схема патрона с рычажным зажимным механизмом:

$$\varepsilon_y = \frac{\omega_{A\Delta}}{2} = 0,5\sqrt{(\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2)}, \quad (17)$$

где $\omega_{A\Delta}$ – колебания замыкающего размера A_Δ ; $\Delta_1, \Delta_3, \Delta_5$ – погрешности, возникающие вследствие неточности изготовления размеров A_1, A_3 и A_5 ($\Delta_1 = T_{A1}, \Delta_3 = T_{A3}, \Delta_5 = T_{A5}$); Δ_2, Δ_4 – погрешности из-за колебания зазоров в сопряжениях ($\Delta_2, \Delta_4 = S_{\text{нб}} - S_{\text{нм}}$).

Погрешность установки не должна превышать величин: для черновой обработки – $\varepsilon_y^{\text{доп}} = Z_{\text{чист}}$ ($Z_{\text{мин}}$ – минимальный припуск на чистовую обработку); для чистовой – $\varepsilon_y^{\text{доп}} = 0,3TD$, где TD – технологический допуск на операционный размер.

Размерная схема клинового механизма представлена на рис. 10.

При расчётах вначале точность составляющих размерной цепи задавать по 7-му квалитету и только в случае $\varepsilon_y^{\text{расч}} > \varepsilon_y^{\text{доп}}$ ужесточать требования по точности размеров, дающих наибольшие погрешности.

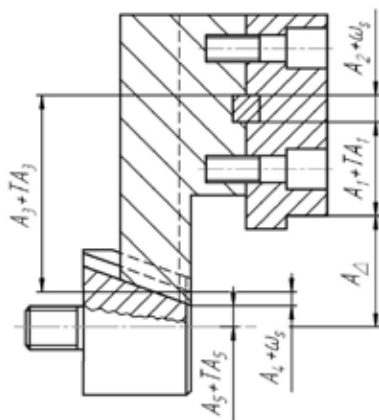


Рис. 10. Расчетная схема погрешностей патрона с клиновым зажимным механизмом

5. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПАТРОНА И СИЛОВОГО ПРИВОДА

Для выполнения данного этапа необходимо изучить конструкции кулачковых патронов и силовых приводов к ним и выбрать прототипы для конструирования. Конструкции патрона и привода вычерчивать в натуральную величину (М 1:1) в следующей последовательности: заготовка (тонкой штрихпунктирной линией); сменные кулачки; постоянные кулачки; зажимной механизм; корпус патрона; вспомогательные элементы. Патрон изобразить установленным на передний конец шпинделя, контур которого изобразить тонкими штрихпунктирными линиями.

Конструирование силового привода начинать с вычерчивания заднего конца шпинделя, затем установить на него гильзу цилиндра, поршень, шток. Вычертить муфту для подвода рабочей среды и вспомогательные элементы.

На чертежах патрона и привода проставить необходимые размеры, посадки, сформулировать и написать в правом нижнем углу формата технические требования на сборку и техническую характеристику.

Результаты расчётов и конструирования оформляются в виде пояснительной записки и рабочего чертежа патрона с приводом, оформленного согласно методике.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет выполняется в виде пояснительной записки и рабочего чертежа патрона с силовым приводом.

Пояснительная записка должна содержать следующие основные пункты:

1. Сбор исходных данных.
2. Расчёт сил резания.
3. Расчёт усилия зажима.
4. Расчёт силового привода.
5. Расчёт погрешности установки заготовки в приспособлении.

Рабочий чертеж патрона с силовым приводом выполняется в соответствии с рекомендациями п. 3 и требованиями ЕСКД с применением современных САД-систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Блюменштейн, В.Ю. Проектирование технологической оснастки : учеб. пособие для вузов / В.Ю. Блюменштейн, А.А. Клепцов. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2014. – 219 с.
2. Горохов, В.А. Проектирование технологической оснастки : учебник для вузов / В.А. Горохов, А.Г. Схиртладзе, И.А. Коротков. – Старый Оскол : ТНТ, 2010. – 431 с.
3. Гусев, А.А. Проектирование технологической оснастки : учебник / А.А. Гусев, И.А. Гусева. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Машиностроение, 2013. – 413 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 1 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 910 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / А.М. Дальский [и др.] ; под ред. А.М. Дальского [и др.]. – 5-е изд., испр. – М. : Машиностроение-1, 2003. – 941 с.
6. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 1 / А.И. Астахов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 591 с.
7. Станочные приспособления : справочник. В 2 т. Т. 2 / Б.Н. Вардашкин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – 655 с.
8. Станочные приспособления : учеб. пособие для студентов вузов, обуч. по направлениям подготовки 15.03.05 (151900) «Конструкторско-технол. обеспечение машиностроит. пр-в», «Автоматизация технол. процессов и пр-в (машиностроение)» / В.В. Клепиков [и др.]. – М. : Форум, 2016. – 318 с.
9. Схиртладзе, А.Г. Станочные приспособления : учеб. пособие для вузов / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков. – М. : Высш. шк., 2001. – 110 с.
10. Схиртладзе, А.Г. Технологическая оснастка машиностроительных производств : учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, В.П. Борискин. – Старый Оскол : ТНТ, 2008. – Т. 2. – 518 с.