

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	6
1. Назначение приспособлений. Погрешности, связанные с приспособлением.....	8
1.1. Место установочно-зажимных приспособлений в технологической системе	8
1.2. Основные элементы и узлы приспособлений, их назначение.....	10
1.3. Принципы установки заготовок в приспособлении	13
1.4. Базирование заготовок.....	15
1.5. Влияние использования приспособления на погрешность обработки	19
1.6. Погрешность установки в приспособлении	20
1.7. Методика назначения норм точности	26
2. Установка заготовок и установочные элементы.....	27
2.1. Классификация установочных элементов	27
2.2. Установка заготовок по плоским базам, применяемые при этом установочные элементы	30
2.3. Установка штырей в корпусах приспособлений	31
2.4. Установка заготовок по наружной цилиндрической поверхности и применяемые при этом установочные элементы.....	35
2.5. Установка заготовки по внутренним цилиндрическим поверхностям, применяемые при этом установочные элементы.....	41
2.6. Установка заготовки по двум отверстиям и плоскости, применяемые при этом установочные элементы.....	45
2.7. Установка заготовок по центровым отверстиям.....	51
3. Зажимные механизмы приспособлений.....	54
3.1. Назначение зажимных механизмов приспособлений	54
3.2. Силы, действующие на заготовку в процессе её обработки.....	55
3.3. Требования, предъявляемые к зажимным механизмам	59
3.4. Методика расчёта сил зажима	60
3.5. Расчёт сил зажима	64
3.6. Расчёт сил зажима при различных схемах установки.....	65
3.7. Классификация зажимных механизмов	71

3.7.1. Винтовые механизмы	72
3.7.2. Клиновые механизмы	78
3.7.3. Клиноплунжерные механизмы	81
3.7.4. Эксцентрикковые зажимы	84
3.7.5. Рычажные и шарнирно-рычажные зажимные механизмы	89
3.7.6. Двухрычажные шарнирно-рычажные механизмы одностороннего действия	95
3.7.7. Двухрычажные шарнирно-рычажные механизмы двустороннего действия	96
3.7.8. Пружинные зажимные механизмы	97
4. Установочно-зажимные механизмы приспособлений	99
4.1. Назначение и принцип действия установочно- зажимных механизмов	99
4.2. Классификация установочно-зажимных механизмов	102
4.3. Реечно-зубчатые механизмы	103
4.4. Спирально-реечные механизмы	104
4.5. Клиноплунжерные механизмы	106
4.6. Механизмы с упругодеформируемыми элементами	107
4.7. Мембранные механизмы	114
4.7.1. Самоцентрирующий патрон с чашечной мембраной	114
4.7.2. Оправка с кольцевыми мембранами	115
4.7.3. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой	117
5. Средства механизации и автоматизации приспособлений	118
5.1. Пневматический привод	119
5.2. Уплотнения пневмо- и гидродвигателей	125
5.3. Приводы с гидравликой	127
5.4. Гидравлические приводы	128
5.5. Пнеumoгидравлический привод	129
5.6. Механогидравлический привод	130
5.7. Зажимные механизмы, приводимые в действие движущимися частями станка	131
5.8. Зажимные механизмы, приводимые в действие силами резания	132
5.9. Центробежно-инерционные приводы	133

6. Механизмы внутренней механизации и автоматизации приспособлений.....	134
6.1. Объединение управления системой вспомогательных опор.....	134
6.2. Объединение управления системой вспомогательных опор и зажимов	137
6.3. Механизмы автоматизации движений зажимных прихватов.....	138
6.3.1. Подъёмные прихваты	139
6.3.2. Отодвижные прихваты	140
6.3.3. Поворотные прихваты	141
6.3.4. Откидные прихваты.....	141
7. Кондукторные приспособления.....	142
8. Приспособления с приводами, являющимися составной частью его конструкции	149
8.1. Магнитные приводы	149
8.1.1. Электромагнитные приспособления	150
8.1.2. Магнитные приспособления с постоянными магнитами	152
8.1.3. Способы управления магнитными приспособлениями	159
8.1.4. Определение функциональной пригодности магнитных приспособлений.....	165
8.2. Электростатические приспособления	170
8.3. Вакуумные приспособления	172
9. Приспособления для станков с ЧПУ	176
10. Методы конструирования приспособлений	180
11. Классификация станочных приспособлений	183
11.1. Переналаживаемые приспособления	184
11.2. Система универсально-сборных приспособлений	187
Библиографический список.....	192

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие соответствует рабочей программе учебной дисциплины «Проектирование установочно-зажимных приспособлений». Базой данной учебной дисциплины являются предшествующие учебные дисциплины: «Технологические процессы в машиностроении», «Материаловедение», «Метрология, стандартизация и спецификация», «Детали машин и основы конструирования», «Сопротивление материалов», «Основы технологии машиностроения».

Она же является одной из основ для следующих учебных дисциплин: «Технология автомобилестроения», «Автоматизация технологических процессов», «Автоматизированное проектирование технологических процессов», «Современные технологии изготовления на станках с ЧПУ».

Таким образом, «Проектирование установочно-зажимных приспособлений» обеспечивает междисциплинарную связь между учебными дисциплинами общенаучного и профессионального циклов.

Концептуально дисциплина включает следующие основные положения:

1. Виды технологической оснастки и методы ее проектирования.
2. Расчет необходимой точности и выбор базирующих и координирующих устройств.
3. Расчет сил закрепления и выбор зажимных устройств.
4. Разработка конструкции технологической оснастки, особенности проектирования оснастки для оборудования с ЧПУ и сборных устройств.

Все разделы носят практически-ориентированный характер для выполнения курсового проекта. Курсовой проект по проектированию установочно-зажимного приспособления средней сложности является достаточно емкой конструкторской разработкой. Поэтому при изучении дисциплины особое внимание обращается на освоение методики конструирования и расчета специальных приспособлений. В учебной дисциплине четко показано, что задача конструирования приспособ-

лений вытекает из более общей задачи проектирования технологического процесса изготовления данного изделия. Все исходные данные и принципиальные решения конструктор получает от технолога. В учебной дисциплине отражены все последовательные этапы работы конструктора, излагаются методы их решения, а также освещены основные направления и перспективы развития приспособлений в машиностроении.

Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля, облегчению условий труда рабочих, строгой регламентации длительности выполняемых операций, расширению технологических возможностей оборудования, повышению безопасности работы и исключению аварий.

Повышение производительности достигается путем устранения разметки заготовки, сокращения вспомогательного времени на их установку и снятие, применения многоинструментальной и многоместной обработки.

Кроме того, применение приспособлений расширяет технологические возможности обычных универсальных станков.

1. НАЗНАЧЕНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ. ПОГРЕШНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ПРИСПОСОБЛЕНИЕМ

1.1. МЕСТО УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Использование станочных приспособлений является необходимым условием механизации и автоматизации технологических процессов, а, следовательно, и повышения производительности труда.

Прежде чем говорить о комплексной механизации и автоматизации технологических процессов необходимо рассмотреть ту среду, в которой протекает технологический процесс — технологическую систему. Совершенством этой системы в конечном итоге определяется совершенство технологического процесса.

Технологическая система включает в себя следующие элементы (рис. 1.1).

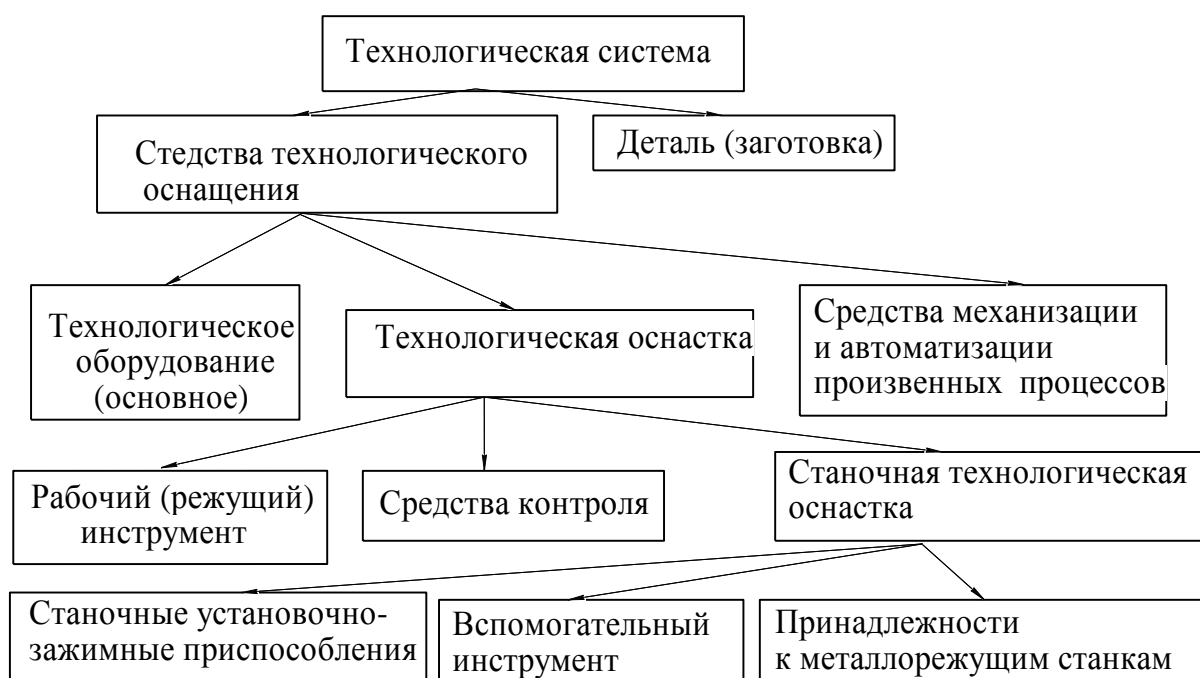


Рис. 1.1. Фрагмент технологической системы

Ниже рассмотрены составляющие элементов технологической системы.

Технологическая оснастка (в целом) — орудия производства, используемые для выполнения технологических операций дополнительно к основному технологическому оборудованию (станок, стенд, конвейер и т. п.) или заменяющие его. Эта оснастка позволяет наиболее эффективно использовать основное оборудование.

Станочная технологическая оснастка — орудия производства, используемые для выполнения технологических операций дополнительно к станочному оборудованию. Эта оснастка позволяет наиболее эффективно использовать металлорежущие станки.

Станочные установочно-зажимные приспособления — это устройства, связывающие обрабатываемую заготовку со станком, фиксирующие её положение по отношению к обрабатывающему инструменту и удерживающие заготовку в процессе обработки. Основное назначение станочных установочно-зажимных приспособлений — базирование и закрепление обрабатываемых заготовок.

Принадлежности к металлорежущим станкам — достаточно сложные приспособления, расширяющие технологические возможности металлорежущих станков (делительные головки, поворотные столы и т. п.). Чёткой границы между станочными приспособлениями и принадлежностями к металлорежущим станкам не существует. Принадлежности к металлорежущим станкам выпускаются, как правило, специализированными предприятиями.

Вспомогательный инструмент (рис. 1.2) — приспособления для закрепления рабочего (режущего) инструмента. Вспомогательный инструмент характеризуется большим числом нормативных и стандартизированных конструкций, что объясняется нормализацией и стандартизацией самих рабочих инструментов. К вспомогательному инструменту относятся:

- втулки и патроны для закрепления свёрл, зенкеров, метчиков и т. п.;
- державки для закрепления резцов, свёрл и т. п. в револьверных головках станков (рис. 1.2, а);

- борштанги для расточных станков (рис. 1.2, б).

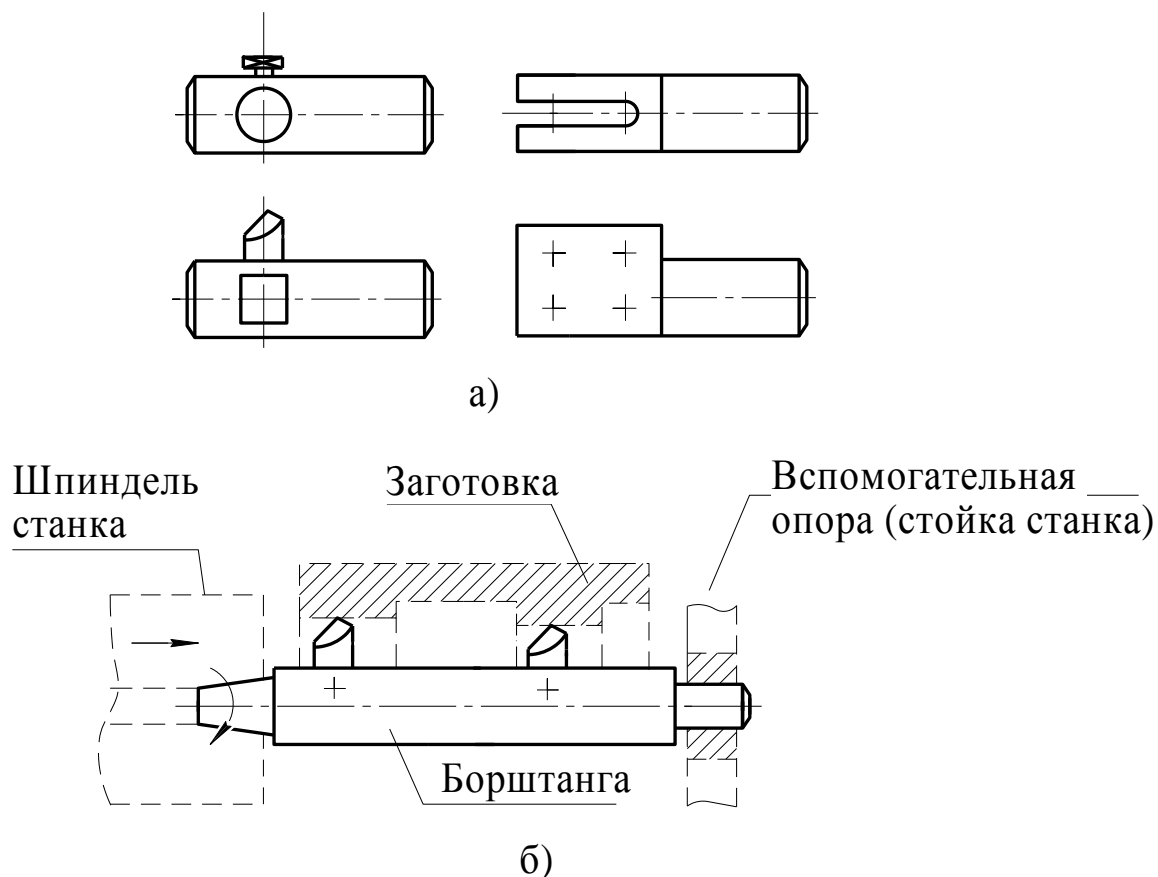


Рис. 1.2. Примеры вспомогательного инструмента

Как уже отмечалось, в большинстве случаев вспомогательный инструмент стандартизован. Поэтому в дальнейшем будут изучаться в основном станочные установочно-зажимные приспособления, которые для краткости называются станочными приспособлениями или просто приспособлениями.

1.2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ

При обработке на станках заготовки должны быть определённым образом расположены относительно режущего инструмента. В зависимости от типа производства используются устройства и приспособления различной степени сложности.

В единичном и мелкосерийном производствах при обработке сравнительно простых заготовок часто обходятся и без приспособлений. Например, обработать паз в прямоугольной заготовке можно на вертикально-фрезерном станке без приспособления. Предварительно этот паз на заготовке размечается, то есть наносятся риски 1,2,3 и так далее, определяющие положение и размеры паза. Затем заготовка устанавливается на столе станка и ориентируется (например, с помощью планки, установленной в паз стола) и закрепляется (например, прихватами) силами W (рис. 1.3).

После этого, перемещая стол в трёх взаимно перпендикулярных направлениях, размещают стол с заготовкой в требуемое положение относительно фрезы. Затем включается рабочая подача, и паз обрабатывается. При этом его размеры выдерживаются либо по лимбам отсчётных механизмов, либо по рискам разметки.

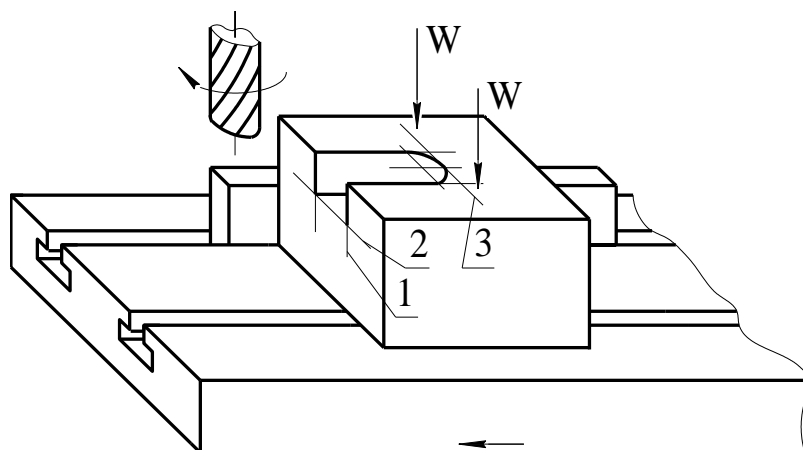


Рис. 1.3. Схема обработки паза по разметке

Обработка этого же паза гораздо проще может быть осуществлена с помощью приспособления, в котором все заготовки занимают вполне определённое положение. Изобразим схему этого приспособления и на его примере рассмотрим основные элементы и узлы, которые применяются в любом приспособлении (рис. 1.4).

Заданное положение заготовки 1 в приспособлении обеспечивается установочными элементами 2.

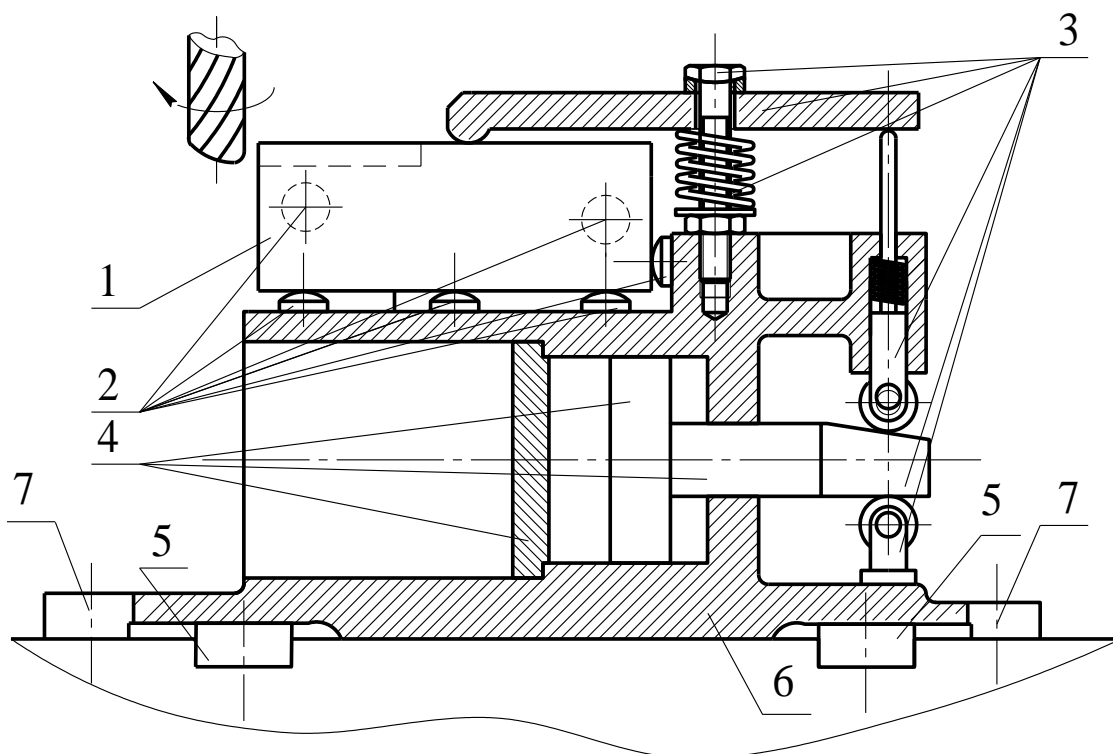


Рис. 1.4. Схема приспособления для фрезерования паза

Постоянство положения заготовки относительно установочных элементов во время обработки обеспечивается зажимным механизмом, элементы которого обозначены цифрой 3. Сила, необходимая для зажима заготовки в приспособлении (и передаваемая зажимным механизмом), обеспечивается силовым приводом, который схематично представлен цилиндром 4. Для облегчения установки приспособления на станок (на стол станка) служат шпонки направляющие 5, которые выполнены с высокой точностью и сопрягаются с боковыми поверхностями калиброванного паза. Все перечисленные элементы и узлы объединяются в единое целое корпусом 6. С помощью проушин 7 в корпусе приспособления оно закрепляется на столе станка. Теперь настраивается ход стола станка, например, по упорам, рабочим остаётся только загружать заготовки в приспособления и периодически включать подачу станка.

Таким образом, приспособление состоит из:

- установочных элементов;
- зажимного механизма;

- силового привода;
- корпуса.

Как правило, это обязательные элементы. Могут быть и другие. Например, делительные, фиксирующие механизмы, направляющие элементы и т. д. В основном, в дальнейшем будут изучаться первые.

1.3. ПРИНЦИПЫ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Из определения по ГОСТ 21495-76 (применительно к приспособлениям) установка — это процесс базирования и закрепления заготовки в приспособлении.

При установке необходимо выполнить два действия:

- 1) базирование заготовки;
- 2) закрепление заготовки.

Часто смешивают установку с базированием.

Базирование заготовки заключается в наложении на неё шести жёстких двухсторонних координатных связей, приложенных в опорных точках. При этом заготовка лишается шести степеней свободы (правило шести точек). Однако связать заготовку с приспособлением двухсторонними связями достаточно сложно. Поэтому на практике поступают по-иному. Заготовка связывается односторонними связями. Например, прямоугольная заготовка устанавливается на шесть опорных точек. В реальных приспособлениях эти опорные точки материализуются в виде установочных элементов с ограниченной поверхностью контакта.

Как видно из схемы установки (рис. 1.5), на заготовку наложено шесть односторонних связей, но с точки зрения возможности смещения она ещё может перемещаться вдоль координатных осей в противоположном от опор направлении. Приложив к заготовке силы W_1 , W_2 и W_3 , прижимающие её к опорам, можно обеспечить неподвижность заготовки в процессе обработки (то есть обеспечить неотрывной контакт заготовки с опорами). Неотрывной контакт базовых поверхно-

стей заготовки с опорами можно обеспечить и одной силой, например, силой W_1 . В этом случае силы трения между нижней опорной поверхностью и опорами препятствуют смещению заготовки в остальных направлениях.

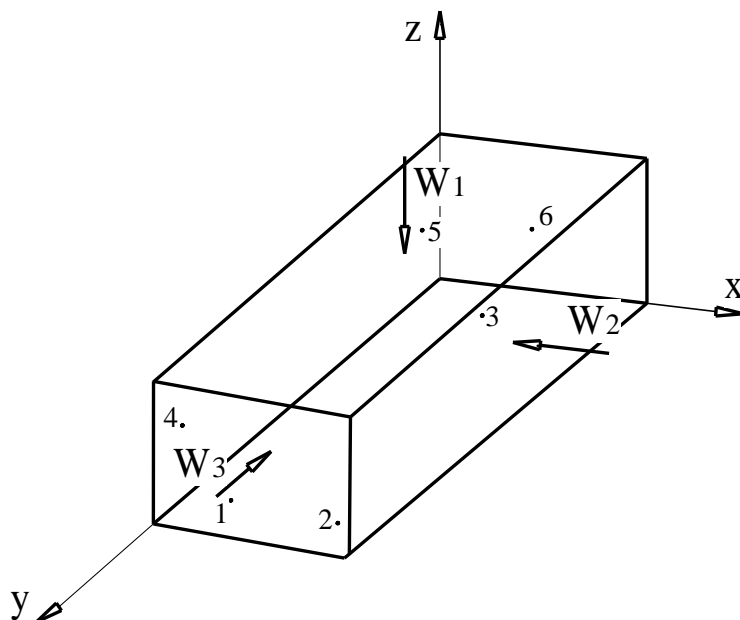


Рис. 1.5. Схема установки прямоугольной заготовки

Выбрав соответствующее направление, можно прижать заготовку одной силой сразу ко всем опорам. Следовательно, для обеспечения возможности обработки заготовки необходимо придать заготовке требуемое положение в приспособлении, то есть обеспечить базирование (ориентирование заготовки в системе координат станка) и зафиксировать это положение (то есть осуществить закрепление заготовки).

Правильное положение заготовки в приспособлении обеспечивается несколькими способами. В простейшем случае базы заготовки вручную доводят до соприкосновения с опорами приспособления. Недостатком является возможность появления субъективной погрешности. Более надёжно прижатие обеспечивается, когда сила зажима, приложенная в одной в одной точке, направлена таким образом, что она прижимает заготовку ко всем опорам приспособления либо ис-

пользуется несколько точек приложения сил. Но при этом часто усложняется конструкция зажимных устройств.

В приспособлениях автоматического типа целесообразно применять вспомогательные зажимы, называемые досылателями. Иногда для контроля правильности положения заготовки в приспособлении применяют электроконтактные датчики и светофорные устройства. В заключение следует отметить, что в целом ряде случаев не требуется лишать всех степеней свободы заготовки, поэтому количество накладываемых связей может быть уменьшено.

1.4. БАЗИРОВАНИЕ ЗАГОТОВОК

Базирование — придание заготовке требуемого положения относительно выбранной системы координат (ГОСТ 21495-76*).

Если обработка производится с помощью приспособления, которое уже заранее установлено на станке, то есть уже расположено определённым образом относительно системы координат, то базирование заготовки в приспособлении сводится лишь к тому, чтобы обеспечить её соприкосновение со всеми установочными элементами приспособления.

Поверхности или сочетание поверхностей, оси, точки, принадлежащие заготовке и используемые для базирования, называются базами (рис. 1.6).

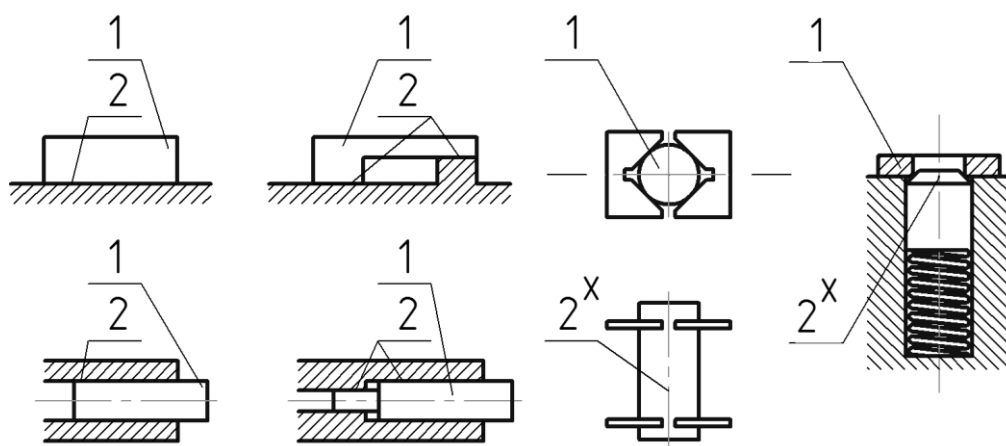


Рис. 1.6. Виды баз: 1 — заготовка, 2 — база

Виды баз.

1. По характеру проявления:

а) явная база — база заготовки в виде реальной поверхности;

б) скрытая база — база заготовки в виде воображаемой плоскости, оси или точки.

2. По назначению (рассмотрены не все из ГОСТ 21495-76*):

технологические базы — базы, используемые для определения положения заготовок в процессе их обработки;

конструкторская база — база, используемая для определения положения детали в изделии;

измерительные базы — базы, используемые для определения относительного положения заготовки и средств измерения, т. е. базы, используемые для отсчёта размеров при обработке или взаимного положения поверхностей детали.

3. По лишаемым степеням свободы:

установочная база — база, лишаящая заготовку трёх степеней свободы: перемещения вдоль одной координатной оси и поворот вокруг двух других осей (1, рис. 1.7);

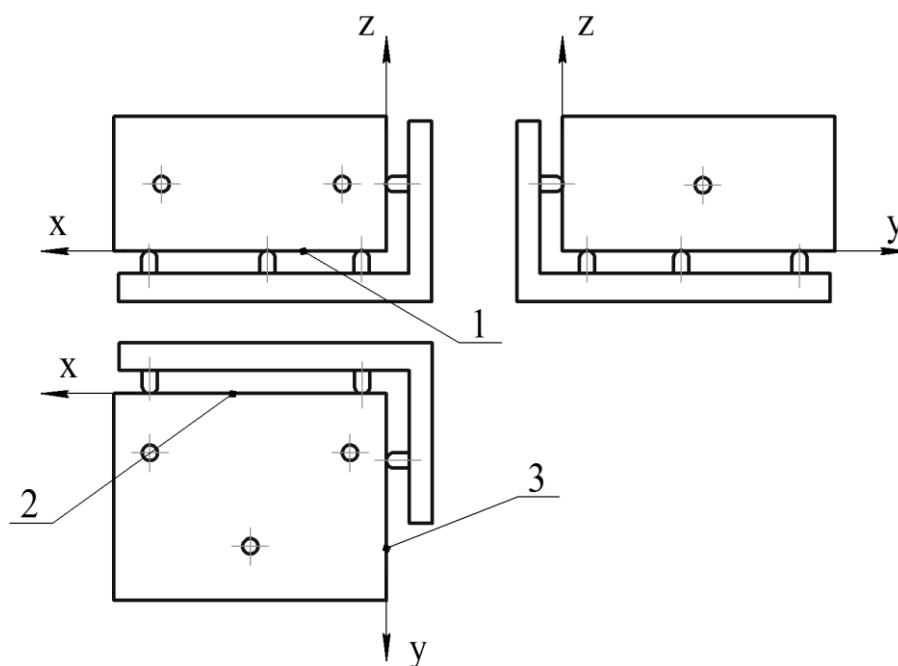


Рис. 1.7. Реализация установочной базы

направляющая база — база, лишаящая заготовку двух степеней свободы: перемещения вдоль одной оси и поворота вокруг другой оси (2, рис. 1.7);

опорная база — база, лишаящая заготовку одной степени свободы: перемещения вдоль одной оси или поворота вокруг оси;

двойная направляющая база — база, лишаящая заготовку четырёх степеней свободы: перемещений вдоль двух осей и поворотов вокруг этих осей (1, рис. 1.8);

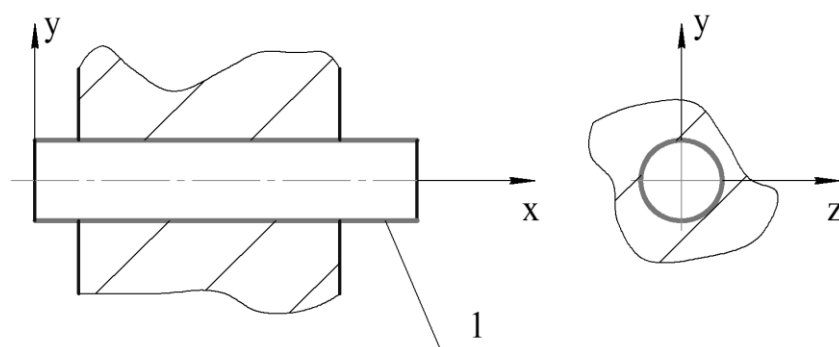


Рис. 1.8. Реализация двойной направляющей базы

двойная опорная база — база, лишаящая заготовку двух степеней свободы: перемещений вдоль двух осей (рис. 1.9).

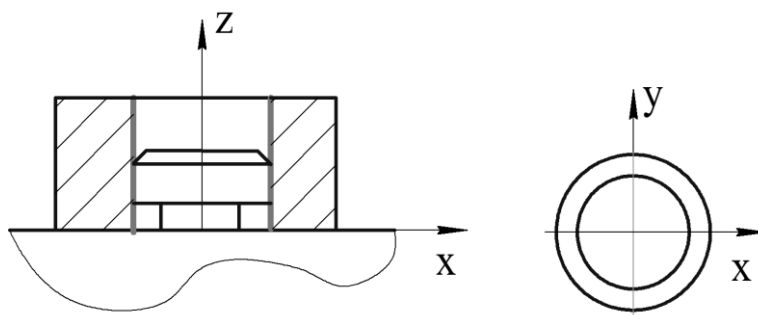


Рис. 1.9. Реализация двойной опорной базы

Схема базирования — схема расположения опорных точек на базах заготовки (рис. 1.10).

Условное изображение опорных точек — на виде спереди и сбоку, на виде сверху.

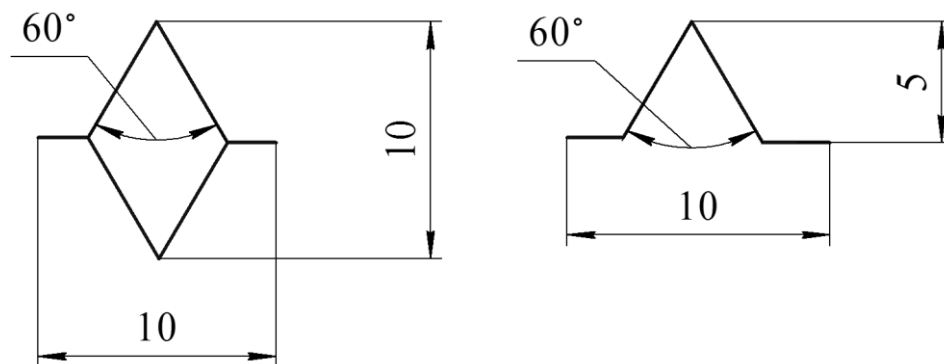


Рис. 1.10. Условное изображение опорных точек

Пример:

1) все опорные точки на схеме базирования изображают условными знаками и нумеруют порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек (рис. 1.11);

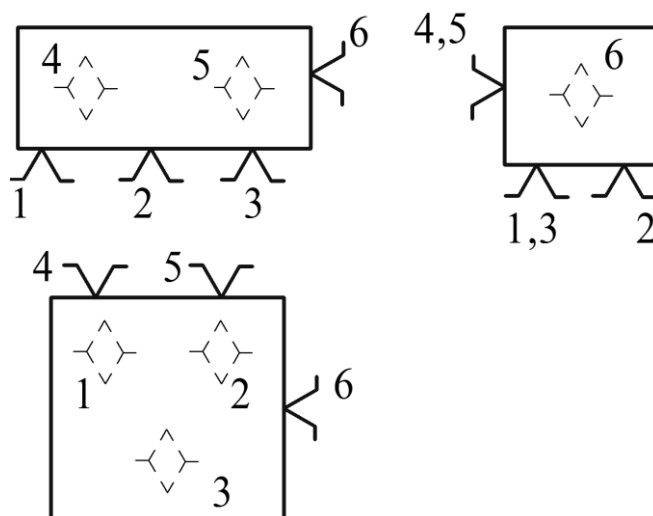


Рис. 1.11. Условное изображение опорных точек

2) при наложении в какой-либо проекции двух опорных точек следует показывать одну из них номера совмещенных точек;

3) число проекций заготовки на схеме базирования должно быть достаточно для чёткого представления о размещении опорных точек.

1.5. ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ НА ПОГРЕШНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Приспособление является одним из элементов технологической системы. Оно, так же как и все остальные элементы, влияет на погрешность обработки. Для определения требований к точности каждого из элементов технологической системы, в том числе и приспособления, необходимо следующее.

1. Чётко представлять механизм влияния этого элемента (приспособления) на общую погрешность обработки.

2. Уметь количественно определить это влияние.

Для того чтобы представить каким образом приспособление влияет на общую погрешность обработки, необходимо проанализировать известное для нее выражение:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \Delta_n^2 + \varepsilon^2 + 3 \cdot \Delta_u^2 + 3 \cdot \Delta_T^2} + \sum \Delta_{\phi},$$

где Δ_y — погрешность выполняемого размера, вызываемая деформациями (отжатыми) элементов технологической системы под влиянием нестабильности сил резания; $\Delta_{p.n.}$ — погрешность размерной наладки станка; ε — погрешность установки заготовок; Δ_u — погрешность, вызываемая размерным износом режущего инструмента; $\sum \Delta_{\phi}$ — суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности, зависящая от геометрических погрешностей станка и деформаций заготовки, при её закреплении (из-за неравномерных упругих отжатий технологической системы в различных сечениях заготовки); Δ_T — погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы.

Так как все составляющие общей (суммарной) погрешности обработки Δ_{Σ} (за исключением $\sum \Delta_{\phi}$) являются случайными величинами, то они суммируются как случайные погрешности.

При выводе этой формулы принято, что рассеивание размеров, вызванное первыми тремя составляющими (Δ_y , Δ_n и ε), подчиняется

закону нормального распределения, а двумя следующими составляющими (Δ_u, Δ_T) — закону равной вероятности. Так как установка заготовок производится в приспособление, то необходимо более подробно рассмотреть погрешность установки ε . Уже известно, что приспособление должно обеспечивать требуемое положение заготовки относительно рабочего инструмента, а точнее — положение измерительной базы относительно режущего инструмента. Однако по ряду причин для партии заготовок это положение обеспечивается только с определённой степенью точности из-за наличия погрешности установки. По ГОСТ 21495-76*, погрешность установки — отклонение фактически достигнутого положения заготовки при установке от требуемого положения. Численно эта погрешность равна величине рассеяния положений измерительной базы заготовки (для данного выдерживаемого размера) относительно инструмента. Проектируя приспособления, возможно изменять только эту погрешность. При этом приспособление должно обеспечивать такую установку, чтобы в самом плохом случае

$$\Delta_{\Sigma} = \delta_T,$$

где δ_T — технологический допуск на выполняемый размер. Выполнив такую замену в выражении для Δ_{Σ} , можно найти максимально допустимую погрешность установки заготовки $\varepsilon_{\text{дон}}$:

$$\varepsilon_{\text{дон}} = \sqrt{(\delta_T - \sum \Delta_{\Phi})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_n^2 - 3 \cdot \Delta_u^2 - 3 \cdot \Delta_T^2}.$$

Проектируемое приспособление должно быть таким, чтобы его погрешность установки $\varepsilon_{\text{нб}} \leq \varepsilon_{\text{дон}}$.

На предварительном этапе часто принимают

$$\varepsilon_{\text{дон}} = (0,25 - 0,30) IT_{\text{в.р.}},$$

где $IT_{\text{в.р.}}$ — допуск выдерживаемого размера.

1.6. ПОГРЕШНОСТЬ УСТАНОВКИ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ

Необходимое положение заготовки в приспособлении достигается после её базирования и закрепления. Погрешность установки $\varepsilon_{\text{нб}}$

включает погрешности сопутствующие обоим процессам. Погрешность базирования есть отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. Численно она равна разности предельных расстояний измерительной базы относительно установленного на размер инструмента. Величина погрешности базирования не является абстрактной и относится к конкретно выполняемому размеру. Поэтому у величины ε_δ в расчётах необходимо указывать индекс соответствующего размера. При одной и той же схеме базирования величина погрешности базирования для разных размеров может быть различной. Так, для размера A (рис. 1.12) $\varepsilon_{\delta A} = 0$, так как технологическая и измерительная (конструкторская) базы совпадают.

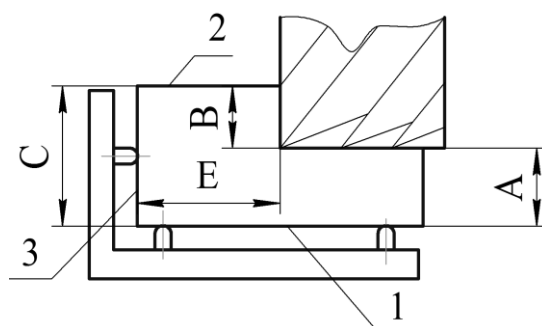


Рис. 1.12. Схема для расчета погрешностей базирования

Погрешность базирования для размера B равна допуску на размер C , так как измерительная база 2 не совпадает с технологической базой 1. Погрешность базирования для размера E равна $\varepsilon_{\delta E} = 0$. Таким образом, для исключения погрешности базирования необходимо стремиться совмещать технологическую и измерительную базы. В общем случае величина погрешности базирования определяется как проекция расстояния между предельными положениями измерительной базы на направление размера, получаемого при обработке.

Примеры базирования заготовок при их установке отверстием на цилиндрическую поверхность оправки показаны рис. 1.13.

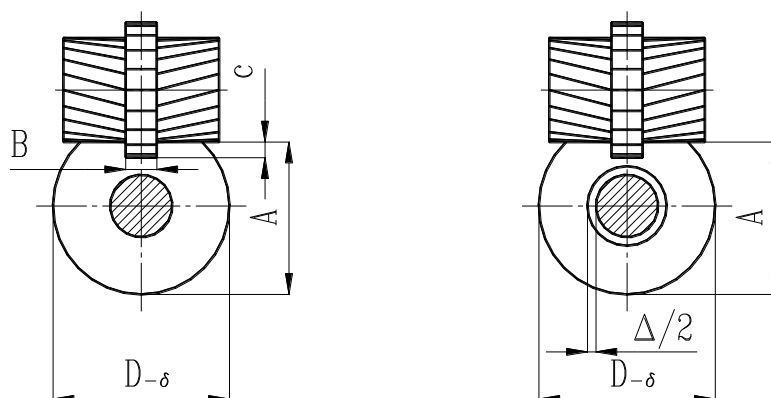


Рис. 1.13. Схема для расчета погрешностей базирования

Если предположить, что внутренние и наружные цилиндрические поверхности заготовки соосны, то погрешность базирования для размера A равна:

- для посадки заготовки на оправку без зазора — $\varepsilon_{\delta A} = \frac{\delta}{2}$;
- для посадки заготовки на оправку с зазором — $\varepsilon_{\delta A} = \frac{\delta}{2} + \Delta$,

где Δ — зазор в сопряжении заготовки с оправкой.

Погрешность базирования для размеров, получаемых мерным или фасонным инструментом, равна нулю. Поэтому $\varepsilon_{\delta C} = \varepsilon_{\delta B} = 0$. В данном случае мерным инструментом является фреза, обеспечивающая получение размера B , а за счёт подбора диаметров фрез обеспечивается получение размера C .

Погрешность закрепления — это разность предельных смещений измерительной базы в направлении получаемого размера под действием силы зажима заготовки. Заготовка смещается из-за деформации всех звеньев, входящих в цепь: заготовка — установочные элементы — корпус приспособления.

В качестве примера на рис. 1.14 приведена схема появления погрешности закрепления при обработке углового паза шириной A .

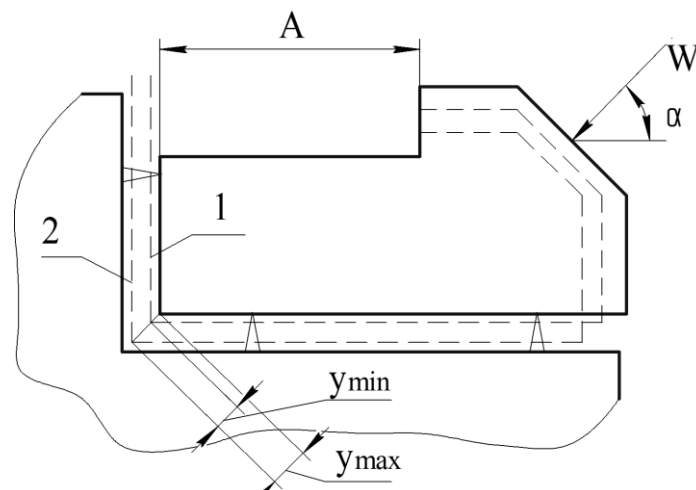


Рис. 1.14. Положение заготовки при обработке бокового паза

При приложении силы зажима W технологическая, а вместе с ней и измерительная базы смещаются. В случае непостоянства этой силы для партии закреплённых заготовок при её изменении от W_{\min} до W_{\max} технологическая база будет смещаться от положения 1 до положения 2:

$$\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos \alpha,$$

где α — угол между направлением получаемого размера и направлением действия силы зажима. Погрешность установки зависит от ε_z , в основном, от перемещений в стыке «заготовка — установочные элементы приспособления».

Необходимо отметить, что если величина смещений постоянна для партии заготовок, то $\varepsilon_z = 0$, так как это смещение может быть скорректировано настройкой станка.

Зависимость контактных деформаций стыка заготовки (рис. 1.15) — установочный элемент, который выражается формулой:

$$y = C \cdot W^n,$$

где W — сила зажима, приходящаяся на установочный элемент; C — коэффициент, характеризующий вид контакта, материал заготовки, шероховатость и структуру её поверхностного слоя; n — коэффициент, характеризующий тип установочных элементов $n < 1$.

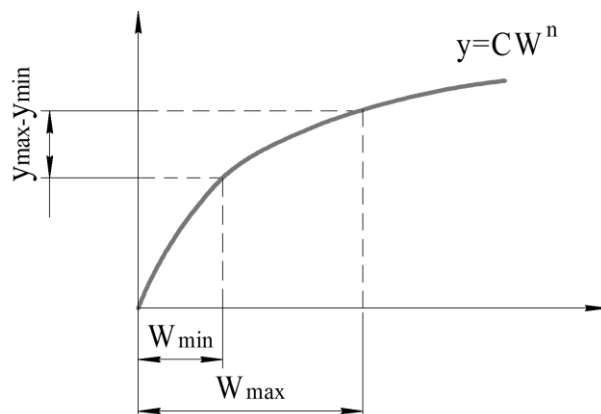


Рис. 1.15. Зависимость контактных деформаций стыка заготовки от силы зажима W

Коэффициенты C и n устанавливаются экспериментально. При обработке партии заготовок значение коэффициента C (установочные элементы одни и те же, поэтому $n = \text{const}$) колеблется от C_{\min} до C_{\max} , а сила зажима заготовки — от W_{\min} до W_{\max} . Следовательно:

$$\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min}) \cdot \cos \alpha = (C_{\max} \cdot W_{\max}^n - C_{\min} \cdot W_{\min}^n) \cdot \cos \alpha.$$

Графически образование этой погрешности можно проиллюстрировать следующей схемой (рис. 1.16).

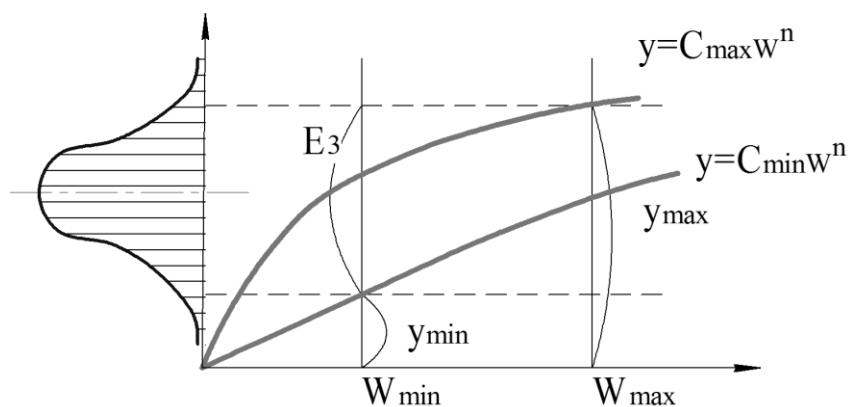


Рис. 1.16. Схема образования погрешности закрепления

Из приведённой зависимости следует, что для уменьшения ε_z необходимо стремиться к постоянству W , обеспечивать по возможности одинаковое качество баз (стабильность коэффициента C) и

направлять силу зажима перпендикулярно к направлению выдерживаемого размера.

Кроме рассмотренных двух погрешностей ε_z и ε_δ , в погрешность установки входит также погрешность положения заготовки ε_z , ε_Π , которая вызывается неточностью самого приспособления и определяется:

- ошибками изготовления и сборки установочных элементов ε_{yc} ;
- их износом ε_u ;
- ошибками установки и фиксации приспособления ε_c .

Составляющая ε_{yc} характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. Так как при использовании одного приспособления это систематическая погрешность, то её часто можно частично или полностью исключить настройкой станка. Однако при использовании нескольких одинаковых приспособлений она не компенсируется. Составляющая ε_u характеризует изменение положения контактных поверхностей установочных элементов в результате износа их в процессе эксплуатации приспособления. Величину износа опоры можно примерно выразить формулой:

$$\varepsilon_u = \beta \cdot N^2, \text{ мкм,}$$

где N — количество контактов (установок) заготовки с одной той же опорой; β — постоянная, зависящая от вида опор и условий контакта.

Составляющая ε_c выражает погрешность установки приспособления на станке. При определённых условиях ε_c может быть компенсирована. Обычно в серийном производстве $\varepsilon_c = (0,01 - 0,02) \text{ мм}$.

Если принять, что все эти погрешности случайные, то:

$$\varepsilon_\Pi = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2}.$$

Аналогично можно представить выражение для погрешности установки:

$$\varepsilon_{н\bar{o}} = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_\Pi^2}.$$

1.7. МЕТОДИКА НАЗНАЧЕНИЯ НОРМ ТОЧНОСТИ

Нормы точности приспособлений назначаются в 5 этапов.

1. Определение допустимой погрешности установки $\varepsilon_{дон}$:

а) определение численных значений всех составляющих, входящих в выражение для $\varepsilon_{дон}$, методика определения которых обычно приводится в справочниках технолога;

б) в ряде случаев можно воспользоваться справочными данными об экономической точности обработки на станках.

2. Определение погрешности базирования ε_{δ} .

3. Определение погрешности закрепления $\varepsilon_{з}$.

4. Определение допустимой погрешности положения $\varepsilon_{П}$.

5. Распределение составляющих допустимой величины $\varepsilon_{П}$ и назначение допусков на них.

Если окажется, что допуски очень малы и не могут быть обеспечены, то необходимо проанализировать пути уменьшения всех составляющих погрешности положения. В числе возможных путей:

- повышение точности изготовления и монтажа установочных элементов;
- повышение износостойкости установочных элементов;
- ограничение величины дополнительного износа;
- обработка установочных элементов в собранном приспособлении, а ещё лучше обработка установочных элементов непосредственно на станке, на котором будет работать приспособление;
- выверка положения приспособления на станке.

Если желаемый результат все же не был достигнут, то необходимо менять схему базирования, а если при этом желаемый результат недостижим, то необходимо менять технологию или пересматривать конструкторские допуски.

2. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК И УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

На рис. 2.1 представлена классификация наиболее часто используемых установочных элементов (УЭ).

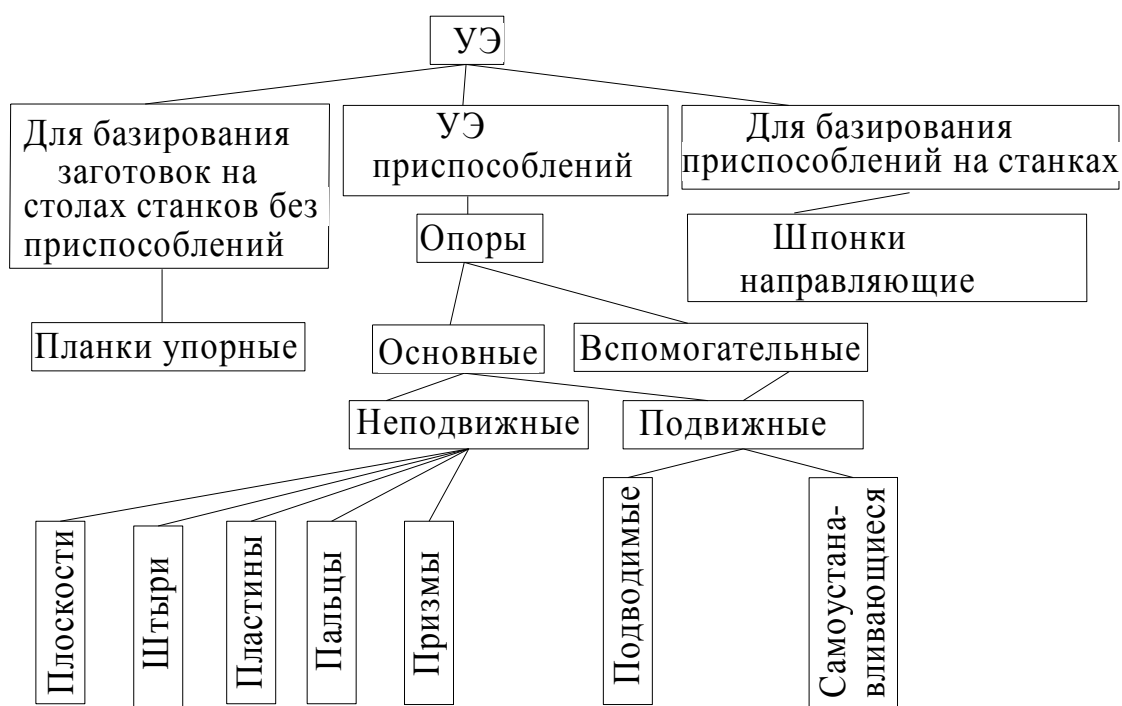


Рис. 2.1. Классификация установочных элементов

Для реализации базирования используются:

- 1) элементы для базирования заготовок на столе металлорежущего станка без приспособления;
- 2) элементы для базирования приспособления на станке;
- 3) установочные элементы для базирования заготовок в приспособлениях.

К первым относятся планки упорные по ГОСТ1555-67. Это призматические планки с выполненной за одно целое с ними направляющей шпонкой.

В качестве вторых используются шпонки направляющие:

- призматические ГОСТ14737-69;
- ступенчатые ГОСТ14738-69;
- круглые ГОСТ14739-69;
- установочные штыри ГОСТ12213-66.

Назначение этих элементов — ориентирование приспособления относительно стола станка. Для этого на столе станка имеется, как правило, калиброванный паз (обычно это центральный паз стола).

Третью группу элементов (установочные элементы приспособления) часто называют опорами. Они делятся на основные и вспомогательные опоры. Основными называются опоры, определяющие положение заготовки в приспособлении. Вспомогательными называются опоры, предназначенные лишь для обеспечения дополнительной жёсткости заготовки или ее устойчивости в процессе обработки. Рассмотрим пример, когда наличие в схеме шести основных опорных точек обеспечивает правильное положение заготовки дообработки (рис. 2.2).

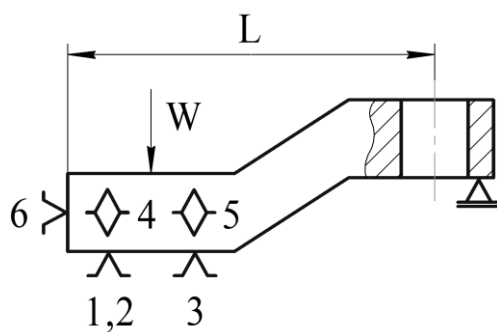


Рис. 2.2. Положение заготовки до обработки

Однако в процессе обработки отверстия, например, сверлением, шести основных опорных точек недостаточно, так как заготовка может опрокинуться или при малой её жёсткости деформироваться. Чтобы этого не произошло, в схему установки добавляют вспомогательную опору, воспринимающую часть силы подачи при сверлении. Необходимо подчеркнуть, что вспомогательная опора не должна

нарушать положение заготовки, достигнутое базированием на основные опоры, поэтому она должна быть подвижной и жёстко фиксирующейся только после установки заготовки на основные опоры.

Для уменьшения погрешности обработки к установочным элементам предъявляются следующие основные требования:

1) число установочных элементов должно быть минимально необходимым; излишнее число установочных элементов вызывает неопределённость базирования;

2) для повышения устойчивости заготовки в приспособлении расстояние между установочными элементами выбирается максимально возможным;

3) рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров; при этом меньшее влияние на погрешность обработки оказывает погрешность формы технологической базы заготовки;

4) установочные элементы не должны повреждать обработанные поверхности заготовки; это не позволяет свести контакт установочного элемента с заготовкой к минимуму;

5) рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью (для уменьшения влияния износа на погрешность установки ε_{np}); поэтому установочные элементы изготавливают из углеродистых сталей У7А...У10А с закалкой до твёрдости HRC 55...60 или из сталей марок 20 или 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и закалкой до HRC 55...60; иногда в массовом производстве на рабочие поверхности установочных элементов наплавляют твёрдый сплав;

6) конструкция установочных элементов должна обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении.

2.2. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК ПО ПЛОСКИМ БАЗАМ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭТОМ УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Установочные элементы в виде плоскости используют при установке на уже обработанные базы в случаях:

- если удельное давление на установочные элементы $P_y \geq 40 \text{ МПа}$ (имеет место в тяжёлом машиностроении);
- в приспособлении определённого типа (например, магнитные плиты).

При использовании установочных элементов в виде плоскости (а также и при использовании установочных элементов всех остальных типов) необходимо принимать меры, обеспечивающие:

- возможность эффективной очистки их от стружки;
- как правило, возможность их замены при износе.

Однако для установки заготовки по плоским базам в качестве установочных элементов чаще используются штыри и пластины (рис. 2.3). Штыри применяют с гладкой ГОСТ 13440-68, сферической ГОСТ 13441-68 и насечённой ГОСТ 13442-68 головками.

Размеры H, d, D, L оговорены стандартами.

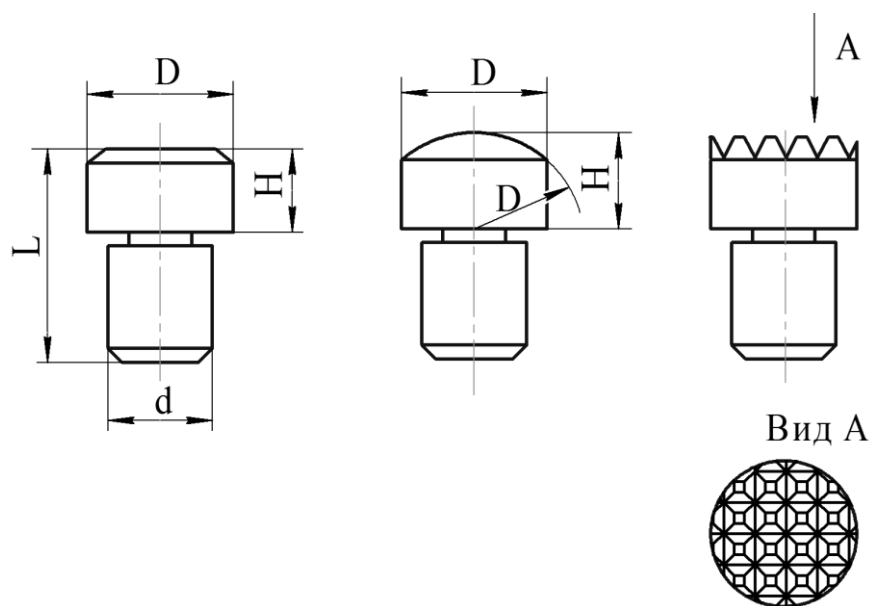


Рис. 2.3. Штыри

Штыри с гладкой головкой предназначены, в основном, для заготовок с обработанными базами, а штыри со сферическими и насечёнными головками — для заготовок с необработанными базами.

Штыри со сферической головкой, как менее износостойкие, применяются в случаях особой необходимости, например, при установке узких деталей необработанной поверхностью, чтобы получить максимальное расстояние между опорными точками. Однако допустимая предельная нагрузка на эти штыри ограничена, и может быть определена по приближённой формуле: $[P] \approx 2 \cdot D^2$, кгс или $20 \cdot D^2$, Н, где D — в миллиметрах. Для заготовок из цветных металлов или их сплавов предельные нагрузки на 30–40 % меньше.

Штыри с насечённой головкой, как правило, располагают на вертикальных стенках корпусов (то есть заготовка соприкасается с ними боковыми поверхностями). При использовании этих опор в качестве горизонтальных очистка их от стружки затруднена. Допускаемая нагрузка на эти опоры примерно в 2 раза больше, чем для сферических опор, то есть $[P] \approx 40 \cdot D^2$, Н.

2.3. УСТАНОВКА ШТЫРЕЙ В КОРПУСАХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для обеспечения возможности замены штырей отверстия для них в корпусах выполняются сквозными (рис. 2.4). Сопряжения опор с отверстиями по посадке — $\frac{H7}{s6}$.

Опорные площадки под головки штырей должны слегка выступать относительно требуемого положения и обрабатываться в один установ, чем обеспечивается расположение их в одной плоскости. Опоры с плоскими головками после их запрессовки иногда также шлифуются в собранном приспособлении. Для этого по размеру H предусматривается припуск 0,2–0,3 мм на шлифование после сборки.

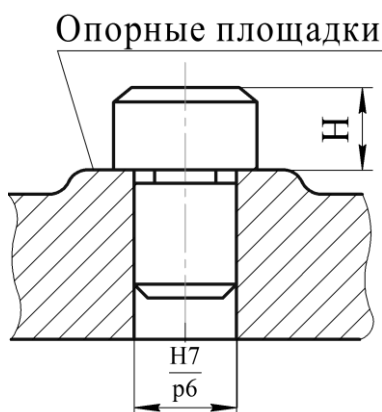


Рис. 2.4. Установка штыря в корпус

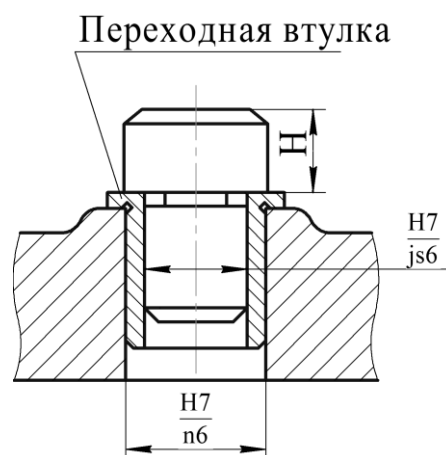


Рис. 2.5. Установка штыря в корпус с использованием переходной втулки

При необходимости частой смены изношенных штырей их устанавливают в переходную втулку по посадкам $\frac{H7}{js6}$ или $\frac{H6}{h6}$, а втулку в корпус — по $\frac{H7}{n6}$ или $\frac{H7}{p6}$. Торцы втулок шлифуют в один установ, а высоту опор H выполняют с отклонениями $h6$ или $h5$.

Опорные пластинки (рис. 2.6) применяются для установки заготовок только по достаточно точно обработанным базам. Изготавливают пластинки согласно ГОСТ4743-68 в двух исполнениях — без пазов и с косыми пазами.

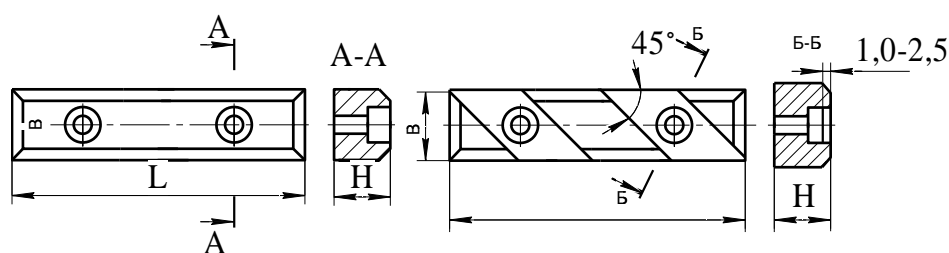


Рис. 2.6. Плоские пластинки

Пластины без пазов целесообразно закреплять на вертикальных станках корпусов приспособлений, так как при горизонтальном их положении в углублениях под головками винтов скапливается мелкая

стружка, трудно удаляемая при очистке приспособления. Пластины с косыми пазами устанавливают на горизонтальных поверхностях корпусов. В этом случае стружка, сдвигаемая при перемещении устанавливаемой заготовки, попадает в углубления (косые пазы) и не нарушает контакта. Иногда в качестве основных опор применяют самоустанавливающиеся опоры, но они усложняют конструкцию приспособления, поэтому применяются лишь в особых случаях. Например, при базировании заготовки плоскостями её бобышек, расположенных по периметру четырёхугольника. Здесь целесообразно одну из постоянных опор заменить двухточечной (рис. 2.7).

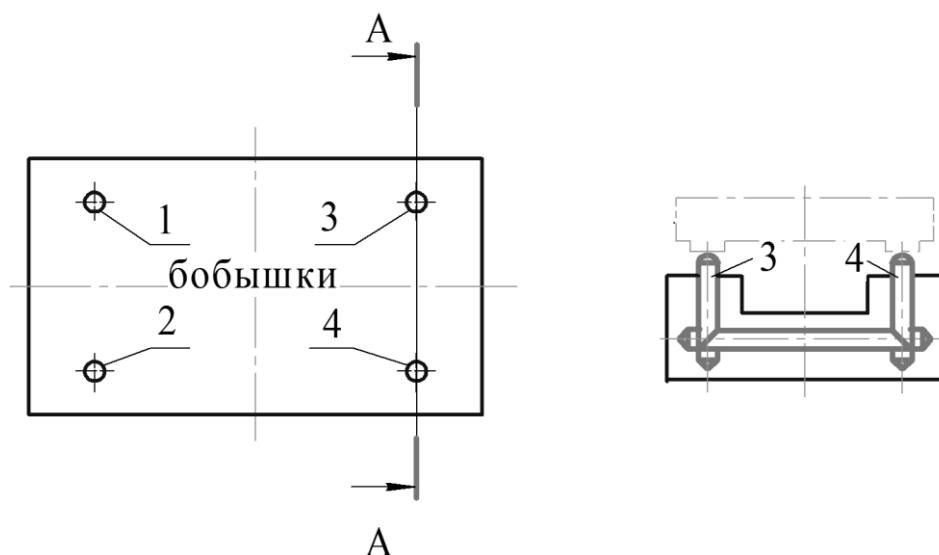


Рис. 2.7. Основная (двухточечная) опора

Вспомогательные опоры применяют в различных схемах установки, в том числе и при установке заготовки по плоским базам. Вспомогательные опоры бывают самоустанавливающиеся и подводимые. Самоустанавливающиеся опоры изготавливаются по ГОСТ13159-67.

Схематично, их конструкцию можно представить в виде, показанном на рис. 2.8.

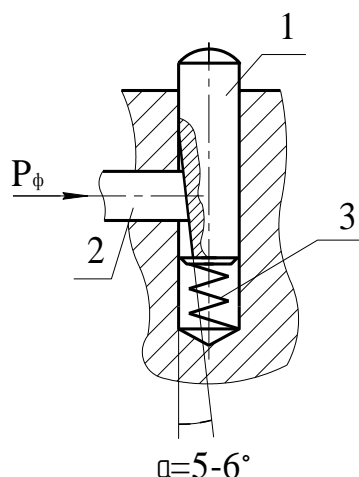


Рис. 2.8. Самоустанавливающаяся вспомогательная опора

До установки заготовки в приспособление поверхность контакта опоры 1 находится выше основных опор, а клин 2 отведён и не контактирует с опорой 1. При установке заготовки на основные опоры она давит на опору 1, опускает её вниз, сжимая пружину 3. После того как заготовка ляжет на основные опоры, клин 2 прижимается силой P_ϕ к опоре и тем самым фиксирует её. Угол $\alpha = 5-6^\circ$ меньше угла трения. При этом обеспечивается самоторможение (клин не выталкивает опору). Очевидно, что усилие пружины должно быть меньше силы тяжести заготовки, приходящейся на опору 1.

Достоинством самоустанавливающихся опор является их быстродействие, так как штыри автоматически входят в соприкосновение с заготовкой. Недостатком этих опор является невозможность применять при больших значениях сил, действующих вдоль оси стержня 1. Поскольку угол α небольшой, то P_ϕ должна быть достаточно большой, а это требует увеличение прочности и габаритных размеров стопорного устройства (фиксирующего устройства).

Иначе устроена подводимая опора, показанная на рис. 2.9. Пока в приспособлении нет заготовки, штырь 1 находится ниже основных опор. После установки заготовки на основные опоры, вручную, дви-

жением клина 2, выдвигается штырь 1 до соприкосновения с заготовкой, а затем фиксируются клин.

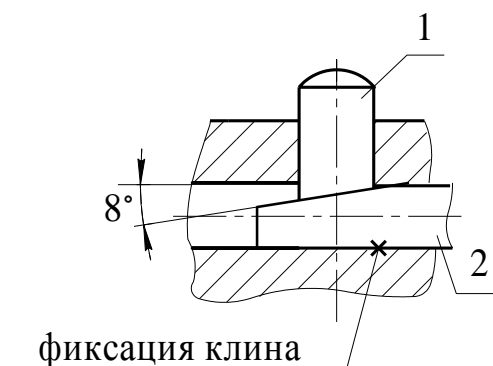


Рис. 2.9. Подводимая
вспомогательная опора

Достоинствами этой опоры является возможность воспринимать большие силы и небольшое усилие фиксации.

К ее недостатку можно отнести наиболее часто используемый ручной подвод и, как следствие, низкую производительность. Не рекомендуется применять при обработке небольших по размерам заготовок, так как может быть нарушено положение заготовки, достигнутое при базировании на основные опоры.

2.4. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК ПО НАРУЖНОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭТОМ УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для установки заготовок по наружной цилиндрической поверхности чаще всего используют призмы (рис. 2.10). Призмой называют установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом 2α . Применяется при обработке элементов будущей детали, определенным образом расположенных относительно её цилиндрической поверхности.

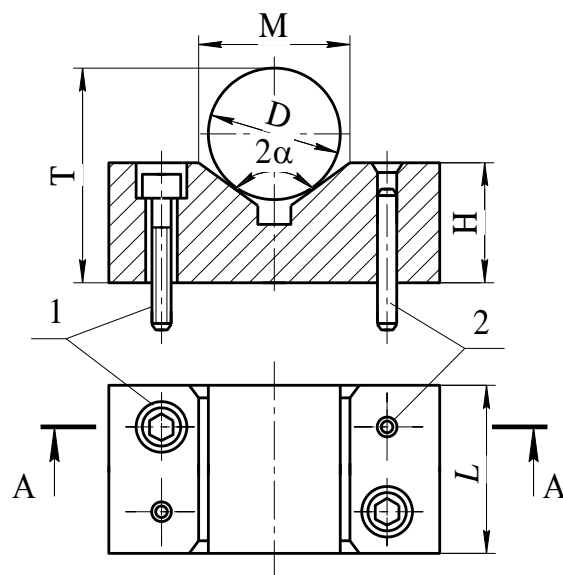


Рис. 2.10. Схема установки
заготовки в призму

Призма определяет положение продольной оси заготовки. Поэтому очень важно точно зафиксировать положение призмы на корпусе приспособления. С этой целью призма крепится в приспособление кроме винтов 1 ещё и штифтами 2. Для удобства шлифования рабочих поверхностей выполнен прямоугольный паз, а для безопасной очистки от стружки и удобства передвижения устанавливаемой заготовки снимаются фаски. На чертеже призмы обязательно указывают размеры: M , T и D . Размер M требуется для разметки и грубой обработки. Размер T используется для контроля призмы после обработки по размеру контрольной оправки. В приспособлениях используют призмы с углами $2\alpha = 60, 90$ и 120 . Угол $2\alpha = 120^\circ$ чаще используется в тяжёлом машиностроении, $2\alpha = 60^\circ$ — в приборостроении. В общем машиностроении наибольшее распространение получили призмы с углом $2\alpha = 90^\circ$. Каждая призма используется для определённого диапазона диаметров D обрабатываемых заготовок.

В зависимости от соотношения длины L призмы к диаметру D устанавливаемой заготовки, заготовка лишается различного числа степеней свободы.

При $\frac{L}{D} \geq 1$ — четырёх степеней свободы (условно длинные заготовки).

При $\frac{L}{D} < 1$ — двух степеней свободы (условно короткие заготовки).

Призмы для установки коротких заготовок стандартизованы по ГОСТ12195-66*.

Погрешность базирования при установке заготовки на призму является функцией допуска на диаметр цилиндрической поверхности заготовки и, в общем случае, зависит также от погрешности её формы (но обычно погрешность формы не учитывается, так как ее влияние несущественно). Величина погрешности базирования определяется из следующей схемы. Положение оси отверстия относительно цилиндрической поверхности вала может быть задано конструктором одним из трёх размеров x_1 , x_2 или x_3 (рис. 2.11).

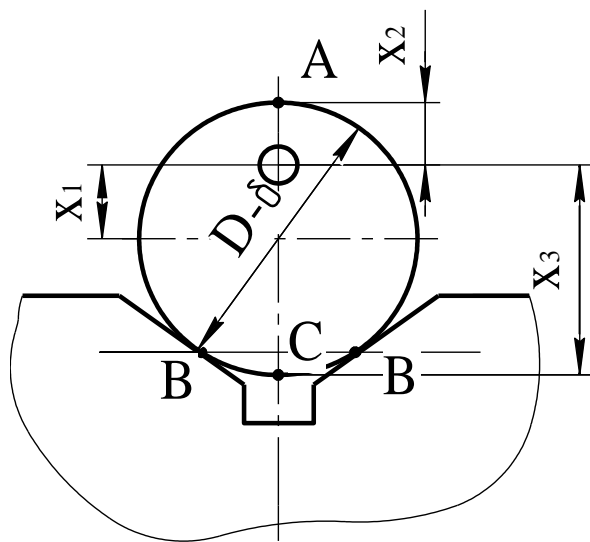


Рис. 2.11. Варианты задания положения оси обрабатываемого отверстия

Во всех трех случаях имеет место погрешность базирования, так как нигде нет совпадения технологической и измерительной баз. Технологической базой для всех трех размеров является точка М

(рис. 2.12), поскольку именно относительно этой постоянной точки производится размерная наладка режущего инструмента для любых выдерживаемых размеров по вертикальной координате.

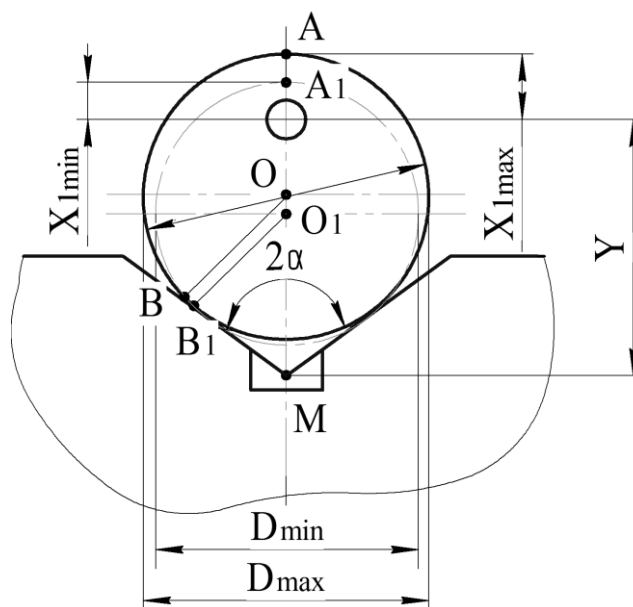


Рис. 2.12. Погрешность базирования для размера x_1 при установке заготовки на призму

Так, например, для размера x_1 измерительной базой является верхняя граница цилиндра A , для x_2 — ось заготовки, а для x_3 — нижняя граница цилиндра C .

При определении погрешности базирования для размера x_1 учитываем, что диаметры D заготовок в партии изменяются в пределах допуска δ . Размер Y задаётся, например, кондуктором.

$$D_{\max} - D_{\min} = \delta.$$

Величина ε_δ равна:

$$\varepsilon_{\delta x1} = X_{1\max} - X_{1\min} = AM - A_1M;$$

$$AM = AO + OM = \frac{D_{\max}}{2} + \frac{D_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha}.$$

Аналогично:

$$A_1 M = \frac{D_{\min}}{2} + \frac{D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha};$$

$$\varepsilon_{\delta x1} = \frac{D_{\max}}{2} + \frac{D_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\min}}{2} - \frac{D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} =$$

$$= \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} + \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2 \cdot \sin \alpha} \right) \cdot \delta.$$

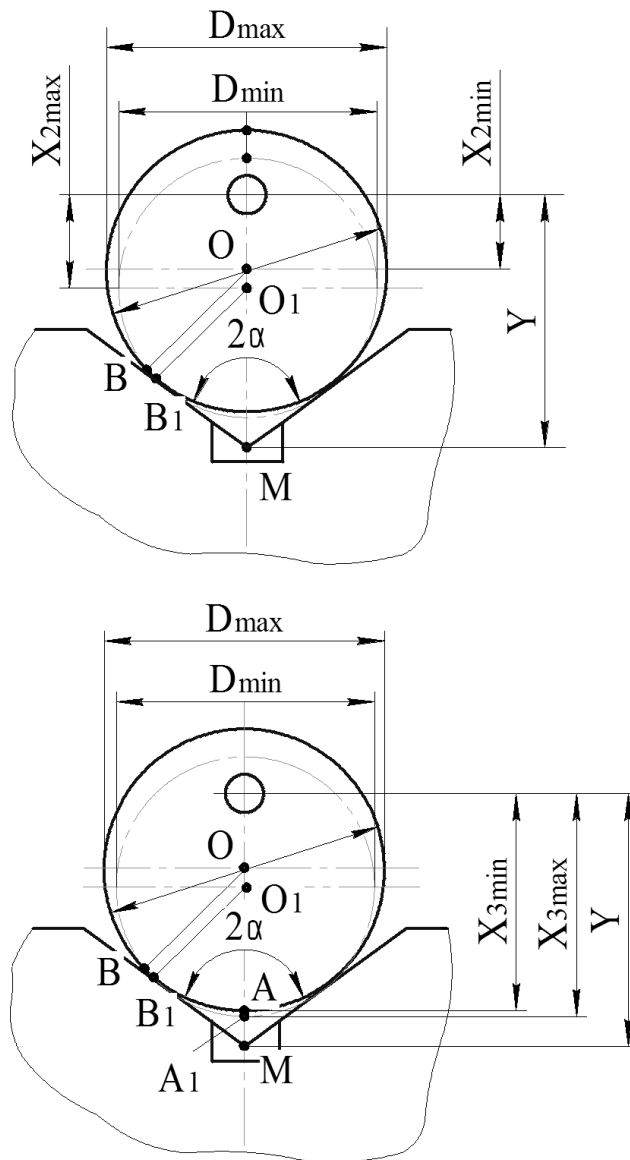


Рис. 2.13. Погрешность базирования для размеров x_2 и x_3 при установке заготовки на призму

Для призмы с углом $2\alpha \approx 90^\circ$:

$$\varepsilon_{\delta x1} = \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{2 \cdot \sqrt{2}}\right) \cdot \delta = \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{1,41}\right) \cdot \delta = (0,5 + 0,707) \cdot \delta = 1,2 \cdot \delta;$$

$$\varepsilon_{\delta x1} = 1,2\delta.$$

Аналогично можно определить погрешности базирования для размеров x_2 и x_3 (рис. 2.13).

$$\varepsilon_{\delta x2} = X_{2\max} - X_{2\min} = OM - O_1M = \frac{D_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} =$$

$$= \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{\delta}{2 \cdot \sin \alpha};$$

$$\varepsilon_{\delta x2} = \frac{\delta}{2 \cdot \sin \alpha}, \text{ для } 2a = 90^\circ \quad \varepsilon_{\delta x2} \approx 0,7\delta;$$

$$\varepsilon_{\delta x3} = X_{3\max} - X_{3\min} = AM - A_1M;$$

$$AM = \frac{D_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\max}}{2}; \quad A_1M = \frac{D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\min}}{2};$$

$$\varepsilon_{\delta x3} = \frac{D_{\max}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\max}}{2} - \frac{D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} + \frac{D_{\min}}{2} =$$

$$= \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{D_{\max} - D_{\min}}{2} = \left(\frac{1}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{1}{2}\right) \cdot \delta.$$

$$\varepsilon_{\delta x3} = \delta \cdot \left(\frac{1}{2 \cdot \sin \alpha} - \frac{1}{2}\right), \text{ для } 2a = 90^\circ \quad \varepsilon_{\delta x3} \approx 0,2 \cdot \delta.$$

Таким образом, можно добиваться повышения точности обработки, не меняя технологической базы, путём изменения взаимного положения призмы и заготовки. В нашем примере это относится к размерам x_1 , x_3 . Только поворотом заготовки на 180° можно уменьшить ε_δ от $\varepsilon_{\delta x1} = 1,2 \cdot \delta$ до $\varepsilon_{\delta x1} = 0,2\delta$. Для размеров, подобных x_2 (то есть размеров определяющих положения обрабатываемого элемента относительно оси заготовки), в некоторых случаях ε_δ вообще можно свести к нулю.

2.5. УСТАНОВКА ЗАГОТОВКИ ПО ВНУТРЕННИМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭТОМ УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Установку заготовок с базированием на цилиндрические отверстия производят на оправки и пальцы. На оправках обрабатывают втулки, гильзы, фланцы, зубчатые колёса и т. п. Конструктивно оправки бывают жёсткие и разжимные. Разжимные оправки рассмотрены ниже.

Жёсткие оправки подразделяются на:

- конические;
- цилиндрические для посадки заготовки с гарантированным:
 - а) натягом;
 - б) зазором.

Сами оправки устанавливаются на станке (токарном, шлифовальном и т. п.):

- по своим центровым отверстиям;
- с помощью конусного хвостовика;
- с помощью фланца.

Конические центровые оправки (рис. 2.14) стандартизованы по ГОСТ16211-70.

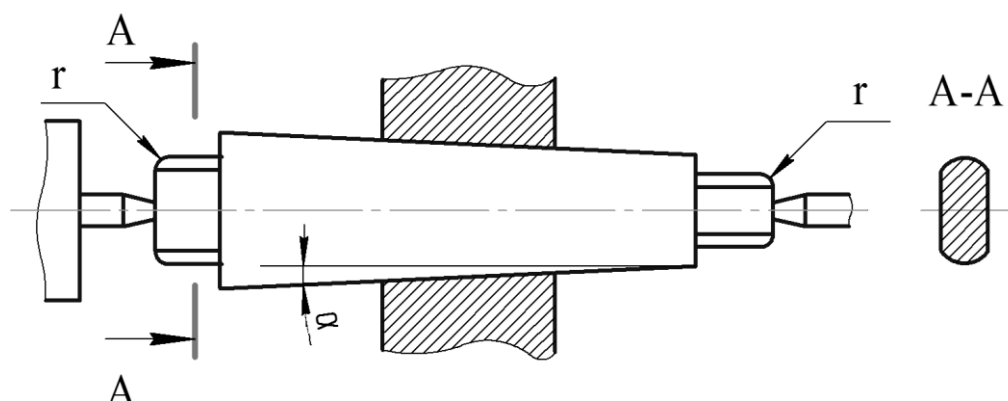


Рис. 2.14. Коническая оправка

Для того чтобы сообщать оправке с заготовкой вращение, на левом конце оправок делают лыски (как в оправках по ГОСТ16211-70), квадрат и устанавливают поводок.

Конусность рабочей части делают в зависимости от диаметра оправки в пределах от 0,00055 до 0,00040 (что соответствует углам наклона $\alpha = 56'' - 42''$). Заготовка, с обработанным по 6,7 квалитетам отверстием, на такие оправки насаживается лёгкими ударами. Вследствие расклинивающего действия она удерживается от проворачивания при обработке (но необходимо отметить, что эти оправки применяются для точных работ, то есть на чистовых операциях, когда снимаются «малые» стружки и усилия резания невелики).

Достоинствами этой оправки являются:

- сравнительно простая установка заготовки;
- обеспечивается высокая точность центрирования (совмещение осей оправки и заготовки). Погрешность составляет величину порядка 0,005–0,010 мм.

Недостатками этой оправки являются:

- отсутствие точной фиксации партии заготовок по длине (за счёт колебаний размера базового отверстия), а, следовательно, невозможность обработки торцов и уступов на предварительно настроенных станках;
- обработка длинных заготовок затруднена.

Оправка применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Ниже представлена конструкция оправки, на которую обрабатываемые заготовки устанавливаются с натягом (рис. 2.15).

Диаметры всех заготовок должны быть меньше диаметра оправки. Используя упорные подкладные кольца при запрессовке, заготовку можно ориентировать по длине. Выполняя кольцевую выточку 2, можно подрезать торец заготовки. Это является преимуществом таких оправок по сравнению с коническими оправками.

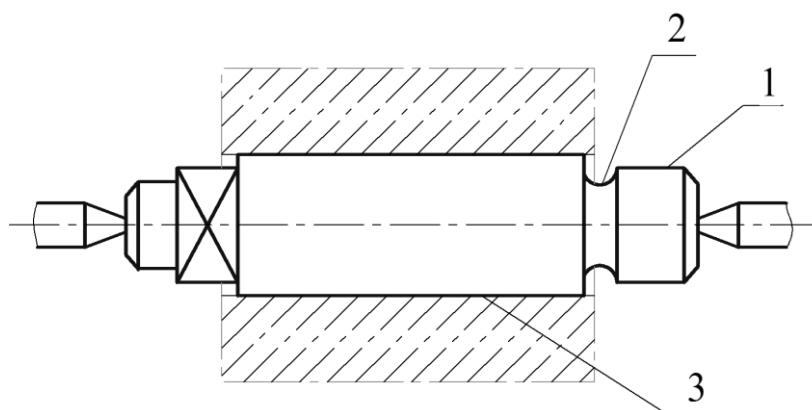


Рис. 2.15. Оправка для установки заготовки с натягом

Направляющая шейка 1 служит для свободной посадки заготовки от руки.

Точность центрирования на оправке составляет порядка 0,005 мм.

Недостатком таких оправок является необходимость установки на участках механической обработки дополнительного оборудования — прессов для запрессовки и распрессовки заготовок. Диаметр рабочей части 3 рассчитывается таким образом, чтобы за счёт натяга создавались силы трения, удерживающие заготовку от проворачивания и осевого смещения.

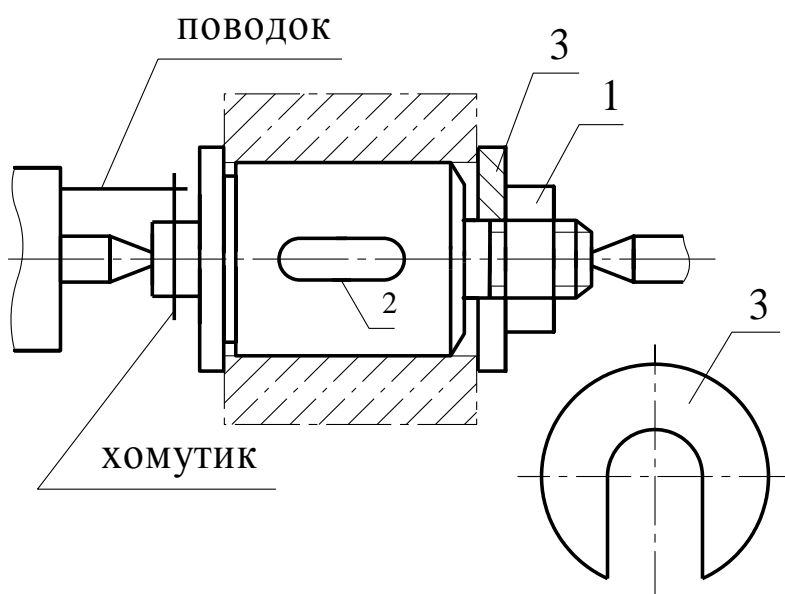


Рис. 2.16. Оправка для посадки заготовки с зазором

Когда не требуется высокой точности центрирования заготовки возможно применение оправок для посадки заготовки с зазором (рис. 2.16). Положение заготовки по длине определяется буртиком оправки. Проворачивание заготовки на оправке предупреждается закреплением гайки 1 (либо шпонкой 2, если в заготовке есть шпоночный паз). Применяются быстросъёмные шайбы 3, если диаметр гайки меньше диаметра отверстия. Отверстие заготовки рекомендуется обрабатывать по 7 качеству. На рассмотренные оправки базируются, как правило, длинные заготовки, то есть заготовки с соотношением $\frac{L}{D} > 1$. При этом базовая цилиндрическая поверхность лишает заготовку четырёх степеней свободы, а торец упирающийся, например, в буртик оправки — одной степени свободы. Существует большое количество заготовок, базирование которых производится по короткой цилиндрической поверхности с соотношением $\frac{L}{D} < 1$. Такие поверхности являются двойными опорными базами и лишают заготовку только двух степеней свободы. В этом случае заготовка базируется также и по плоскости, которая лишает заготовку трёх степеней свободы (рис. 2.17). При таких схемах базирования заготовка своими отверстиями часто устанавливается на пальцы. Их конструкции стандартизованы.

Пальцы подразделяются на постоянные и сменные.

Конструкции пальцев, представленные на рис. 33, в применяют, когда заготовку устанавливают торцом на другие опоры, например, на пластины.

В конструкциях рис. 33,б и рис. 33,г опорой для плоскости служат буртики пальцев.

В случаях, когда значительные силы зажима и резания изнашивают буртик быстрее пальца, вместо буртика применяют специальные шайбы (рис. 33,ж). При этом необходимо обращать внимание на удобство очистки шайб от стружки. Для этого опорную поверхность шайбы выполняют прерывистой.

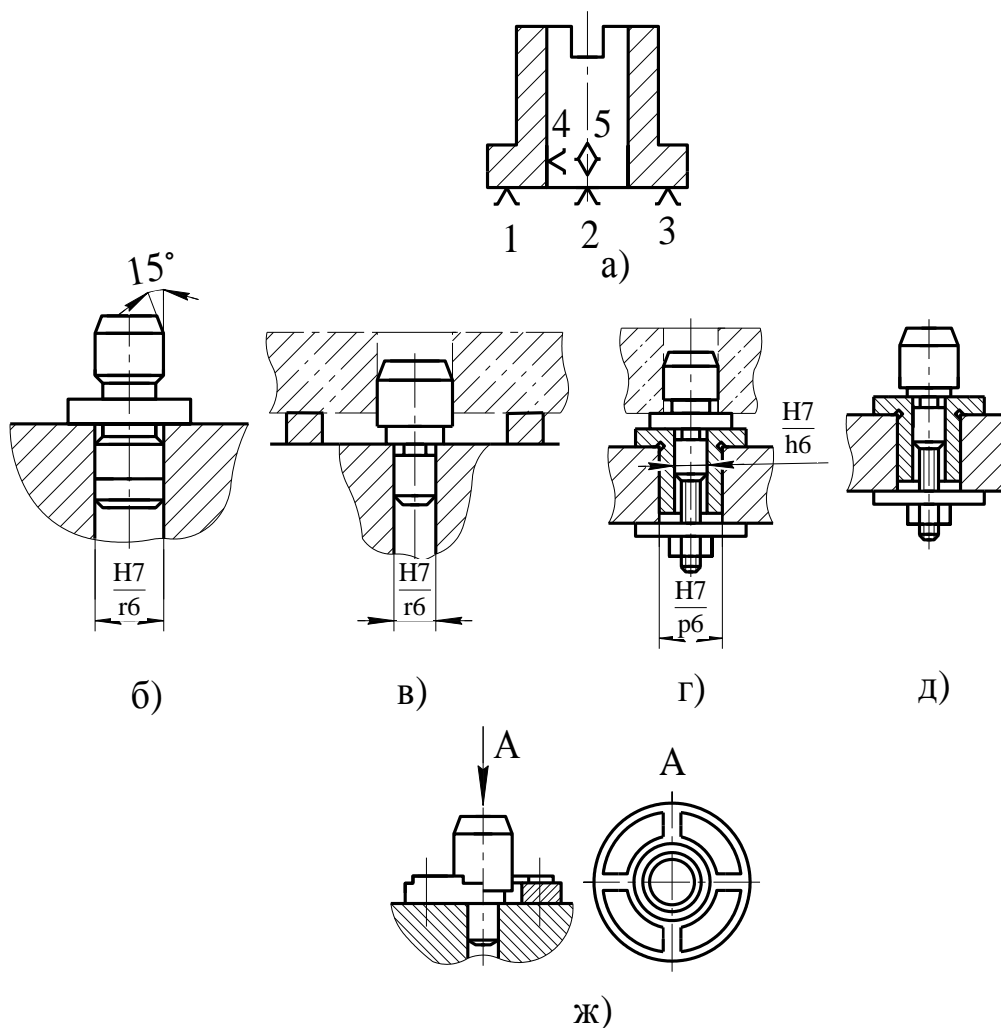


Рис. 2.17. Схема базирования и примеры установочных элементов для ее реализации

2.6. УСТАНОВКА ЗАГОТОВКИ ПО ДВУМ ОТВЕРСТИЯМ И ПЛОСКОСТИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭТОМ УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Такая установка широко очень используется при обработке заготовок типа корпусов, плит, рам и картеров.

Достоинствами такой схемы являются:

- относительно простая конструкция приспособлений;
- возможность обеспечения принципа постоянства баз на различных операциях технологического процесса;
- относительно простая передача и фиксация заготовок на автоматических поточных линиях.

Базирование приспособлений-спутников на позициях автоматических линий также осуществляется по этой схеме.

Один из возможных вариантов схемы базирования заготовок по двум отверстиям и плоскости имеет вид, показанный на рис. 2.18.

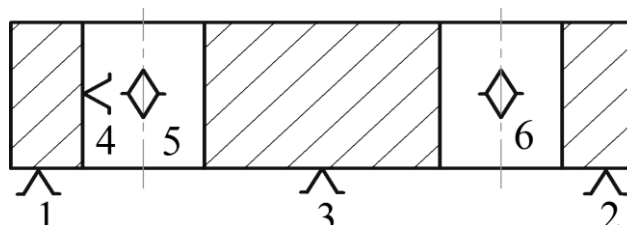


Рис. 2.18. Схема базирования по двум отверстиям и плоскости

Такое распределение опорных точек имеет место, когда длина контакта пальцев с отверстиями меньше диаметров этих отверстий. Кроме перечисленных выше достоинств, есть еще одно — такая установка, лишая заготовку шести степеней свободы, по сравнению с установкой на шесть опорных точек по плоскости обеспечивает большую доступность режущего инструмента к обрабатываемой заготовке практически с пяти сторон. Плоскость и два отверстия, как правило, достаточно точно обработанные базы. Плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций, а отверстия развёртывают, чаще всего, по седьмому качеству. В качестве установочных элементов для плоскости применяют пластины, а для отверстий — неподвижные или выдвижные пальцы.

Конструктивно различают установку на два цилиндрических пальца (их конструкция была рассмотрена ранее) или на один цилиндрический и один срезанный пальцы

При проектировании приспособлений с двумя пальцами (рис. 2.19) необходимо решить задачи по определению:

- номинальных диаметров пальцев: $d_{П1}$ и $d_{П2}$;
- допусков на их изготовление: $\delta_{П1}$ и $\delta_{П2}$;
- допусков на межосевое расстояние пальцев $\delta_{П}$.

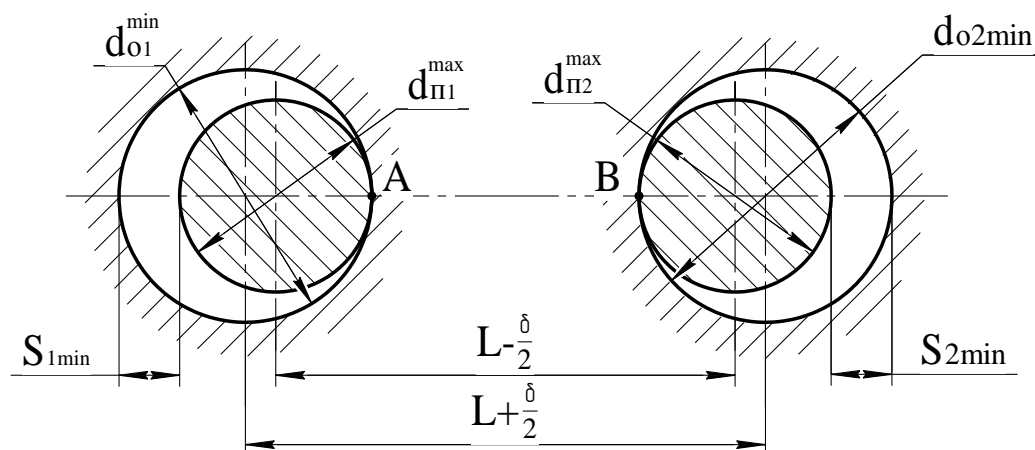


Рис. 2.19. Схема установки заготовки на два цилиндрических пальца

Исходными данными являются:

- номинальные диаметры базовых отверстий d_{01} и d_{02} ;
- их допуски d_{01} и d_{02} ;
- номинальное значение межосевого расстояния отверстий L ;
- допуск на это расстояние δ_0 .

В правильно спроектированном приспособлении должны быть обеспечены:

- возможность установки на два пальца любой заготовки из партии с межцентровым расстоянием и диаметрами отверстий в пределах заданного допуска (годной заготовки);
- требуемая точность получаемых на операции размеров и взаимного положения поверхностей.

Диаметр одного из пальцев обычно задают равным номинальному диаметру базового отверстия, а допуск на него назначают по f6, f7 или e9. Диаметр второго пальца определяют исходя из условия обеспечения собираемости всех заготовок партии с приспособлением.

Для вывода условия собираемости рассмотрим наихудший случай.

Межосевое расстояние отверстий выполнено по наибольшему предельному размеру $L + \frac{\delta_0}{2}$, а пальцев — по наименьшему предельному размеру $L - \frac{\delta_{II}}{2}$.

Зазоры в сопряжениях отверстий с пальцами минимальны: $S_{1\min}$ и $S_{2\min}$.

Отрезок AB можно выразить через предельные значения диаметров пальцев и отверстий и их межосевых расстояний:

$$AB = L - \frac{\delta}{2} - \frac{d_{II1}}{2} - \frac{d_{II2}}{2};$$

$$AB = L + \frac{\delta_0}{2} - \frac{d_{01}}{2} - \frac{d_{02}}{2}.$$

После вычитания из первого выражение второго получается

$$d_{01} - d_{II1} + d_{02} - d_{II2} = \delta_0 + \delta_{II};$$

$$S_{1\min} + S_{2\min} = \delta_0 + \delta_{II}.$$

Это минимально необходимая величина суммы зазоров. В общем случае для обеспечения возможности установки заготовки на два пальца условие запишется так:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_0 + \delta_{II}.$$

Для соблюдения этого условия можно:

- увеличивать (подбирать) зазоры $S_{1\min}$ и $S_{2\min}$, а именно уменьшать диаметры пальцев, так как диаметры отверстий являются исходными данными;

- уменьшать допуск на межосевое расстояние пальцев δ_{II} .

Действуя по первому варианту, поступают следующим образом.

Номинальный диаметр одного из пальцев, например, d_{II1} , обычно задают равным номинальному диаметру базового отверстия, а допуск на него назначают по f6, f7 или e9.

Диаметр второго пальца может быть рассчитан из условия:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq \delta_0 + \delta_{II},$$

если учесть, что

$$S_{2\min} = d_{02}^{\min} - d_{П2}^{\max};$$

$$S_{1\min} + d_{02}^{\min} - d_{П2}^{\max} \geq \delta_0 + \delta_{П}.$$

Отсюда:

$$d_{П2}^{\max} \leq S_{1\min} + d_{02}^{\min} - \delta_0 - \delta_{П}.$$

Если основное отклонение на второй палец назначить по h , а допуск взять по такому же качеству, как и на первый палец, то можно принять:

$$d_{П2} = (S_{1\min} + d_{02}^{\min} - \delta_0 - \delta_{П})_{\delta_{П2}}.$$

Так как обычно допуски на межосевое расстояние значительно больше допусков на диаметры отверстий и пальцев, то для того, чтобы выдержать условие установки заготовок на два пальца, необходимо значительно уменьшать диаметр второго пальца.

Представление о требуемом диаметре второго пальца $d_{П2}$ можно получить из чисто графических построений (рис. 2.20).

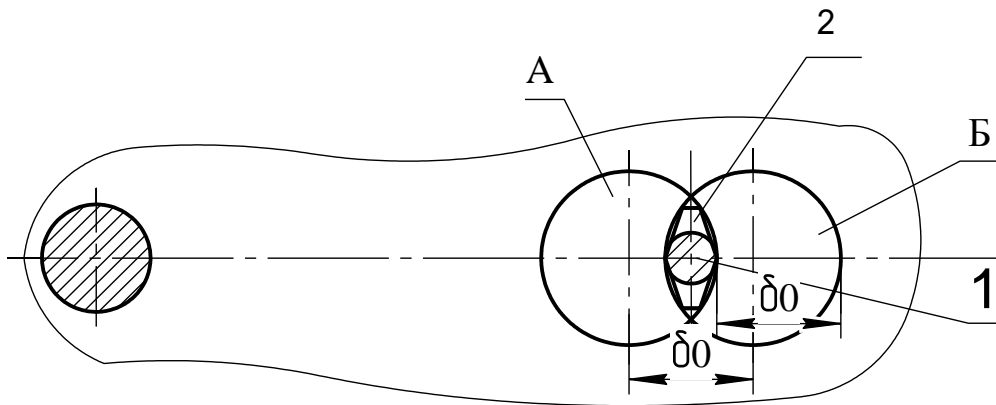


Рис. 2.20. Схема установки заготовок с предельными положениями отверстий

Пусть одно из отверстий, например, левое посажено на палец без зазора и занимает одно и то же положение для всей партии заготовок. Из-за наличия допуска δ_0 на расстояние L правое отверстие занимает два предельных положения А и Б. Очевидно, что область, об-

разованная пересечением двух окружностей А и Б, принадлежит всем заготовкам данной партии. Диаметр $d_{П2}$ должен быть равен $\delta_{02} - \delta_0$.

В этом случае для заготовок с межосевым расстоянием отверстий равным (близким) межосевому расстоянию пальцев возможно покачивание заготовки на угол $\pm\alpha$ (рис. 2.21), а это приводит к снижению точности базирования.

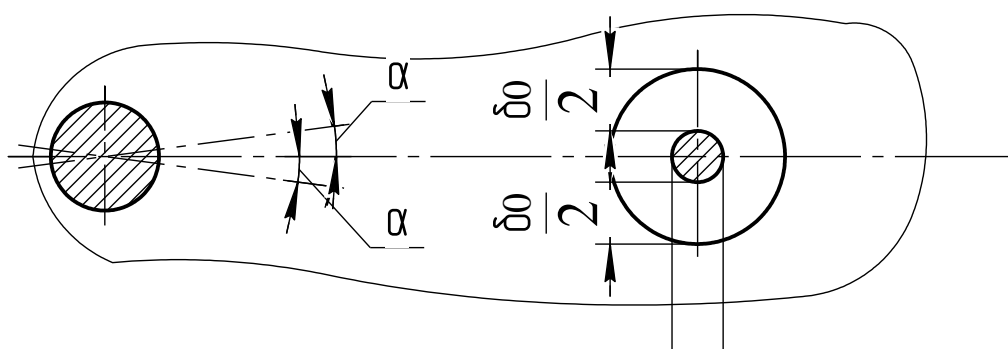


Рис. 2.21. Схема расположения второго отверстия и пальца при равных их межосевых расстояниях

Значительно повысить эту точность при сохранении возможности установки любой заготовки из партии с межосевым расстоянием отверстий в пределах заданного допуска δ_0 удаётся, если второй палец сделать срезанным, с небольшой цилиндрической ленточкой (рис. 2.22).

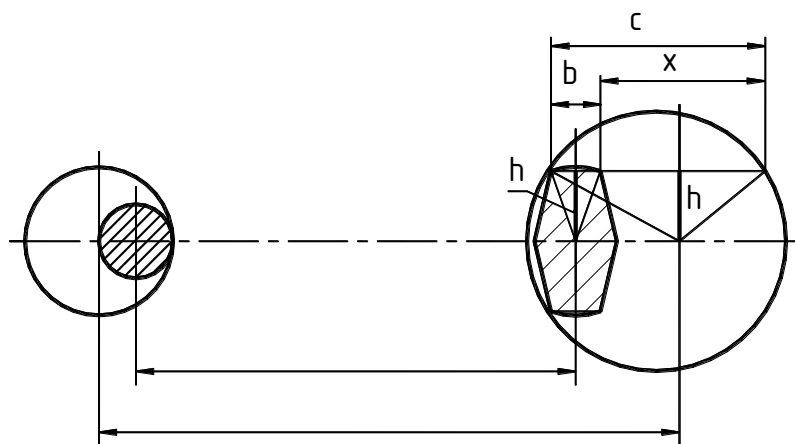


Рис. 2.22. Установка на один цилиндрический и один срезанный пальцы

Срезанный палец увеличивает зазор в направлении общей оси двух отверстий, что видно из схемы на рис. 2.22.

Так, если при цилиндрическом пальце диаметром $d_{П2}$ отверстие может смещаться относительно пальца на величину $\pm \frac{S_{2\min}}{2}$, то при использовании срезанного пальца — на величину $\pm \frac{X}{2}$. Следовательно, в условии установки заготовки на два пальца можно заменить $S_{2\min}$ на X :

$$S_{1\min} + X \geq \delta_{П} + \delta_0.$$

Величина X может быть определена из схемы, представленной на рис. 2.22:

$$h^2 = \frac{d_{02\min}^2}{4} - \frac{C^2}{4};$$

$$h^2 = \frac{d_{П2\max}^2}{4} - \frac{b^2}{4}.$$

Приравняв эти выражения, получим:

$$C = \sqrt{d_{02\min}^2 - d_{П2\max}^2 + b^2};$$

$$C = b + X;$$

$$X = \sqrt{d_{02\min}^2 - d_{П2\max}^2 + b^2} - b;$$

$$S_{1\min} + \sqrt{d_{02\min}^2 - d_{П2\max}^2 + b^2} - b \geq \delta_{П} + \delta_0.$$

Так как все составляющие известны, то из этого выражения можно найти $d_{П2\max}$.

Величина цилиндрического пояска b задана в ГОСТе 12210-66 на срезанные пальцы. Для $d_n \leq 10 \text{ мм}$ $b = 1,5 - 2,0 \text{ мм}$; $30 \text{ мм} > d_n > 10 \text{ мм}$ $b = 3 - 5 \text{ мм}$.

2.7. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК ПО ЦЕНТРОВЫМ ОТВЕРСТИЯМ

Заготовки типа валов и некоторые другие часто базируются на конические поверхности специально выполненных центровых отвер-

стей или фасок. На токарных станках это базирование осуществляется с помощью установочных элементов в виде жестких и вращающихся центров. Конструкции жестких центров представлены на рис. 2.23.

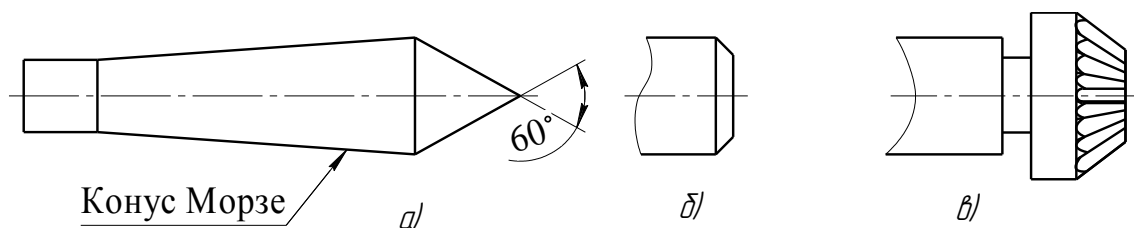


Рис. 2.23. Жесткие центры

Передний центр (рис. 2.23, а) устанавливается в коническое отверстие шпинделя и вращается синхронно с заготовкой. Конструкция жёстких центров стандартизована по ГОСТ13214-67. Срезанные центры (рис. 2.23, б) используются для установки заготовок по коническим фаскам. Поводковый центр (рис. 2.23, в) обеспечивает передачу крутящего момента за счёт внедрения рифлений в поверхности конической фаски. Он обеспечивает передачу момента, необходимого для чистовых операций, но повреждает поверхность центрального отверстия заготовки.

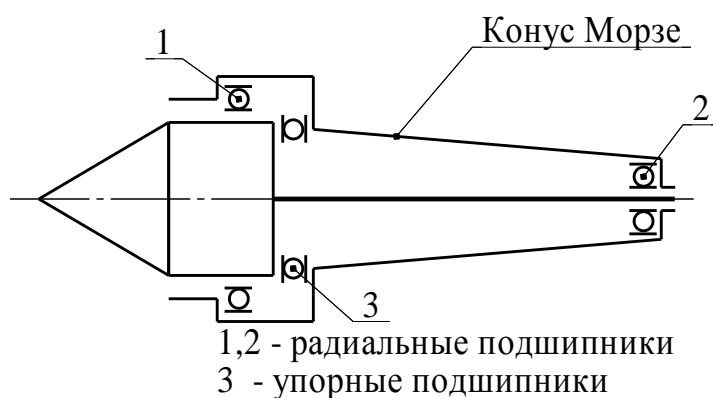


Рис. 2.24. Вращающийся центр

Задний центр устанавливается в пиноль задней бабки и может быть жёстким и вращающимся. Жёсткие центры неподвижны в про-

цессе обработки заготовки и работают как подшипники скольжения. При этом происходит нагрев и быстрый износ. Одновременно изнашиваются и центровые отверстия в заготовке, что вызывает определённые погрешности обработки. Особенно это сказывается на больших скоростях. Поэтому в современных быстроходных токарных станках в задней бабке устанавливают вращающийся центр по ГОСТ8742-75. Вращающийся центр устанавливается в трёх подшипниках качения (рис. 2.24).

При установке заготовки на рассмотренные центры появляется погрешность базирования для осевых размеров, заданных от ее торца. Поэтому при необходимости точной ориентации заготовки в осевом направлении в шпиндель станка устанавливают плавающий центр (рис. 2.25). При поджатии заготовки задним центром плавающий центр 1 утапливается, сжимая пружину 2, пока заготовка не упрётся в торец центра. Независимо от глубины центрового отверстия левые торцы всех заготовок займут одинаковое положение. Необходим расчёт пружины, чтобы сила резания не сдвинула влево подвижную часть 1 плавающего центра.

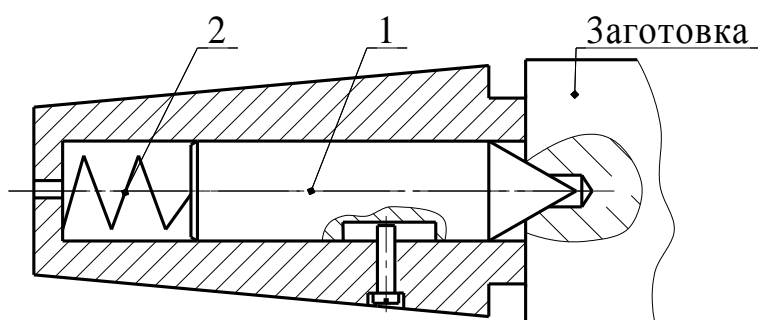


Рис. 2.25. Схема плавающего центр

3. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. НАЗНАЧЕНИЕ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Основное назначение зажимных механизмов приспособлений заключается в обеспечении надёжного контакта заготовки с установочными элементами и предупреждении её смещения и вибрации в процессе обработки. Зажимные механизмы используются также для обеспечения правильной установки и центрирования заготовки. В этом случае они выполняют функцию установочно-зажимных механизмов. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и так далее, которые рассмотрены ниже. Необходимость применения зажимных механизмов отпадает, если:

- обрабатывается тяжёлая заготовка, сила тяжести которой значительно больше сил резания ($P_{рез} < 10 \% G$);

- силы, возникающие при обработке, приложены так, что они прижимают заготовку к установочным элементам, и нет опасности возникновения вибраций, или же возможные вибрации не являются опасными с точки зрения точности обработки и прочности режущего инструмента.

Пример обработки без закрепления заготовки показан на рис. 3.1.

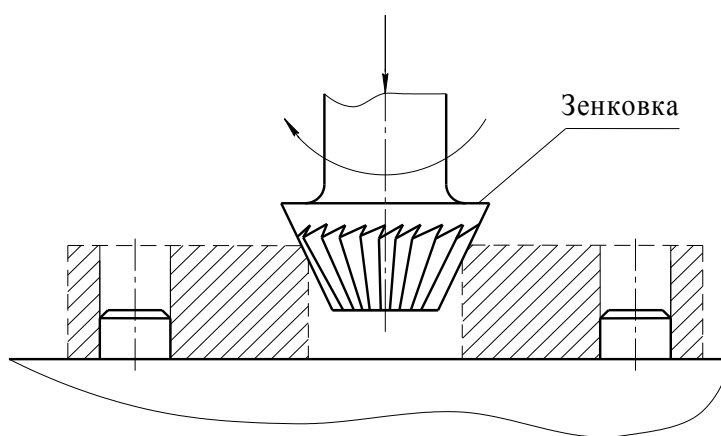


Рис. 3.1. Пример обработки без закрепления заготовки

3.2. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ НА ЗАГОТОВКУ В ПРОЦЕССЕ ЕЁ ОБРАБОТКИ

При обработке на заготовку действуют:

- силы резания;
- объёмные силы;
- силы второстепенного и случайного характера.

Силы резания переменны по величине, направлению и месту приложения.

По величине они изменяются при врезании, выходе инструмента из обрабатываемого материала, из-за непостоянства припуска и механических свойств материала. При затуплении инструмента силы резания возрастают на 10–30 %. При некоторых видах обработки (строгании, долблении) силы резания являются силами ударного действия.

Известен, например, эффект возрастания крутящего момента при выходе сверла из отверстия (рис. 3.2).

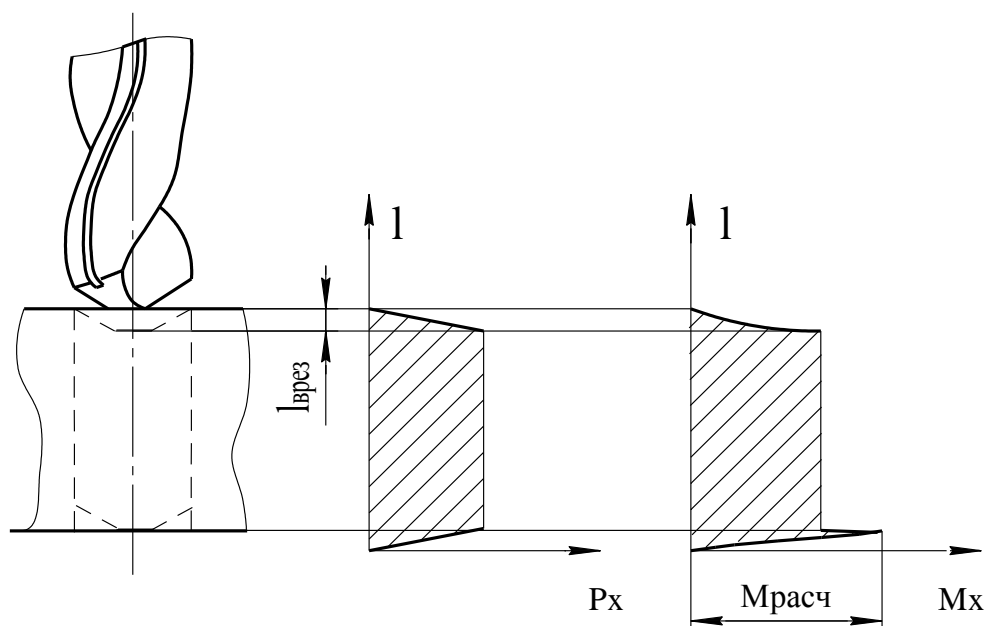


Рис. 3.2. Эпюры силы резания и крутящего момента

Силы резания рассчитывают по формулам теории резания или выбирают по нормативам.

В расчеты по определению сил зажима вводится коэффициент запаса K . Он учитывает неоднородность обрабатываемых заготовок, затупление режущего инструмента и связанное с ним увеличение сил резания, а также непостоянство условий установки и закрепления заготовок. Применение в расчетах среднего значения K неправильно. При малых значениях K надежность зажимных устройств недостаточна. При больших значениях K получают преувеличенные силы зажима, что влечет за собой увеличение размеров зажимных устройств.

В зависимости от конкретных условий построения технологической операции значение K следует выбирать дифференцированно. Величину K можно представить как произведение первичных коэффициентов ($K_0, K_1, K_2, \dots, K_6$), отражающих конкретные условия обработки и закрепления заготовки. Коэффициент K_0 , представляющий собой гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев рекомендуется брать равным 1,5. Коэффициент K_1 учитывает наличие случайных неровностей на черновых заготовках, что влечет за собой увеличение сил резания. При черновой обработке $K_1 = 1,2$; при чистой и отделочной $K_1 = 1,0$. Коэффициент K_2 учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента. Значения K_2 приведены в табл. 3.1. Коэффициент K_3 учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании. При точении и торцовом фрезеровании K_3 достигает значения 1,2. Коэффициент K_4 характеризует зажимное устройство с точки зрения постоянства развиваемых им сил. При ручном зажимном устройстве силы зажима непостоянны.

На основе обработки опытных данных установлено, что для ручных зажимов можно принимать $K_4 = 1,3$. При наличии пневматических, гидравлических, пневмогидравлических и других зажимных устройств прямого действия $K_4 = 1,0$. Если допуск на размер заготовки влияет на силу зажима, что имеет место при использовании пнев-

мокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и других устройств, $K_4 = 1,2$.

Таблица 3.1

Значение коэффициента K_2

Метод обработки	Компоненты сил резания	Коэффициент K_2	Примечание
Сверление	Крутящий момент	1,5	Для чугуна
	Осевая сила	1,0	
Предварительное (по корке) зенкование	Крутящий момент	1,3	Для чугуна при износе по задней поверхности 1,5 мм
	Осевая сила	1,2	
Чистовое зенкование	Крутящий момент	1,2	Для чугуна при износе по задней поверхности 0,7–0,8 мм
	Осевая сила	1,2	
Предварительные точение и растачивание	P_z P_y P_x	1,0	Для стали
		1,0	Для чугуна
		1,4	Для стали
		1,2	Для чугуна
		1,6	Для стали
		1,25	Для чугуна
Чистовое точение и растачивание	P_z P_y P_x	1,0	Для стали
		1,05	Для чугуна
		1,05	Для стали
		1,40	Для чугуна
		1,00	Для стали
		1,30	Для чугуна
Цилиндрическое предварительное и чистовое фрезерование	Окружная сила	1,6-1,8	Для вязких сталей
		1,2-1,4	Для твердых сталей и чугуна

Окончание табл. 3.1

Торцевое предва- рительное и чи- стовое фрезеро- вание	Тангенциальная сила	1,6-1,8 1,2-1,4	То же
Шлифование	Окружная сила	1,15-1,20	-
Протягивание	Сила протягива- ния	1,5	При износе по задней поверх- ности до 0,5 мм

Коэффициент K_5 характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном положении рукоятки и малом диапазоне угла ее поворота $K_5 = 1,0$. При большом диапазоне угла поворота рукоятки (более 90°) $K_5 = 1,2$.

Коэффициент K_6 учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, $K_6 = 1,0$. Если заготовка установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта, K_6 принимается в пределах до 1,5. В этом случае макронеровности на базе заготовки создают неопределенное положение мест контакта относительно центра поворота заготовки. Выбирая значения коэффициентов K_1, K_2, \dots, K_6 соответственно условиям выполнения операции, можно получить величину K для каждого конкретного случая обработки.

Пример. Определить коэффициент запаса для операции торцового фрезерования черновой заготовки, закрепленной в приспособлении с ручным зажимом. Положение зажимного устройства недостаточно удобно. Заготовка установлена на планки, а сила резания создает момент, стремящийся сдвинуть ее от опор.

Решение. По характеру выполняемой операции принимаем следующие значения первичных коэффициентов: $K_0 = 1,5$; $K_1 = 1,2$;

$K_2 = 1,8$ (см. табл. 3.1); $K_3 = 1,0$; $K_4 = 1,3$; $K_5 = 1,2$; $K_6 = 1,5$. Общий коэффициент запаса $K = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6 = 7,5$.

При чистовом растачивании заготовки, закрепленной в кулачках пневматического патрона, все первичные коэффициенты равны единице. В этом случае коэффициент запаса имеет минимальное значение $K = 1,5$.

Объёмные силы — это сила тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы, возникающие при определённых условиях обработки.

Сила тяжести заготовки учитывается, когда она больше 10 % силы резания.

Центробежные силы возникают при смещении центра тяжести заготовки от оси её вращения при обработке. Величина этих сил иногда сопоставима с силами резания. Инерционные силы возникают и имеют существенное значение, когда заготовка движется возвратно-поступательно (продольное строгание, плоское шлифование) или при быстром изменении скорости движения (тормоз на скоростных станках токарной группы).

Центробежные и инерционные силы рассчитываются по известным формулам теоретической механики.

К силам второстепенного и случайного характера можно отнести силы, возникающие при отводе рабочего инструмента; силы трения при выводе сверла из просверленного отверстия, силы трения в центрах и так далее. Обычно эти силы невелики и в большинстве случаев во внимание не принимаются.

3.3. ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗАЖИМНЫМ МЕХАНИЗМАМ

При зажиме не должно нарушаться положение заготовки, достигнутое базированием. В целом к зажимным механизмам предъявляются следующие требования.

1. Зажим не должен вызывать деформаций закрепляемых заготовок. Для этого силы зажима должны быть минимально необходимыми.

2. Зажим и открепление должны производиться с минимальной затратой сил и времени рабочего. При использовании ручных зажимов усилие руки не должно превышать 150 Н.

3. Силы резания не должны, по возможности, восприниматься зажимным механизмом. Они должны восприниматься более жёсткими установочными элементами приспособления.

4. Зажимной механизм должен быть простым по конструкции, максимально удобным и безопасным в работе.

Выполнение большинства из этих требований связано с правильным определением величины, направления и места приложения сил зажима.

3.4. МЕТОДИКА РАСЧЁТА СИЛ ЗАЖИМА

Расчёт сил зажима с достаточной для практики точностью, может быть сведён к решению задач статики на равновесие твёрдого тела под действием приложенных к нему внешних сил.

На заготовку с одной стороны действуют сила тяжести и силы, возникающие в процессе обработки, с другой — искомые силы зажима и реакции опор. Под действием этих сил заготовка должна сохранить равновесие. При расчётах следует ориентироваться на такое возможное соотношение сил, при котором необходимые силы зажима получаются наибольшими.

Исходными данными для расчёта сил зажима являются:

- схема базирования;
- величина, направление и место приложения сил, возникающих в процессе обработки.

Прежде чем приступить к расчёту требуемой величины силы зажима, необходимо разработать схему закрепления заготовки, то есть определить направление и точку приложения сил зажима.

При выборе направления сил зажима необходимо руководствоваться следующими соображениями.

1. Силы зажима должны быть по возможности направлены перпендикулярно поверхности установочных элементов.

2. При базировании по нескольким базам силы зажима должны быть направлены на тот установочный элемент, с которым заготовка имеет наибольшую площадь контакта.

3. Направление сил зажима желательно совместить с направлением силы тяжести и силы резания.

На практике редко можно удовлетворить всем этим требованиям. В этих случаях необходимо искать оптимальные решения. Так, например, при обработке лёгких заготовок в первую очередь следует учитывать силы резания, а при обработке тяжёлых заготовок — их вес.

На выбор направления сил зажима может оказать существенное влияние возможность, а иногда и необходимость применения упоров в схеме закрепления.

Упоры применяют, как правило, в следующих случаях.

1. В процессе обработки на заготовку действуют большие силы сдвига P , параллельные поверхности установочных элементов (рис. 3.3).

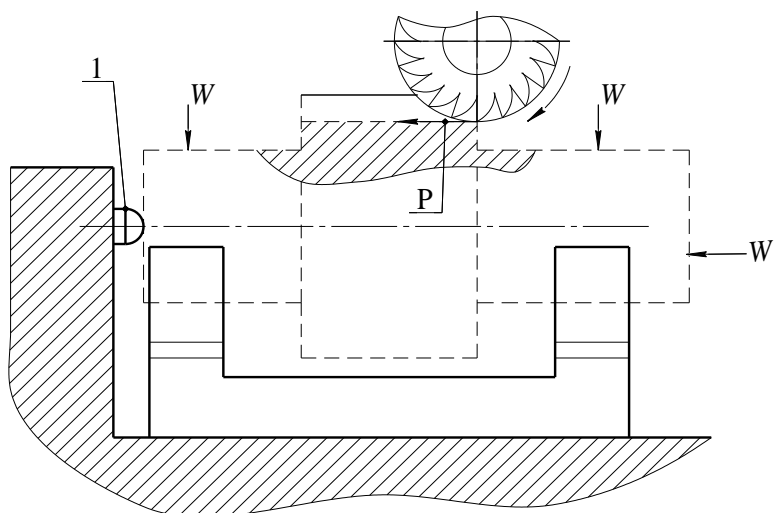


Рис. 3.3. Пример возможности использования упоров

В этом случае необходимо прикладывать большие силы зажима W . Применяв упор 1, который для базирования не нужен, можно существенно уменьшить силу зажима W или заменить её на W^1 .

2. Обработка возможна только с применением упора, так как в противном случае у заготовки нет поверхности, способной воспринимать силу зажима (рис. 3.4). Без упора 1 единственное возможное направление силы зажима W не может быть осуществлено, так как вся верхняя плоскость должна быть обработана. Применение упора 1 позволяет выбрать направление силы зажима W^1 и надёжно закрепить заготовку.

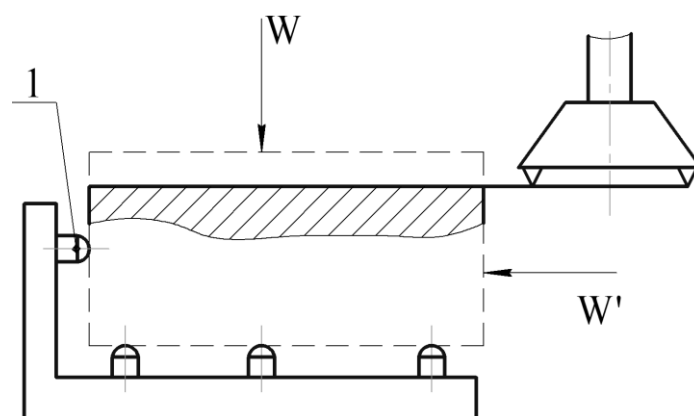


Рис. 3.4. Пример необходимости использования упоров

Место приложения сил зажима (рис. 3.5, 3.6) выбирается с учётом следующих соображений.

1. Силы зажима не должны опрокидывать или сдвигать заготовку по установочным элементам. Для этого необходимо, чтобы точка приложения силы зажима:

а) проектировалась на установочный элемент по возможности ближе к его центру (если он один) или в многоугольник, образованный линиями, соединяющими установочные элементы;

б) лежала на поверхности заготовки, параллельной поверхности установочных элементов, воспринимающих силу зажима.

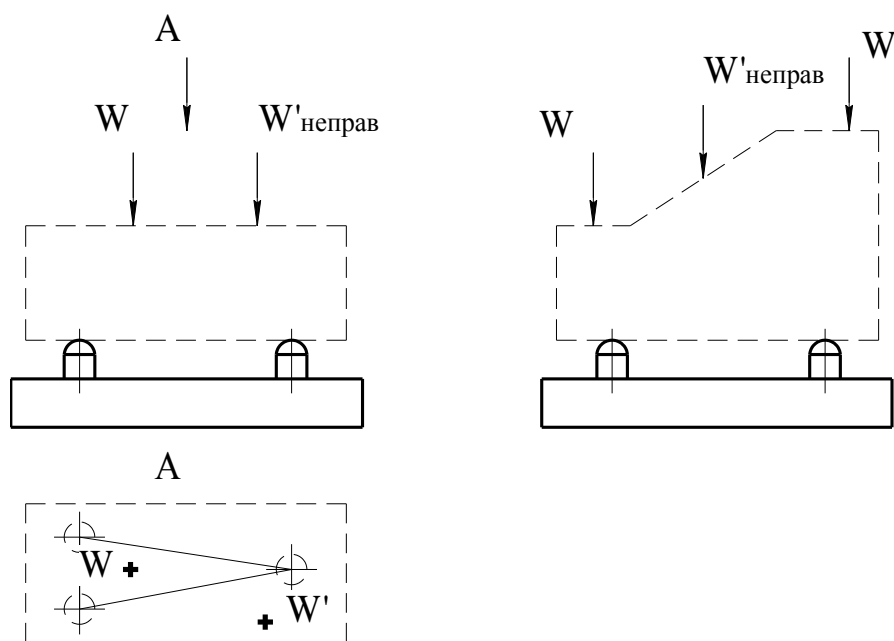


Рис. 3.5. Выбор места приложения сил зажима.

Случай 1

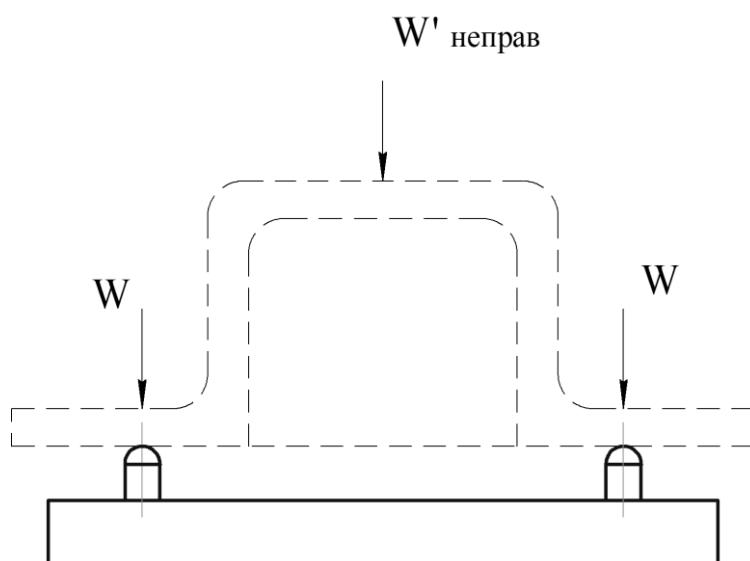


Рис. 3.6. Выбор места приложения сил зажима.

Случай 2

2. Силы зажима с реакциями опор не должны создавать изгибающего момента, действующего на заготовку.

3. Точка приложения силы зажима должна быть расположена как можно ближе к месту обработки. Особенно это важно для нежестких заготовок.

3.5. РАСЧЁТ СИЛ ЗАЖИМА

Требуемые силы зажима определяются из системы шести уравнений — условия равновесия пространственной системы сил в аналитической форме:

$$\sum F_{ix} = 0; \sum F_{iy} = 0; \sum F_{iz} = 0;$$
$$\sum M_x(F_i) = 0; \sum M_y(F_i) = 0; \sum M_z(F_i) = 0.$$

Для равновесия произвольной системы сил, приложенных к твёрдому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций всех сил на оси декартовых координат равнялись нулю, и три суммы моментов всех сил относительно трёх осей координат также равнялись нулю.

Для плоской системы сил существует три различные формы условий равновесия.

Первая форма.

Для плоской системы сил, действующих на твёрдое тело, необходимо и достаточно, чтобы суммы проекций сил на каждую из двух взаимно перпендикулярных осей координат, лежащих в плоскости действия сил, равнялись нулю, и сумма алгебраических моментов относительно любой точки (в плоскости) равнялась нулю:

$$\sum F_{ix} = 0; \sum F_{iy} = 0; \sum M_0(F_i) = 0.$$

Вторая форма.

Для равновесия плоской системы сил, приложенных к плоскому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы алгебраических моментов сил системы относительно трёх любых точек (А, В и С), расположенных в плоскости действия сил и не лежащих на одной прямой, равнялись нулю:

$$\sum M_A(F_i) = 0; \sum M_B(F_i) = 0; \sum M_C(F_i) = 0.$$

Третья форма.

Для равновесия плоской системы сил, приложенных к твёрдому телу, необходимо и достаточно, чтобы суммы алгебраических моментов сил относительно двух любых точек, лежащих в плоскости дей-

ствия сил, равнялись нулю, и алгебраическая сумма проекций этих сил на какую-либо ось плоскости, не перпендикулярную прямой, проходящей через две моментные точки, также равнялась нулю:

$$\sum M_A(F_i) = 0; \sum M_B(F_i) = 0; \sum F_{ix} = 0.$$

Это три независимых условия равновесия, каждое из которых не является следствием двух других. Для любой плоской системы сил, приложенных к твёрдому телу, в статически определимой задаче число неизвестных не должно быть больше трёх, а для плоских систем параллельных и сходящихся сил — не больше двух.

3.6. РАСЧЁТ СИЛ ЗАЖИМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ УСТАНОВКИ

Наиболее часто встречаются следующие варианты расположения силы зажима W и силы обработки, например, силы резания, P .

1. Сила зажима и сила резания прижимают заготовку к установочным элементам приспособления (рис. 3.7).

При силе резания $P = const$ теоретически сила зажима может быть равна нулю.

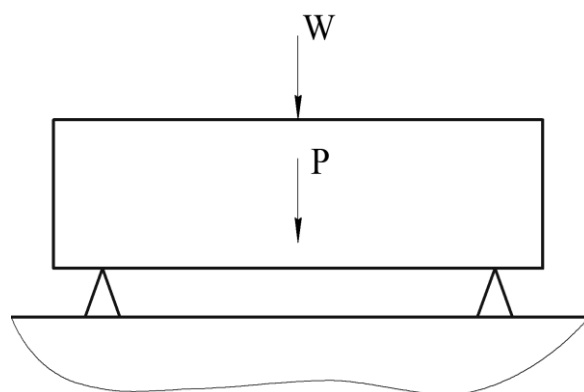


Рис. 3.7. Схема установки для расчета силы зажима. Вариант 1

Но в реальности часто возникают второстепенные сдвигающие силы, или силы инерции N , например, при обработке на продольно строгальном станке. Если они направлены против зажимного механизма, то $W = K \cdot N$, где K — коэффициент запаса. При непостоянной

силе резания P (например, при фрезеровании) сила зажима W должна выбирать зазоры в системе и увеличивать её жёсткость для устранения возможности появления вибраций.

Обычно в таких случаях принимают $K = 1,5 - 2,5$: 1,5 — черновая обработка; 2,5 — чистовая обработка.

2. Сила резания стремится сдвинуть заготовку по установочным элементам, при этом влияние силы тяжести заготовки и инерционные силы не учитываются (рис. 3.8). Смещению заготовки противодействует сила трения, возникающая в местах контакта заготовки с установочными элементами и зажимным механизмом.

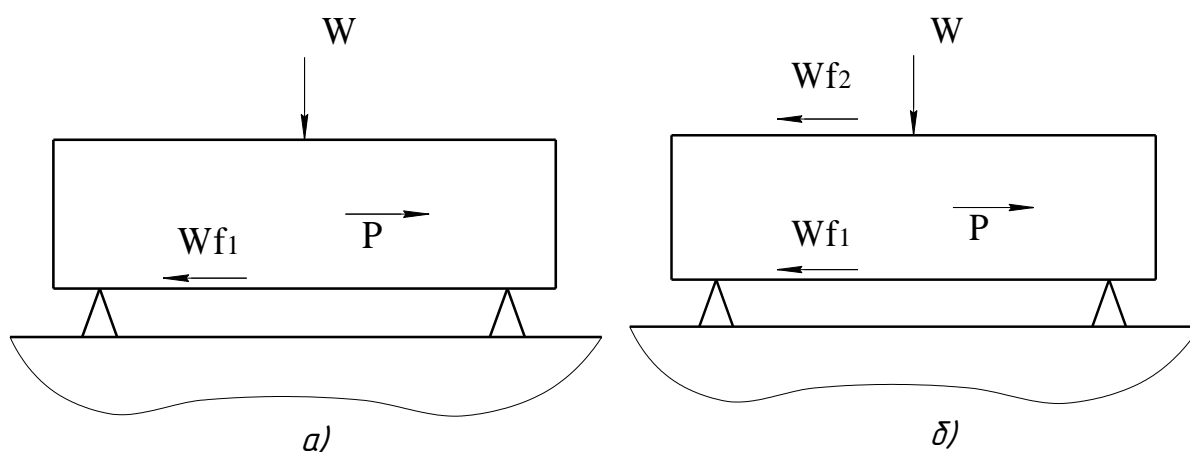


Рис. 3.8. Схема установки для расчета силы зажима. Вариант 2

Эта расчётная схема характерна для тех случаев обработки, когда подача инструмента меняется в разных направлениях (маятниковое фрезерование, фрезерование замкнутых контуров и т. д.). Она также применяется для случая установки на два отверстия и плоскость. Из условий точности обработки (а иногда и возможности обработки) силы резания должны восприниматься только силой трения, то есть пальцы должны быть полностью разгружены. Это необходимо также из условий предохранения базового отверстия от смятия ленточки ромбического (срезанного) пальца.

Вид уравнения равновесия заготовки под действием приложенных к ней сил зависит жесткости зажимного механизма в направле-

нии действия силы резания. При его невысокой жесткости, заготовка уравнивается только силой трения, возникающей в контакте между заготовкой и установочными элементами. Поэтому уравнение равновесия имеет вид:

$$K \cdot P - W \cdot f_1 = 0,$$

где f_1 — коэффициент трения между заготовкой и установочными элементами.

Отсюда требуемая сила зажима определяется из выражения:

$$W = \frac{K \cdot P}{f_1}.$$

При высокой жесткости зажимного механизма в направлении действия силы резания возникает дополнительная сила трения в контакте заготовки и прижимного элемента. Поэтому уравнение равновесия примет вид:

$$K \cdot P - W \cdot f_1 - W \cdot f_2 = 0,$$

где f_2 — коэффициент трения между заготовкой и прижимным элементом.

При этом требуемая сила зажима определяется из выражения:

$$W = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}.$$

3. Заготовка закрепляется в приспособлении горизонтально приложенной силой зажима W (рис. 3.9).

Здесь также не учитываются сила тяжести и инерционные силы. При рассмотрении этой схемы найти силу зажима W методами статики невозможно. Это связано с тем, что неизвестных величин при этой схеме нагружения четыре: сила зажима W и три реакции опор, то есть задача статически неопределима, так как для плоской задачи можно составить только три независимых уравнения равновесия. Поэтому на практике упрощают рассматриваемую задачу.

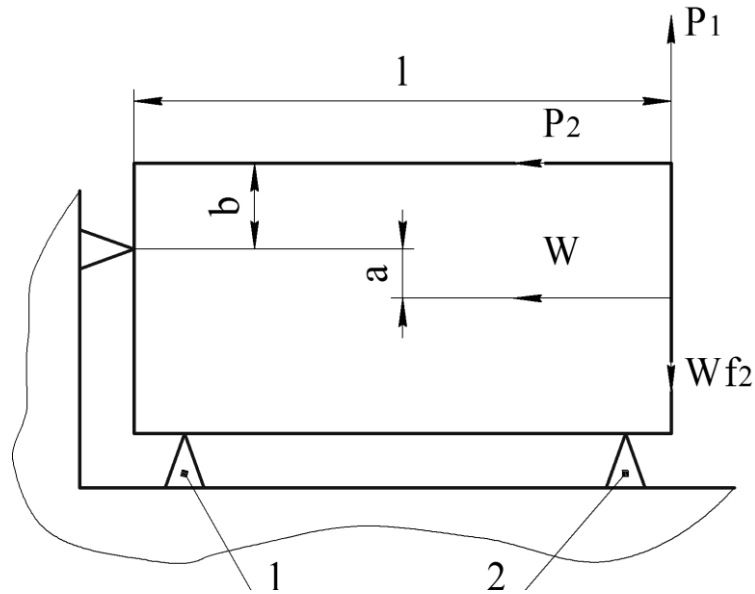


Рис. 3.9. Схема установки для расчета силы зажима

Если приложить силу зажима W такой величины, чтобы сумма моментов сил, связанных с P_1 , P_2 и W , относительно точки опрокидывания равнялась нулю, то реакции двух нижних опор тоже могут быть равны нулю (при меньшем значении W эти реакции всё равно равны нулю). При приложении большей силы зажима W появятся реакции этих опор, но это значит, что силы P_1 и P_2 не отрывают заготовку от установочных элементов, что и требуется при расчете. Для определения силы зажима W из условия равенства нулю суммы моментов относительно точки опрокидывания используется коэффициент запаса:

$$W \cdot a - W \cdot f_2 \cdot l - K \cdot P_1 \cdot l - K \cdot P_1 \cdot b = 0.$$

Отсюда:

$$W = \frac{K \cdot (P_1 \cdot l + P_2 \cdot b)}{a + f_2 \cdot l}.$$

Примечание. В данном случае имеется в виду сила зажима второго рода (пневмоцилиндр и т. п.). Иначе сила трения не была бы равна Wf .

Сдвиг в направлении действия силы P_1 предотвращается силами трения между заготовкой, установочными элементами и зажимным механизмом. Требуемая сила зажима $W_{сдв}$ для создания этих сил может быть определена как в варианте 2. Большее значение силы W принимается за силу зажима и учитывается в дальнейшем.

Если опора не является точечной, а имеет значительную площадь контакта с заготовкой, то её реакцию необходимо представлять в виде распределённой силы, которая равна удельному давлению.

Замечание. При расчете коэффициент трения принимается независимым от удельного давления (то есть сила трения независима от площади контакта). Сказанное выше относится только к моментам трения.

В общем виде момент трения может быть представлен в виде:

$$M_{тр} = f \cdot \iint \rho \cdot q(x, y) \cdot dx \cdot dy,$$

где f — коэффициент трения, функция $q(x, y) = q$ выражает зависимость удельного давления от координат x и y (если $q = const$, то его можно вынести за знаки интеграла), ρ — расстояние от элементарной площадки $dx \cdot dy$ до полюса трения (рис. 3.10).

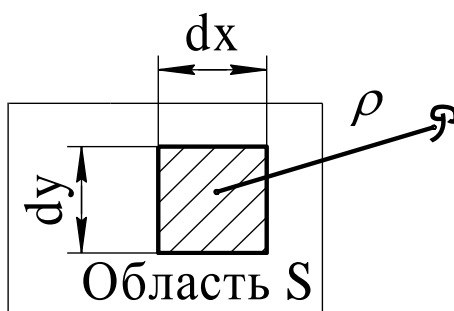


Рис. 3.10. Элементарная площадка и полюс трения

Ниже приведен пример определения момента трения, возникающего в контакте заготовка — плоскость при сверлении отверстия. Здесь полюс трения находится в центре кольца (рис. 3.11).

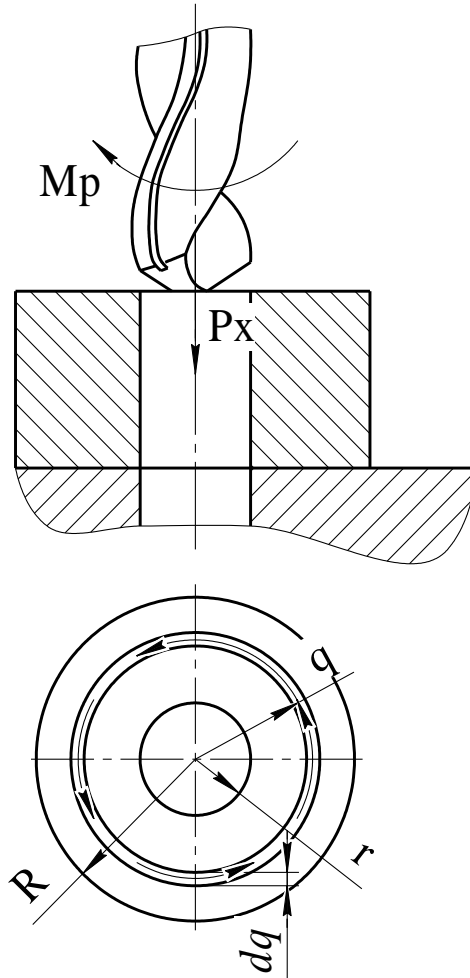


Рис. 3.11. Определение момента трения при сверлении

Принимаем $q = P_x / S = const$. Элементарную площадку можно представить в виде $2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot d\rho$. Поскольку только одна координата переменная, то:

$$\begin{aligned} M_{mp} &= f \cdot \int_r^R \rho \cdot (P_x / S) \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot d\rho = (2 \cdot \pi \cdot P_x / S) \cdot f \cdot \int_r^R \rho^2 \cdot d\rho = \\ &= (2 \cdot \pi \cdot \frac{P_x \cdot f}{S}) \cdot \frac{\rho^3}{3} \Big|_r^R = P_x \cdot f \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}, \end{aligned}$$

где $S = \pi \cdot (R^2 - r^2)$.

Величина $\frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$ носит название приведённого радиуса трения. Смысл этого выражения заключается в том, что если представить условную силу трения $F = f(P_x)$ сосредоточенной в одной точке, то её

нужно приложить на плече, равном приведённому радиусу трения, чтобы она давала тот же момент, что и распределённые по всей площади соприкосновения элементарные силы трения.

3.7. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Классификация зажимных механизмов приводится на рис. 3.12.

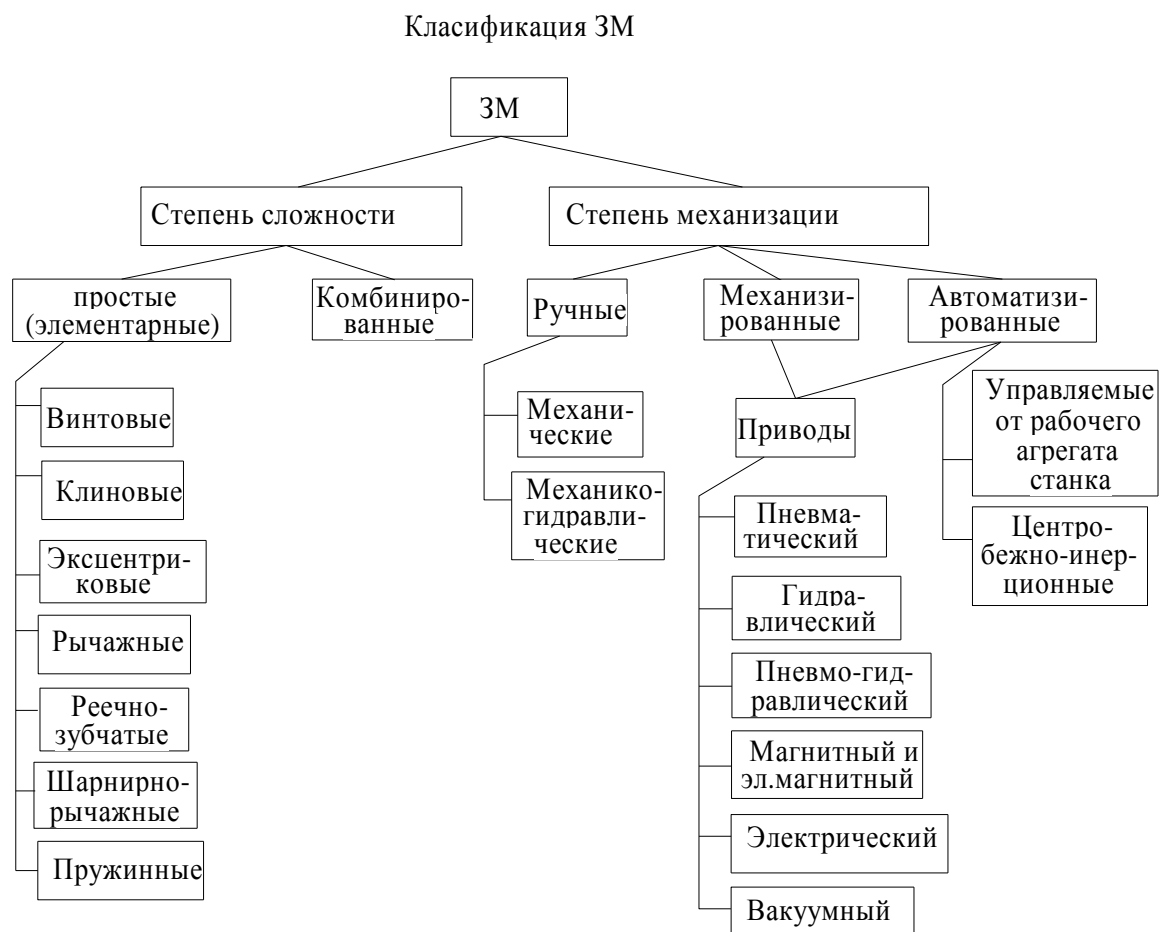


Рис. 3.12. Классификация зажимных механизмов

Ручные зажимные механизмы требуют применения мускульной силы. Они утомляют рабочего. Их применяют в единичном и мелко-серийном производствах. Механизированные зажимные механизмы работают от силового привода, в связи с этим их нередко называют механизмами-усилителями. Но управляются они человеком. Их применяют в серийном и массовом производствах.

Автоматизированные зажимные механизмы осуществляют зажим без участия рабочего. Их применяют в крупносерийном и массовом производствах.

На крупносерийное и массовое производства приходится приблизительно 20 % объёма продукции машиностроения; на единичное — не более 20 %, на мелкосерийное и серийное производства приходится остальное.

При конструировании приспособления по найденному требуемому значению силы зажима необходимо определить исходную силу (момент) на рукоятке или силовом узле привода приспособления. Затем по значению исходной силы рассчитываются конструктивные параметры зажимного механизма.

3.7.1. Винтовые механизмы

Винтовые механизмы наиболее широко используются в приспособлениях с ручным зажимом заготовок. Но применяются они и в приспособлениях с механизированным приводом, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников.

Достоинством винтовых механизмов является их простота и надёжность, а также свойство самоторможения (то есть способность удерживать за счёт сил трения заготовку в зажатом состоянии после снятия исходной силы).

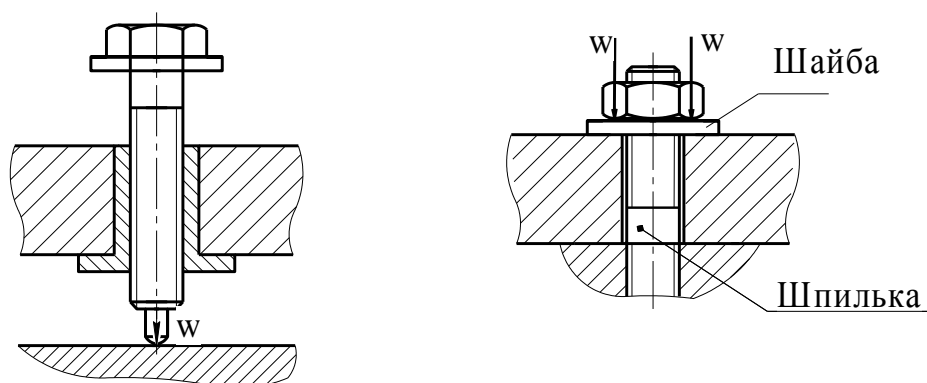


Рис. 3.13. Винтовой механизм

Зажим с помощью винтового механизма осуществляется либо винтом при неподвижной винтовой втулке, либо гайкой при неподвижной шпильке (рис. 3.13).

Сила Q на рукоятке, необходимая для создания силы зажима W , определяется из следующей расчётной схемы. Из-за наличия силы трения реакция витка R отклонена от нормали на угол ρ — угол трения. Силу R можно разложить на две составляющие — W и Q_1' (рис. 3.14), где Q_1 — сила, приложенная к гайке на среднем радиусе резьбы r_{cp} (рис. 3.15).

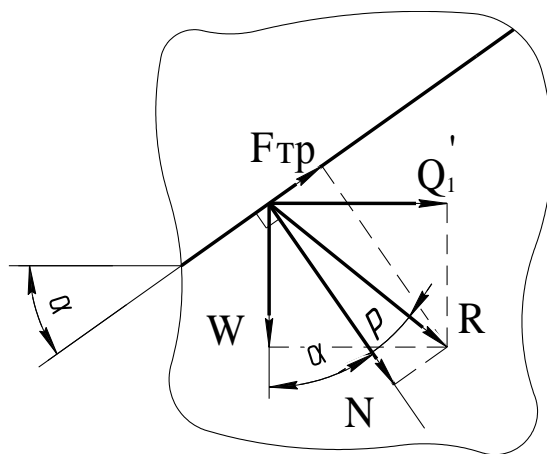


Рис. 3.14. Развертка витка резьбы

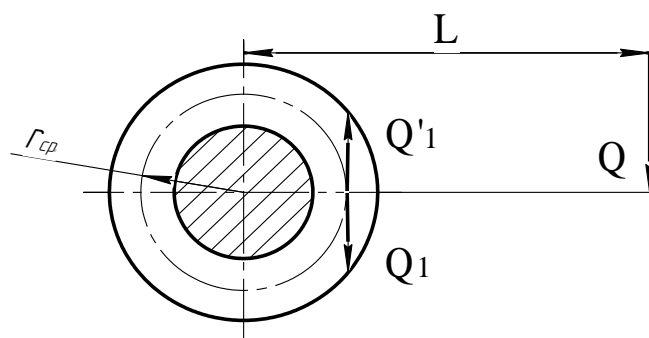


Рис. 3.15. Схема сил, приложенных к гайке

Требуемая сила Q_1 определяется из соответствующего треугольника:

$$Q_1 = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho),$$

где α — угол подъёма резьбы.

Этой силой создаётся момент на гайке, равный $Q_1 \cdot r_{cp}$. Такой же момент можно создать и меньшей силой, если увеличить плечо приложения силы с r_{cp} до L . Тогда:

$$Q_1 \cdot r_{cp} = Q \cdot L;$$

$$Q_1 = \frac{Q \cdot L}{r_{cp}};$$

$$\frac{Q \cdot L}{r_{cp}} = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$

Из последнего выражения можно определить требуемую силу на рукоятке (рис. 3.15):

$$Q = W \cdot \frac{L}{r_{cp}} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho).$$

Но приведённая формула не учитывает потери на трение в контакте винта (гайки) с заготовкой. Поэтому момент, который необходимо развивать на рукоятке для получения требуемой силы зажима W :

$$Q \cdot L = W \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{тр}.$$

Величина $M_{тр}$ зависит от конструкции пяты зажимных винтов.

Применяются пяты следующих конструкций (рис. 3.16).

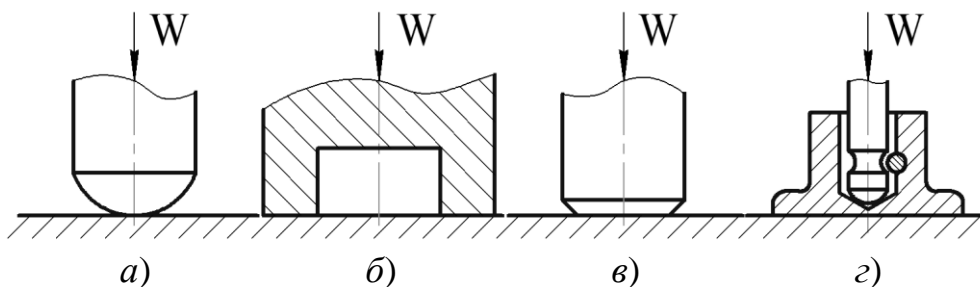


Рис. 3.16. Виды пят:

- а) со сферической головкой; б) с кольцевой пятой;
в) с плоской пятой; з) с башмаком

Для винтов со сферической головкой (рис. 3.16, а) $M_{mp} = 0$, так как винт контактирует с заготовкой в точке.

Для винтов с пятой (рис. 3.17), а также для зажима гайкой нагрузку на площадку S контакта предполагаем равномерно распределённой с удельным давлением q .

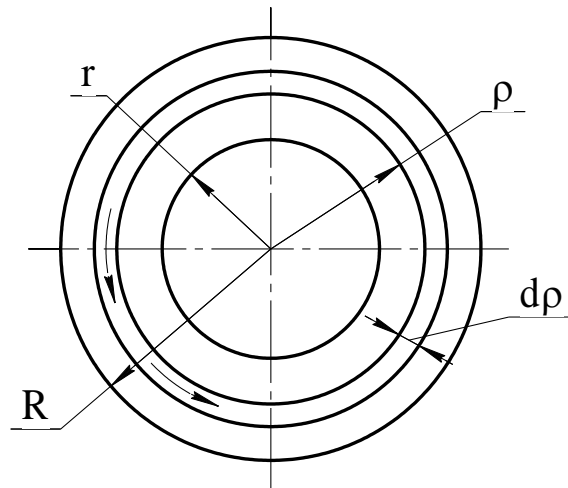


Рис. 3.17. Схема для расчета момента сил трения для винтов с кольцевой пятой

Элементарный момент сил трения на бесконечно узком кольце шириной $d\rho$ равен:

$$dM_{mp} = \rho \cdot F_{mp} = \rho \cdot 2 \cdot \pi \cdot \rho \cdot d\rho \cdot q \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot \rho^2 \cdot d\rho \cdot q \cdot f.$$

Полный момент:

$$M_{mp} = 2 \cdot \pi \cdot q \cdot f \cdot \int \rho^2 \cdot d\rho = 2 \cdot \pi \cdot q \cdot f \cdot \frac{R^3 - r^3}{3},$$

но

$$q = \frac{W}{S} = \frac{W}{\pi \cdot (R^2 - r^2)}.$$

В результате выражение для момента трения будет иметь вид:

$$M_{mp} = W \cdot f \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}.$$

Здесь используется полученное ранее выражение приведённого радиуса трения $\frac{2}{3} \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$.

Для винтов с плоской пятой:

$$M_{mp} = \frac{2}{3} \cdot W \cdot f \cdot R,$$

так как радиус приложения силы трения $r = 0$.

Для винтов с башмаком — неподвижным наконечником, который предохраняют поверхность заготовки от повреждения, то есть от смятия (рис. 3.18), сферический конец винта вращается в конусном гнезде пяты, касаясь с ней по окружности радиуса R . При этом:

$$N = \frac{W}{2 \cdot \sin(\beta / 2)};$$

$$M_{mp} = \frac{2}{3} \cdot F_{mp} \cdot R = \frac{2 \cdot W \cdot f \cdot R}{2 \cdot \sin(\beta / 2)} = \frac{W \cdot f \cdot R}{\sin(\beta / 2)}.$$

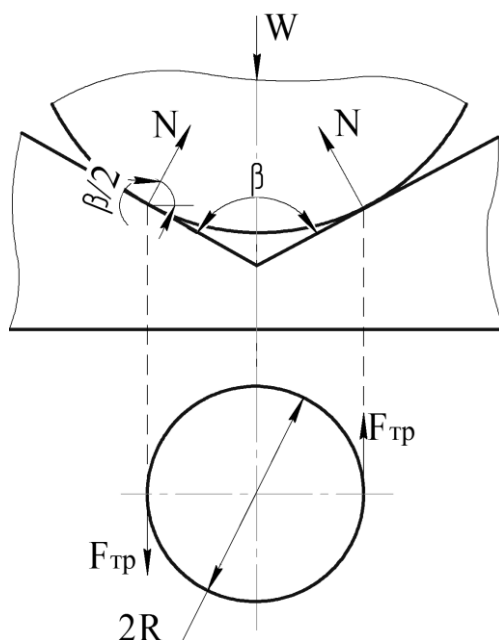


Рис. 3.18. Схема для расчета момента сил трения для винтов с башмаком

Основным недостатком винтовых зажимов является их низкая производительность. Для увеличения быстродействия этих механизмов применяются различные быстросъёмные шайбы (рис. 3.19). Их использование возможно при диаметре отверстия в заготовке D_0 больше диаметра гайки D_2 .

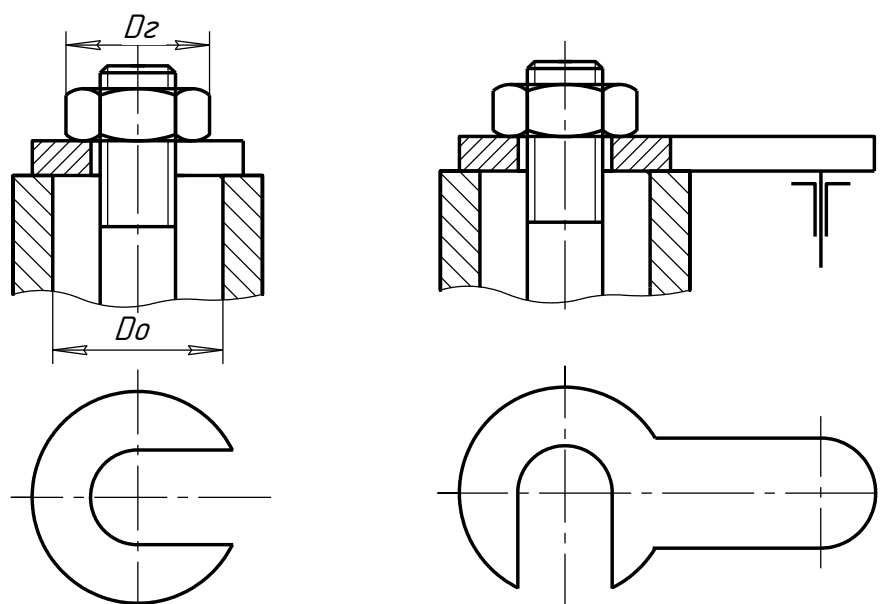


Рис. 3.19. Быстросъёмные шайбы

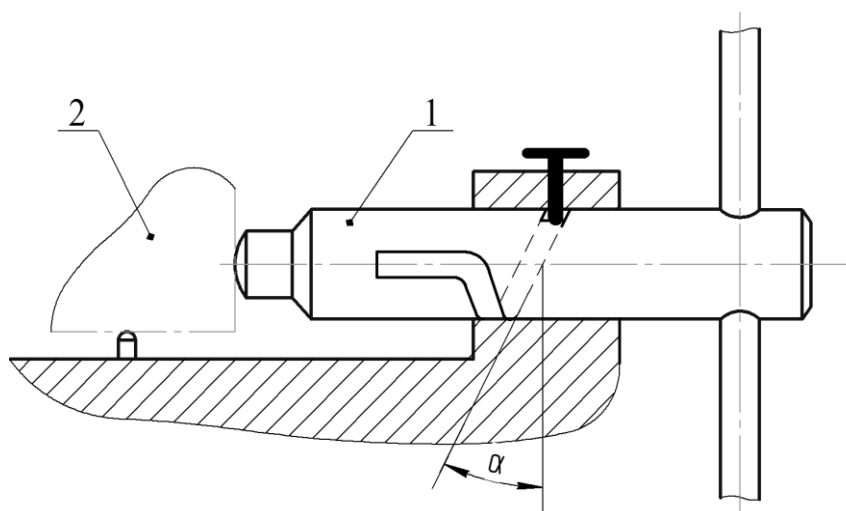


Рис. 3.20. Бойнетный зажим

Для сравнительно небольших сил зажима целесообразно применение бойнетных винтовых зажимов (рис. 3.20). Они используются

для создания только небольших усилий, так как роль гайки выполняет упор с малой площадью контакта с винтом.

Закрепление осуществляется поворотом зажимного элемента 1 на небольшой угол.

Достоинством байонетного механизма является возможность отводить зажимающий элемент 1 от заготовки 2 на большие расстояния, что облегчает загрузку заготовок.

3.7.2. Клиновые механизмы

Клин широко используется в зажимных механизмах приспособлений, так как он обеспечивает простоту, компактность конструкций и надёжность в работе.

Клин применяется для:

- 1) увеличения исходной силы привода;
- 2) изменения направления исходной силы.

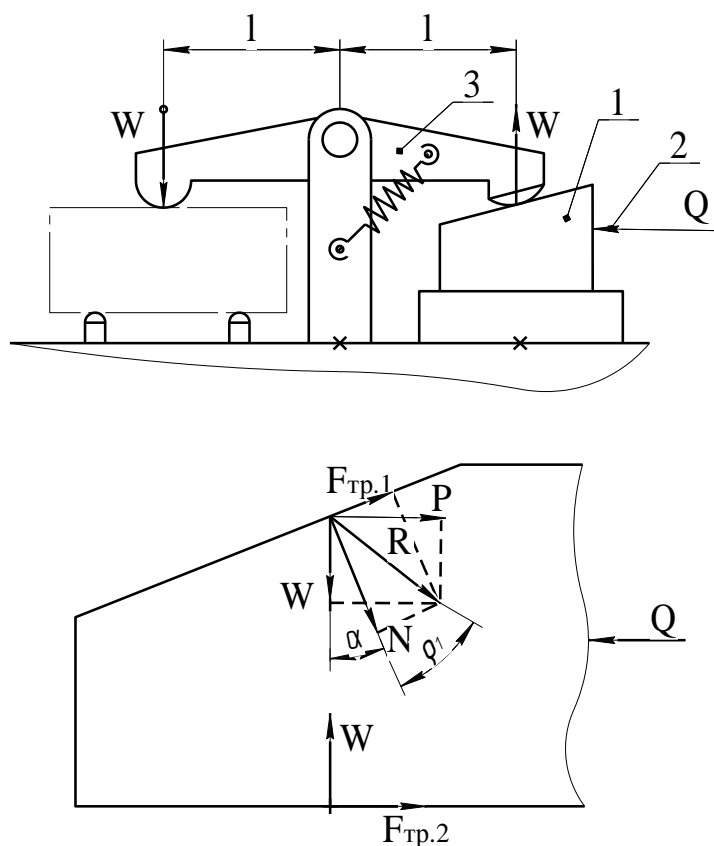


Рис. 3.21. Клиновой механизм

Если клиновой механизм (рис. 3.21) применяют для увеличения исходной силы, то угол клина принимают равным $6\text{--}15^\circ$. Эти углы всегда должны быть меньше углов трения, так как только в этих случаях обеспечивается условие самоторможения (то есть сохранение силы зажима W при прекращении действия силы Q , создаваемой приводом).

Если клиновой механизм предназначен для изменения направления исходной силы, то угол клина обычно принимают равным 45° .

Клин может быть как простым зажимным элементом, так и входить в состав комбинированных механизмов.

Пример простейшего комбинированного зажимного механизма представлен на рис. 3.21. Он образован последовательным соединением плоского односкосного клина 1, на который действует через шток 2 привода сила Q , и рычажного зажима 3, передающего заготовке силу зажима W . В процессе зажима при движении клина влево под действием силы привода Q на его наклонной плоскости возникают нормальная реакция N и сила трения F_{mp1} . Их равнодействующая R отклонена от нормали к плоскости на величину угла трения ρ_1 . Разложим эту равнодействующую на горизонтальную P и вертикальную составляющую W . Так как в конечном положении, когда заготовка зажата, клин находится в равновесии, то нормальная сила на нижней горизонтальной плоскости равна W . Кроме силы W здесь возникает F_{mp2} . Величина исходной силы Q , необходимой для создания силы зажима W , определяется из условия равновесия клина под действием всех приложенных к нему сил.

Сумма проекций всех сил на направление силы Q :

$$Q - P - F_{mp} = 0.$$

Из силового многоугольника:

$$P = W \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1),$$

а

$$F_{mp} = W \cdot f_2 = W \cdot \operatorname{tg} \rho_2.$$

Теперь:

$$Q = W \cdot [tg(\alpha + \rho_1) + tg \rho_2].$$

Существенным недостатком рассмотренного клинового зажима является низкий КПД, возникающий из-за больших потерь на трение, которые резко увеличиваются с уменьшением угла клина. Так для клина с $\alpha = 45^\circ$ потери на трение составляют 25 %), а при $\alpha = 5^\circ$ — уже 70 %. Для повышения КПД клиновых механизмов трение скольжения иногда заменяют трением качения, применяя опорные ролики (рис. 3.22).

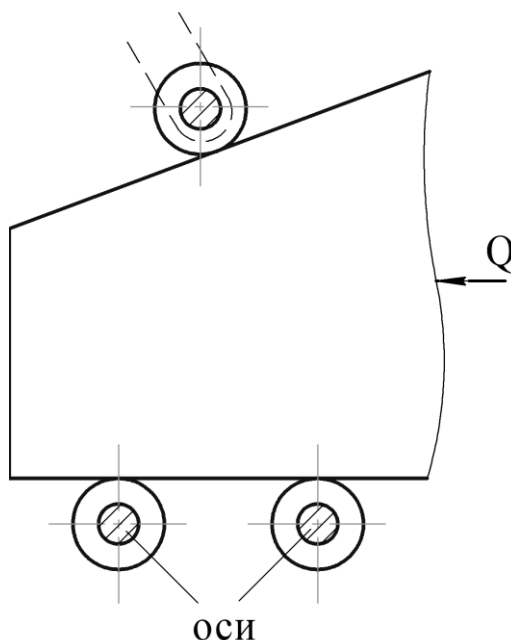


Рис. 3.22. Клиновой механизм с опорными роликами

Здесь требуемая исходная сила Q определяется по приведённой выше формуле для клина с трением скольжения, но в неё подставляют значения приведённых углов трения качения ρ_{1np} и ρ_{2np} . По сравнению с клином без роликов сила зажима, при одной и той же исходной силе Q , возрастает на 30–50 %.

3.7.3. Клиноплунжерные механизмы

Клиноплунжерные механизмы бывают с одним, двумя или большим числом плунжеров. Одно- и двухплунжерные механизмы применяют в качестве зажимных, а многоплунжерные — в качестве центрирующих механизмов патронов и оправок. Схема одноплунжерного механизма с консольным плунжером приведена на рис. 3.23. Для получения зависимости между исходной силой Q и силой зажима W рассматривается в отдельности равновесие клина 1 и плунжера 2.

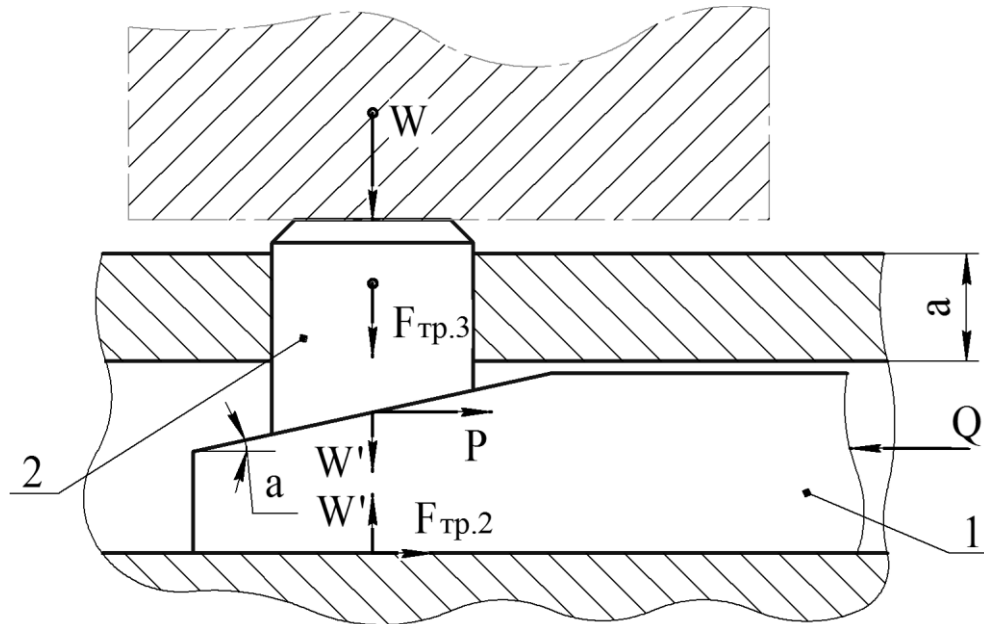


Рис. 3.23. Клиноплунжерный механизм

В этом механизме сила W^1 не равна силе зажима W (как в предыдущем примере), так как при движении плунжера вверх возникает сила трения $F_{тр3}$ (между плунжером и направляющей). Из условия равновесия клина, по аналогии с предыдущим примером, можно написать:

$$Q = W^1 \cdot [tg(\alpha + \rho_1) + tg \rho_2];$$

$$P = W^1 \cdot tg(\alpha + \rho_1).$$

Как видно из схемы (рис. 3.24), сила P вызывает перекося плунжера в его направляющей, то есть поворот относительно точки O (в пределах зазора), и создаёт давления, распределённые по закону треугольника. Равнодействующие этих давлений удалены от вершин b треугольников на расстояние $\frac{2}{3}$ катета $\frac{a}{2}$. Следовательно, расстояние между силами N равно $a \cdot \frac{2}{3}$.

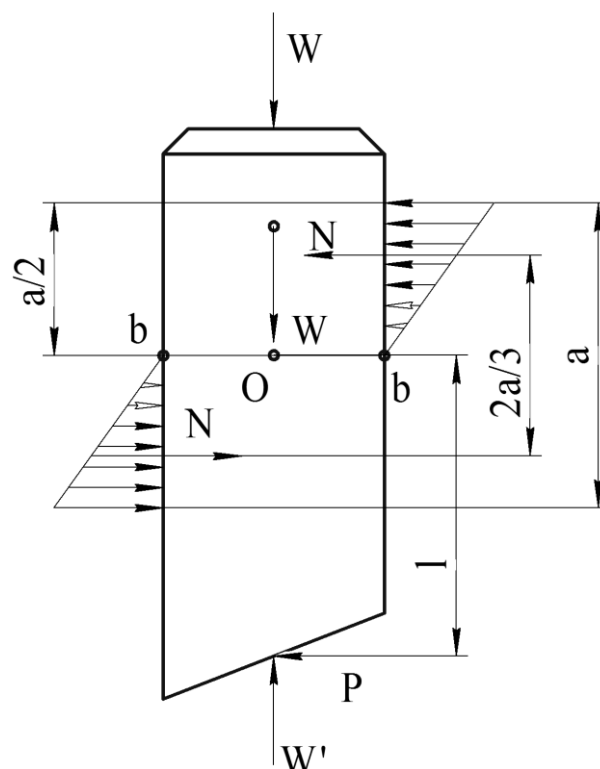


Рис. 3.24. Схема для расчета сил, действующих на плунжер

При условии равновесия плунжера моменты сил P и N равны, то есть

$$P \cdot l = N \cdot a \cdot \frac{2}{3}.$$

Отсюда:

$$N = \frac{P \cdot l \cdot 2}{2 \cdot a} = \frac{W^1 \cdot 3 \cdot l \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1)}{2 \cdot a}.$$

Сила трения, вызываемая двумя силами N :

$$F_{mp3} = 2 \cdot N \cdot \operatorname{tg} \rho_3 = W^1 \cdot 3 \cdot l / a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3.$$

Сумма всех сил на вертикальную ось

$$W + F_{mp3} - W^1 = 0,$$

или

$$W + W^1 \cdot 3 \cdot l / a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3 - W^1 = 0,$$

откуда:

$$W^1 = \frac{W}{1 - 3 \cdot l / a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3}.$$

Подставляя значение W^1 в выражение для силы Q , получаем:

$$Q = \frac{W \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]}{1 - 3 \cdot l / a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3}.$$

Из последнего выражения видно, что с уменьшением длины направляющей a увеличивается требуемая исходная сила Q . Увеличение a приводит к некоторому увеличению габаритов механизма. Чтобы избежать, этого плунжер делают двухпорным (рис. 3.25).

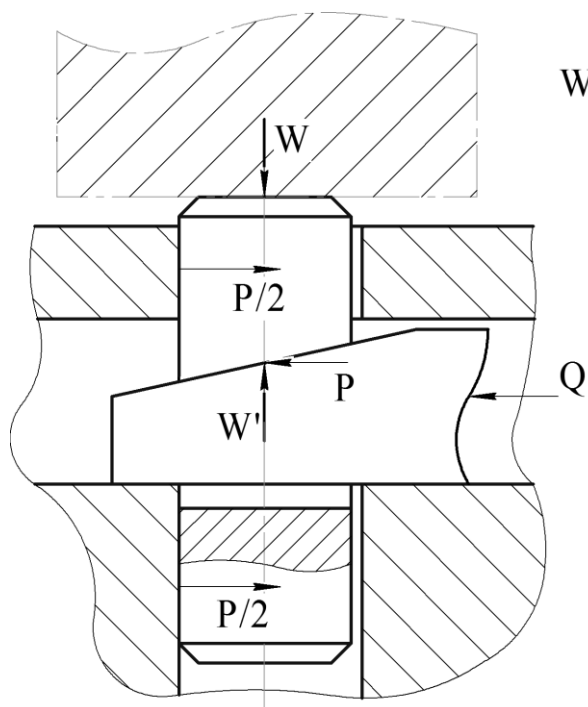


Рис. 3.25. Схема двухпорного плунжера

Двухопорный плунжер под действием силы P не перекашивается, а прижимается к одной стороне направляющей (с ее другой стороны возможен зазор). При перемещении такого плунжера вверх, будет возникать сила трения:

$$F_{mp3} = P \cdot \operatorname{tg} \rho_3 = W^1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3.$$

Используя это значение силы F_{mp3} в уравнениях равновесия можно получить:

$$Q = \frac{W \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) \cdot \operatorname{tg} \rho_3}.$$

3.7.4. Эксцентрикковые зажимы

Эксцентрикковый зажим (рис. 3.26) представляет собой соединения в одной детали двух элементов: круглого диска радиусом r и двух клиньев — верхнего без штриховки и нижнего со штриховкой. Для зажима заготовки путём поворота эксцентрика на некоторый угол используется участок профиля нижнего клина. При повороте на неподвижной оси 1 эксцентрика клин входит в зазор между упором 2 и осью (или диска радиусом r) и с помощью прихвата 3 зажимает заготовку. Рабочая поверхность клина может быть окружностью (круговой эксцентрик) или спиралью Архимеда. Различие их заключается в том, что в развёртке кругового эксцентрика плоский клин получается криволинейным с переменным углом α . Так, если развернуть нижний клин по радиусу r , то получим, что при колебании размера заготовки H в пределах допуска δ зажим будет осуществляться с разным углом поворота эксцентрика. А это означает, что с точкой m упора 2 будет контактировать тот или иной участок эксцентрика, и, следовательно, значение угла α тоже перемененно. А это в свою очередь приводит к тому, что при одной и той же исходной силе эксцентрик даёт различные силы зажима W . У эксцентриков, рабочая поверхность которых выполнена по архимедовой спирали, угол α не зависит от угла поворота кулачка, то есть сила зажима, создаваемая такими кулачками, стабильна. Однако технология изготовления кругового эксцентрика

значительно проще, чем кулачка с архимедовой спиралью. Поэтому более распространены круговые эксцентрики, а для получения более стабильной силы зажима ограничивают угол поворота эксцентрика при зажиме $\beta = 40 - 140^\circ$. Эксцентрикковые зажимы — самые быстродействующие из всех ручных зажимов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами.

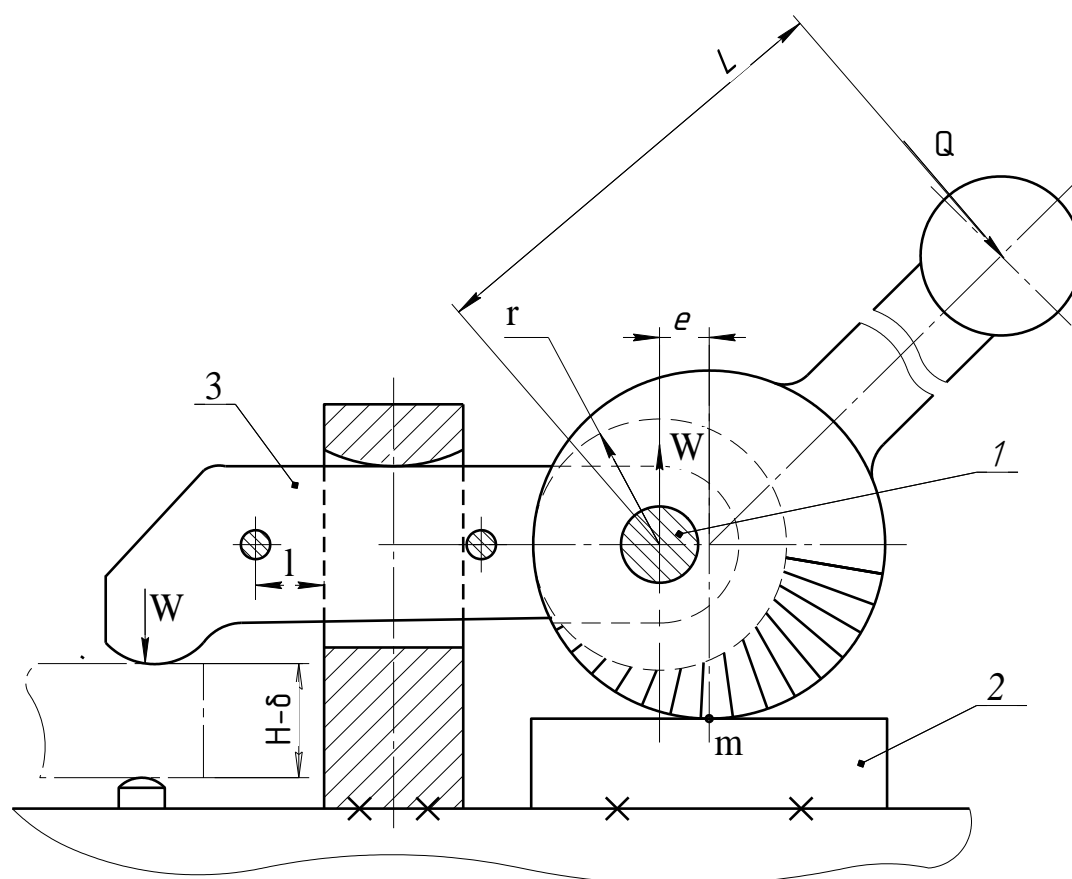


Рис. 3.26. Эксцентриковый зажим

Недостатками являются малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета, а также ненадёжность зажима при работе с ударами, вибрациями из-за опасности самооткрепления.

При проектировании эксцентриковых зажимов по требуемой силе зажима W определяется исходная сила Q и конструктивно-размерные параметры эксцентрика.

Исходными данными для расчёта являются:

δ — допуск на размер заготовки H от базы до точки приложения силы зажима;

β — рабочий угол поворота эксцентрика от начального положения;

Q — величина исходной силы (для ручных зажимов) или кинематическая схема для исходного зажима.

В результате расчета определяются:

e — эксцентриситет эксцентрика;

R — радиус рабочей поверхности;

B — ширина рабочей поверхности;

d — диаметр цапфы (оси);

L — длина рукоятки.

Эксцентриситет e определяется исходя из требуемого хода прихвата в направлении силы зажима (который в свою очередь определяется требуемым минимальным зазором, жёсткостью (j) и углом поворота (β) [9]; радиус (R) определяется из условия самоторможения; d и B определяют по допустимому напряжению смятия.

Полученные значения e , R , B , d увязывают с ГОСТом 9061-68 на эксцентрики.

На рис. 3.27 приведена схема расчета элементов для эксцентрикового зажима.

Длина рукоятки определяется из следующих соображений. Момент от исходной силы Q на рукоятке расходуется на преодоление момента, создаваемого тангенциальной силой T . Эта сила перпендикулярна радиусу R_1 , соединяющему точку контакта эксцентрика и упора 2 с центром поворота.

Поэтому

$$Q \cdot L = T \cdot R_1$$

или

$$T = \frac{Q \cdot L}{R_1}.$$

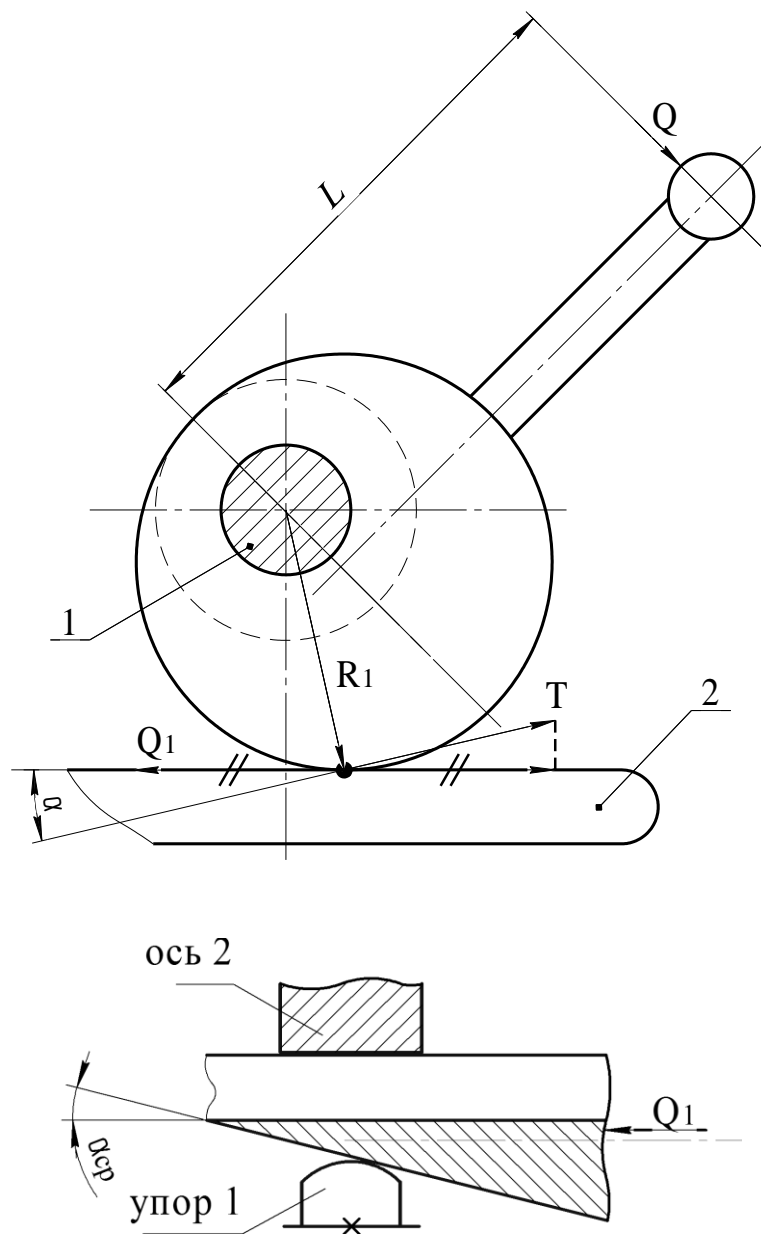


Рис. 3.27. Схема расчета сил для эксцентрикового зажима

Силу Q_1 , равную по абсолютной величине горизонтальной составляющей силы T и противоположно направленную, можно рассматривать как силу, которая проталкивает клин в зазор между упором 2 и осью вращения 1:

$$Q_1 = T \cdot \cos \alpha = \frac{Q \cdot L \cdot \cos \alpha}{R_1}.$$

Угол α и радиус R_1 переменны и зависят от угла поворота эксцентрика. Если эти величины заменить их средними значениями α_{cp} и R_{1cp} , то с достаточной для практики точностью расчёт L можно вести, заменив криволинейный клин плоским клином, к которому приложена исходная сила Q_1 . Известно, что для создания силы зажима W к клину необходимо приложить силу

$$Q_1 = W \cdot [tg(\alpha + \rho_1) + tg \rho_2],$$

где ρ_1 — угол трения в паре эксцентрик – упор 2; ρ_2 — угол трения в паре эксцентрик – ось 1.

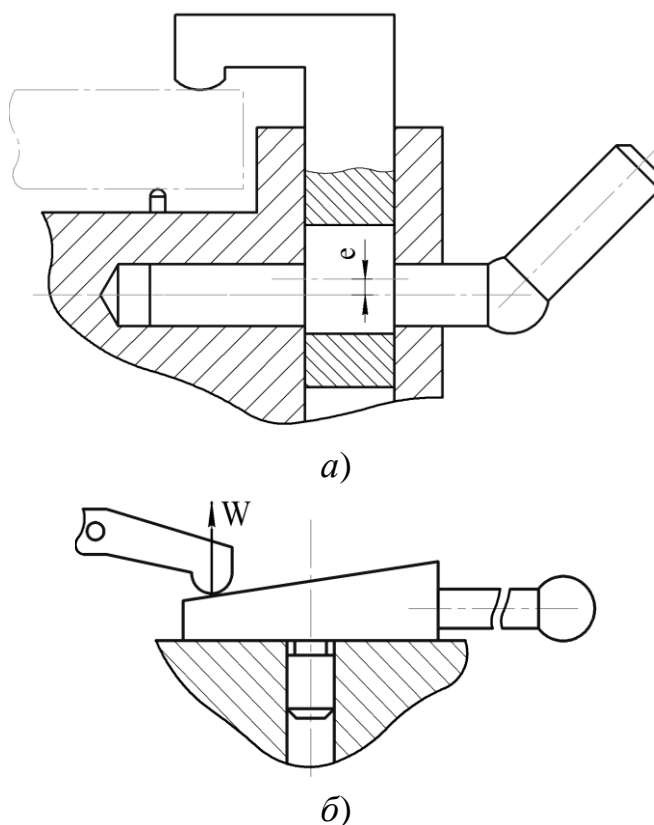


Рис. 3.28. Механизм с эксцентриковым валиком

После подстановки значения Q_1 можно записать:

$$\frac{Q \cdot L \cdot \cos \alpha_{cp}}{R_{1cp}} = W \cdot [tg(\alpha + \rho_1) + tg \rho_2].$$

При малых значениях угла α $\cos \alpha \approx 1$.

Поэтому задавшись величиной исходной силы Q , можно определить требуемую длину рукоятки эксцентрикового зажима.

$$L = \frac{W \cdot R_{\text{лр}} \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + \operatorname{tg} \rho_2]}{Q}.$$

Эксцентрик в рассмотренном механизме выполнен в виде диска. Существуют механизмы с эксцентриковыми валиком (рис. 3.28, а). Существуют также зажимы с торцовыми эксцентриками (рис. 3.28, б). Принципиальных различий в расчёте дискового эксцентрикового механизма и приведённых механизмов не существует.

3.7.5. Рычажные и шарнирно-рычажные зажимные механизмы

Рычажные зажимы используют в виде одно- или двуплечего рычага в сочетании с различными силовыми источниками. Конструктивных разновидностей рычажных зажимов много, однако, все они сводятся к трём силовым схемам (рис. 3.29).

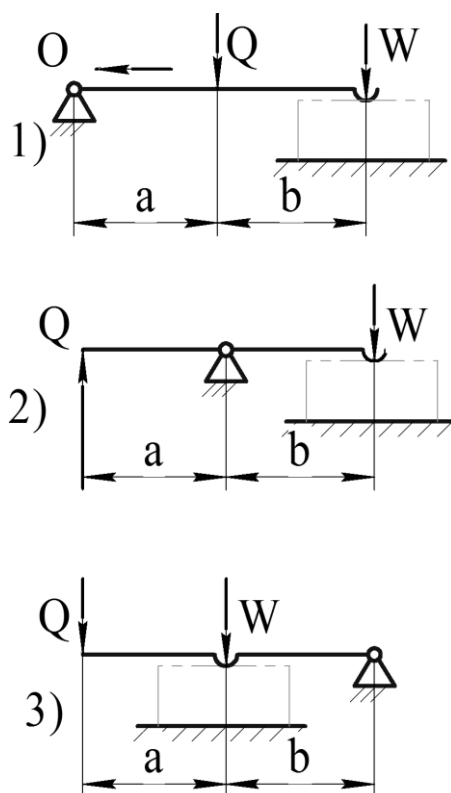


Рис. 3.29. Схемы рычажных зажимных механизмов

Для анализа этих схем ниже для каждой из них, приводятся выражения для силы зажима W при одной и той же исходной силе Q .

Все эти выражения получены из уравнения моментов относительно точек поворота рычагов:

$$\sum M_0 = 0.$$

Для первой схемы уравнение моментов имеет вид:

$$Q \cdot a = W \cdot (a + b),$$

откуда

$$W = \frac{Q \cdot a \cdot \eta}{(a + b)},$$

где η — КПД, который учитывает потери на трение. КПД в рычажных зажимах высокий $\eta = 0,98 - 0,94$.

Аналогично для второй схемы:

$$Q \cdot a = W \cdot b;$$

$$W = \frac{Q \cdot a \cdot \eta}{b}.$$

Для третьей схемы:

$$Q \cdot (a + b) = W \cdot b;$$

$$W = \frac{Q \cdot \eta \cdot (a + b)}{b}.$$

Как видно из приведённых схем и формул, наибольший выигрыш в силе даёт третья схема. Но в конструктивном отношении она громоздка, а в эксплуатации неудобна, так как:

- 1) требует большого рабочего хода силового источника;
- 2) усложняет загрузку заготовок под рычаг.

Вторая схема применяется, когда требуется изменить направление исходной силы.

Первая схема с точки зрения передаточного отношения наименее эффективна. Она, как правило, применяется для отодвижных прихватов (в направлении стрелки), и когда требуемая сила зажима невелика.

В шарнирно-рычажных механизмах, в отличие от рычажных, рычаг имеет два шарнира на концах и применяется как усилитель исходной силы. Через один из шарниров от привода передаётся исходная сила Q , а через второй — изменённая сила зажима W , воздействующая либо непосредственно на заготовку, либо на другой простой механизм зажима (рис. 3.30).

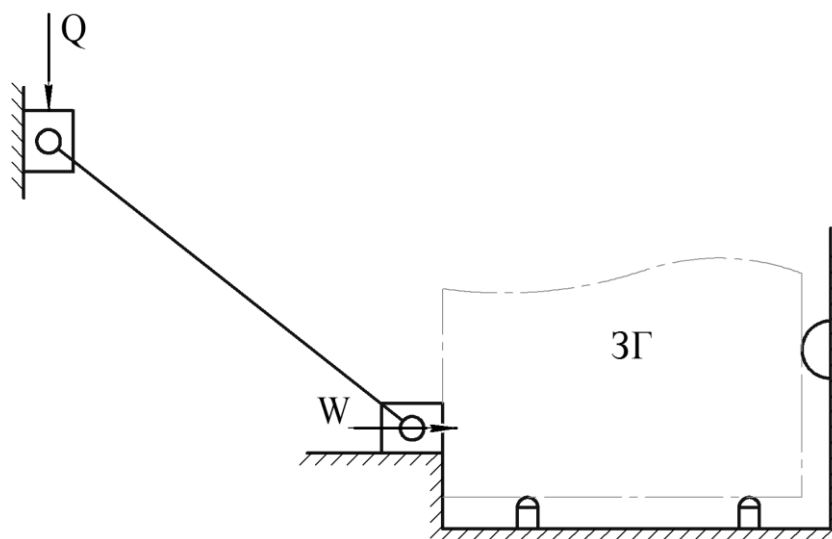


Рис. 3.30. Схема сил в шарнирно-рычажных механизмах

В приспособлениях используют три разновидности шарнирно-рычажных механизмов:

- однорычажные;
- двухрычажные одностороннего действия;
- двухрычажные двустороннего действия.

На рис. 3.31 показан однорычажный шарнирно-рычажный механизм.

Рычаг 1 образует с силой W^1 (приложенной к рычагу) угол α . Исходная сила Q через рычаг 1 (при движении ролика 2 вправо) передаётся на прихват 3, который зажимает заготовку.

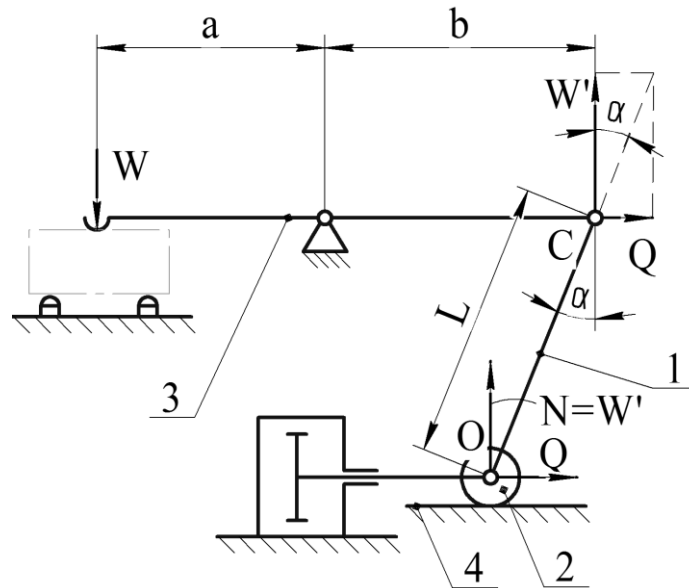


Рис. 3.31. Однорычажный шарнирно-рычажный механизм

В идеальном механизме (без учёта сил трения) равнодействующая R исходной силы Q и реакции N со стороны опоры ролика направлена вдоль рычага 1. Поэтому в точке C вертикальная составляющая силы будет равна:

$$W^1 = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha}.$$

При равной длине плеч рычага $l_1 = l_2$ сила зажима будет равна этой составляющей $W = W^1$.

В реальном механизме возникает трение в шарнирах O и C , в опоре ролика и в шарнире прихвата 3. Если пренебречь последним, то при $l_1 = l_2$ сила зажима в реальном механизме будет равна:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \phi_{np}},$$

где β — дополнительный угол к углу α , которым учитываются потери на трение скольжения в шарнирах O и C ; $\operatorname{tg} \phi_{np}$ — приведённый коэффициент трения качения, учитывающий потери на трение в роликовой опоре. Его величина определяется из выражения [1, 2]:

где d — диаметр оси ролика; D — диаметр ролика; $tg\phi_1 = f_1$ — коэффициент трения скольжения на опоре ролика; d — диаметр осей шарниров и ролика; L — расстояние между осями отверстий рычага 1.

The diagram illustrates a rectangular plate with rounded ends. The total length of the plate is denoted by L . The radius of the rounded ends is ρ . The distance from the center of the rounded end to the center of the hole is c . The hole has a radius ρ . The coordinate system (x, y) is centered at the hole, with the x -axis pointing to the right and the y -axis pointing upwards. The coordinate system (X, Y) is centered at the center of the rounded end, with the X -axis pointing to the right and the Y -axis pointing upwards. The angle β is shown between the x -axis and the line connecting the center of the hole to the center of the rounded end. The angle α is shown between the X -axis and the line connecting the center of the hole to the center of the rounded end. The distance from the center of the hole to the center of the rounded end is 2ρ . The distance from the center of the hole to the center of the rounded end is also labeled Q .

Реакция R_y цапфы (рис. 3.33) является касательной к кругу трения радиуса ρ . Она равна и противоположна по направлению прижимающей силе P , но смещена от её линии действия на радиус ρ [7].

93

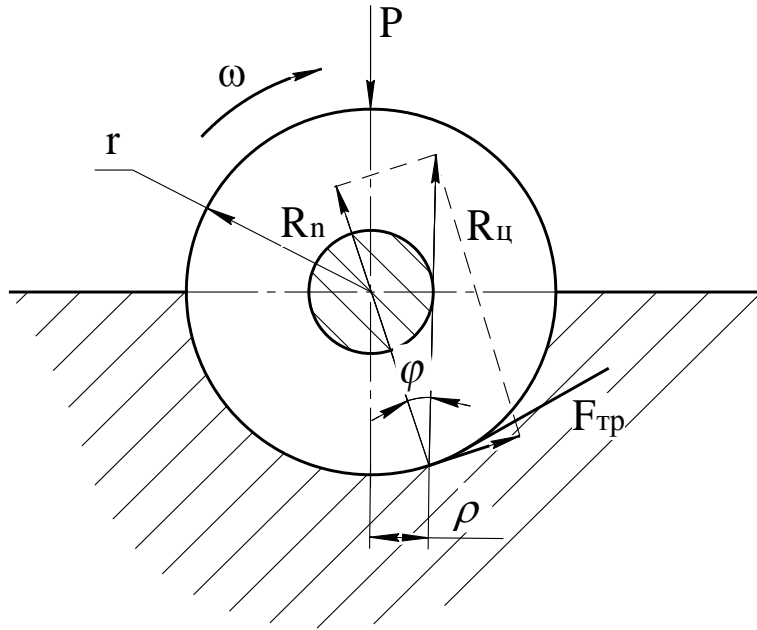


Рис. 3.33. Дополнительная схема к определению угла β

В свою очередь,

$$\operatorname{tg} \varphi = f = \frac{\rho}{r},$$

откуда

$$\rho = r \cdot f,$$

где f — коэффициент трения скольжения в шарнирах O и C .

К кругам трения проведена касательная xx . Угол, заключенный между этой касательной и отрезком AB , и будет углом β .

Для определения его значения проведена вспомогательная линия CB параллельно xx на расстоянии 2ρ от центра (рис. 3.32). Из треугольника ABC :

$$\sin \beta = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot r \cdot f}{L} = \frac{d \cdot f}{L}.$$

Следовательно,

$$\beta = \arcsin \frac{d \cdot f}{L}.$$

Необходимо отметить, что угол β в реальных механизмах невелик. Так, при коэффициенте трения $f = 0,1$ и соотношению $\frac{d}{L} = 0,2$ угол $\beta = 1^\circ 10'$.

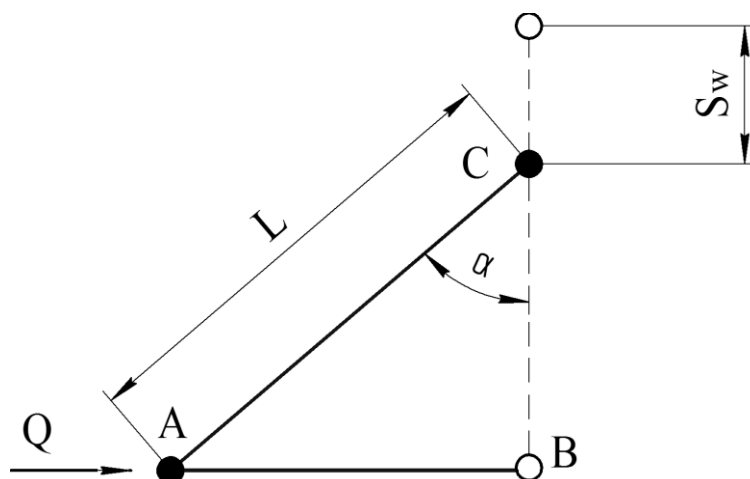


Рис. 3.34. К определению запаса хода

Одной из характеристик механизма является так называемый запас хода S_w — максимальное перемещение, которое передаётся прихвату. При перемещении рычага в вертикальное положение, то есть в положение, когда $\alpha = 0$, точка A переходит в точку B (рис. 3.34). При этом точка C проходит следующий путь:

$$S_w = L - BC = L - L \cdot \cos \alpha = L \cdot (1 - \cos \alpha).$$

Для исключения случаев «опрокидывания» механизма обычно соблюдают условие: $\alpha_{\min} \approx 5^\circ$.

3.7.6. Двухрычажные шарнирно-рычажные механизмы одностороннего действия

Механизм считается механизмом одностороннего действия, если сила зажима передаётся на одну сторону (рис. 3.35). Привод рычагов должен быть на шарнире, чтобы не было поломки штока. На рис. 3.35 к каждому рычагу приложена сила $\frac{Q}{2}$, поэтому требуется исходная сила в два раза больше, чем у односторонних шарнирно-

рычажных механизмов, но здесь нет ролика (и потерь на трение в ролике).

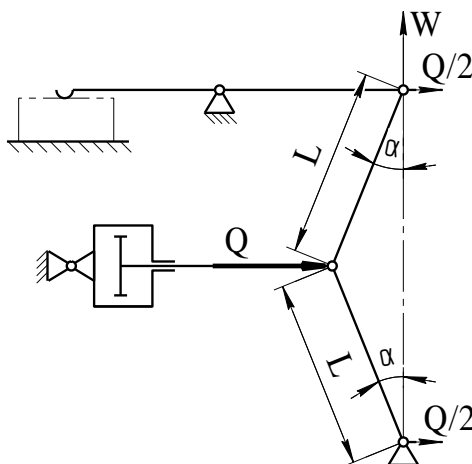


Рис. 3.35. Схема сил для двухрычажного шарнирно-рычажного механизма одностороннего действия

Поэтому сила зажима при тех же условиях (по потерям на трение), что и в предыдущем механизме, будет равна:

$$W = \frac{Q}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}.$$

Запас хода:

$$S_w = 2 \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha).$$

3.7.7. Двухрычажные шарнирно-рычажные механизмы двустороннего действия

Для этих механизмов (рис. 3.36) по аналогии с предыдущими механизмами можно записать:

$$W = \frac{Q}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)};$$

$$S_w = 2 \cdot L \cdot (1 - \cos \alpha).$$

При проектировании этих механизмов необходимо учитывать следующее:

1) если зажимаются две заготовки, то привод должен быть на шарнире, так как размер H колеблется в пределах поля допуска δ ;

2) жёсткое крепление привода применяют в тех случаях, когда при закреплении одной заготовки её необходимо центрировать, то есть задать вполне определённое положение оси заготовки (плоскости симметрии 1).

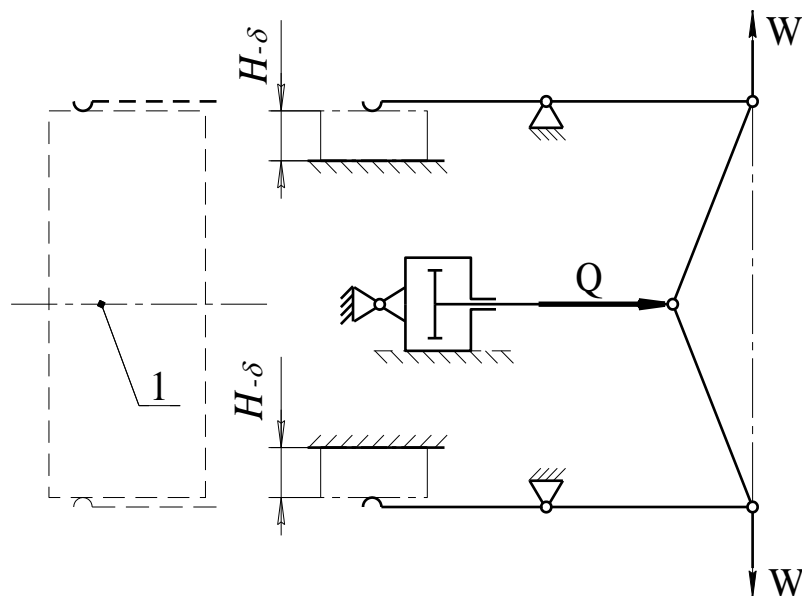


Рис. 3.36. Схема сил двухрычажные шарнирно-рычажные механизмы двустороннего действия

3.7.8. Пружинные зажимные механизмы

В этих механизмах элементом, преобразующим исходную силу Q в силу зажима W , является, как правило, цилиндрическая пружина сжатия.

Применяют две схемы построения пружинных зажимных механизмов.

В первой схеме исходная сила Q привода расходуется для создания силы зажима W (рис. 3.37).

Под действием исходной силы Q корпус 1 механизма перемещается до жёсткого упора 2. При этом ползун 3 упирается в заготов-

ку, а пружина сжимается (дополнительно к её начальной деформации), чем создаётся необходимая сила зажима W .

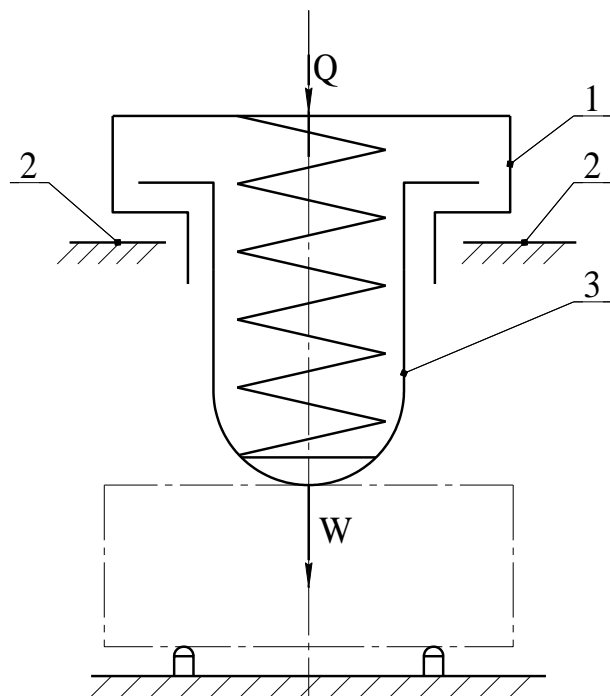


Рис. 3.37. Пружинный зажимной механизм

Такие зажимные механизмы очень удобны в тех случаях, когда после зажима заготовки можно зафиксировать положение корпуса 1 относительно упоров 2, и в дальнейшем сила Q уже не нужна (рис. 3.38).

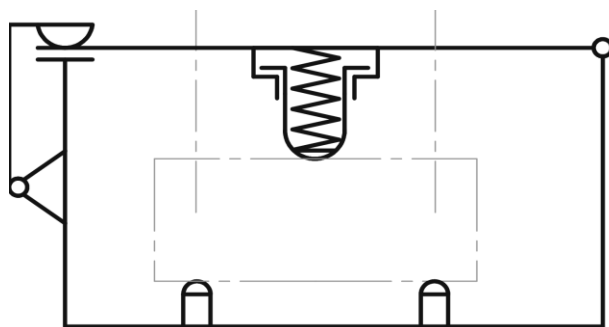


Рис. 3.38. Пример применения пружинного зажимного механизма первого типа

На рис. 3.39 представлена схема пружинного зажимного механизма второго типа. В этом механизме исходная сила Q привода расходуется на открепление заготовки. Под действием силы Q шток 1 перемещается вправо и, сжимая пружину 2, открепляет заготовку 3. Для ускорения снятия заготовки применяется, например, быстро-съемная шайба 4.

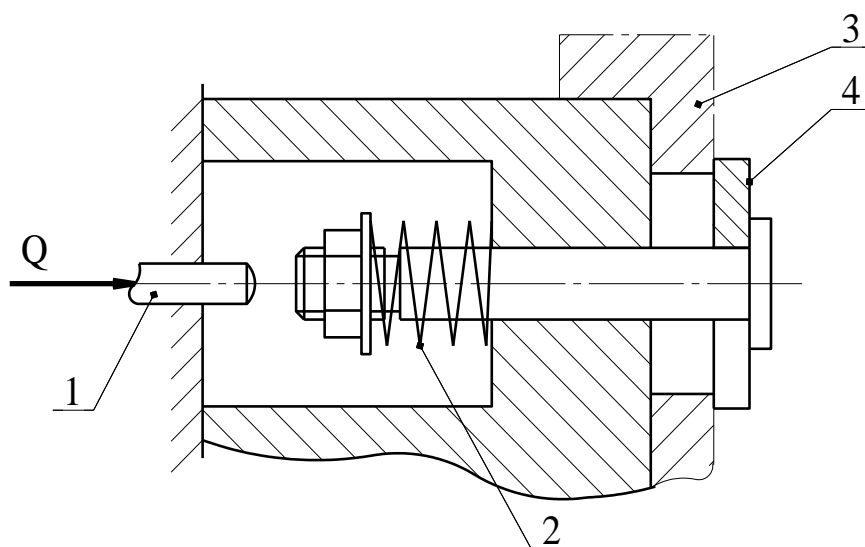


Рис. 3.39. Пример применения пружинного зажимного механизма второго типа

Достоинством пружинных механизмов является простота конструкции и возможность автоматизировать процессы закрепления и открепления заготовок.

4. УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

4.1. НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Рассмотренные ранее установочные и зажимные элементы обеспечивают правильное базирование и надёжное закрепление заготовок. Но применение таких элементов требует выполнения двух последовательных действий:

- базирования заготовки;
- закрепления заготовки с соответствующими затратами времени.

В целях повышения производительности, а в ряде случаев и точности установки, применяют различные механизмы, выполняющие одновременно функции базирования и закрепления. Такие механизмы называют установочно-зажимными, так как они включают в себя установочные элементы и зажимной механизм.

Установочно-зажимные механизмы подразделяются на:

- ориентирующие;
- самоцентрирующие.

Ориентирующие механизмы задают вполне определённое положение одной, а самоцентрирующие — двум плоскостям симметрии заготовки.

Принцип действия ориентирующего механизма поясняет схема, приведенная на рис. 4.1.

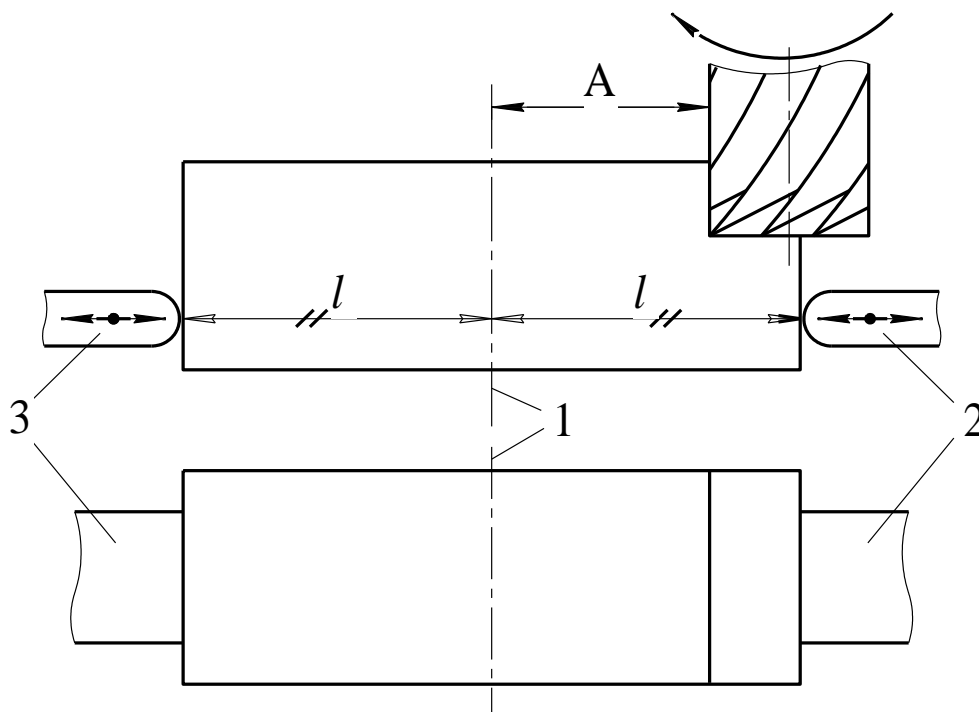


Рис. 4.1. Принцип действия ориентирующего механизма

На операции обработки углового паза выдерживается размер A . Для того чтобы $\varepsilon_{\delta A}$ была равна нулю, необходимо, чтобы плоскость 1 симметрии каждой заготовки из партии находилась в одном месте.

Для этого необходимо сконструировать ориентирующий механизм таким образом, чтобы установочные поверхности элементов 2 и 3 всё время находились на одинаковом расстоянии от плоскости 1, принадлежащей корпусу приспособления. Причём это условие должно соблюдаться при любом из возможных их положений, то есть при любой величине размеров l .

У самоцентрирующего механизма (рис. 4.2) должно быть не менее трёх элементов, синхронно перемещающихся к центру или от него одновременно и с одинаковой скоростью, то есть установочные поверхности этих элементов должны всё время находиться на поверхности окружности (цилиндра). В этом случае задаётся вполне определённое положение двум плоскостям симметрии 1 и 2, а, следовательно, и линии их пересечения, то есть оси заготовки (независимо от диаметра заготовки D).

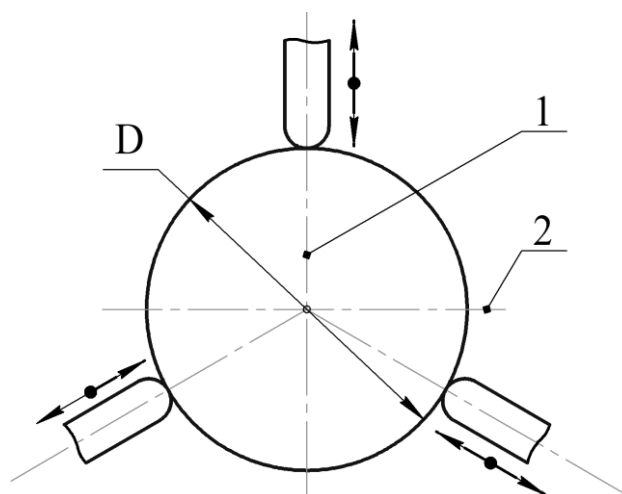


Рис. 4.2. Самоцентрирующий механизм

Можно задавать положение двух плоскостей симметрии вала, то есть расположение оси и с помощью всего двух перемещающихся элементов, но в этом случае они должны быть выполнены в виде

призм. Самоцентрирующие механизмы применяют в тех случаях, когда требуется обеспечить высокую точность размеров, заданных от оси заготовки. В этом случае погрешности базирования этих размеров $\varepsilon_{\delta A} = \varepsilon_{\delta B} = 0$ (рис. 4.3).

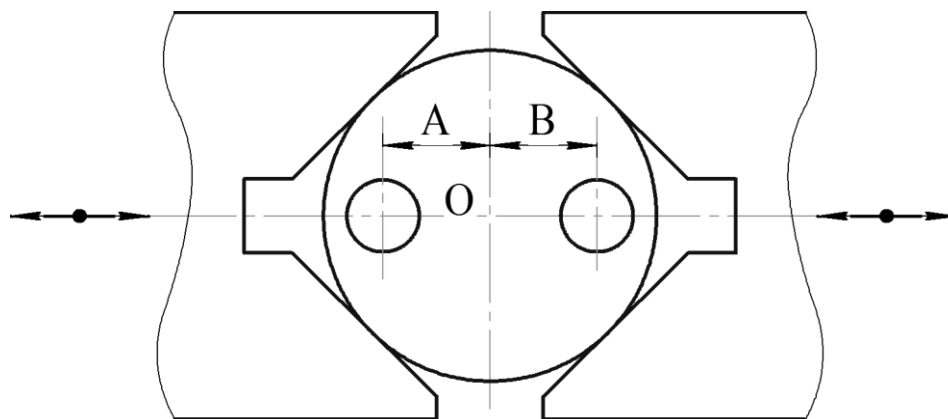


Рис. 4.3. Погрешности базирования в самоцентрирующем механизме

Погрешность установки заготовки в самоцентрирующем приспособлении называют погрешностью центрирования. Возникает она в результате неточности изготовления и износа деталей механизма самоцентрирования.

4.2. КЛАССИФИКАЦИЯ УСТАНОВОЧНО-ЗАЖИМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Установочно-зажимные механизмы различаются между собой:

- формой рабочей поверхности подвижных элементов;
- конструкцией механизма, обеспечивающего взаимосвязанное их движение.

По первому признаку различают:

- а) кулачковые механизмы, например, трёх кулачковый патрон;
- б) призматические механизмы (тиски с губками в виде призм).

По второму признаку различают:

- а) винтовые;
- б) реечно-зубчатые;

- в) спирально-реечные;
- г) клиновые (клиноплунжерные и клиношариковые);
- д) рычажно-шарнирные (двухрычажные), (шарнирно-рычажный механизм двустороннего действия);
- е) механизмы с упругодеформируемыми элементами (цанговые, мембранные, гидропластовые).

Схема винтового установочно-зажимного механизма представлена на рис. 4.4.

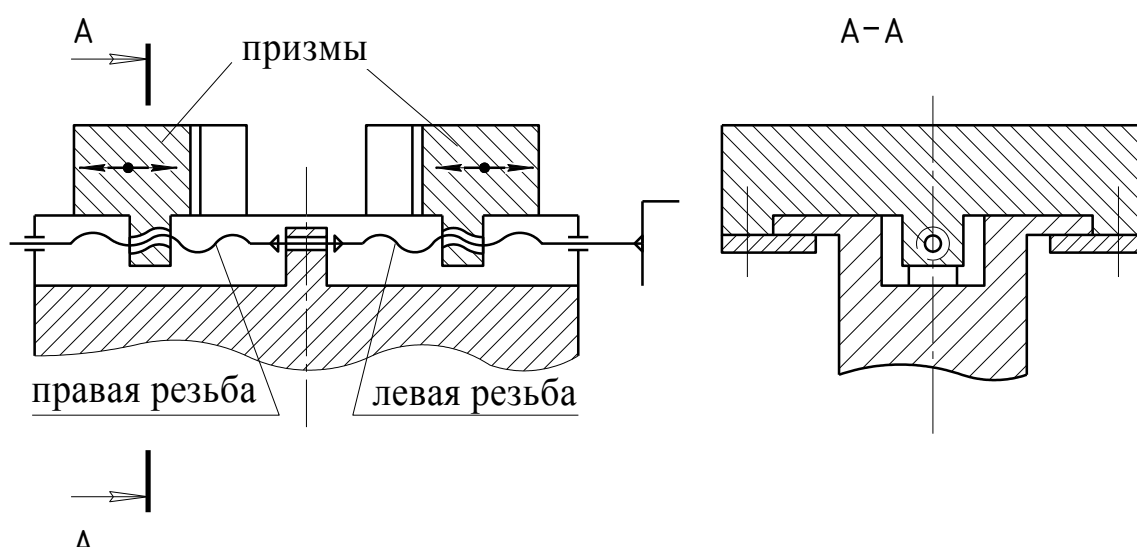


Рис. 4.4. Винтовой механизм

Винтовой механизм является очень простым и надёжным механизмом, создающим значительную силу зажима. Основным его недостатком является затруднённость его механизации. Но даже когда подобные приспособления механизмируются (например, путём применения рейки), то «ход» их невелик. Поэтому применяется они, в основном, с ручным зажимом. Расчёт усилия зажима производится, как и в винтовых зажимных механизмах.

4.3. РЕЕЧНО-ЗУБЧАТЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Реечно-зубчатый механизм, схема которого приведена на рис. 4.5, более удобен с точки зрения его механизации.

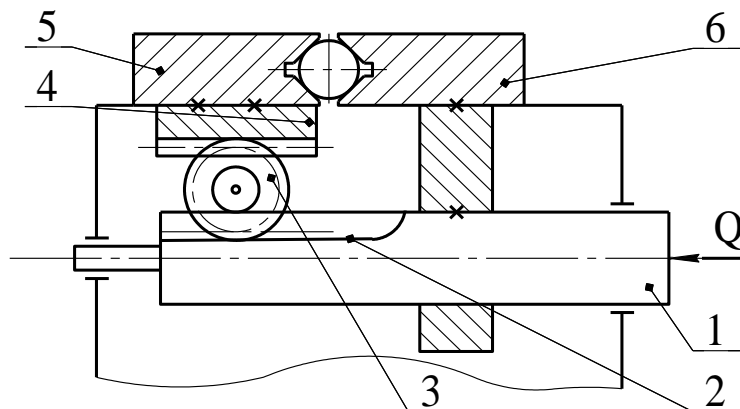


Рис. 4.5. Реечно-зубчатый механизм

Шток 1 справа соединен с приводом, а на левом его конце выполнена рейка 2, которая входит в зацепление с зубчатым колесом, вращающимся на неподвижной оси, установленной в корпусе механизма. С этим зубчатым колесом входит в зацепление вторая рейка 4, прикреплённая к ползуну с призмой 5. Вторым ползун с призмой 6 соединён непосредственно со штоком 1. Таким образом, при перемещении штока влево призмы, получая встречное движение, центрируют и зажимают заготовку.

Точность центрирования такого механизма невелика, порядка 0,3–0,5 мм. Эти механизмы применяют обычно на фрезерно-центровальных станках в серийном, крупносерийном и массовом производствах. Сила зажима W в таких механизмах равна исходной силе Q с учетом КПД механизма η_m , то есть:

$$W = Q \cdot \eta_m.$$

4.4. СПИРАЛЬНО-РЕЕЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Эти механизмы используют для перемещения кулачков в токарных самоцентрирующихся патронах.

Конструкция спирально-реечного механизма включает:

- 1) спираль Архимеда, нарезанную на диске;
- 2) рейку, выполненную на кулачке.

При вращении диска против вращения часовой стрелки, кулачки одновременно перемещаются к центру, и, наоборот, при вращении диска по часовой стрелке — от центра (рис. 4.6).

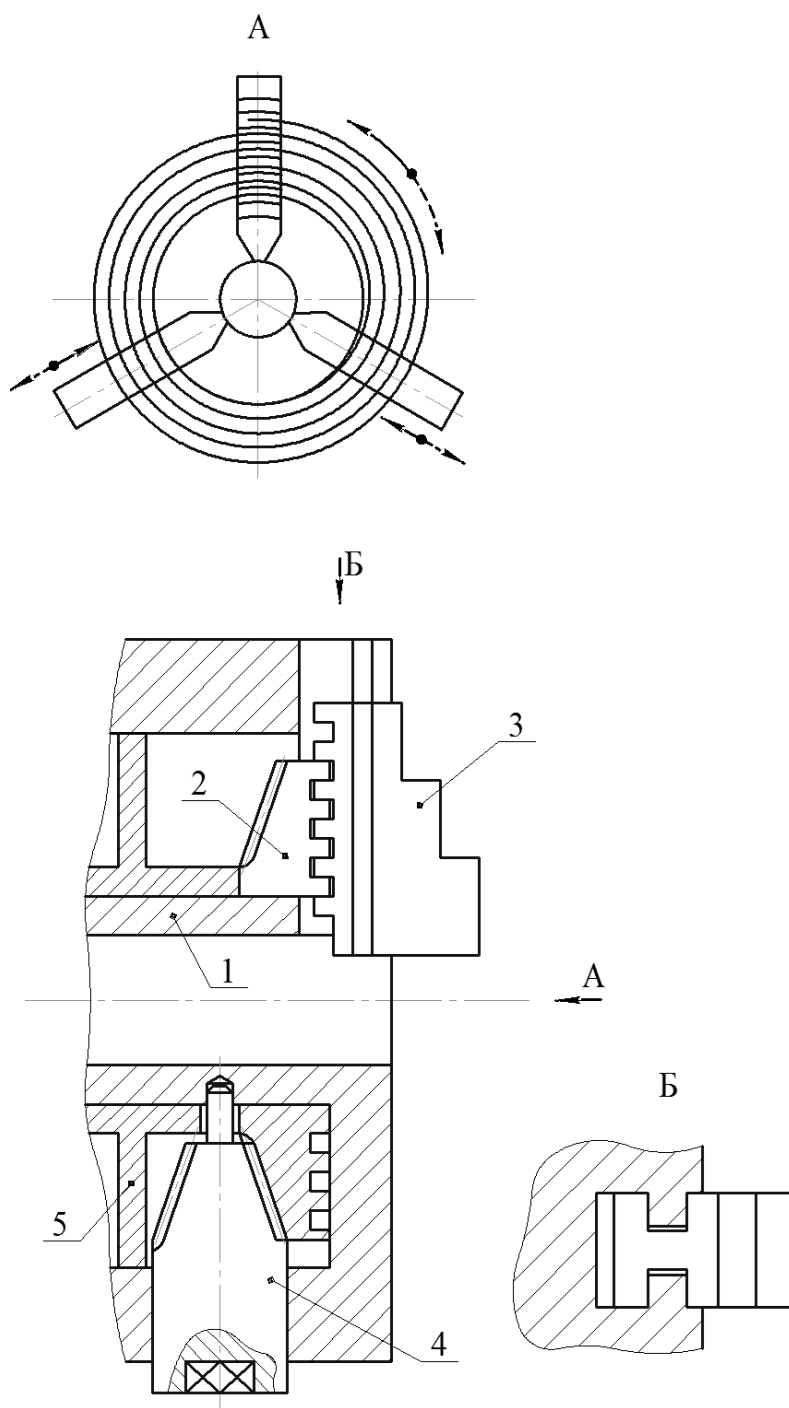


Рис. 4.6. Спирально-реечный механизм

В корпусе 1 патрона установлен диск 2, имеющий с одной стороны спиральную нарезку, которая входит в зацепление с рейкой кулачка 3 (на изображении только 1 кулачок). На другой стороне диска выполнено коническое колесо, с которым входит в зацепление коническая шестерня 4, вмонтированная в радиальные отверстия корпуса. Крышка 5 лишает диск осевых перемещений и предохраняет механизм от попадания стружки и грязи. Конструкция патрона стандартизована ГОСТ2675-71.

4.5. КЛИНОПЛУНЖЕРНЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Такие механизмы (рис. 4.7) часто используются в патронах для токарной обработки с центрированием как по внутренним, так и по наружным цилиндрическим поверхностям.

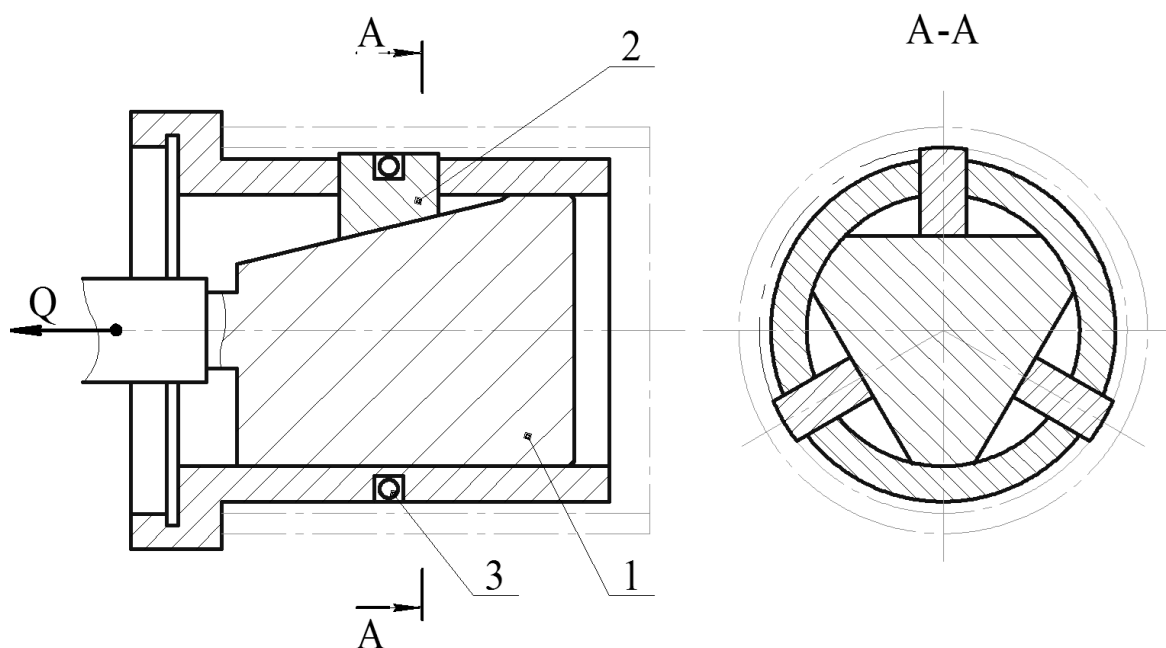


Рис. 4.7. Клиноплунжерный механизм

При перемещении трёхскосого клина 1 влево, плунжеры 2 расходятся, центрируя и закрепляя заготовку. При движении клина вправо плунжеры под действием усилия пружины 3 перемещаются к центру.

Погрешность центрирования в клиноплунжерных механизмах составляет 0,2–0,5 мм. Поэтому, патроны с такими механизмами применяют обычно для установки по черновым базам на черновых операциях. Такие патроны стандартизованы ГОСТом 16886-71.

4.6. МЕХАНИЗМЫ С УПРУГОДЕФОРМИРУЕМЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Рассмотренные ранее самоцентрирующие механизмы имеют значительную погрешность центрирования из-за большого количества деталей, которые обеспечивают синхронное движение подвижных (установочных) элементов. Гораздо лучшее центрирование обеспечивают механизмы, у которых установочные элементы объединены в одну деталь, а перемещение этих установочных элементов происходит за счёт упругих деформаций элементов детали, несущих установочные элементы. К группе механизмов с упругодеформируемыми элементами относятся:

- цанговые механизмы;
- мембранные механизмы;
- гидропластовые механизмы.

Основными элементом цангового зажимного механизма являются цанги.

Цангами называются разрезные пружинящие втулки. Они могут центрировать заготовку как по наружной, так и по внутренней поверхности, но большее распространение имеют первые (рис. 4.8).

Положение цанги в шпинделе определяется направляющим пояском 1 и конусом 2 (вершина которого может быть расположена и в обратную сторону). При зажиме сила Q перемещает цангу влево, конус 2 контактирует с жёстким упором 3 (например, шпинделем), лепестки деформируются, и происходит зажим заготовки. Но цанги используются не только для зажима цилиндрических заготовок.

Их применяют и при зажиме профилей самых различных сечений (рис. 4.9). Цанги изготавливают из стали У8А или 65Г. рабочую

часть закаливают до твёрдости HRC 55-62. Хвостовую часть подвергают отпуску до твёрдости HRC 30-40.

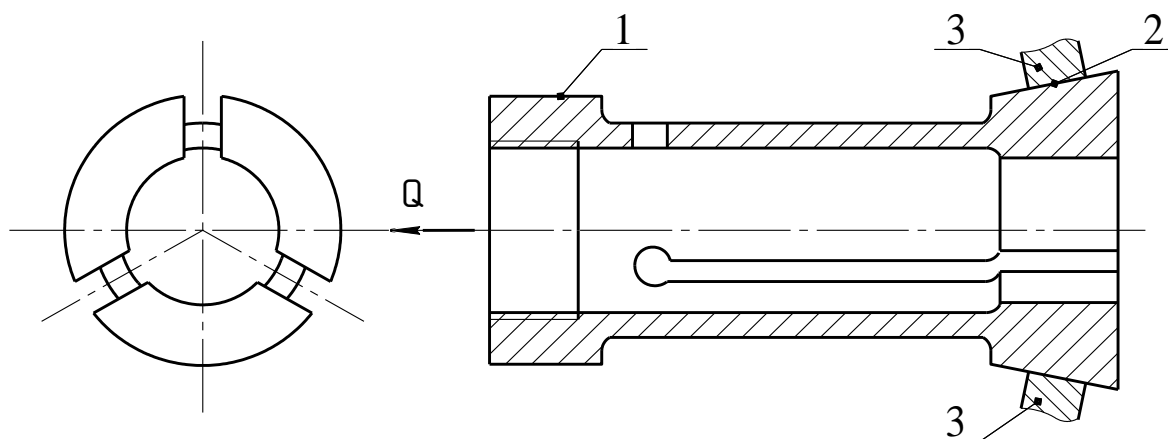


Рис. 4.8. Схема наиболее распространённого вида цанг

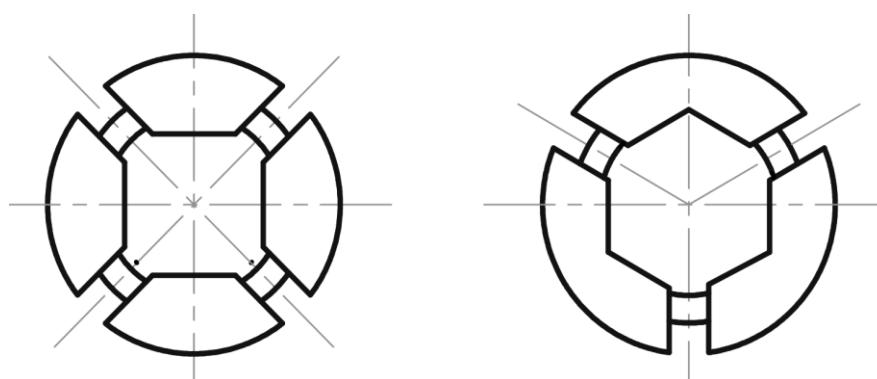


Рис. 4.9. Цанги для зажима различных профилей

Для сохранения работоспособности цанги деформация её лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это определяет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки, который должен быть выполнен не грубее девятого качества.

Существующие цанговые механизмы можно разбить на три типа в зависимости от:

- расположения конуса цанги;
- характера работы цанги в механизме.

Цанги первого типа (рис. 4.10) имеют конус, вершина которого обращена от шпинделя. Для закрепления заготовки (которая на схеме

изображена для наглядности основными линиями) необходимо с помощью исходной силы Q вдвинуть цангу 1 в конус гайки 2, навинченную на шпиндель станка. Достоинство таких цанговых механизмов заключается в том, что конструктивно они достаточно просты, и в том, что цанга работает на сжатие (закалённая сталь имеет большие допустимые напряжения при сжатии, чем при растяжении).

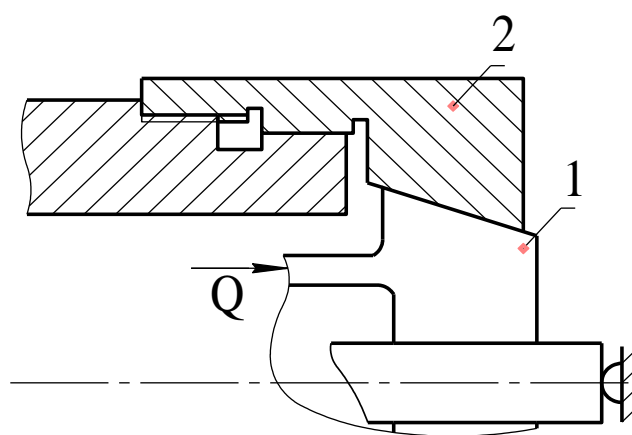


Рис. 4.10. Цанговый механизм с гайкой

Несмотря на это, цанги первого типа находят ограниченное применение из-за большого количества недостатков:

- осевая сила резания стремится «раскрыть» цангу;
- центрирование головки цанги осуществляется гайкой, которая из-за наличия резьбы может занимать различное положение (в радиальном направлении) на шпинделе, что приводит к неудовлетворительному центрированию;
- при подаче прутка возможно преждевременное, самопроизвольное «запирание» цанги.

Цанги второго типа (рис. 4.11) имеют конус, вершина которого обращена к шпинделю. Для закрепления заготовки необходимо с помощью исходной силы Q втягивать цангу 1 в коническое отверстие шпинделя 2.

Достоинствами такого механизма являются:

- хорошее центрирование заготовки новым механизмом, так как конус под цангу расположен непосредственно в шпинделе;
- во время подачи прутка до упора не может возникнуть заклинивания;
- осевая сила резания не раскрывает, а запирает цангу, увеличивая силы закрепления.

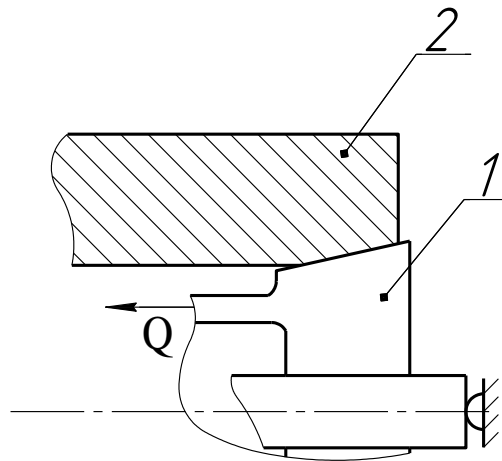


Рис. 4.11. Цанговый механизм с центрированием в шпинделе

Недостатками механизма являются:

- быстрое изнашивание конического отверстия шпинделя от многочисленных контактов с цангой, в результате чего снижается точность центрирования;
- резьба на цангах часто выходит из строя (так как она воспринимает всю исходную силу Q);
- низкая гарантия точности осевой фиксации, так как при закреплении прутков может отходить от упора.

Несмотря на перечисленные недостатки, цанги второго типа получили широкое применение в:

- многшпиндельных прутковых автоматах и полуавтоматах;
- некоторых одношпиндельных станках;
- приспособлениях.

Цанги третьего типа (рис. 4.12) также имеют конус, вершина которого обращена к шпинделю, но работают они за счёт осевого перемещения промежуточной втулки 2 с коническим отверстием.

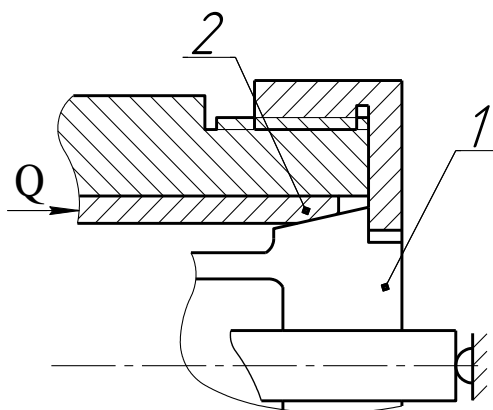


Рис. 4.12. Цанговый механизм с промежуточной втулкой

При закреплении заготовки цанга остаётся неподвижной. Такая конструкция позволяет избежать большинства недостатков, присущих цангам первого и второго типов. Однако одним из существенных недостатков цанг третьего типа является увеличение радиальных габаритов. Поэтому они не нашли широкого применения в многошпиндельных автоматах, так как такая конструкция приводит к резкому увеличению шпиндельного блока. Наиболее широкое распространение цанги третьего типа получили в одношпиндельных автоматах и револьверных станках. Погрешность центрирования обусловлена неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,05–0,1 мм.

Для расчёта требуемой исходной силы Q , создающей силу зажима W , можно представить, с достаточной для практики точностью, каждый лепесток цанги в виде одного плоского клина (рис. 4.13).

Схема сил, действующих на лепесток цанги в механизме первого типа, представлена на рис. 4.13, а.

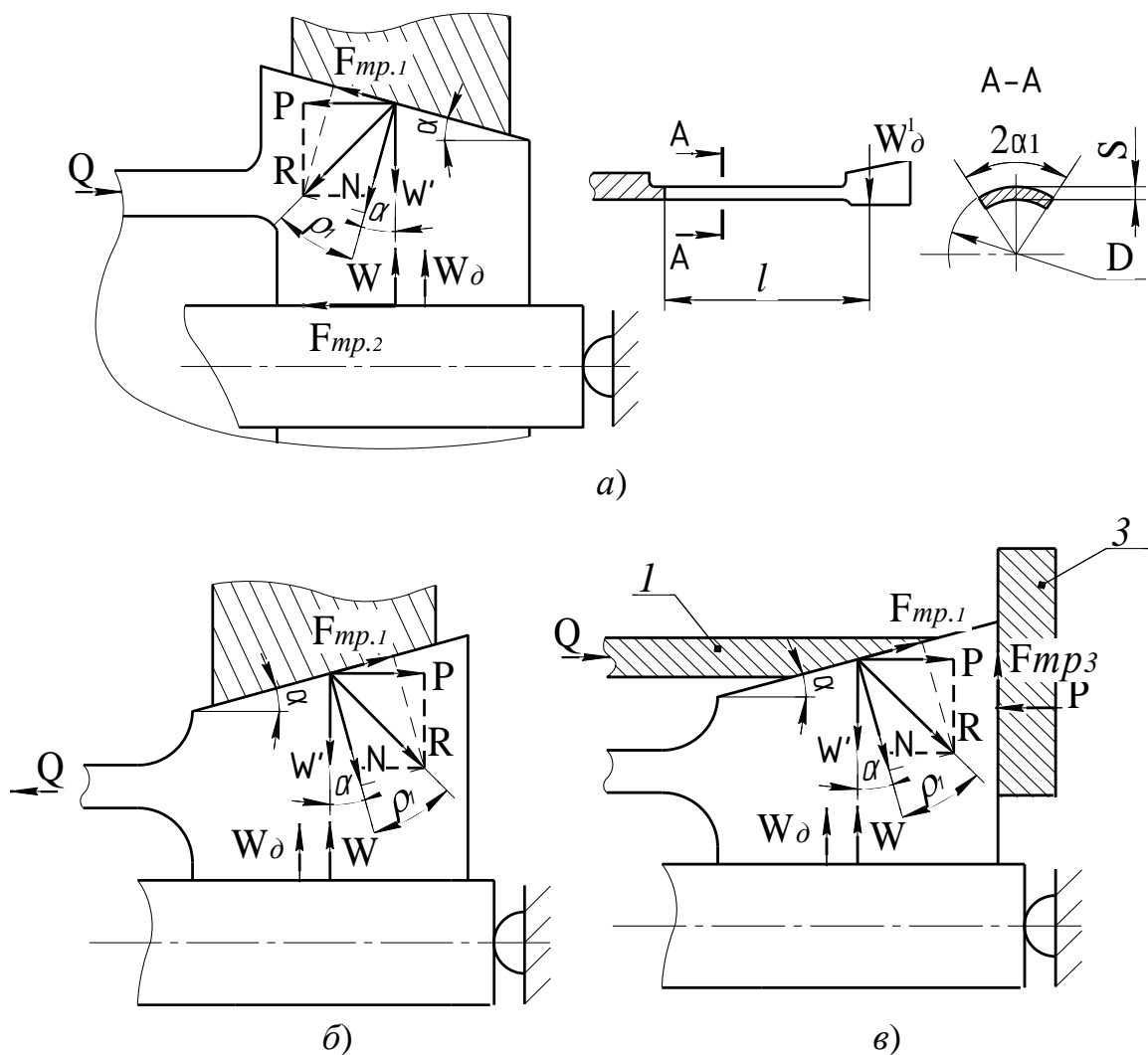


Рис. 4.13. Схема для расчета требуемой исходной силы

W_δ — сила, затрачиваемая на деформацию всех лепестков цанги. Считаем лепесток консольно-закреплённой балкой с вылетом l . Известно, что прогиб такой балки:

$$y = W_\delta^1 \cdot \frac{l^3}{3 \cdot E \cdot J},$$

где E — модуль упругости материала цанги; J — момент инерции сечения (сектора) тонкой части лепестка цанги в мм^4 (сечение А-А); он приблизительно равен:

$$J = \left(D^3 \cdot \frac{S}{8}\right) \cdot \left(\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cdot \cos \alpha_1 - \frac{2 \cdot \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1}\right),$$

где S — толщина стенки лепестка в мм; α_1 — половина угла сектора лепестка цанги.

Следовательно, сила, необходимая для деформации одного лепестка, равна:

$$W_{\text{д}}^1 = 3 \cdot E \cdot J \cdot \frac{y}{l^3},$$

а для всех n лепестков:

$$W_{\text{д}} = 3 \cdot E \cdot J \cdot \frac{y}{l^3} n;$$

$$P = W^1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) = (W + W_{\text{д}}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1);$$

$$Q = P + F_{\text{мп}2} = (W + W_{\text{д}}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + W \cdot \operatorname{tg} \rho_2.$$

Примечание. Во многих книгах $Q = (W + W_{\text{д}}) \cdot [\operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) + W \cdot \operatorname{tg} \rho_2]$, что неверно, так как сила $F_{\text{мп}2}$ не может быть равна $(W + W_{\text{д}}) \cdot \operatorname{tg} \rho_2$.

Уравнение равновесия лепестка цанги для механизма второго типа выглядит следующим образом (рис. 4.13, б):

$$P = Q = W^1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) = (W + W_{\text{д}}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1).$$

Здесь трение между цангой и заготовкой отсутствует (так как при отсутствии упора слева заготовка перемещается вместе с цангой).

В механизмах третьего типа деформация тонкостенной части лепестка цанги производится с помощью промежуточной втулки 1 (рис. 4.13, в).

Если пренебречь трением между втулкой 1 и внутренней поверхностью шпинделя (втулка считается абсолютно жёсткой), то $P = Q$.

Но в этом механизме возникает сила трения $F_{\text{мп}3}$ на торце цанги.

Из силового многоугольника

$$Q = W^1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1);$$

$$W^1 = W + W_{\text{д}} + F_{\text{мп}3};$$

$$F_{\text{мп}3} = Q \cdot \operatorname{tg} \rho_3.$$

После подстановок и преобразований

$$Q = (W + W_{\text{д}} + Q \cdot \operatorname{tg} \rho_3) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1);$$

$$Q - Q \cdot \operatorname{tg} \rho_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1) = (W + W_{\text{д}}) \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1),$$

откуда

$$Q = \frac{(W + W_{\text{д}}) \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1)}{1 - \operatorname{tg} \rho_3 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho_1)}.$$

4.7. МЕМБРАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Мембранные механизмы применяют для центрирования по наружной и внутренней поверхностям заготовок типа дисков, колен, втулок. Основной деталью таких механизмов является мембрана. Механизмы с мембранами обладают более высокой точностью центрирования по сравнению с цанговыми. Впервые они появились в подшипниковой промышленности для закрепления колец подшипников на шлифовальных станках. Чаще всего используются чашечные и кольцевые (в виде тарельчатых пружин) мембранные механизмы.

4.7.1. Самоцентрирующий патрон с чашечной мембраной

В этом патроне (рис. 4.14) обрабатываемая заготовка зажимается внутренними силами упругости мембраны 1 посредством её кулачков 2. Исходная сила Q служит только для раскрытия кулачков мембраны, число кулачков берётся обычно в пределах 6–12.

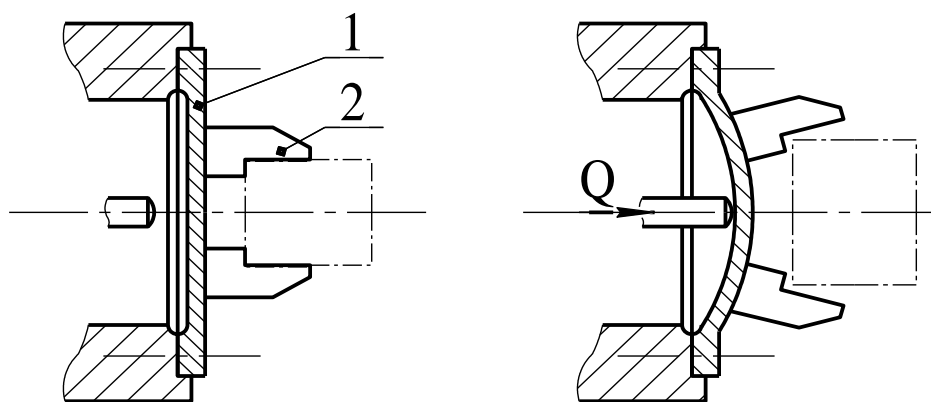


Рис. 4.14. Схема самоцентрирующего патрона с чашечной мембраной

Силовой расчёт такого механизма можно провести, рассматривая мембрану как круглую, заделанную по контуру пластинку, нагруженную равномерно распределённым по окружности расположению кулачков изгибающим моментом.

Конструкции и основные параметры мембранных патронов приведены в ГОСТах 21277-75; 21278-75; 21279-75.

Точность центрирования составляет 0,003–0,005 мм.

Материал мембраны — 64Г, У10А, 30ХГС, закалённые до твёрдости HRC 40...45.

4.7.2. Оправка с кольцевыми мембранами

Как видно из рис. 4.15, на корпус 1 механизма надеты два пакета мембран 2, между которыми расположена распорная втулка 3. При осевом сжатии мембран силой Q диаметр их наружной поверхности увеличивается, а внутренний — уменьшается. Поэтому механизмы с такими мембранами могут центрировать заготовки как по наружной, так и по внутренней поверхностям. В зависимости от размера мембраны (тарельчатых пружин) наружный их диаметр при деформации может увеличиваться на 0,1–0,4 мм.

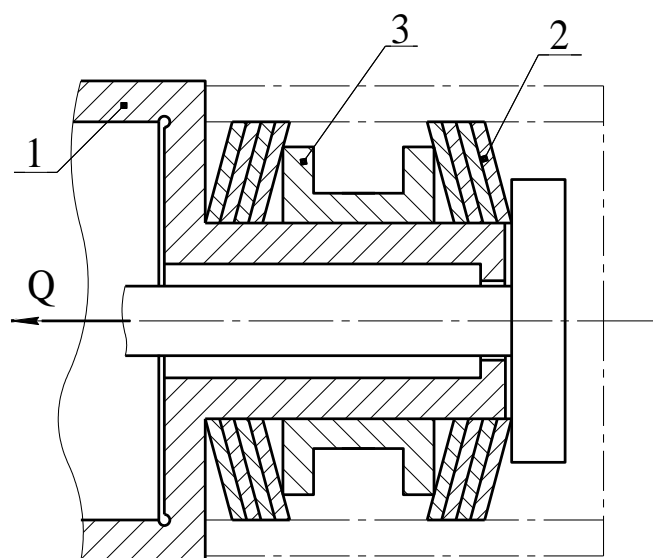


Рис. 4.15. Схема оправки с кольцевыми мембранами

Базирующие поверхности должны быть обработаны по 7–11 качеству.

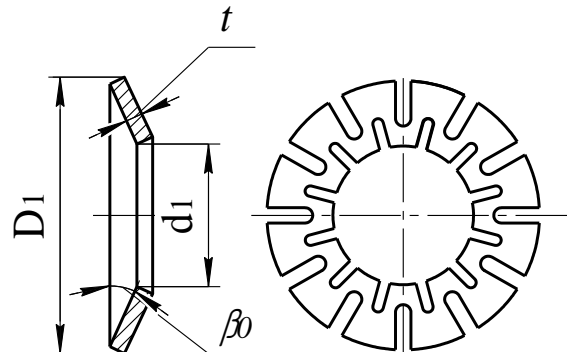


Рис. 4.16. Кольцевая мембрана

Точность центрирования таких механизмов составляет 0,01–0,02 мм. Кольцевая мембрана (рис. 4.16) представляет собой коническое кольцо, сплошное или чаще с двумя рядами прорезей (наружных и внутренних) для повышения эластичности. Для определения необходимой исходной силы Q нужно рассмотреть равновесие мембраны в конечном положении. Наличие радиальных прорезей позволяет с достаточной для практических расчётов точностью рассматривать мембрану как наклонную распорку между корпусом и заготовкой (рис. 4.17).

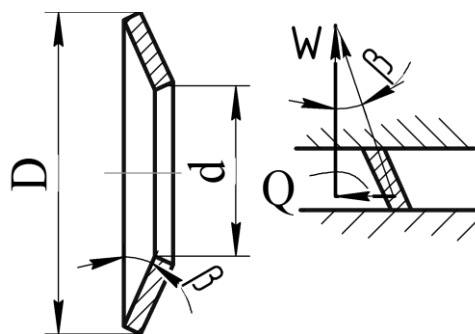


Рис. 4.17. Схема для расчета кольцевой мембраны

Из силового треугольника:

$$0,75 \cdot Q = W \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где β — угол наклона мембраны в деформированном состоянии, $\beta \approx 10^\circ$; коэффициент 0,75 введён из расчёта, что 25 % исходной силы Q расходуется на деформацию мембраны в пределах зазора между базовым отверстием заготовки и мембраной в недеформированном состоянии. Тарельчатые пружины нормализованы.

4.7.3. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой

Эти механизмы (рис. 4.18) получили широкое распространение. Рассмотрим схему оправки с упругой гильзой 1, разжимаемой изнутри гидропластмассой 2. Затягивая винт 3, воздействуют на гидропластмассу. В результате возникает гидростатическое давление, которое (по закону Паскаля) равномерно передаётся на все стенки полости. Но деформируется только тонкостенная часть гильзы 1, которая, увеличиваясь в диаметре, закрепляет заготовку 4. Обработку поверхностей баз необходимо производить с точностью 7–9 квалитетов. Точность центрирования в таких механизмах достигает 0,005–0,01 мм.

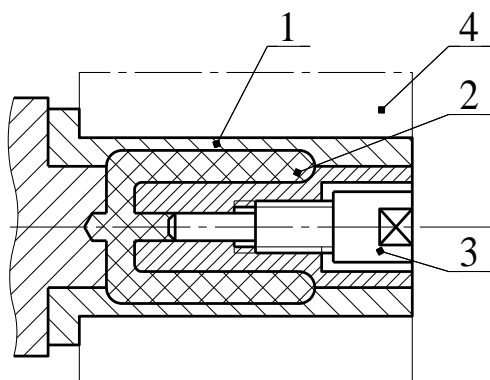


Рис. 4.18. Самоцентрирующие механизмы с гидропластмассой

Гидропластмасса — это студнеобразивная масса, обладающая большой вязкостью. Она начинает просачиваться через зазор 0,03 мм только при давлении 30 МПа (300 атм.).

Для изготовления деформируемых гильз применяют стали марок У7А 30ХГС, с их термообработкой до твердости HRC 35-40.

При проектировании механизмов с гидропластмассой рассчитывают:

- параметры упругих тонкостенных гильз;
- размеры плунжера и ход поршня у механизированных приспособлений.

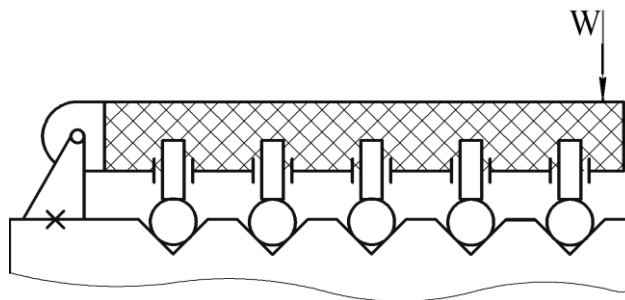


Рис. 4.19. Схема установки заготовок с использованием гидропластмассы

Механизмы с гидропластмассой очень удобны для закрепления заготовок в многоместных приспособлениях. На рис. 4.19 показан пример закрепления с помощью такого механизма большого количества заготовок.

5. СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Механизация и автоматизация приспособлений проводится для повышения производительности обработки заготовок и облегчения труда рабочего при базировании и закреплении заготовок, при различных поворотах и фиксации элементов приспособления в процессе обработки, снятия изготовленных деталей, дальнейшей транспортировки деталей и так далее. Одним из основных средств механизации и автоматизации является силовой привод (или просто привод), устраняющий необходимость применения мускульной силы человека. Непосредственно привод обеспечивает, как правило, только два вида элементарных движений связанного с ним рабочего органа приспособления — поступательное и вращательное движения. Но при помощи определённой системы, например, кинематических цепей (свя-

зей) можно обеспечить автоматическое срабатывание в заранее заданной последовательности всех других рабочих органов приспособления. Но основным назначением силового привода является создание исходной силы Q , необходимой для закрепления заготовок силой зажима W .

Приводы обычно классифицируют по виду энергии, преобразуемой приводом в механическую энергию. Как уже отмечалось, в приспособлениях используют приводы: пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электрические, магнитные и электромагнитные, вакуумные, центробежно-инерционные, от движущихся частей станка (энергия привода станка).

5.1. ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Исходной энергией в пневмоприводах является энергия сжатого воздуха.

Достоинствами пневмопривода являются:

- быстроедействие (время срабатывания часто составляет доли секунды);
- простота управления его работой;
- надежность и стабильность в работе;
- нечувствительность к изменению температуры окружающей среды (у масла, например, изменяется вязкость);
- рабочей средой является воздух.

При использовании пневмопривода необходимо иметь в виду, что скорость течения масла в трубопроводе гидравлического устройства составляет 2,5–4,5 м/сек, а максимально возможная — 9 м/сек. Воздух, находящийся под давлением (0,4–0,5) МПа (или (4–5) кгс/см²), распространяется по трубопроводу со скоростью до 180 м/сек и более. Поэтому в течение часа возможно до 2500 срабатываний пневмопривода (скорость срабатывания рассчитывается по рекомендациям [4]).

К недостаткам пневмопривода относятся:

- большие габариты из-за низкого давления воздуха в пневмосети (как правило (0,4–0,5) МПа);
- неплавность работы;
- невысокий КПД $\eta = 0.85...0.9$, причём, чем меньше диаметр цилиндра, тем ниже КПД;
- шум при выпуске отработанного воздуха.

Несмотря на эти недостатки, пневмопривод получил большое распространение (особенно в цехах, где имеется пневмосеть).

Пневмопривод включает в себя:

- пневмодвигатель, преобразующий энергию сжатого воздуха в силу на штоке Q ;
- пневмоаппаратуру, к которой относятся контролирующие приборы, распределительные и предохранительные устройства и т. д.;
- воздухопроводы.

Пневмодвигатель часто komponуют в одну конструкцию с приспособлением. Остальные устройства размещают вне приспособления и соединяют их воздухопроводами.

Пневмодвигатели бывают трёх видов, которые схематично представлены ниже:

- сильфонные (рис. 5.1).

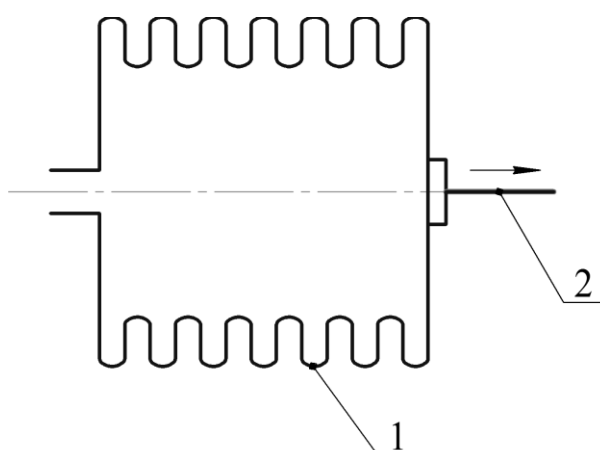


Рис. 5.1. Сильфонный пневмодвигатель

- диафрагменные пневмодвигатели (или пневмокамеры) (рис. 5.2);

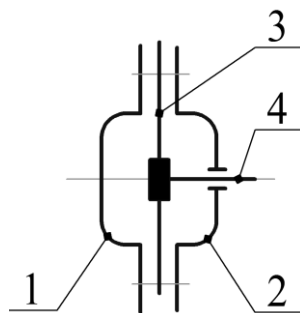


Рис. 5.2. Пневмокамера

- поршневые, обычно называемые пневмоцилиндрами (рис. 5.3).

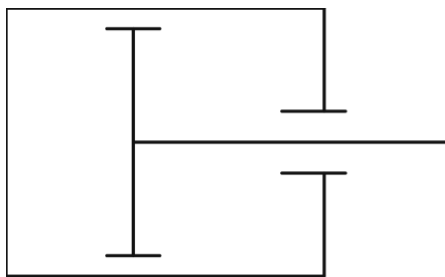


Рис. 5.3. Пневмоцилиндр

Рабочая полость сильфонного двигателя (рис. 5.1), представляет собой гофрированную замкнутую камеру 1 из тонколистовой коррозионностойкой стали, латуни или фосфористой бронзы. При подаче воздуха в эту камеру она расширяется (в пределах упругой деформации) в направлении рабочего хода штока 2. Однако из-за опасности радиальной деформации диафрагмы в этих двигателях возможно использование только невысоких давлений воздуха, а, следовательно, они не могут создавать достаточных для закрепления заготовок сил зажима. Поэтому их чаще применяют в приборостроении.

Пневмокамера (рис. 5.2) выполняется в виде конструкции из двух литых или штампованных чашек 1 и 2, между которыми зажата упругая диафрагма 3, из стали или прорезиненной ткани. Рабочий ход

штока 4 ограничен величиной возможной упругой деформацией диафрагмы. Для пневмокамер с плоской мембраной допустимый ход штока $S = (0,15 - 0,2) \cdot D$ от исходного положения в сторону действия создаваемой силы [5] (рис. 5.4). Можно увеличить этот ход до $S \approx 0,3 \cdot D$, применяя тарельчатые мембраны (диафрагмы). Для соединения штока с мембраной (диафрагмой) используется одна либо две опорные шайбы 1. Выбор диаметра этих шайб и различные варианты соединений рассмотрены в [1, 2]. Расчёт усилия на штоке приведён в [1, 2, 4].

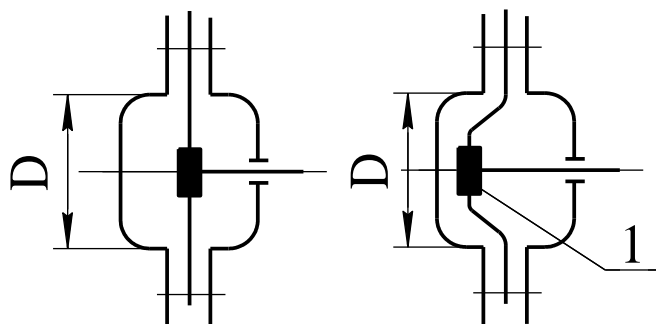


Рис. 5.4. Схема конструкций пневмокамер

У пневмоцилиндров (рис. 5.3) рабочий ход может быть очень большим. Он ограничивается только прочностью, жёсткостью, продольной устойчивостью.

По источнику энергии обратного хода различают пневмоцилиндры (как и пневмокамеры):

- 1) одностороннего действия, в которых рабочий ход осуществляется сжатым воздухом, а холостой ход — усилием пружины;
- 2) двустороннего действия, в которых и рабочий ход, и холостой ход осуществляется сжатым воздухом.

Двигатели одностороннего действия (рис. 5.5) применяются, когда не требуется иметь большой ход штока (так как ход ограничен допустимой деформацией пружины), и когда при холостом ходе не требуется большой силы (то есть нельзя применять для самотормозя-

щих зажимных механизмов). В них создаётся так называемая «толкающая» сила Q .

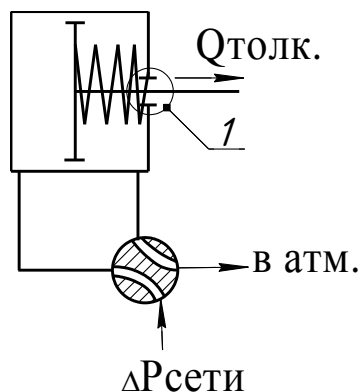


Рис. 5.5. Схема двигателя одностороннего действия

Достоинства двигателей одностороннего действия:

- расход воздуха в два раза меньше, чем у двигателей двустороннего действия;
- не требуется уплотнения подвижного соединения 1 крышки и штока.

Двигатели двустороннего действия (рис. 5.6) применяются в случаях когда:

- требуется большой ход;
- требуются большие силы при холостом ходе.

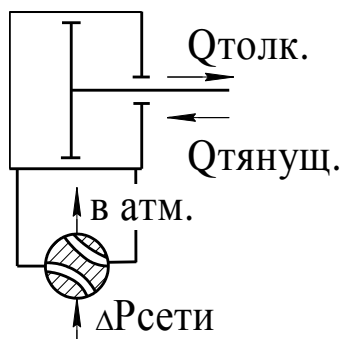


Рис. 5.6. Схема двигателя двустороннего действия

Недостатки в сравнении с предыдущим двигателем:

- больший в два раза расход воздуха;
- необходимо уплотнение соединения крышки со штоком;
- разные величины $Q_{тян}$ и $Q_{толк}$ (при одном и том же $\Delta P_{сети}$).

Для выравнивания рабочих усилий применяются двигатели двустороннего действия с двусторонним штоком (рис. 5.7).

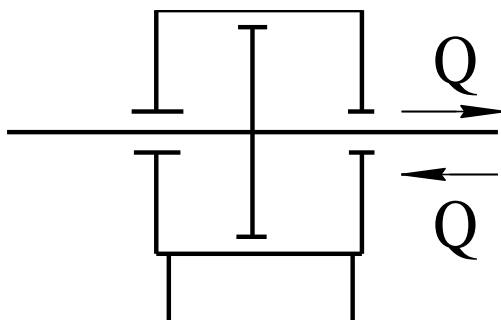


Рис. 5.7. Схема двигателя двустороннего действия с двусторонним штоком

В случаях, когда требуется большая исходная сила Q , а нет возможности увеличить диаметральные размеры, применяются двигатели с двумя, тремя и так далее поршнями (см. рис. 5.8).

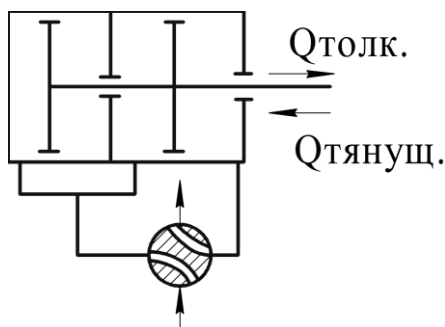


Рис. 5.8. Схема двигателя с двумя поршнями

По методам компоновки с приспособлением как поршневые, так и диафрагменные двигатели могут быть встроенными, прикрепляемыми или приставными. У встроенных двигателей цилиндры растачиваются непосредственно в корпусе приспособления, что обеспечи-

124

вает малые габариты приспособления. Они применяются, в основном, в крупносерийном и массовом производствах. Прикрепляемые двигатели монтируются на корпусе приспособления. Если приспособление больше не применяется, то двигатель отделяется от него и используется на другом приспособлении. Приставные двигатели (агрегатируемые) представляют собой самостоятельный механизм, закреплённый на станке отдельно от приспособления. Прикрепляемые пневмоцилиндры на номинальное давление стандартизованы ГОСТом 15608-70 (наружный диаметр D от 25 мм до 400 мм). При проектировании двигателей (например, встроенных) необходимо стремиться к максимальному использованию стандартных элементов: гильз, поршней, штоков и других деталей.

5.2. УПЛОТНЕНИЯ ПНЕВМО- И ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ

Уплотнения необходимы для предотвращения утечек рабочей среды — воздуха в пневмодвигателях и масла в гидродвигателях. Они являются одним из наиболее ответственных элементов привода. Уплотнения устанавливаются как в подвижных так в неподвижных соединениях привода. Подвижными являются сопряжения 1 (рис. 5.9):

- поршня с цилиндром;
- штока с крышкой;

К неподвижным относятся сопряжения 2:

- штока с поршнем;
- крышек с цилиндром.

Основные требования, предъявляемые к уплотнениям:

- 1) герметичность при всех рабочих режимах;
- 2) высокая износостойкость;
- 3) высокая химическая стойкость;
- 4) минимальные потери на трение;
- 5) удобство монтажа и демонтажа.

Износостойкость уплотнений подвижных соединений обеспечиваются смазкой уплотняемых поверхностей (для всех существующих

материалов уплотнений). В гидравлических приводах смазкой является рабочая среда (масло).

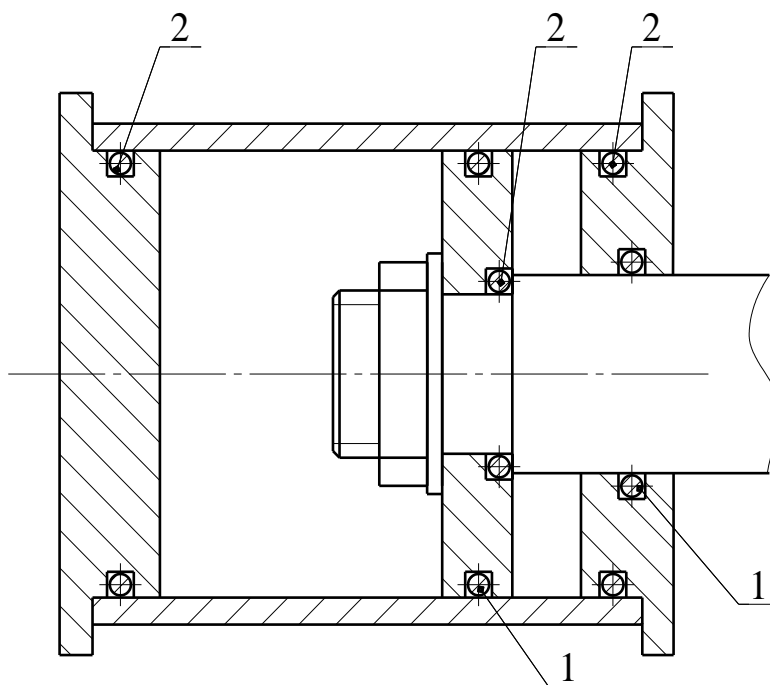


Рис. 5.9. Уплотнения элементов пневмоцилиндра

В пневматических приводах требуется специальный подвод смазки к уплотняемым поверхностям. Для этого используются специальные блоки подготовки воздуха, включающие в себя:

- фильтры-влагоотделители;
- маслораспылители;
- контрольно-регулируемую аппаратуру и т. д.

Иногда эти блоки бывают внушительных размеров.

В современных конструкциях пневматических и гидравлических цилиндрах применяются два типа уплотнений:

- манжеты V-образные (рис. 5.10, б);
- кольца круглого сечения (рис. 5.10, в).

Манжеты уголкового типа (рис. 5.10, а) используются в основном для восстановительных работ и только для пневмоцилиндров диаметром более 100 мм.

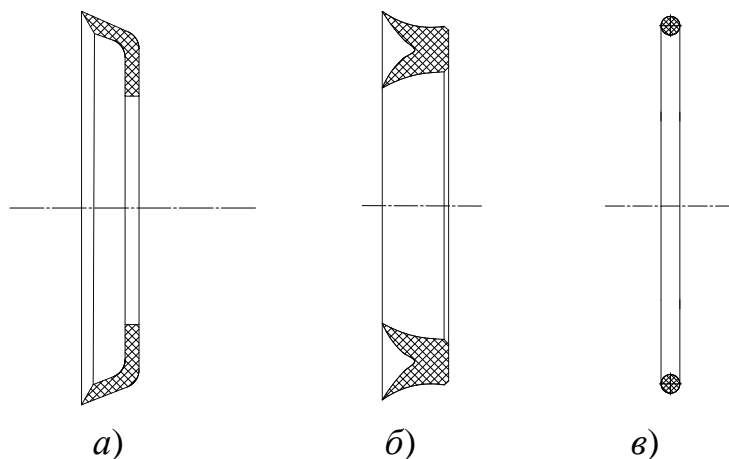


Рис. 5.10. Типы манжет

Конструктивное оформление уплотнительных узлов и рекомендации по выбору типа уплотнения приведены в [1, 2, 5].

Силу на штоке цилиндра одностороннего действия рассчитывают по формуле:

$$Q = \Delta p \cdot S_{эф} \cdot \eta - P_{пр},$$

где Δp — давление воздуха в сети; $S_{эф}$ — эффективная площадь поршня; η — КПД цилиндра (зависит от типа уплотнения); $P_{пр}$ — сила предельно сжатой пружины обратного хода.

Для цилиндра двустороннего действия аналогичная сила

$$Q = p \cdot S_{эф} \cdot \eta.$$

5.3. ПРИВОДЫ С ГИДРАВЛИКОЙ

Конструкция гидравлических цилиндров во многом аналогична конструкции пневмоцилиндров.

По сравнению с пневмоприводом, у приводов с гидравликой имеются следующие преимущества:

1) малые габаритные размеры силовых агрегатов, а, следовательно, и всего приспособления, в связи с тем, что давление масла значительно выше, чем давление воздуха. Номинальное давление масла для стандартных цилиндров составляет 10 МПа;

2) рабочей средой в гидроприводах является масло (обычно индустриальное 20), поэтому они не требуют дополнительной смазки;

3) работают плавно и бесшумно.

К недостаткам можно отнести:

1) высокую стоимость привода (из-за относительной высокой стоимости насосов и контрольно-регулирующей аппаратуры);

2) требования более высокой точности изготовления цилиндров;

3) повышенные требования к эксплуатации в целях предупреждения утечки масла.

По источнику исходной энергии приводы с гидравликой делятся на:

- гидравлические;
- пневмогидравлические;
- механогидравлические.

5.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ

В гидроприводах давление создаётся насосами, приводящимися в действие электрическими двигателями. Эти приводы, как правило, komponуются в независимую установку, в которую кроме электрического двигателя и насоса входят также резервуар для масла и аппаратура управления и регулирования. Такая установка в зависимости от её мощности может обслуживать (питать) рабочие гидроцилиндры одного или нескольких приспособлений. Питание гидроцилиндров приспособлений осуществляется от гидроустановки (гидростанции) в крупносерийном и массовом производствах. В серийном и мелкосерийном производствах целесообразно использование приспособлений с гидроприводом только на гидрофицированных станках, где имеется возможность осуществить специальные отводы рабочей жидкости от основной гидросистемы станка. На негидрофицированных станках в серийном и мелкосерийном производствах целесообразно использование пневмогидравлического привода.

5.5. ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПРИВОД

В пневмогидравлическом приводе исходной энергией является энергия сжатого воздуха, которая преобразуется сначала в энергию сжатой жидкости, а затем уже в силу на штоке (рис. 5.11). Пневмогидравлический привод объединяет в себе ряд преимуществ пневмо- и гидропривода.

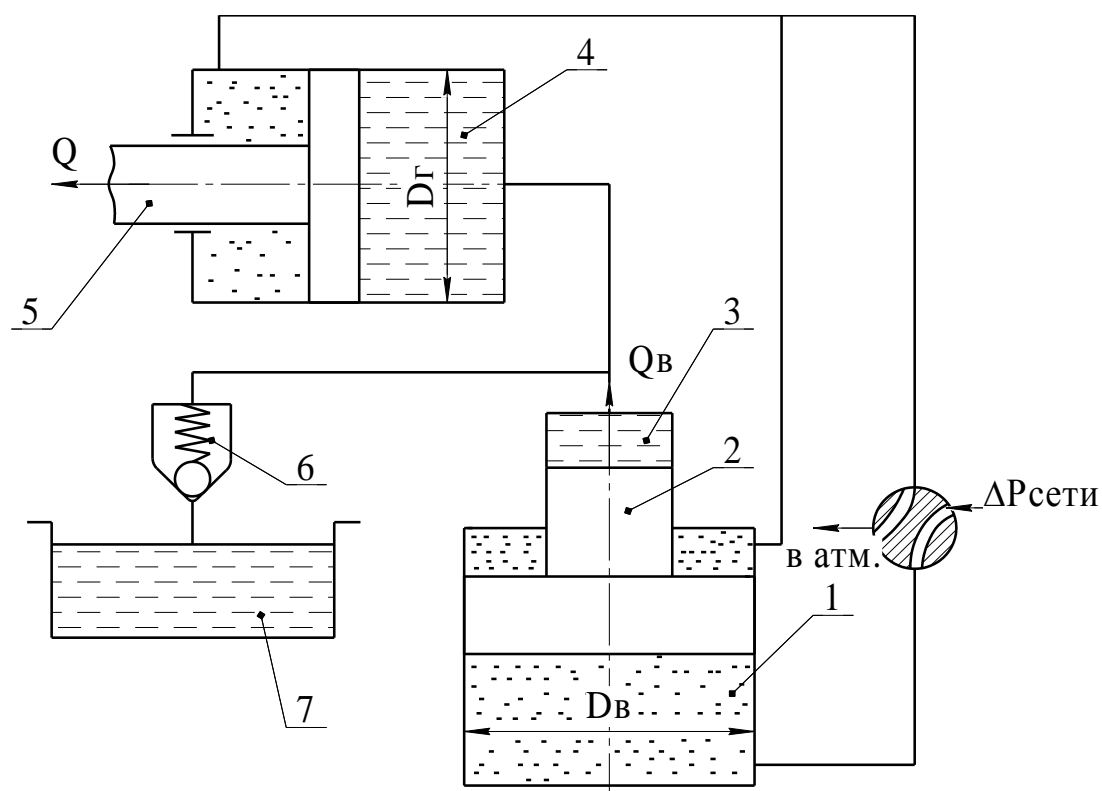


Рис. 5.11. Устройство пневмогидравлического привода

Сжатый воздух подаётся в цилиндр 1, шток 2 которого является поршнем гидроцилиндра 3. Масло из гидроцилиндра 3 по трубопроводу поступает в гидроцилиндр 4, на штоке 5 которого создаётся сила Q . Восполнение утечек масла из системы происходит через обратный клапан 6 из резервуара 7. Расчет пневмогидравлического привода сводится к определению связи между давлением в пневмосети $\Delta P_{\text{е}}$, параметрами привода и силой Q .

Сила, развиваемая гидроцилиндром, равна

где ΔP_r — давление в рабочем гидроцилиндре; D_r — диаметр рабочего гидроцилиндра; η_r — КПД рабочего гидроцилиндра.

$$\Delta P_{\Gamma} = \frac{4 \cdot Q_B}{\pi \cdot D_{\Gamma}^2} = \Delta P_B \cdot \eta_B \cdot \frac{D_B^2}{d^2},$$

После подстановок и преобразований требуемое соотношение выглядит следующим образом:

Обычно давление, создаваемое в гидроцилиндре, ΔP_r , составляет (10–12) МПа.

Применяется в зажимных механизмах, где требуются большие силы зажима.

The diagram shows a mechanical system. A horizontal lever arm of length L is pivoted at its left end. A force P is applied at the pivot point, acting at an angle. The lever arm is connected to a piston rod that passes through a block of material (hatched). The piston rod is connected to a piston (labeled 2) that moves vertically within a cylinder. The cylinder is filled with a fluid (hatched). The piston is connected to a vertical rod that passes through a block of material (hatched). The vertical rod is connected to a horizontal rod (labeled 3) that is fixed to a wall on the right. The horizontal rod is labeled Q at its right end. The vertical rod is labeled Q' at its top end. The lever arm is labeled 1 at its right end. The piston is labeled 2 at its bottom end. The vertical rod is labeled 3 at its bottom end.

130

Привод состоит из винта 1, передающего осевое усилие Q^1 на поршень 2 через гидравлическую среду посредством плунжера 3. Осевая сила Q возрастает кратно отношению квадратов диаметров плунжера и поршня. Требуемый момент на рукоятке винта рассчитывается по формуле:

$$M = P \cdot L = Q \cdot r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \rho) \cdot \frac{F_{nl}}{F_{mi}},$$

где P — сила, прикладываемая на рукоятке; L — плечо силы P ; r_{cp} — средний радиус резьбы винта; F_{nl} и F_{mi} — площадь плунжера и поршня соответственно; α — угол подъёма резьбы; ρ — угол трения в резьбовом соединении.

Преимуществом такого привода является отсутствие внешнего источника энергии (питания).

Основным его недостатком является то, что при изготовлении необходима тщательная пригонка уплотнения в гидроцилиндре, так как в случае просачивания масла из-за отсутствия компенсирующего подпора может иметь место падение сил зажима. Механогидравлические приводы могут быть составной частью приспособления, встроенной в его корпус, или являться самостоятельным устройством, питающим гидроцилиндры.

5.7. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ПРИВОДИМЫЕ В ДЕЙСТВИЕ ДВИЖУЩИМИСЯ ЧАСТЯМИ СТАНКА

Эти механизмы часто используют на фрезерных и особенно на сверлильных станках. Пример одного из таких механизмов представлен на рис. 5.13.

При опускании шпиндельной головки 1 со сверлами (которая может быть и многошпиндельной) кондукторная плита 2 подходит к заготовке 3. Дальнейшее опускание головки приводит к сжатию пружин 4, вследствие чего сила зажима непрерывно растёт. К концу сверления сила зажима достигает максимума.

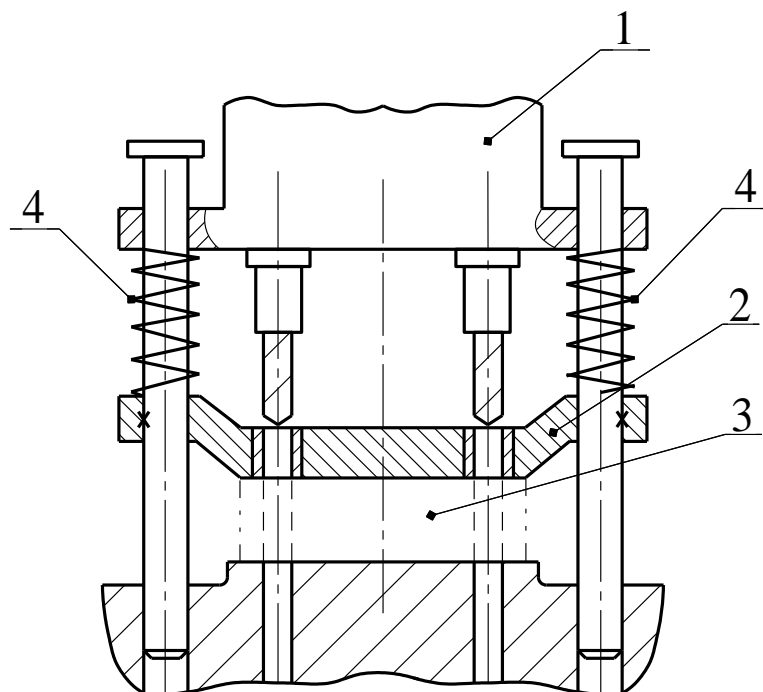


Рис. 5.13. Зажимной механизм, приводимый в действие механизмом подачи

Недостаток подобных механизмов заключается в том, что они создают дополнительную нагрузку на приводы рабочих органов станка.

5.8. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ, ПРИВОДИМЫЕ В ДЕЙСТВИЕ СИЛАМИ РЕЗАНИЯ

Примером такого механизма может служить поводковый само-зажимной патрон (рис. 5.14).

Заготовка устанавливается в центрах. При установке кулачки прижимаются пружинами к заготовке, осуществляя предварительное её закрепление. При резании сила P_z стремится повернуть заготовку относительно своей оси, а вместе с ней кулачки относительно их осей 2. В результате заготовка заклинивается между кулачками. Для устранения одностороннего давления от кулачков на передний центр кулачки монтируют на плавающем ползуне 5 (который перемещается по каким-либо направляющим в корпусе патрона). Эти патроны создают силу зажима заготовки тем больше, чем больше сила P_z . Расчёт

такого патрона аналогичен расчёту эксцентрикового зажимного механизма. Поворотом заготовки (после того как остановился шпиндель станка) против часовой стрелки, она открепляется.

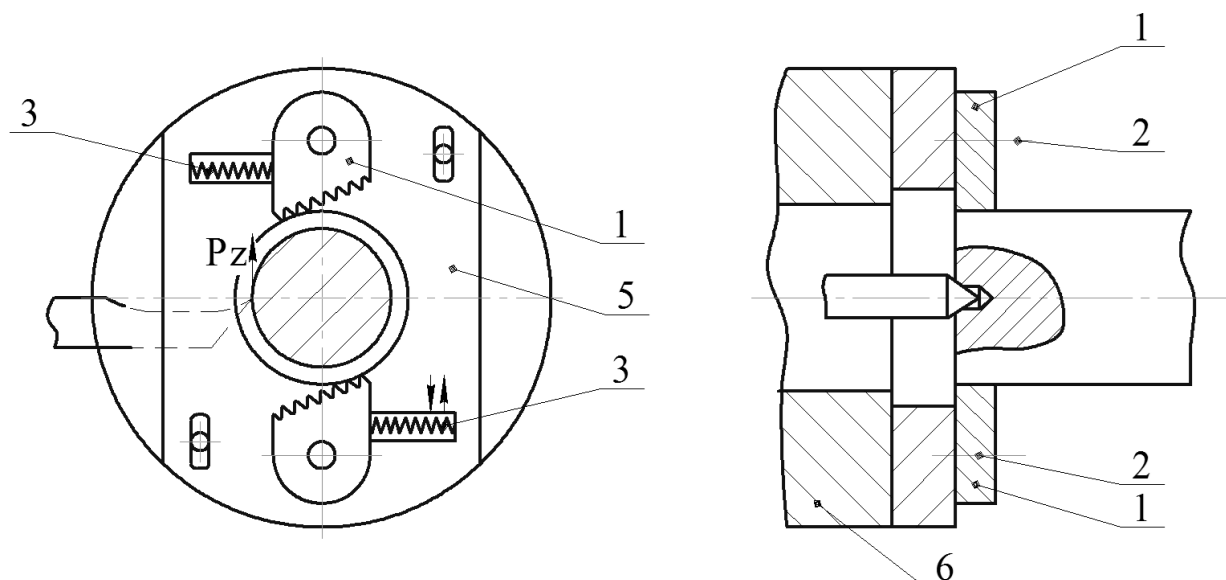


Рис. 5.14. Поводковый самозажимной патрон:
1 — эксцентриковые кулачки; 2 — оси поворота эксцентриковых кулачков; 3 — пружины сжатия

5.9. ЦЕНТРОБЕЖНО-ИНЕРЦИОННЫЕ ПРИВОДЫ

Центробежные силы инерции используются в приспособлениях для зажима быстровращающихся заготовок. Пример центробежно-инерционного привода представлен на рис. 5.15.

В этом механизме при вращении шпинделя станка 1 центробежные силы инерции отбрасывают шарики 2, установленные в сепараторе 3, от оси вращения и заклинивают их между корпусом 4 и шайбой 5, которая соединена с тягой 6. Тяга 6 соединена с зажимным механизмом. С помощью пружины 7 шарики возвращаются к оси вращения при остановленном шпинделе.

Сила Q зависит от веса шариков, их количества n , радиуса, на котором расположены шарики r , угла α (рис. 5.15) и силы сжатой пружины $P_{пр}$.

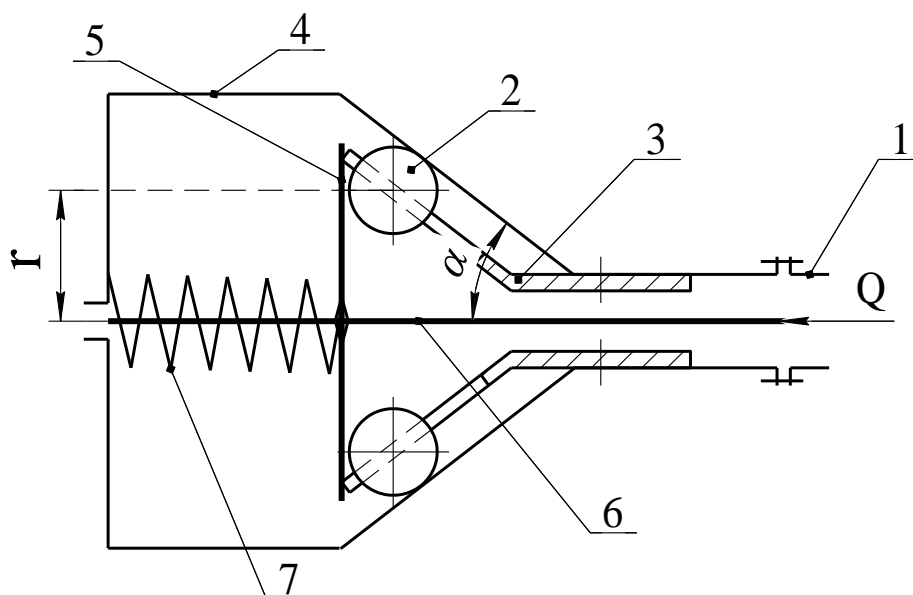


Рис. 5.15. Центробежно-инерционный привод

Преимуществом таких приводов является то, что они не требуют дополнительного источника энергии, включаются автоматически и сравнительно просты.

6. МЕХАНИЗМЫ ВНУТРЕННЕЙ МЕХАНИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Внутренняя механизация и автоматизация приспособлений осуществляется путём применения определённых блокировочных механизмов, то есть определённых связей между опорами, опорами и зажимными элементами и так далее. Эти механизмы (связи) определяют (задают) требуемую последовательность срабатывания тех или иных элементов.

6.1. ОБЪЕДИНЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПОР

Как известно, вспомогательные опоры служат для придания заготовке дополнительной жёсткости и устойчивости в процессе обработки. При обработке ряда типов заготовок возникает необходимость в применении в одном приспособлении нескольких вспомогательных

опор. При этом целесообразно ими управлять при помощи единого силового привода, используя для этого блокировочные устройства (связи), позволяющие:

- 1) срабатывать всем опорам одновременно, то есть объединить управление всеми опорами;
- 2) каждой из опор самостоятельно вступать в контакт с заготовкой.

Рассмотрим два способа объединения управления системой вспомогательных опор с помощью:

- 1) реечного механизма;
- 2) воздушной или гидравлической сжатой среды.

Пример реечного механизма представлен на рис. 6.1.

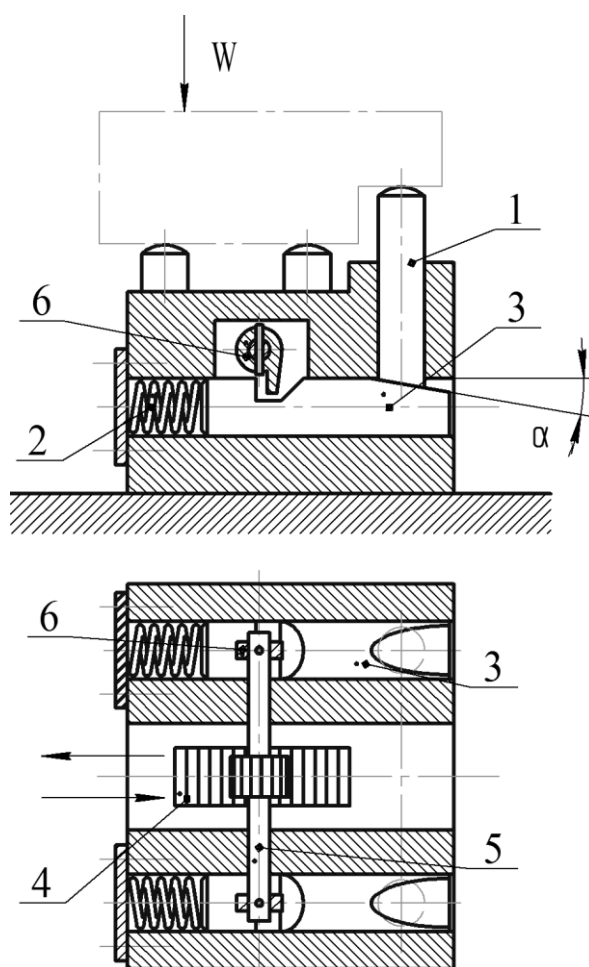


Рис. 6.1. Реечный механизма управления системой вспомогательных опор

Вспомогательные опоры 1 (их здесь две) вводятся в соприкосновение с заготовкой автоматически пружинами 2 и клиньями 3. Механизм проектируется таким образом, чтобы угол скоса клина α был меньше угла трения ρ , то есть обеспечивается условие самоторможения. Поэтому дополнительной фиксации опор не требуется. Но для установки последующей заготовки опоры 1 необходимо опустить. Для этого от привода рейка 4 перемещается влево, поворачивая при этом валик 5 с зубчатым колесом. На этом валике закреплены кулачки 6, которые отводят клинья 3, освобождая опоры 1.

Количество опор, управляемых единым приводом, может быть увеличено путём удлинения зубчатого валика 5 и добавлением других валиков связанных рейками. Применяя конические колёса для связи между валиками можно объединить управление опорами, расположенными в любой точке плоскости.

Пример применения воздушной или гидравлической среды представлен на рис. 6.2.

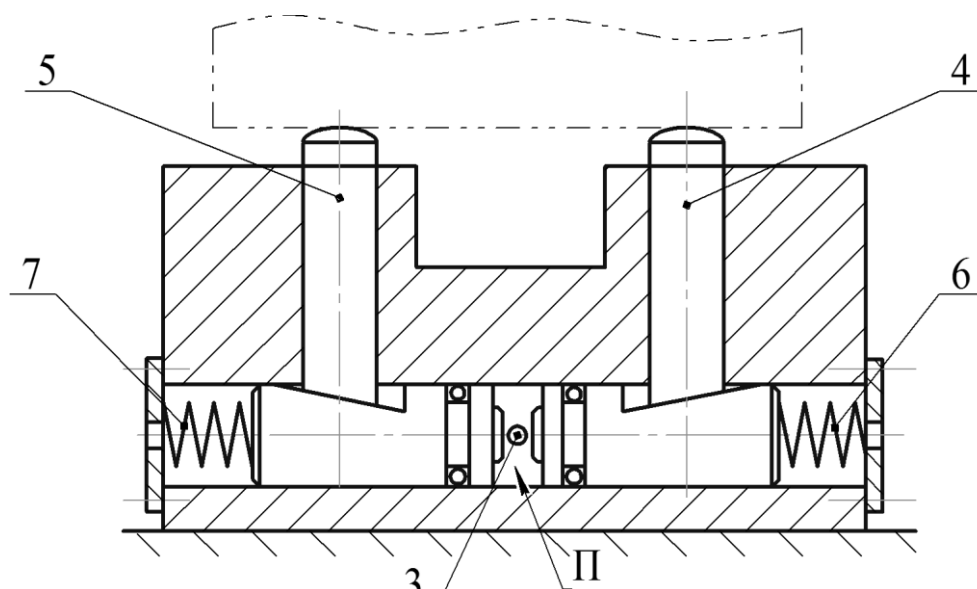


Рис. 6.2. Пример применения воздушной или гидравлической среды

Здесь вывод клиньев 1 и 2 из изображенного рабочего положения производится давлением сжатого воздуха, поступающего в плос-

кость Π через отверстие 3. Подвод опор 4 и 5 к заготовке осуществляется пружинами 6 и 7.

Очевидно, что количество клиньев может быть любым, так как их достаточно соединить каналами, и все они будут срабатывать одновременно. Существуют и другие способы объединения управления системой вспомогательных опор.

6.2. ОБЪЕДИНЕНИЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПОР И ЗАЖИМОВ

В практике при конструировании приспособлений с механизированным управлением опорами, как правило, механизмируется также зажим заготовки.

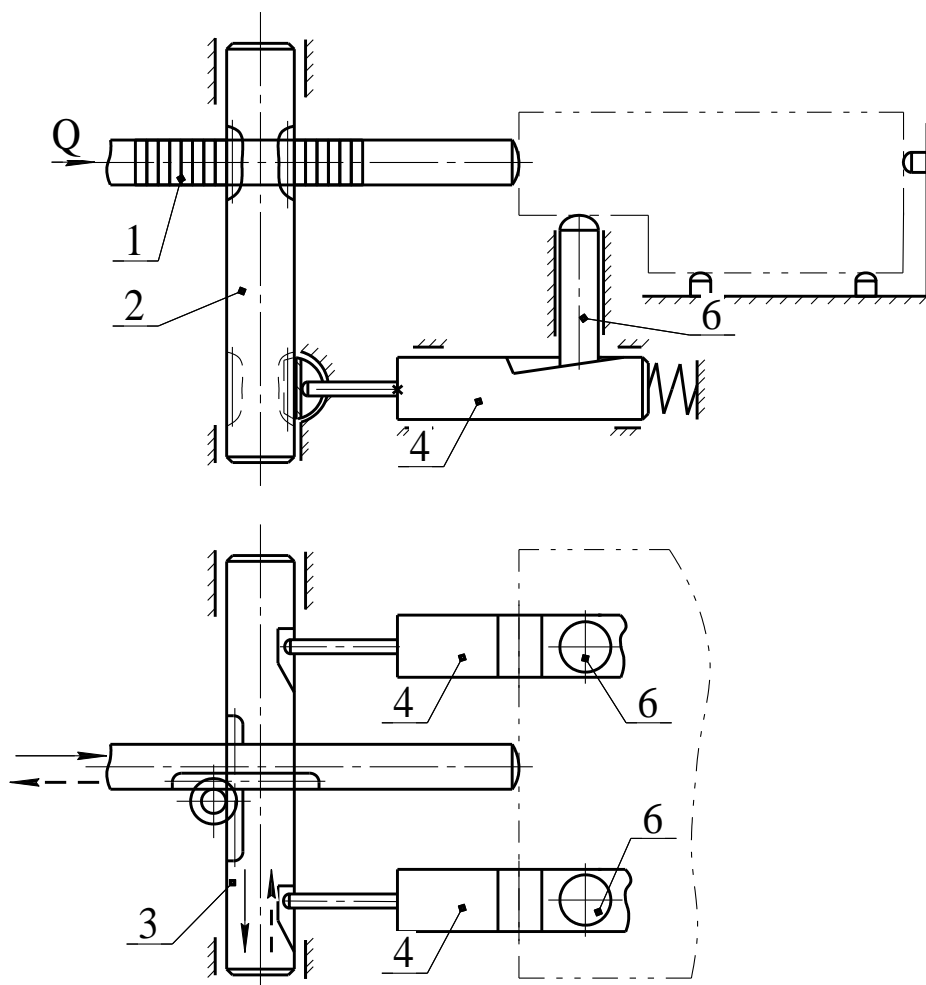


Рис. 6.3. Единый привод с реечным механизмом

В таких случаях возникает необходимость объединить управление этими системами. Осуществление этого путём раздельного управления двумя рукоятками или кнопками не рекомендуется во избежание ошибки в соблюдении нужной последовательности при пользовании ими. Наиболее надёжно эта задача решается путём применения единого привода в сочетании со специальным устройством (связью). Пример, где в качестве такой связи использован реечный механизм, изображённый в рабочем положении, представлен на рис. 6.3.

Рейка 1, соединенная со штоком, например, пневмопривода продвинулась вправо и через зубчатый валик 2 сдвинула рейку 3 вниз. Концы клиньев 4 попали во впадины рейки 3. Под действием пружины 5 эти клинья сместились влево и подняли вспомогательные опоры 6 к заготовке. При дальнейшем движении рейки она достигнет заготовки и зажмёт её.

Существуют механизмы с обратной последовательностью — сначала заготовка зажимается, а затем подводятся вспомогательные опоры. Существуют также механизмы, управляющие системой выдвижных установочных пальцев и зажимов — сначала в отверстия заготовки вдвигаются пальцы, а затем она зажимается. Такие механизмы описаны в [4].

6.3. МЕХАНИЗМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ЗАЖИМНЫХ ПРИХВАТОВ

Прихватами называются зажимные элементы в виде рычага или планки, воздействующие непосредственно на заготовку. Очень часто после отжима обработанной заготовки прихваты мешают её снятию и установке новой заготовки в приспособление. Поэтому их приходится убирать в сторону, а после загрузки заготовки вновь переводить в рабочее положение. При ручном выполнении этих операций непосредственно затрачивается очень много времени (особенно когда прихватов много, а расстояние между ними значительное).

Автоматизация этих движений путём их совмещения с процессами зажатия и открепления заготовки может существенно сократить время операции. Отвод прихватов практически осуществляется четырьмя способами, а именно путём:

- подъёма;
- отодвигания;
- поворота;
- откидывания.

6.3.1. Подъёмные прихваты

Этот способ применяется, когда нет необходимости значительно поднимать заготовку в направлении прихвата при её смене в приспособлении. В таких случаях в принципе возможны две схемы механизмов:

- 1) зажим и открепление заготовки осуществляются от какого-либо привода, а подъём прихвата — пружиной;
- 2) зажим, открепление заготовки и подъём прихвата осуществляются двусторонним приводом.

Пример первой схемы представлен на рис. 6.4.

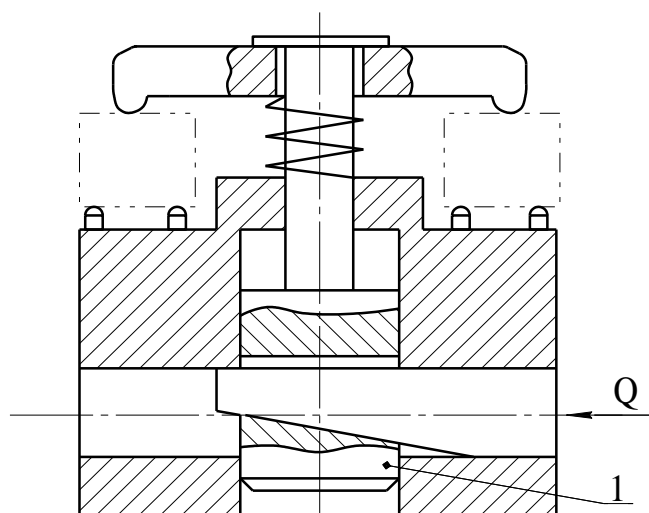


Рис. 6.4. Механизм с подъёмом прихвата пружиной

Эту же схему несложно переделать в схему второго типа, если, например, соединить тягу 1 со штоком, например, гидроцилиндра.

6.3.2. Отодвижные прихваты

Отодвигание прихватов в сторону облегчает и ускоряет смену заготовок и особенно крупногабаритных.

Существует большое количество механизмов отодвижных прихватов, и всё равно трудно себе представить, что когда-нибудь будут разработаны все возможные их варианты. Здесь важно движение в направлении зажима, сообщаемое прихватом приводом, преобразовать в поступательное перемещение прихвата.

Пример представлен на рис. 6.5.

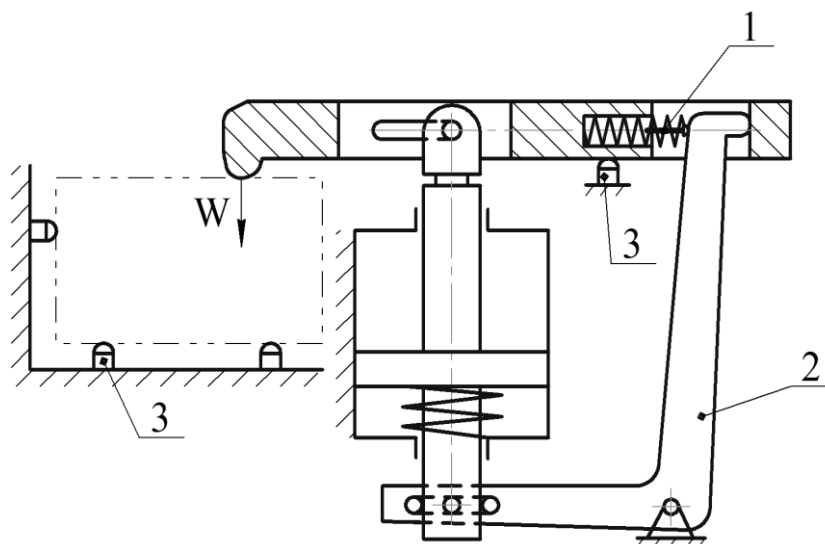


Рис. 6.5. Механизм с отодвижным прихватом

Наличие пружины 1 необходимо, чтобы не преодолевать рычагом 2 больших сил трения, возникающих в контактах прихвата с его опорой 3 и заготовкой. По мере возрастания силы зажима W от нуля до её номинального значения силы трения между прихватом, с одной стороны, опорой 3 и заготовкой, с другой стороны, увеличиваются. Но как только они превзойдут силу пружины 1, она начинает сжиматься, а дальнейшее перемещение прихвата на заготовку прекращается.

6.3.3. Поворотные прихваты

В механизмах с поворотными прихватами прихваты Г-образной формы поворачиваются вокруг своей оси, как правило, на 90° . Пример такого механизма представлен на рис. 6.6.

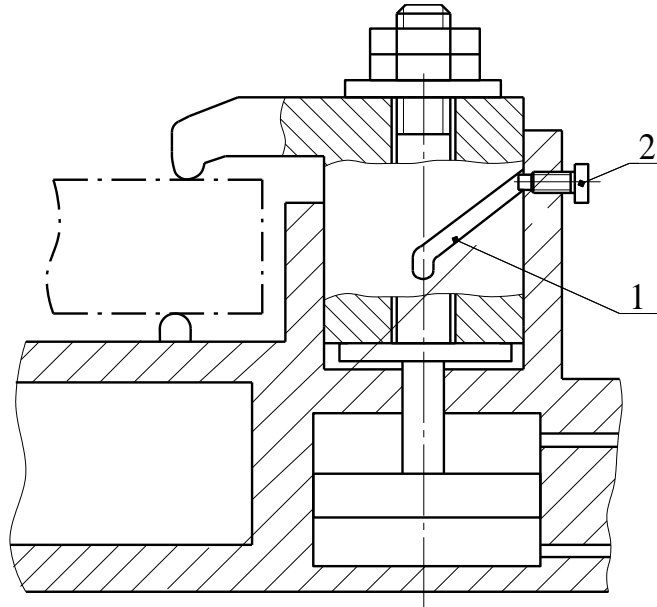


Рис. 6.6. Механизм с поворотным прихватом

На прихвате выполнен винтовой паз 1, который, взаимодействуя со штифтом 2, заставляет поворачиваться прихват при его подъёме силой привода. Недостатком такого механизма является консольное действие нагрузки на прихват, вызывающее его опрокидывание.

6.3.4. Откидные прихваты

Откидные прихваты получили широкое распространение. Откидными называются прихваты, поворачивающиеся в плоскости, перпендикулярной к зажимаемой поверхности заготовки. К такому прихвату достаточно приложить силу Q таким образом, чтобы она создавала момент относительно оси его поворота. Направление Q может быть практически любым, обеспечивающим удобное расположение привода относительно приспособления. Пример такого прихвата представлен на рис. 6.7.

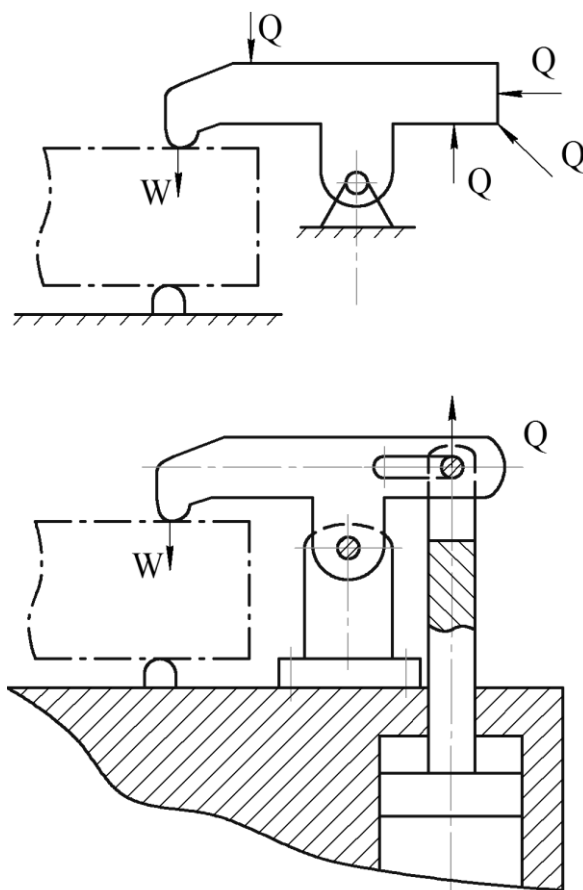


Рис. 6.7. Механизм с откидным прихватом

7. КОНДУКТОРНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

На сверлильных станках часто обрабатываются заготовки с большим количеством отверстий. При этом выдерживаются:

- размеры самих отверстий (сверлом, зенкером, развёрткой);
- определённые расстояния между осями отверстий;
- расстояние от осей отверстий до поверхностей.

При этом возможными вариантами являются обработки:

- по разметке;
- многошпиндельными головками;
- на поворотных столах, стойках и т. д.;
- на станках с ЧПУ.

Но часто такие заготовки обрабатываются с помощью кондукторных приспособлений, которые включают в себя установочные элементы, зажимной механизм и направляющие элементы (кондук-

торные втулки), расположенные в кондукторной плите на требуемых расстояниях.

Кондукторные приспособления по конструктивным признакам делятся на:

- 1) скальчатые;
- 2) коробчатой формы с откидными плитами (рис. 7.1);

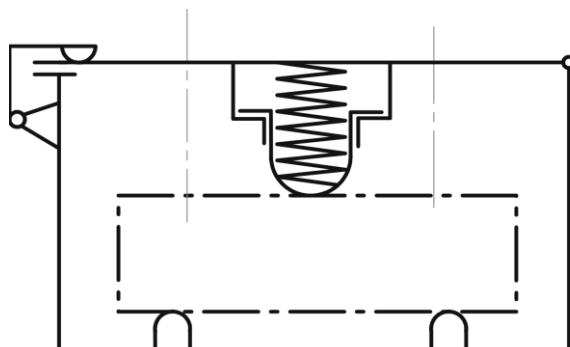


Рис. 7.1. Кондукторные приспособления коробчатой формы

- 3) накладные (рис. 7.2);

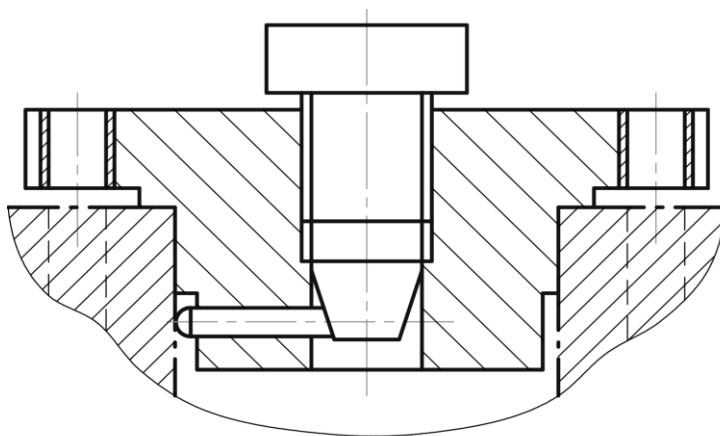


Рис. 7.2. Накладные кондукторные приспособления

- 4) кантующиеся;
- 5) специальные.

Скальчатые кондукторы бывают двух типов:

- а) консольные (рис. 7.3);

б) порталные.

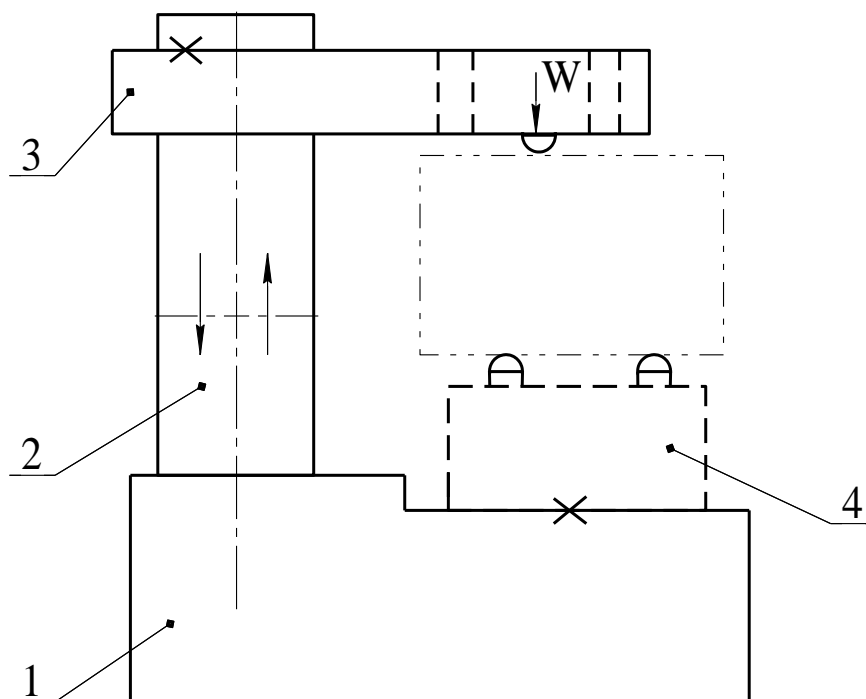


Рис. 7.3. Скальчатый кондуктор

Скальчатый кондуктор состоит из:

- корпуса, в котором расположен привод (1);
- двух или трёх скалок (2), несущих кондукторную плиту (3);
- сменной наладки (4), которая проектируется в соответствии с формой и размерами заготовками.

Кондукторы бывают ручные и с пневматическим приводом.

Накладные кондукторные приспособления применяются при обработке крупных заготовок. Их устанавливают непосредственно на заготовку.

Кантующиеся кондукторные приспособления применяют в тех случаях, когда обрабатываются заготовки с отверстиями, расположенными с разных сторон заготовки. Они похожи на кондукторные приспособления коробчатой формы, но могут проворачиваться и имеют, например, две кондукторные плиты (могут быть четыре и даже больше).

Кондукторные втулки предназначены для направления режущего инструмента (свёрл, зенкеров, развёрток) и вспомогательного инструмента (скалок и борштанг на расточных станках).

Кондукторные втулки подразделяются на:

- неподвижные (применяются в сверлильных кондукторах);
- вращающиеся (применяются в расточных приспособлениях).

Ниже рассматриваются только неподвижные втулки, как более распространенные.

По конструкции они подразделяются на 4 группы:

- 1) постоянные;
- 2) сменные;
- 3) быстросменные;
- 4) специальные.

Постоянные втулки (рис. 7.4) бывают двух типов:

- без буртика;
- с буртиком.

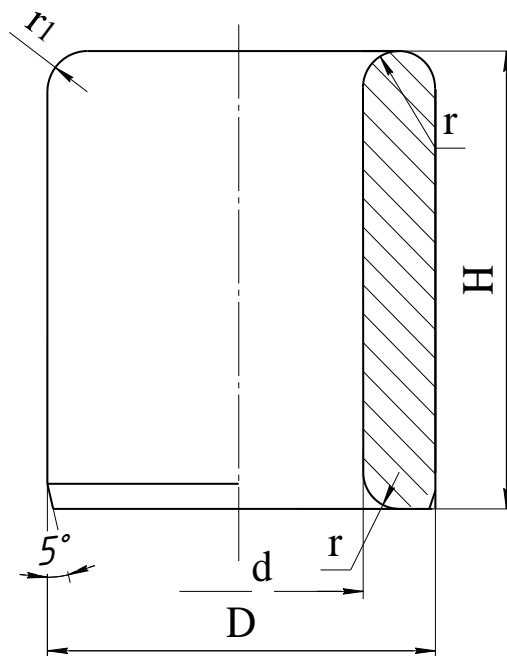


Рис. 7.4. Постоянная втулка без буртика

Постоянные втулки применяются в мелкосерийном производстве, для обработки отверстий одним инструментом, и когда за время эксплуатации приспособлений не потребуется их замены из-за износа.

Высота H принимается равной $(1,5 - 2) \cdot d$, при малых диаметральных она может достигать $(4 - 6) \cdot d$.

Постоянные втулки устанавливаются в плиту кондуктора по посадкам $\frac{H7}{n6}$, $\frac{H7}{p6}$ (рис. 7.5).

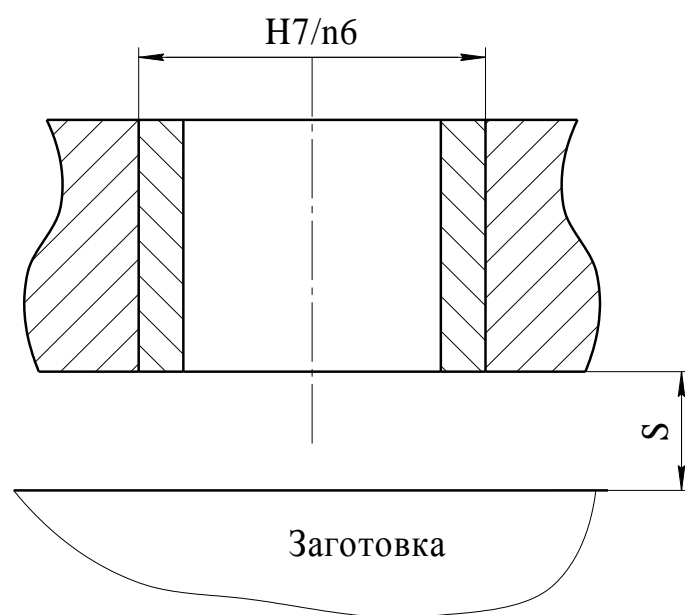


Рис. 7.5. Установка постоянных втулок

Для уменьшения износа втулки между её нижним торцом и поверхностью заготовки оставляют зазор S . Тогда стружка не проходит через втулку, а сбрасывается в сторону. Для чугуна $S = (0,3 - 0,5) \cdot d$. Для стали и других материалов $S \approx d$. При зенкерование $S \leq 0,3 \cdot d$.

Втулки без буртов изготавливаются по ГОСТ 18429-73.

Втулки с буртом изготавливаются по ГОСТ 18430-73, когда требуется ограничить осевое перемещение режущего инструмента, например, при сверлении глухих отверстий. Пример втулки с буртом представлен на рис. 7.6.

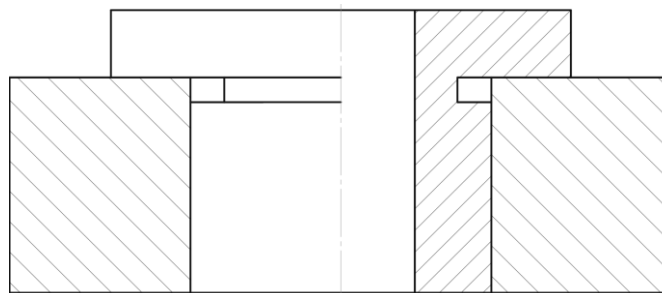


Рис. 7.6. Втулка с буртом

Сменные втулки (ГОСТ 18431-73) применяют в крупносерийном и массовом производствах при обработке одним инструментом. Так как обрабатывается большое количество отверстий, втулки подвергаются быстрому износу, и, следовательно, требуется частая их замена. Втулки устанавливают в плиты в промежуточных втулках, чтобы не изнашивать корпус. Винт предотвращает поворот втулки от сил трения. Пример такой втулки изображен на рис. 7.7.

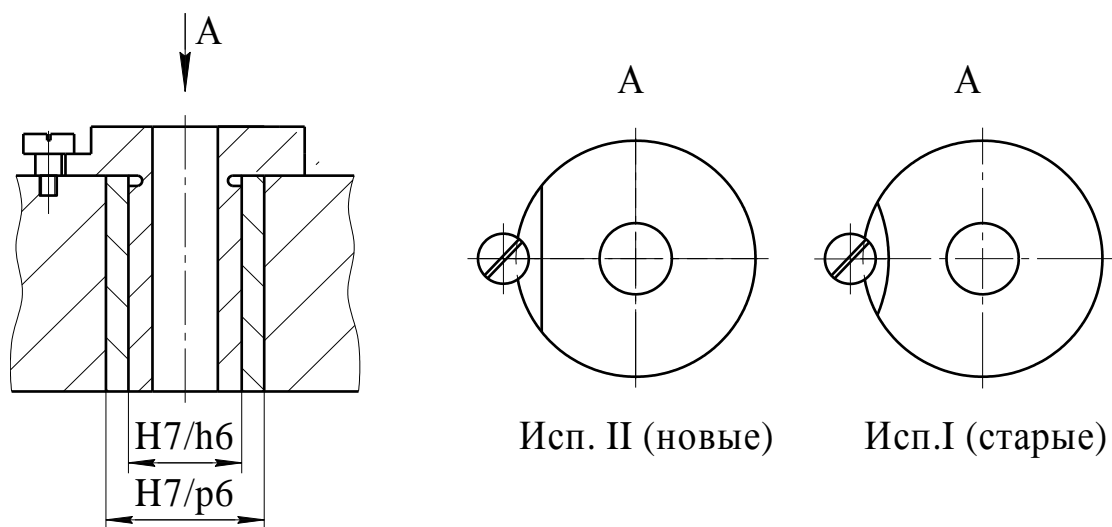


Рис. 7.7. Сменная втулка

Быстросменные втулки (ГОСТ 18432-81) применяют в приспособлениях серийного производства для обработки отверстий последовательно несколькими инструментами. В плиту они устанавливаются, как и сменные, с использованием промежуточной втулки. Отличаются они от сменных срезом 1 на буртике, что позволяет производить их

замену, не вывинчивая крепёжный винт 2. Кроме того, для удобства использования буртик втулки имеет накатку (втулку необходимо поворачивать при установке). Чаще используются втулки исполнения 2, так как они технологичнее. Пример такой втулки изображен на рис. 7.8.

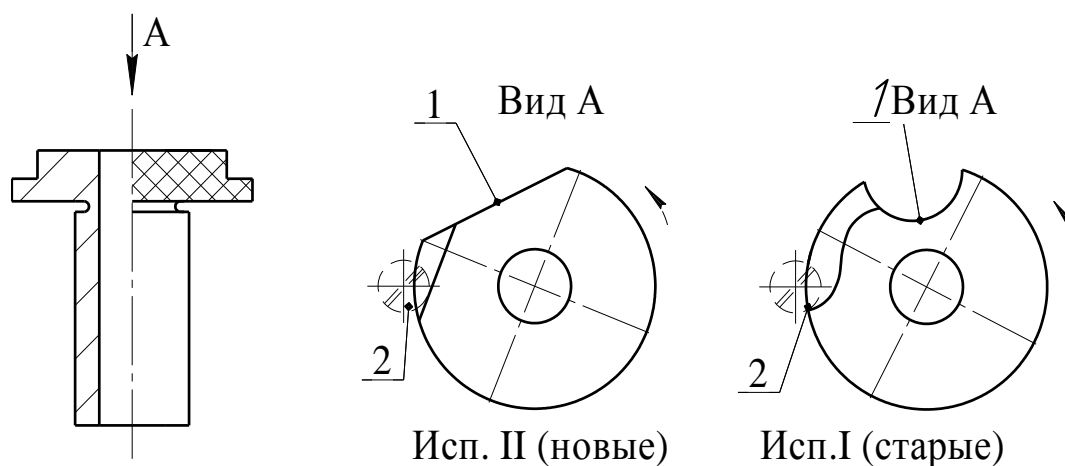


Рис. 7.8. Быстросменные втулки

Специальные втулки применяют в особых случаях, когда применение стандартных невозможно или не даёт эффекта:

- а) в наклонных к оси втулки поверхностях (рис. 7.9, а);
- б) в углублениях заготовки (рис. 7.9, б);
- в) обработка близко расположенных отверстий (рис. 7.9, в).

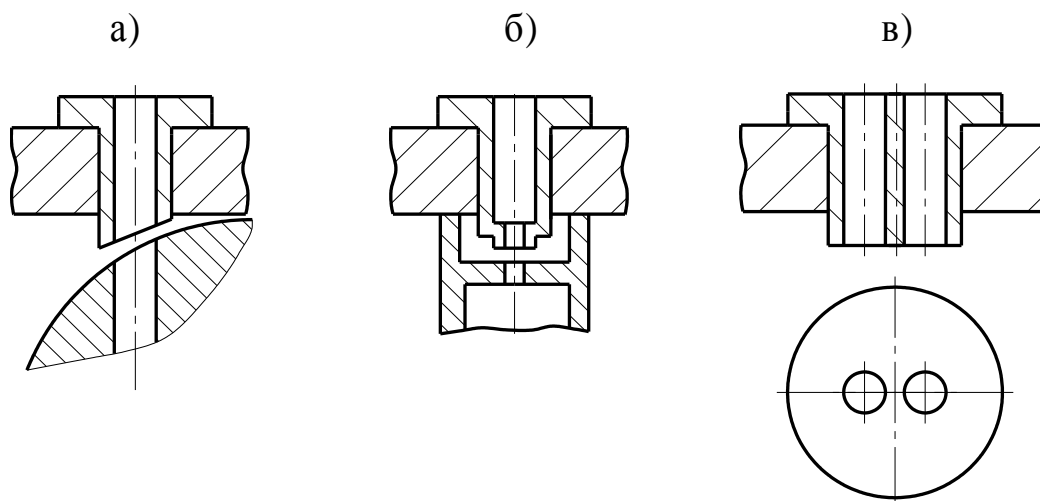


Рис. 7.9. Специальные втулки

Внутренний диаметр d отверстия в кондукторных втулках, служащих для направления свёрл и зенкеров, выполняется с отклонениями по F8, а для развёрток — по G7.

В качестве материала для изготовления кондукторных втулок диаметром до 25 мм применяется сталь марок У10А, У12А или 9ХС. Втулки подвергаются закалке до твёрдости HRC 62-65. При диаметре меньше 25 мм используют стали марок 20 или 20Х с цементацией на глубину 0,8–1,2 мм и последующей закалкой до такой же твёрдости.

8. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ПРИВОДАМИ, ЯВЛЯЮЩИМИСЯ СОСТАВНОЙ ЧАСТЬЮ ЕГО КОНСТРУКЦИИ

8.1. МАГНИТНЫЕ ПРИВОДЫ

В приспособлениях, где для закрепления заготовок используется энергия магнитного поля, трудно выделить собственно привод из общей конструкции приспособления. Поэтому магнитные, вакуумные и электростатические приспособления рассматриваются в целом, а понятие, например, «магнитный привод» используется при классификации приспособлений по виду источника энергии.

Достоинствами магнитного привода в сравнении с другими ранее рассмотренными приспособлениями являются:

- равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности заготовки (вместо сосредоточенных нагрузок);
- удобный и технически простой подвод энергии (у электромагнитных приспособлений) или полная автономность (у приспособлений с постоянными магнитами);
- хороший доступ инструмента к обрабатываемым поверхностям;
- высокая жёсткость приспособлений, следовательно, высокая точность и виброустойчивость;
- удобство управления.

Недостатки таких приводов являются:

-возможность их использования только для закрепления магнитных заготовок;

-после закрепления заготовок с применением этого привода они остаются намагниченными.

В магнитных приспособлениях используются два вида источников магнитного поля:

- 1) электромагнит;
- 2) постоянный магнит.

По своим технико-экономическим параметрам эти источники существенно отличаются друг от друга. Поэтому соответствующие им приспособления требуют отдельного рассмотрения.

8.1.1. Электромагнитные приспособления

Электромагнитные приспособления применяют, в основном, в виде плит и планшайб. Пример электромагнитного ПБ представлен на рис. 8.1.

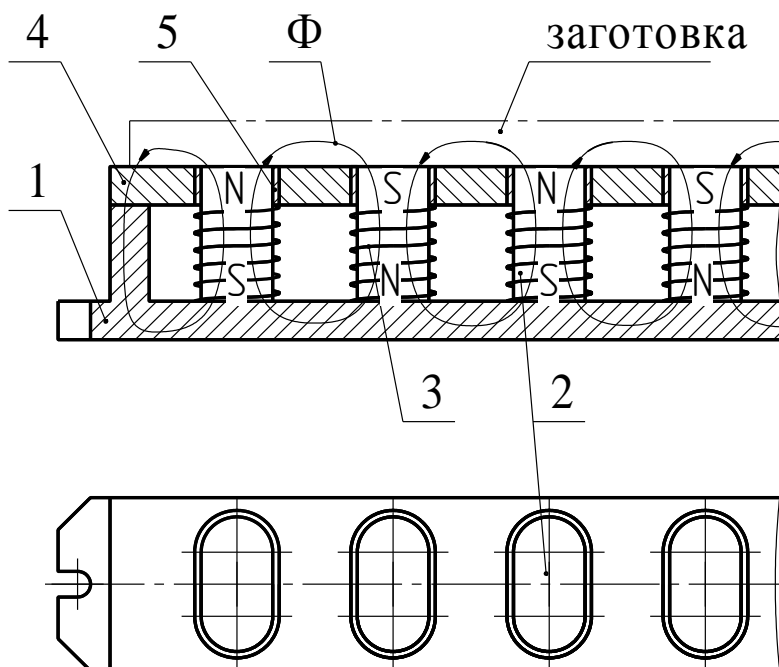


Рис. 8.1. Электромагнитное приспособление

Электромагнитная плита состоит из следующих основных элементов:

1 — основание, сделанное из ферромагнитного материала; обычно это малоуглеродистая сталь 10;

2 — сердечники, из того же материала (ещё их называют полюсниками); эти сердечники соединены с основанием 1;

3 — катушки;

4 — крышки;

5 — изоляции из немагнитного материала (латунь, нержавеющей сталь, эпоксипласт).

Питание катушек производится постоянным током $I = const$ ($U = 24, 48, 110, 220$ В). Этим током возбуждается электромагнитное поле, которое создаёт магнитный поток Φ [вб] (вебер).

Механическое воздействие магнитного потока заключается в возникновении силы притяжения:

$$Q_m = 39,8 \cdot 10^4 \cdot \frac{\Phi^2}{S} \text{ [Н]},$$

где S — опорная площадь поверхности заготовки [м^2], иногда её называют активной площадью полюсников.

Вместо магнитного потока в формуле используют магнитную индукцию:

$$B = \frac{\Phi}{S} \text{ [Тл]},$$

тогда:

$$Q_m = 39,8 \cdot 10^4 \cdot B^2 \cdot S \text{ [Н]}.$$

Но так как при расчёте Q_m по этой формуле необходимо знать значения величины магнитной индукции B , которую сравнительно сложно измерить, то на практике лучше пользоваться другой зависимостью:

$$Q_m = P_{y\partial} \cdot S \cdot K_h \cdot K_\alpha \cdot K_\phi \text{ [Н]},$$

где $P_{y\partial}$ — удельная сила притяжения, [Па]; S — опорная площадь поверхности заготовки, [м^2]; $K_{h,\alpha,\phi}$ — коэффициенты, характеризующие влияние на силу притяжения различных факторов.

Достоинствами электромагнитных приспособлений являются:

- отсутствие дефицитных материалов;
- относительно низкая стоимость.

К недостаткам можно отнести то, что электромагнитное поле простирается далеко за пределы рабочей поверхности приспособления, следовательно, намагничивается режущий инструмент. Поэтому электромагнитные приводы применяют в основном на операциях шлифования.

Иногда к недостаткам электромагнитного привода относят недостаточную надежность, нагрев и недостаточно большая сила притяжения. Однако последние недостатки присущи только неправильно сконструированным приспособлениям [8].

8.1.2. Магнитные приспособления с постоянными магнитами

В конструкциях магнитных приспособлений используются как немагнитные, так и ферромагнитные материалы.

У немагнитных материалов магнитная проницаемость $\mu = \mu_0$, где μ_0 — магнитная проницаемость воздуха (магнитная постоянная). К немагнитным материалам относятся чистые металлы и сплавы на основе меди, алюминия, цинка, свинца, титана, стали аустенитного класса, немагнитные чугуны, пластмассы и компаунды. В магнитных приспособлениях эти материалы используются для увеличения магнитного сопротивления пути прохождения магнитных потоков утечки (используются как магнитоизоляторы).

Магнитная проницаемость ферромагнитных материалов (постоянных магнитов) в сотни раз и более превышает магнитную проницаемость воздуха, то есть $\mu \gg \mu_0$. Эти материалы после намагничивания сохраняют намагниченность длительное время (до 5 лет) несмотря на внешние воздействия, такие как посторонние магнитные поля, удары, вибрации и так далее.

Нелинейная зависимость $B = f(H)$ называется кривой намагничивания (кривая 1 на рис. 8.2). Здесь H — напряженность магнитного поля; B_c — индукция насыщения (больше намагнитить нельзя).

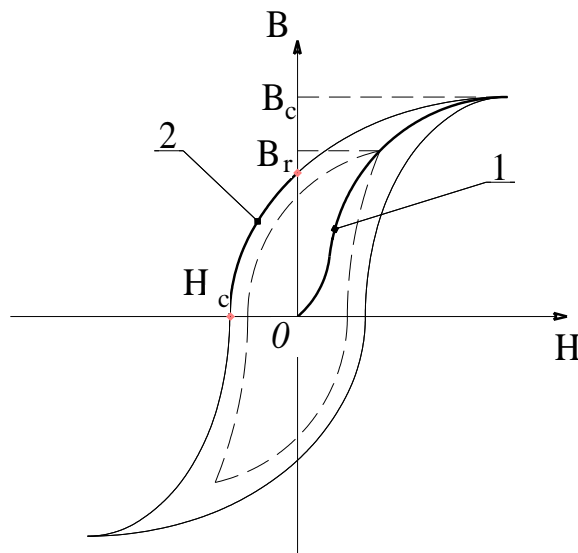


Рис. 8.2. Зависимость $B = f(H)$

Часть петли гистерезиса, расположенная в левом верхнем квадранте, называется кривой размагничивания (кривая 2 на рис. 8.2).

Важнейшими характеристиками ферромагнитных материалов являются:

B_r — остаточная индукция [Тл].

H_c — коэрцитивная сила [А/м] — мера, по которой можно судить о способности материала сохранять свою намагниченность.

Различают магнитомягкие ($H_c \leq 40 \text{ А/м}$) и магнитотвердые ($H_c \geq 40 \text{ кА/м}$) ферромагнитные материалы [12, 13].

В магнитных приспособлениях используются в основном два вида постоянных магнитов, которые отличаются способом получения.

Магнитомягкие материалы используют в магнитных приспособлениях для изготовления магнитопроводов, которые снижают сопротивление пути прохождения магнитного потока. В качестве такого материала чаще всего используется Сталь 10.

К наиболее часто используемым магнитотвердым материалам относятся литые магниты и ферриты магнитотвердые.

Литые магниты создаются на основе системы железо– никель – алюминий – кобальт.

К ним относятся, например, следующие сплавы:

- ЮН13ДК24: $B_r = 1,25$ [Тл], $H_c = 40$ [кА/м];

- ЮН14ДК25А: $B_r = 1,35$ [Тл], $H_c = 52$ [кА/м].

Здесь кроме использованных ранее обозначений: 25 — номер марки; А — индекс, обозначающий улучшенный сплав.

Магнитотвердые ферриты изготавливаются методом порошковой металлургии. При этом сырьём является окись железа и углекислый барий, которые относятся к недефицитным материалам. Примеры некоторых из них приведены ниже:

- 22БА220: $B_r = 0,36$ [Тл], $H_c = 215$ [кА/м];

- 24БА210: $B_r = 0,37$ [Тл]; $H_c = 210$ [кА/м] и другие.

Участок кривой размагничивания ($B_r - H_c$) является основной характеристикой магнита, с помощью которой объясняются многие явления. Понимание этих явлений необходимо для грамотного проектирования магнитных приспособлений.

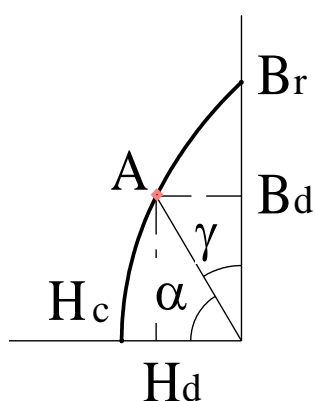


Рис. 8.3. Кривая размагничивания материала

После того как материал намагничен, и отключена намагничивающая установка точка, характеризующая остаточную намагниченность материала, будет находиться на участке кривой размагничивания (т. А) (рис. 8.3). Магнитный поток Φ будет пропорционален индукции B_d (а не B_r , что возможно только в идеальной магнитной системе).

Степень размагничивания определяется коэффициентом размагничивания:

$$N = \operatorname{tg} \alpha = \frac{B_d}{H_d}.$$

Иногда размагниченность характеризуется $\operatorname{tg} \gamma = \frac{H_d}{B_d}$. Тогда с увеличением $\operatorname{tg} \gamma$ увеличивается размагниченность. Но чаще в качестве критерия размагниченности применяют $\operatorname{tg} \alpha$. Тогда, чем больше α , тем меньше размагниченность, к чему и следует стремиться.

Итак, чем выше точка А, тем лучше. Положение точки А зависит от факторов, представленных в следующей зависимости:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{G \cdot l_m}{S_m},$$

где l_m и S_m — соответственно длина и площадь поперечного сечения магнита; G — проводимость путей, по которым проходит магнитный поток.

Таким образом, положение рабочей точки постоянного магнита определяется его размерами, формой, а также проводимостью G .

Рациональные значения l_m и S_m зависят от вида магнита. На рис. 8.4 представлены кривые размагничивания для литых (1) и керамических оксидно-бариевых (2) магнитов.

Нормальные кривые размагничивания 1 и 2 — это предельные для данных материалов кривые, полученные при условии намагничивания образца до насыщения (в отличие от частных кривых при намагничивании ниже насыщения).

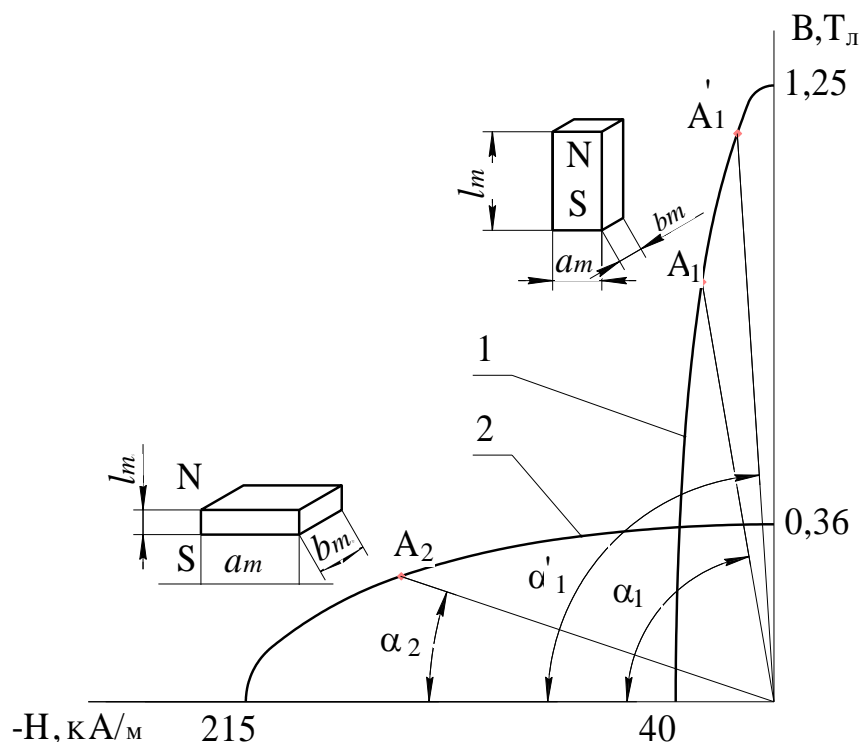


Рис. 8.4. Кривые размагничивания для литых и керамических оксидно-барьерных магнитов

Увеличивая длину l_m литого магнита можно существенно поднять рабочую точку A_1 в точку A'_1 , то есть увеличить угол α_1 до его значения α'_1 . Но только за счет увеличения длины l_m нельзя поднять рабочую точку до $B_r = 1,25$, так как с увеличением l_m уменьшается проводимость пространства, окружающего магнит.

Для кривой 2 даже значительное увеличение α_2 не приведет к большому увеличению B_r , так как кривая 2 имеет малый подъем. И, кроме того, даже предельное значение $B_r = 0,36$ [Тл] является незначительным. Казалось бы, что столь низкие свойства оксидно-барьерных материалов исключают возможность их использования в технологической оснастке. Однако это не так. Дело в том, что при незначительной индукции, но большой площади полюса эти магниты способны создавать магнитный поток, не уступающий по своему значению потоку литых магнитов [8], так как величина магнитного потока $\Phi = B \cdot S_{\Pi}$. Более того, оксидно-барьерные магниты, будучи поме-

щенными, в магнитную систему, создают весьма выгодную, с точки зрения магнитных свойств, конструкцию, способную создать индукцию, значительно превосходящую доступную для литых магнитов.

Кроме размеров самих магнитов на коэффициент размагничивания оказывает влияние и проводимость путей прохождения магнитного потока G . На положение рабочей точки влияет также и способ намагничивания магнита (как видно из рис. 8.5).

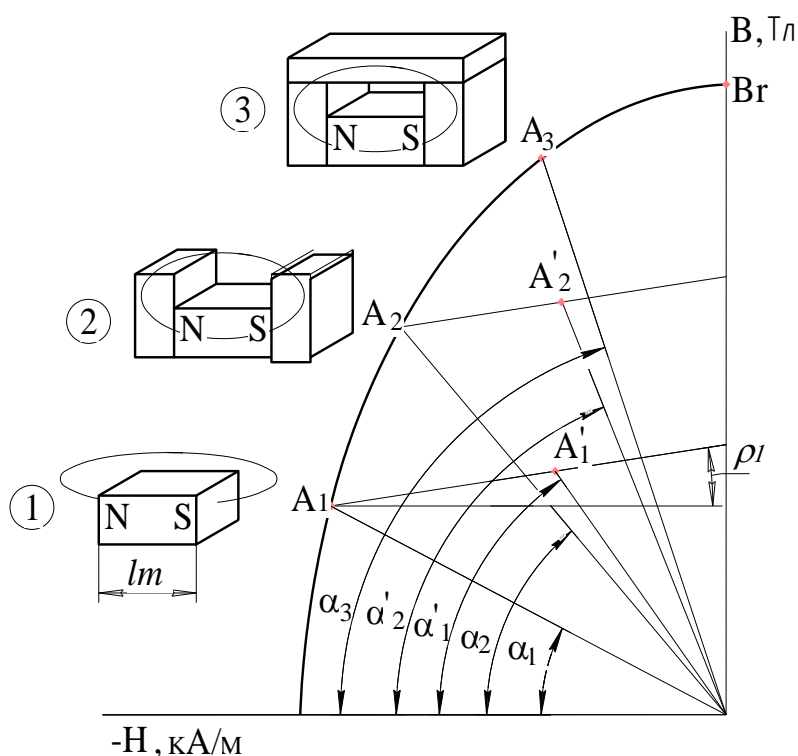


Рис. 8.5. Влияние проводимости путей прохождения магнитного потока на положение рабочей точки

Так, если намагнитить магнит отдельно (схема 1), без системы магнитопроводов (с которыми он будет работать в приспособлении), то рабочая точка A_1 свободного магнита будет сравнительно низко, так как проводимость воздушного пространства низкая. Магнитный проводник (в том числе и воздух) характеризуется магнитным сопротивлением:

$$R_m = \frac{L}{S \cdot \mu},$$

где L — длина пути прохождения магнитного потока; S — площадь поперечного сечения магнита; μ — магнитная проницаемость среды. Для воздуха: $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ [Генри/м].

В собранном приспособлении проводимость будет выше (так как металл — хороший магнитопроводник). При этом с увеличением угла α^1 рабочая точка переместится вверх, но не по кривой размагничивания. Не объясняя довольно сложной физики явления [8] можно отметить, что рабочая точка переместится в точку A_1' по линии, которая проходит через рабочую точку A_1 под некоторым углом ρ_1 к оси абсцисс (расчет угла ρ_1 приводится в [8]). Эта линия получила название кривой возврата.

Если намагнитить постоянный магнит совместно с магнитопроводами (схема 2), то проводимость увеличится, а, следовательно, рабочая точка A_2 будет выше. После установки заготовки увеличивается проводимость G , следовательно, рабочая точка A_2 поднимется до положения A_2' .

Если намагнитить постоянный магнит совместно с магнитопроводами и заготовкой (схема 3), то рабочая точка A_3 поднимается на максимально возможную величину. В идеальном случае — до точки B_r , если $G = \infty$, но практически это невозможно. Поэтому рабочая точка A_3 всегда ниже B_r .

Имея в виду рис. 8.4, где в одних и тех же координатах нанесены две кривые размагничивания, можно сделать вывод о целесообразности:

- намагничивания литых магнитов совместно с магнитопроводной системой приспособления;
- намагничивание оксидно-бариевых магнитов в свободном состоянии (так как подъём по кривой размагничивания не даёт существенного выигрыша в индукции B).

8.1.3. Способы управления магнитными приспособлениями

Способы управления магнитными приспособлениями — это приёмы и конструктивное оформление, обеспечивающие изменение состояния приспособления от выключенного до включённого (или наоборот).

В электромагнитных приспособлениях используется один из простых способов: включается и выключается питание с помощью, например, тумблера.

В приспособлениях с постоянными магнитами используются несколько способов управления.

Без системы управления. При этом приспособления всегда в режиме «включено». Применяется, когда не требуется больших усилий закрепления, или когда наиболее важным условием является простота приспособления. В последнем случае усилие притяжения может быть и большим. В этом случае для отрыва заготовки используются простейшие силовые механизмы (эксцентрики, винтовые пары и т. д.).

Способ отключения путём перемещения магнитных блоков. При этом происходит:

- а) шунтирование магнитного потока;
- б) нейтрализация магнитного потока.

Способ шунтирования используется чаще всего для приспособлений с литыми магнитами. Его сущность заключается в том, что за счёт отключения создаются участки со значительно меньшим магнитным сопротивлением, чем сопротивление участков во включённом приспособлении.

В качестве примеров ниже рассмотрены следующие варианты.

1. Магнитная плита с литыми магнитами (рис. 8.6).

На рис. 8.6 использованы обозначения:

- 1 — магниты, установленные в нижнем блоке;
- 2 — немагнитные прокладки (изоляторы), разделяющие магниты в нижнем блоке;
- 3 — корпус;

- 4 — крышка;
- 5 — изоляторы, разделяющие магниты в крышке;
- 6 — магнитопроводы (шунты), установленные в пазы крышки;
- 7 — магнитопроводы, установленные в пазы нижнего блока.

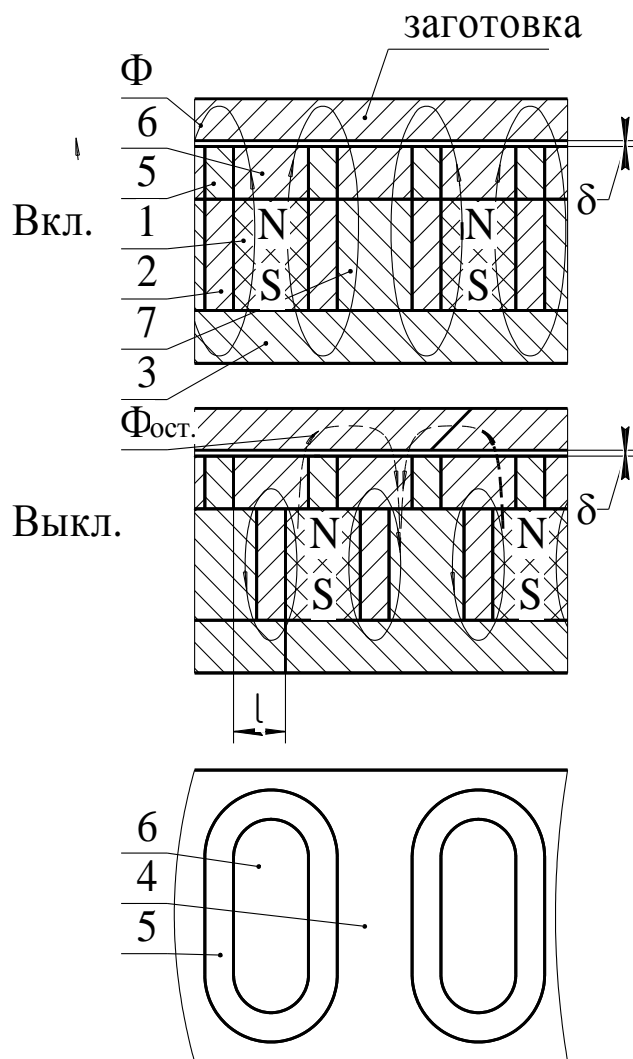


Рис. 8.6. Магнитная плита с литыми магнитами

Нижний блок с магнитами может перемещаться относительно корпуса и крышки на величину l . После такого перемещения сопротивление пути магнитного потока через шунты значительно меньше, чем при включённом приспособлении. Поэтому основной поток идёт через шунты. Но часть остаточного магнитного потока $\Phi_{ост.}$ идёт по

прежнему пути и с некоторой силой удерживает заготовку. Величина $\Phi_{ост.}$ может быть большой, особенно у приспособлений с оксидно-бариевыми магнитами.

2. Призма с литыми магнитами (рис. 8.7).

Губки 1 соединены через немагнитную прокладку 2. Включение и выключение осуществляется за счет поворота литого магнита 3 на 90° .

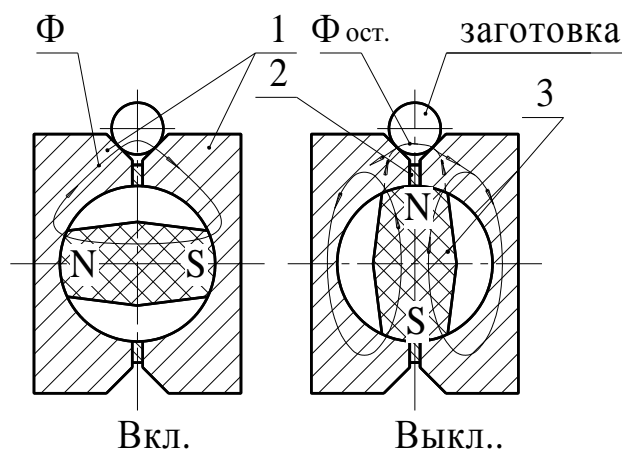


Рис. 8.7. Призма с литыми магнитами

Способ нейтрализации магнитного потока используется для приспособлений с оксидно-бариевыми магнитами.

При этом способе управления приспособление тоже разделено на два блока — неподвижный и подвижный. Во включённом состоянии оба блока притягивают заготовку, в выключенном состоянии один нейтрализует другой. На рис. 8.8 приведен пример плиты с таким способом управления.

Подвижный блок имеет возможность перемещаться на величину шага t . Во включённом состоянии магнитный поток идёт от одного полюса к другому через полюсники и заготовку.

В выключенном состоянии магнитный поток проходит от одного полюса к другому по полюсникам, то есть внутри системы и не выходит на заготовку.

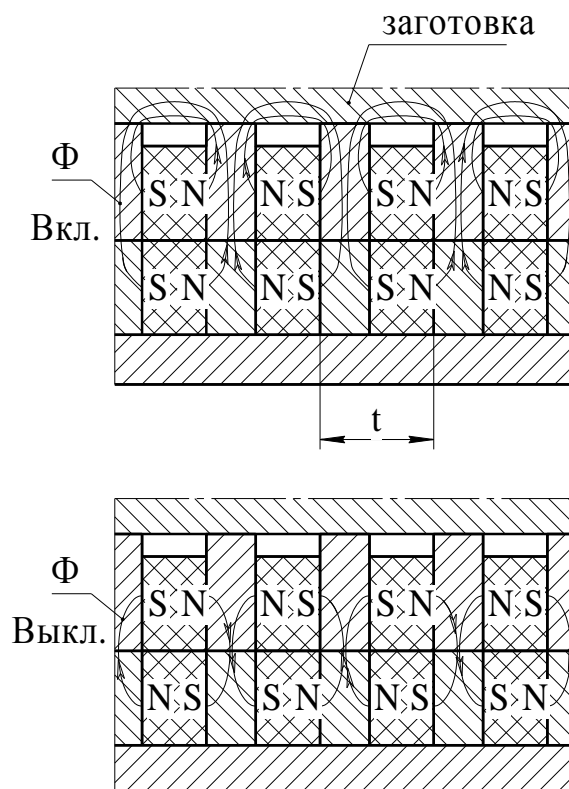


Рис. 8.8. Магнитная плита с оксидно-бариевыми магнитами

Достоинствами приспособлений на базе постоянных магнитов является их полная автономность.

К недостаткам можно отнести необходимость прикладывания усилия для сдвига и пониженную жёсткость, вызываемую лишними стыками.

Электрический способ отключения. При этом способе управления отключение приспособления происходит:

- а) путём размагничивания системы;
- б) путём электрической нейтрализации.

Способ размагничивания предусматривает полное размагничивание всей системы с помощью сильного магнитного поля от катушки, расположенной внутри приспособления. Он применим только для литых магнитов. Намагничивание всей системы (включая и магнит) производится импульсом тока большой силы, пропускаемого через катушку.

Размагничивание производится:

а) одним импульсом тока обратной полярности (только в специальных приспособлениях);

б) последовательными знакоизменяющимися импульсами тока, убывающими по амплитуде.

Наиболее применяемым является второй способ, так как он является более надежным.

Основным недостатком этого способа является сравнительно длительный процесс размагничивания (≈ 10 секунд), поэтому он рекомендуется только для крупных приспособлений.

В целом способ размагничивания применяется только для приспособлений с литыми магнитами. Оксидно-бариевые магниты практически невозможно размагнитить электрическим способом, их размагничивают нагревом до 450°C (точка Кюри). Для этого их помещают в ящик с песком, нагревают до 450°C , выдерживают 30 минут и медленно охлаждают. Размагничивают эти магниты только в тех случаях, когда требуется их обработка.

Способ электрической нейтрализации используется в двух случаях — для схемы с одним оксидно-бариевым магнитом и схемы с одним литым и одним оксидно-бариевым магнитом.

Схема первого варианта представлена на рис. 8.9.

Оксидно-бариевый магнит 1 помещается в катушку 2. Во включенном состоянии приспособления она не работает. При отключении в катушке возбуждается поле, противоположное по знаку тому, какое создаёт сам магнит. При этом, включая питание, магнит не размагничивается (так как у оксидно-бариевых магнитов рабочая точка только опускается по кривой размагничивания, а после выключения возвращается в исходное положение). Магнитное поле постоянного магнита нейтрализуется магнитным полем, создаваемым катушкой. Этот способ управления особенно целесообразен для случаев, когда приспособление должно находиться во включенном состоянии длительное время.

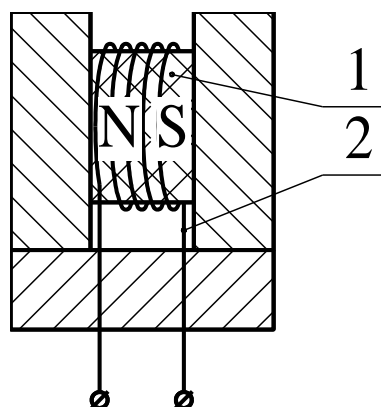


Рис. 8.9. Схема приспособления с одним оксидно-бариевым магнитом, отключаемого способом электрической нейтрализации

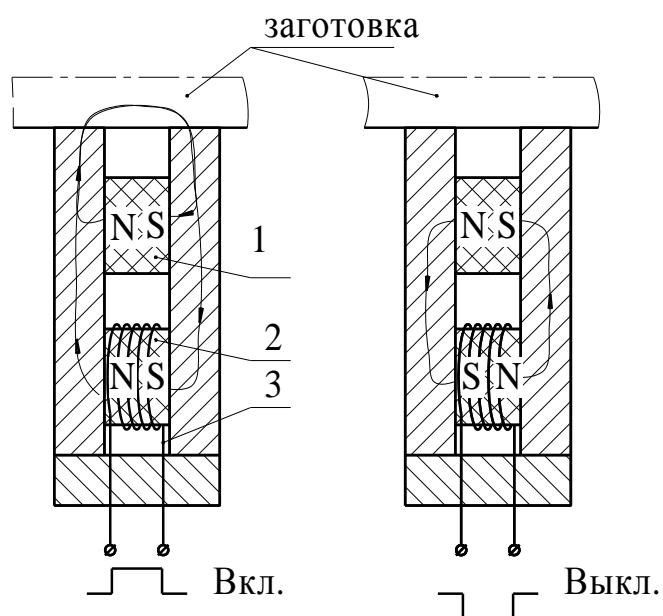


Рис. 8.10. Схема управления приспособлением с одним литым и одним оксидно-бариевым магнитом. Закрепление и открепление заготовки при импульсах тока прямой и обратной полярности:
1 — оксидно-бариевый магнит;
2 — литой магнит; 3 — катушка

Второй вариант электрической нейтрализации с одним литым и одним оксидно-бариевым магнитом представлен на рис. 8.10.

Последовательность действий при закреплении и откреплении заготовки следующая:

- закрепление заготовки производится импульсом тока, намагничивающего литой магнит на ту же полярность, что и у оксидно-бариевого магнита;
- открепление заготовки происходит при подаче импульса тока обратной полярности, перемагничивающего литой магнит на противоположную полярность.

К достоинствам этого способа управления магнитными приспособлениями можно отнести следующее.

Ток подаётся короткими импульсами только в момент управления. Это означает, что приспособление не нагревается (из-за тока большой мощности) и может сколь угодно долго находиться либо во включённом, либо в выключенном состоянии. Кроме того, электрический способ в целом не требует подвижных частей, что повышает жесткость приспособлений.

8.1.4. Определение функциональной пригодности магнитных приспособлений

При механических схемах закрепления решается задача по определению необходимой силы зажима, а уже по ней рассчитываются параметры привода.

В приспособлениях с магнитным приводом решается обратная задача — по известной силе закрепления (притяжения) определяются допустимые режимы резания.

Сила магнитного притяжения, развиваемая магнитным приспособлением, определяется по формуле:

$$Q_m = P_{y\delta} \cdot S \cdot k_\lambda \cdot k_\mu \cdot k_\phi \text{ [Н]}.$$

На величину удельной силы притяжения $P_{y\delta}$ большое влияние оказывает воздушный зазор δ между рабочей поверхностью приспособления и заготовкой. Зависимость между силой $P_{y\delta}$ и зазором δ обычно представляет собой гиперболу вида

$$P_{y\delta} = \frac{a}{b + \delta},$$

где a и b — коэффициенты гиперболы, которые определяются экспериментально.

На рис. 8.11 приведена зависимость удельной силы магнитного притяжения от зазора δ . Эта зависимость определяется экспериментально. Приведённая кривая получена следующим образом. Под жёсткую пластину с $Ra \leq 0,63$ подкладывают фольгу различной толщины (примерно от 0,02 до 0,4 мм) и отрывают заготовку. При этом фиксируется $Q_{ост}$, пересчитывается на $P_{y\delta}$, и наносятся точки.

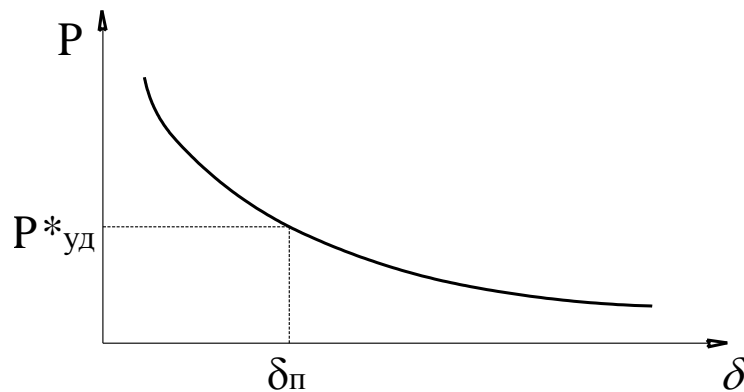


Рис. 8.11. Зависимость силы удельного магнитного притяжения от приведенного зазора между заготовкой и поверхностью приспособления

Как видно из графика, с уменьшением δ увеличивается $P_{y\delta}$. Поэтому силовой характеристикой магнитных приспособлений должна быть не величина силы притяжения, а функция $P_{y\delta} = f(\delta)$. Но даже имея такую функцию, нелегко определить $P_{y\delta}$, так как для каждой партии заготовок необходимо знать δ .

Зазор для реальных заготовок неравномерен (рис. 8.12), так как заготовка в общем случае касается приспособления только в трёх точках. В последнее время разрабатывается методика, которая даёт возможность заменить неравномерный зазор равномерным приведённым

зазором. Приведённый зазор равен некоторому равномерному зазору, который по своей проводимости равен реальному. Зная зазор, достаточно легко определить по графику $P_{уд}^*$ (рис. 8.11) для конкретной партии.

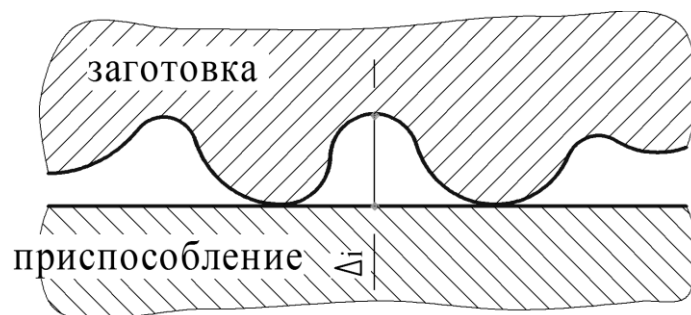


Рис. 8.12. Зазор между приспособлением и заготовкой

В приведенной выше формуле использованы также обозначения: k_h — коэффициент, учитывающий влияние толщины заготовки на силу притяжения; a_n — толщина полюсника (рис. 8.13).

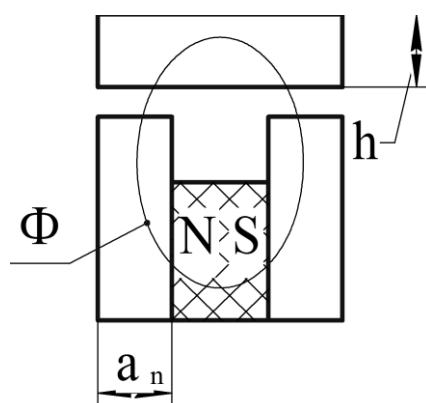


Рис. 8.13. Схема влияния толщины заготовки на силу притяжения

Если $h > a_n$, то толщина заготовки на силу притяжения влияния не оказывает (так как сопротивление потоку Φ будет в заготовке меньше чем в полюснике).

Если $h < a_n$, то $k_h = 1,28 \cdot \frac{h - 0,22 \cdot a_n}{a_n}$, $k_h = \frac{h - 0,22 \cdot a_n}{0,78 \cdot a_n}$.

$k_{h\max} = 1$ (если по формуле $k_h > 1$, то надо принимать $k_h = 1$).

k_μ — коэффициент, учитывающий влияние магнитных свойств материала заготовки на силу притяжения (изменяется от 1 у СТЗ до 0,4 у серых чугунов) [12,13].

k_ϕ — коэффициент, учитывающий форму контакта заготовки с поверхностью приспособления [12,13].

После расчета Q_m определяются допустимые режимы резания.

Допустимые силы определяются из условия равновесия заготовки. Эти условия могут быть разными. Различные схемы (для плиты, для патрона с упорами и без) приведены в [12,13].

Ниже приведены схемы расчета для плиты.

Если силы расположены симметрично вдоль оси заготовки, а заготовка не высокая (рис. 8.14), то допустимые силы определяются из условия отсутствия сдвига: $P_x \leq F$, $F = Q_m \cdot f$.

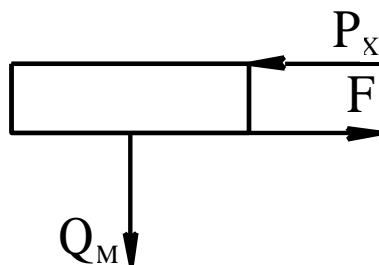


Рис. 8.14. Условие, если силы расположены симметрично вдоль оси заготовки и заготовка не высокая

Если силы расположены симметрично вдоль оси заготовки, но заготовка высокая (рис. 8.15), то допустимые силы определяются из условия неопрокидывания: $P_x \cdot H \leq Q_m \cdot L$, при этом считают, что Q_m — известна и отсюда определяется плечо L .

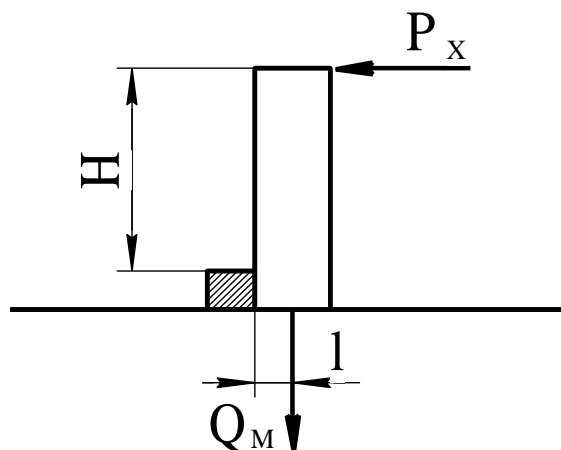


Рис. 8.15. Условие, если силы расположены симметрично вдоль оси заготовки, заготовка высокая

Если силы несимметричны, то расчет производится из условия неповорачивания заготовки, что является наиболее сложным расчетом (рис. 8.16).

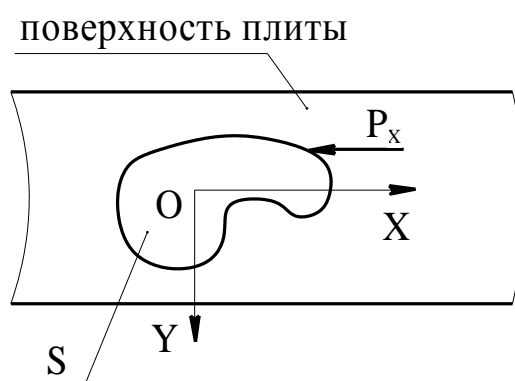


Рис. 8.16. Условие, если все силы расположены несимметрично

Если контакт заготовки с плоскостью плиты имеет определённую форму, то она будет поворачиваться вокруг полюса трения ρ , удерживаясь в равновесии только моментом трения:

$$M_{тр} \geq M_{px},$$

где $M_{тр}$ и M_{px} — соответственно моменты сил трения и внешней силы относительно полюса трения [8].

8.2. ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Электростатические приспособления являются сравнительно новыми приспособлениями, о которых в литературе имеется мало сведений. В электростатических приспособлениях (рис. 8.17) энергия электрического поля преобразуется в энергию механическую, то есть в механическую силу притяжения. Эта сила согласно закону Кулона:

$$Q_3 = q_1 \cdot \frac{q_4}{4} \cdot \pi \cdot \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \delta^2,$$

где q_1 и q_2 — электрические заряды; ε_1 и ε_2 — соответственно диэлектрические проницаемости; δ — расстояние между зарядами.

Подобная сила притяжения существует и между двумя обкладками конденсатора. Но там эта сила очень мала. В отличие от конденсатора, в конструкции электростатических приборов силы притяжения увеличены в десятки раз за счет введения полупроводникового элемента. Электрические заряды на поверхности обращены к заготовке.

Принцип действия электростатического прибора показан на примере (рис. 8.17).

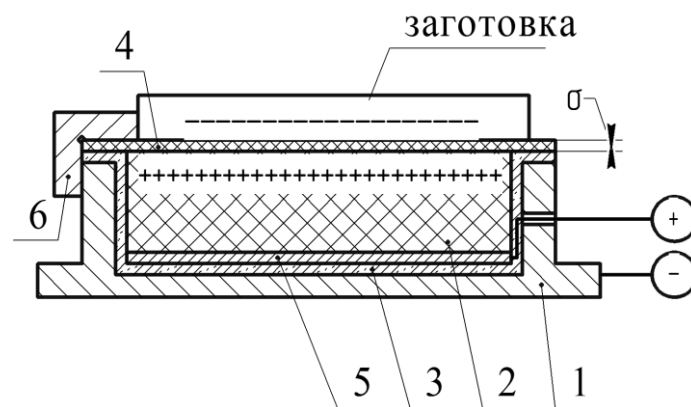


Рис. 8.17. Электростатическое приспособление

Внутри корпуса 1 расположен полупроводниковый элемент 2. Этот элемент изолирован от корпуса эпоксидной смолой 3. Полупро-

водник отделён от заготовки диэлектрической пластиной 4. Напряжение подводится:

- к полупроводнику — с помощью медной пластины (шины) 5;
- к заготовке — через корпус и упор 6.

На полупроводнике концентрируются и ориентируются заряды одного знака, а на заготовке — противоположного.

Созданные конструкции электростатических приспособлений развивают удельную силу притяжения порядка $(40\text{--}45) \text{ Н/м}^2$, то есть $0,4\text{--}0,45 \text{ Мпа}$ ($4\text{--}4,5 \text{ кгс/см}^2$, при толщине $\delta = 2\text{--}3 \text{ мм}$, $U = 3000 \text{ В}$, силе тока $I = 10 \text{ А}$ и мощности 30 Вт . Для повышения удельной силы притяжения (за счёт увеличения площади контакта) иногда используют жидкий диэлектрик. Кроме того, исключается пробой диэлектрической плёнки 4 за счёт перенапряжения тока на микровыступах заготовки. В целом эти приспособления безопасны для рабочего. Но необходимо соблюдать определённые меры — всё время следить за диэлектрической плёнкой 4. У рабочего под ногами должен быть резиновый коврик. Обработка ведётся с охлаждённым трансформаторным маслом.

Достоинства электростатических приспособлений:

- возможность закрепления заготовок из немагнитного материала;
- возможность закрепления очень тонких заготовок (даже магнитных), которые нельзя закрепить на магнитных приспособлениях из-за их малой толщины, так как Q_m очень мала, что приводит к независимости удельной силы притяжения от толщины заготовки (как у магнитных приспособлений);
- возможность закрепления нетокопроводящих заготовок — для этого базовые и боковые поверхности покрываются токопроводящей плёнкой (пластмасса, керамика, стекло и т. д.). В качестве токопроводящей плёнки используют полимерные лаки холодной сушки.

Недостатками этих приспособлений являются:

- необходимость периодического восстановления диэлектрической плёнки — процесс очень длительный (обезжиривание, нанесение первого слоя, сушка, около 30 минут, второго, сушка, третьего и т. д.). Окончательная полимеризация пленки длится примерно 12–14 часов при комнатной температуре, затем происходит шлифование этой пленки;

- если на электростатическое приспособление попадет влага (жидкость — токопроводящая), произойдёт пробой и выход из строя, поэтому в качестве смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) используют трансформаторное масло (или просто масляные СОЖ).

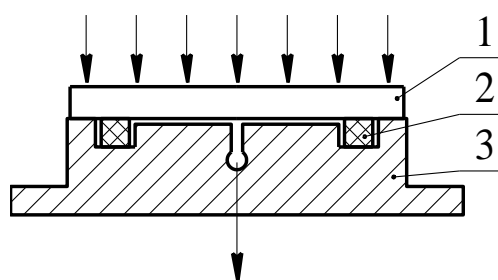
8.3. ВАКУУМНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Вакуумные приспособления применяются для закрепления заготовок:

1) не обладающих магнитными и электропроводными свойствами;

2) недостаточно жёстких (известны случаи закрепления и обработки заготовок из фольги толщиной 25 мкм);

Применяются для операций отделки и чистовой обработки (шлифование, фрезерование, точение) и транспортных операций с помощью манипуляторов и роботов. Схема вакуумного приспособления представлена на рис. 8.18.



к вакуумному насосу

Рис. 8.18. Схема вакуумного приспособления: 1 — заготовка; 2 — уплотнения; 3 — корпус

На этих приспособлениях обрабатываются тонкостенные заготовки, поэтому сила уплотнения должна быть меньше силы прижима, иначе заготовка будет деформироваться.

Для соблюдения этого условия необходимо соблюдать следующие соотношения (рис. 8.19):

$$\lambda = \frac{\Delta h}{h} \cdot 100 \% \approx 5 - 10 \% ;$$

$$Q_b = P_{y0} \cdot S \cdot K - f \text{ [Н]},$$

где P_{y0} — атмосферное давление; S — площадь ограниченная уплотнителем; $K = 0,89 - 0,9$ (так как полное разряжение создать нельзя, да и не стоит); f — упругое воздействие сдеформированного уплотнителя.

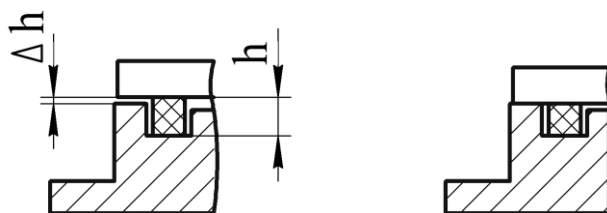


Рис. 8.19. К определению соотношения сил уплотнения и прижима

Сечение уплотнений может быть различным.

В качестве уплотнений применяют следующие виды вакуумных резин:

- 7889 — белая, наиболее эластичная, используется для закрепления стекла, хрупких заготовок;
- 1015 и 9024 — чёрная.

Вакуумная резина имеет следующие свойства:

- 1) инертна к маслам;
- 2) не имеет пор, поэтому хорошо держит вакуум.

Если заготовка имеет отверстия, используют диффузионные вакуумные приспособления (рис. 8.20).

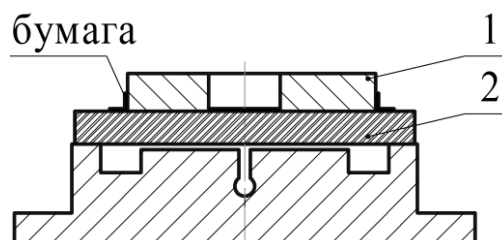


Рис. 8.20. Схема диффузионного вакуумного приспособления:
1 — заготовка; 2 — керамическая плитка, с направленными микроканалами размером $\varnothing \approx 1$ мкм

Вместо керамической плитки 2 используется плита с отверстием, при этом на открытые места кладут бумагу, которая закрывает поры.

Для быстрой откачки воздуха глубина полости под заготовкой должна быть глубиной $\approx 0,5$ мм.

Вакуумные приспособления дороже пневматических, так как давление создать проще, чем в вакуумных приспособлениях.

Одним из недостатков этих приспособлений является высокая стоимость за счет использования вакуумного насоса.

Стоимость вакуумного насоса превышает стоимость самого приспособления в несколько десятков раз, к тому же сила притяжения всё же регламентирована.

Опыты показали, что активная площадь отверстий больше их суммарной площади на 50–80 %.

Такие плиты иногда используют в качестве приспособлений спутников, установленных на вакуумных приспособлениях для закрепления тонких заготовок ($\approx 0,025$ мм).

Для повышения быстродействия вакуумных приспособлений, полости, ограниченные уплотнениями, стремятся выполнить с минимальным объёмом — глубина полостей $\approx 0,3$ – $0,5$ мм. Геометрическая форма полости, из которой откачивается воздух, может быть любой (рис. 8.21).

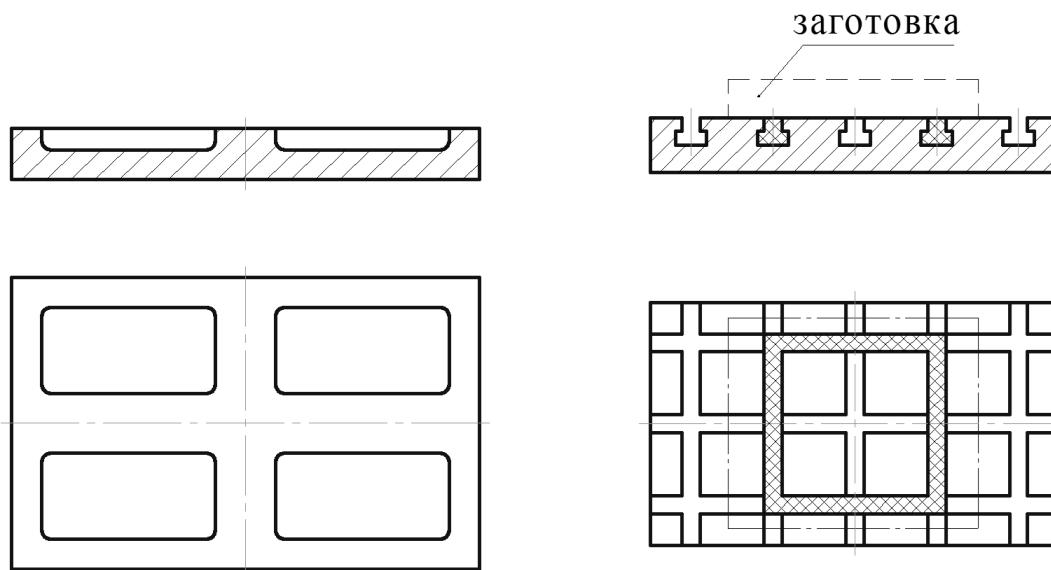


Рис. 8.21. Различные виды формы полостей,
из которых откачивают воздух

Применение вакуумного приспособления в конструкции токарного вакуумного патрона показано на рис. 8.22.

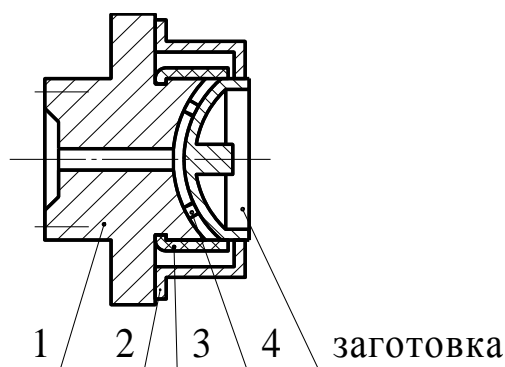


Рис. 8.22. Токарный вакуумный
патрон: 1 — корпус (на шпин-
дель); 2 — центрирующая втул-
ка; 3 — уплотнения; 4 — упоры
(выступы)

Вакуум создаётся либо поршневыми одно- и двухступенчатыми вакуумными насосами, либо эжекторными насосами (рис. 8.23). Последние намного проще, так как работают от сжатого воздуха, но имеют недостаток — низкий КПД. Поэтому их применяют, если есть

опасность попадания большого количества пыли и влаги в вакуумную систему.

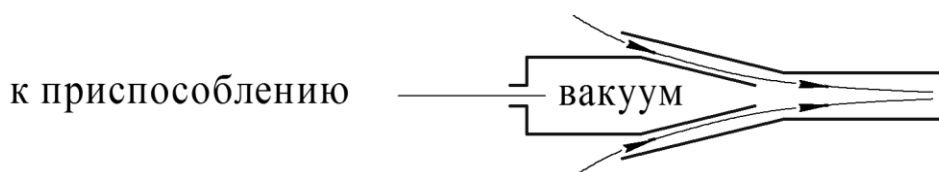


Рис. 8.23. Схема эжекторного насоса

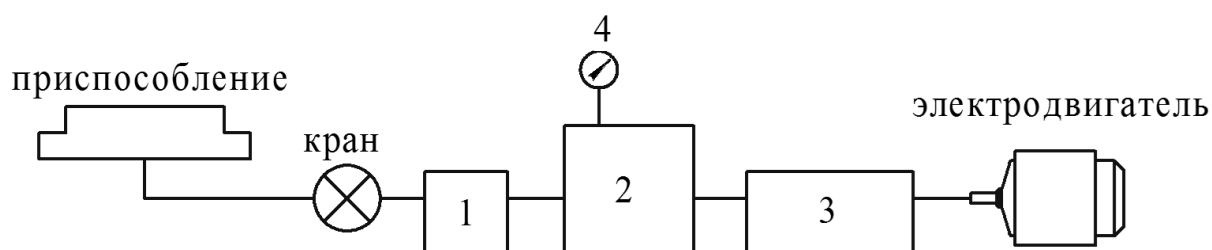


Рис. 8.24. Схема поршневого вакуумного насоса

При использовании поршневых вакуумных насосов необходимо устанавливать дополнительные элементы (рис. 8.24). Фильтр 1, например, на операции сухого шлифования или влагоотделитель 1 (он выполняет и функции фильтра) на операции мокрого шлифования. Для увеличения быстродействия с насосом и приспособлением может устанавливаться ещё и бак-ресивер 2. На рис. 8.24 обозначено: 3 — вакуумный насос; 4 — стрелочный вакуумметр для контроля разряжения.

9. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Гибкие автоматизированные системы создаются на базе станков с ЧПУ и роботов, управляемых от ЭВМ на базе очень дорогого по стоимости оборудования. Эффективно использовать это оборудование можно только путем уменьшения времени его простоев, связанного с переналадкой для обработки новой партии заготовок.

Переналадка самого станка занимает мало времени, так как сводится лишь к замене программы ЭВМ.

Наиболее значительные затраты времени связаны с транспортированием, установкой (базирование и закрепление) приспособления на станке, снятием приспособления со станка.

Из-за особенностей обработки на станках с ЧПУ к оснастке для данных станков выдвигаются повышенные требования, изложенные ниже.

На станках с ЧПУ программируемые перемещения рабочих органов станка задаются от начала отсчета координат. Поэтому приспособления должны обеспечивать полную ориентацию заготовок относительно отсчета координат («нулевой точки»), то есть лишать ее 6-ти степеней свободы. Необходима также полная ориентация самого приспособления относительно координат станка.

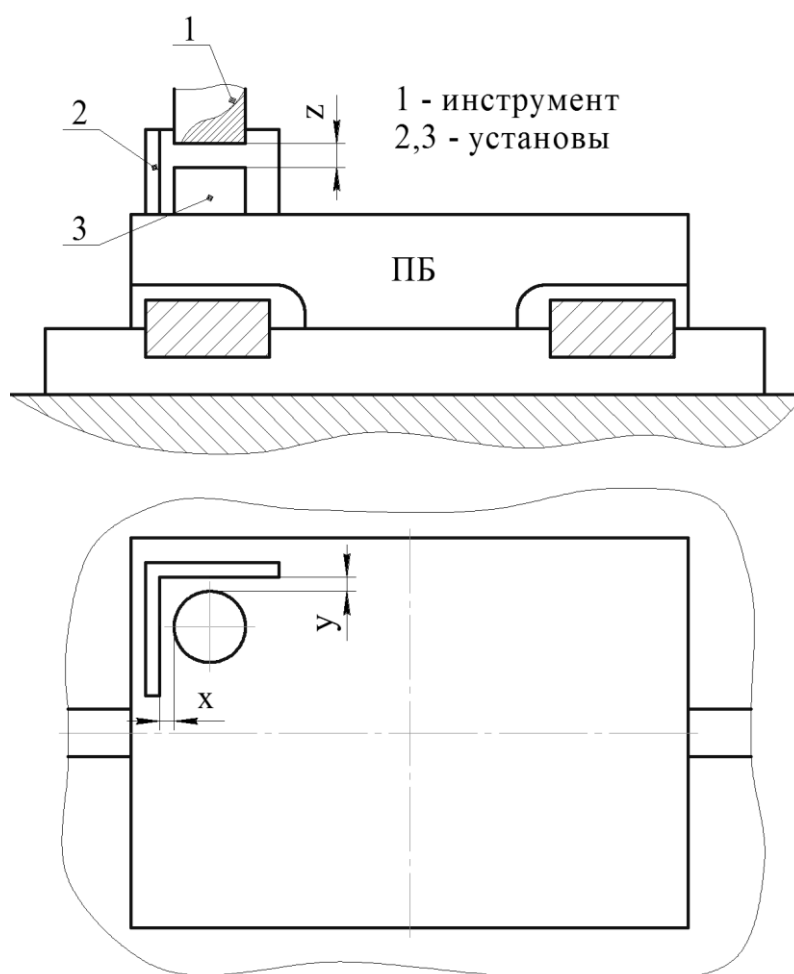


Рис. 9.1. Установка ПБ на столе станка

Для полной ориентации приспособления на столах станков, в приспособлении предусматривают установочные элементы, соответствующие посадочным местам станков (рис. 9.1 – 9.3).

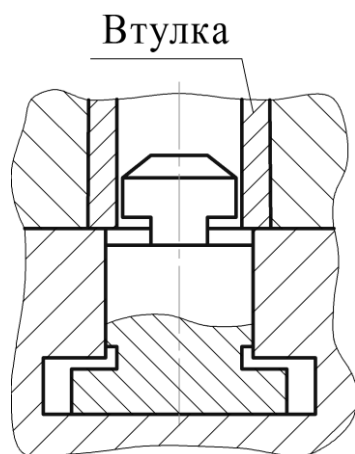


Рис. 9.2. Установка призматических шпонок

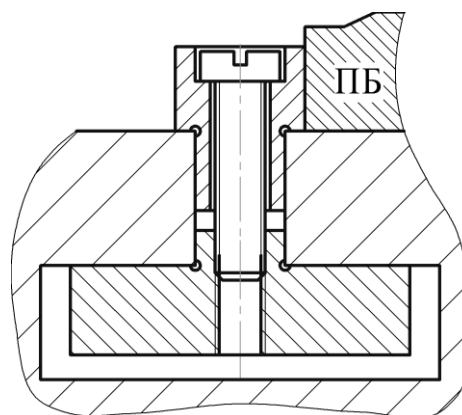


Рис. 9.3. Базирование на пластинках в «координатный угол»

Для столов, имеющих только продольные пазы, приспособления ориентируются в поперечных направлениях посредством цилиндрических или призматических шпонок (как и приспособления для обычных станков). Установка инструмента относительно приспособления производится с помощью установов и щупов (рис. 9.1).

Для столов станков, имеющих центральное отверстие и (или) поперечный паз, приспособления устанавливаются на стол с помощью: а) шпонки и пальца; б) двух шпонок под углом 90° .

Но при частой смене приспособления, что характерно для станков с ЧПУ, такой способ ориентации приспособления приводит к интенсивному износу пазов столов станка. Поэтому часто элементы для установки приспособления целесообразно устанавливать и закреплять не на корпусе приспособления, а на столе станка.

При применении круглых шпонок, последние устанавливают в Т-образном пазу стола (рис. 9.4), а в приспособлении устанавливают каленую втулку с большой фаской (для обеспечения центрирования

приспособления на столе). Аналогично — для призматических шпонок.

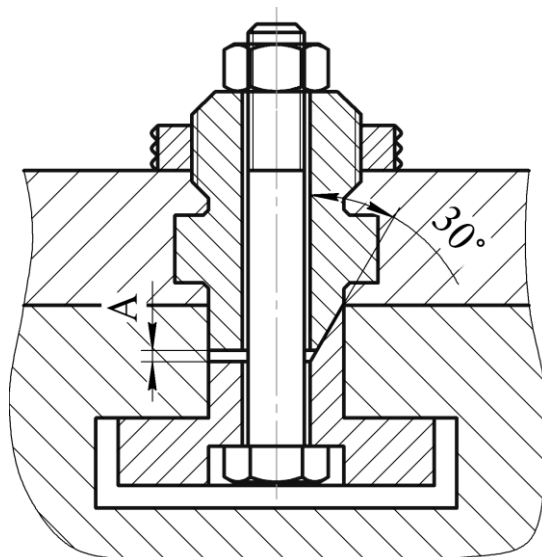


Рис. 9.4. Установка в Т-пазах

Призматические шпонки иногда устанавливают и закрепляют в Т-образных пазах, как на примере. В этом случае корпус приспособления базируется на пластинках в «координатный стол».

Для уменьшения времени переналадки станка в конструкции приспособления необходимо предусматривать:

- возможность быстрого отсоединения и присоединения гидросистемы (пневмосистемы) к источникам давления;
- применение для зажима заготовки быстродействующих ручных или механизированных приводов, а в качестве источников питания — механогидравлических насосов или пневмогидросистемы;
- возможность установки заготовки параллельно с обработкой другой заготовки, то есть предусматривать возможность смены заготовки в рабочей зоне или вне станка (двухпозиционные поворотные столы, угольники с двумя или четырьмя рабочими поверхностями).

Так как на станках с ЧПУ, особенно многооперационных, обрабатывают много поверхностей в одну установку, то установочные и зажимные элементы не должны препятствовать подходу режущего

инструмента к максимально возможному количеству поверхностей заготовки, избегать «перехватов», то есть перезакреплений. С этой точки зрения очень удобна схема базирования на плоскость и два пальца.

Одна из основных особенностей станков с ЧПУ — возможность обеспечения высокой точности обработки. На станках с ЧПУ погрешность установки является основной погрешностью. Отсюда точность приспособления должна быть намного выше точности приспособления к универсальным станкам.

Станки с ЧПУ имеют повышенную жесткость (для высокопроизводительной обработки заготовок на черновых переходах), а, следовательно, повышенные требования к жесткости приспособления.

Еще одной особенностью является то, что в приспособлениях к станкам с ЧПУ должны отсутствовать элементы для направления режущего инструмента (сверл, зенкеров, разверток — для сверлильных станков и борштанг — для расточных станков).

Следующей особенностью станков с ЧПУ является перенесение центра тяжести человеческого труда от станка на подготовку производства. Поэтому на станках с ЧПУ эффективно применять простые приспособления, желательно скомпонованные из заранее изготовленных деталей и узлов, или применять приспособления, позволяющие производить их быструю переналадку, то есть целесообразно применять переналаживаемую технологическую оснастку.

10. МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В настоящее время существует три метода конструирования любых приспособлений:

- конструирование по аналогу;
- конструирование из стандартных элементов и узлов;
- конструирования по методу синтеза конструкции.

При конструировании по первому методу в архивах находят чертеж разработанного ранее приспособления для аналогичной дета-

ли. Этот чертеж дорабатывается. Причем часто вносят лишь незначительные изменения, касающиеся установочных элементов. Достоинством данного метода является достаточно высокая производительность конструирования. Недостатки — невозможность направленного совершенствования конструкции приспособления и ошибки старых конструкций (они переносятся на новые).

Создание конструкций из полностью стандартизированных элементов и узлов возможно в настоящее время только для приспособлений системы УСП и частично для СРП.

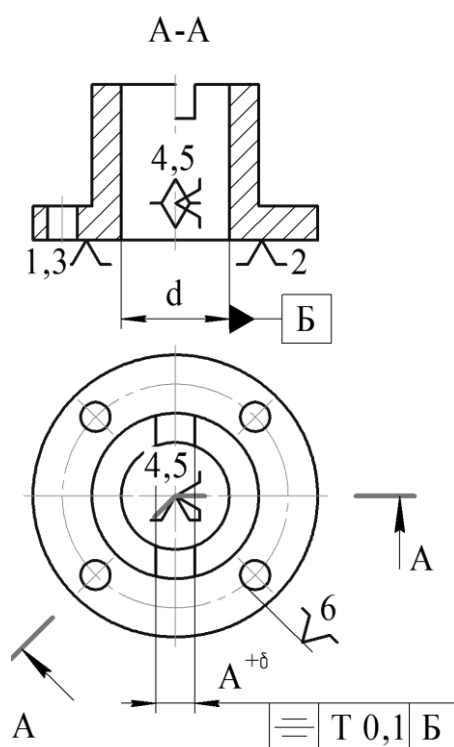


Рис. 10.1. Пример для конструирования ПБ

При конструировании приспособлений по методу синтеза конструкций исходными данными для проектирования являются:

- операционный эскиз (рис. 10.1);
- операционная карта;
- маршрут обработки (надо знать состояние поверхностей — баз к операции, для которой проектируется приспособление).

Необходимы обоснование и выбор установочных элементов, на основании чего материализуется схема базирования, а также знание точности и шероховатости базовых поверхностей и нагрузки, действующей на заготовку.

Одним из главных этапов при конструировании приспособлений является выбор и выполнение определенных требований к установочным и зажимным элементам.

Выбор установочных элементов заключается в определении типа, размеров установочных элементов, их количества и взаимного расположения.

При выборе установочных элементов необходимо руководствоваться следующими соображениями:

- число установочных элементов должно быть минимальным, иначе возможна неопределенность базирования;
- расстояние между установочными элементами должно быть максимальным, а размеры их рабочих поверхностей — минимальными для повышения устойчивости заготовки;
- установочные элементы не должны ухудшать качество окончательно обработанных поверхностей;
- рабочие поверхности установочных элементов должны быть износостойкими (термообработка — 20, 20Х — цементация + закалка; У7, У10 — термообработка). Материалы — ВК3 и ВК8;
- конструкция установочных элементов должна обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении;
- должны быть обеспечены условия быстрого удаления стружки с рабочих поверхностей.

Для приведенного выше примера в качестве установочных элементов используются плоскость в виде кольца, конический палец и срезанный палец.

Заготовка вычерчивается в тонких линиях, также должен быть указан инструмент.

11. КЛАССИФИКАЦИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Классификацию приспособлений проводят по нескольким признакам:

- по типу станков (токарные, фрезерные, сверлильные и т. д.);
- по степени автоматизации (ручные, механизированные, полуавтоматические, автоматические);
- по степени специализации (универсальные, специализированные, специальные).

Ниже приводится более подробная классификация по последнему признаку.

Универсальные приспособления используют в единичном и мелкосерийном производствах для:

- 1) закрепления заготовок широкой номенклатуры и различной конфигурации;
- 2) расширения технологических возможностей станков или для обслуживания приспособлений.

К универсальным устройствам относятся поворотные и делительные столы, делительные головки и т. п. Ранее при рассмотрении станочных приспособлений по целевому назначению некоторые универсальные приспособления были отнесены к принадлежностям к металлорежущим станкам.

К специализированным относятся универсальные патроны (с неразъемными кулачками), универсальные фрезерные тиски.

Специализированные приспособления используют в серийном производстве для закрепления заготовок одного класса, но разных размеров, то есть это могут быть приспособления для обработки заготовок типа валов, втулок, рычагов, корпусных заготовок и т. д. Типичным представителем специализированных приспособлений для обработки заготовок типа валов являются тиски, у которых губки выполнены в виде несъемных призм. В таких тисках может быть установлена заготовка только типа валов, но разных диаметров.

Специальные приспособления используют в массовом производстве для установки заготовок одного наименования и вполне определённого размера, то есть при выполнении определённой операции (или технологического перехода). При смене заготовок специальные приспособления приходится списывать, независимо от их физического износа. Расширение технологических возможностей рассмотренных выше приспособлений (универсальных, специализированных и специальных) и уменьшение их количества производится путём создания различных наладок и доработки этих приспособлений таким образом, чтобы наладки можно было на них закреплять, то есть путём создания переналаживаемых приспособлений.

11.1. ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Переналаживаемые приспособления состоят из постоянной (базовой) части и комплекта сменных наладок. В постоянную часть обычно входят корпус приспособления с приводом и элементы для базирования наладок. Сменные наладки состоят из установочных и зажимных элементов и проектируются в соответствии с формой и размерами конкретной заготовки. Соотношение (количественное и качественное) между базовой частью и сменными наладками может быть различным. Так, например, в трёхкулачковом патроне достаточно заменить кулачки, и можно обеспечить осевое закрепление тонкостенных заготовок, так как зажим в диаметральной направленности может повредить тонкостенную заготовку.

На рис. 11.1 приведен пример переналадки универсального приспособления за счет использования специальных кулачков. Тонкостенная заготовка 1 центрируется своим отверстием на оправке. При перемещении кулачка 2 вверх рычаг 3, поворачиваясь на своей оси и упираясь в крышку 4, закрепляет заготовку в осевом направлении.

После установки прежних кулачков это приспособление можно «вернуть» в первоначальное состояние.

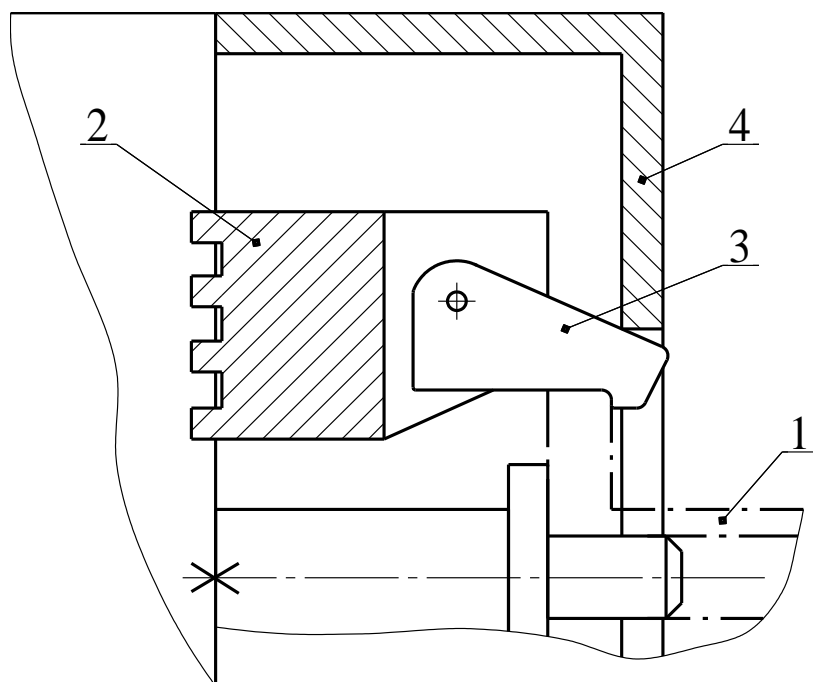


Рис. 11.1. Пример переналадки универсального ПБ

Но наибольший эффект переналадка специализированных приспособлений обеспечивает в серийном производстве. Здесь, с одной стороны, заготовки обрабатываются партиями, а с другой — партии часто меняются. Одним из примеров специализированных переналаживаемых приспособлений могут служить тиски со сменными губками (рис. 11.2).

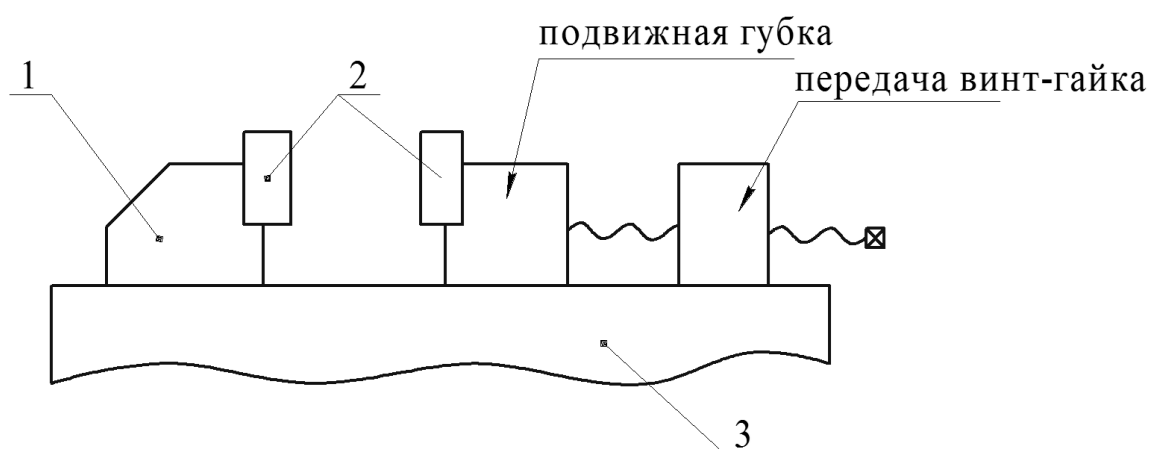


Рис. 11.2. Машинные тиски:
1 — корпус, 2 — сменные накладки, 3 — направляющие

За счет создания различных сменных наладок можно осуществить закрепление самых разнообразных заготовок, отличающихся не только размерами, но и формой. Различные виды сменных наладок представлены рис. 11.3.

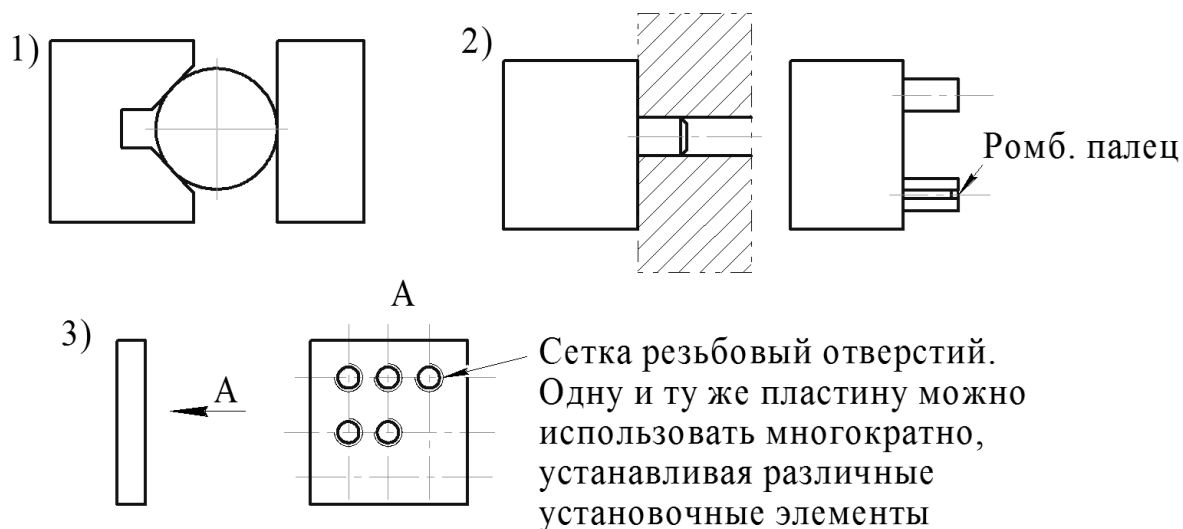


Рис. 11.3. Различные сменные наладки

Пример групповой переналаживаемой оправки приведен на рис. 11.4.

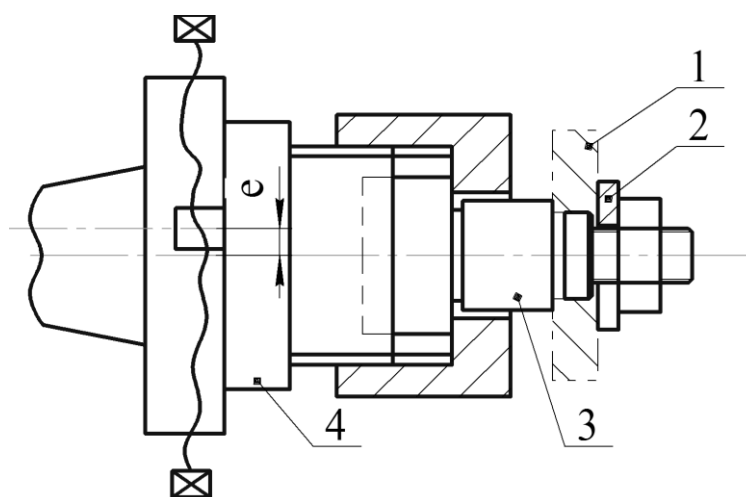


Рис. 11.4. Групповая переналаживаемая оправка: 1 — заготовка; 2 — быстросъемная шайба; 3 — сменная наладка с различными посадками диаметра d ; 4 — ползушка, перемещаемая винтами 5

11.2. СИСТЕМА УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Универсально-сборные приспособления также относятся к переналаживаемым. Используются в опытном, единичном, иногда серийном производствах для установки широкой номенклатуры заготовок с различной формой и размерами (в этом смысле они универсальные). Но для каждой операции собирают специальные приспособления из заранее изготовленных стандартных элементов. После использования приспособления его разбирают и из разобранных элементов собирают новое приспособление и т. д. Система универсально-сборных приспособлений — наиболее распространённая система станочных приспособлений многократного применения. Элементы этой системы изготавливаются централизованно.

В полный комплект универсально-сборных приспособлений входит до 20 тысяч деталей и определённое количество неразборных узлов. Комплекты выпускаются трёх серий (типоразмеров). Определяющим является ширина b (рис. 11.5) Т-образных пазов, которые выполняются на многих деталях каждого комплекта.

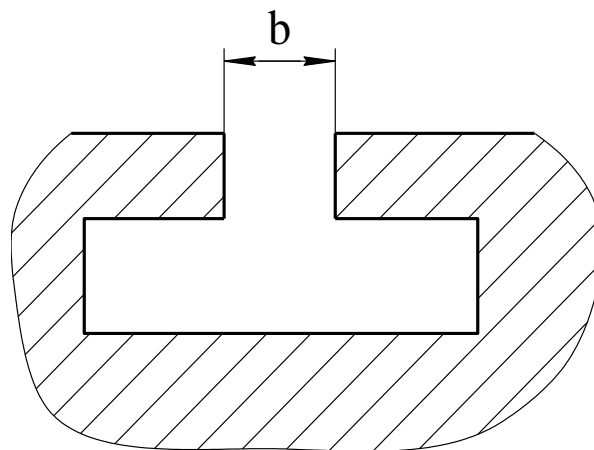


Рис. 11.5. Т-образный паз

Ширина варьируется в пределах: $b = 8, 12$ и 16 мм:

$b = 8$ мм — для приборостроения;

$b = 16$ мм — для тяжёлого машиностроения;

$b = 12 \text{ мм}$ — для общего машиностроения.

Элементы этой серии выполняются по ГОСТ15436-15465-70.

Все элементы полного комплекта разбиваются на восемь групп.

В первую группу входят базовые элементы (рис. 11.6, 11.7). Они являются основой компоновки приспособления ($\approx 1\%$ от общего количества).

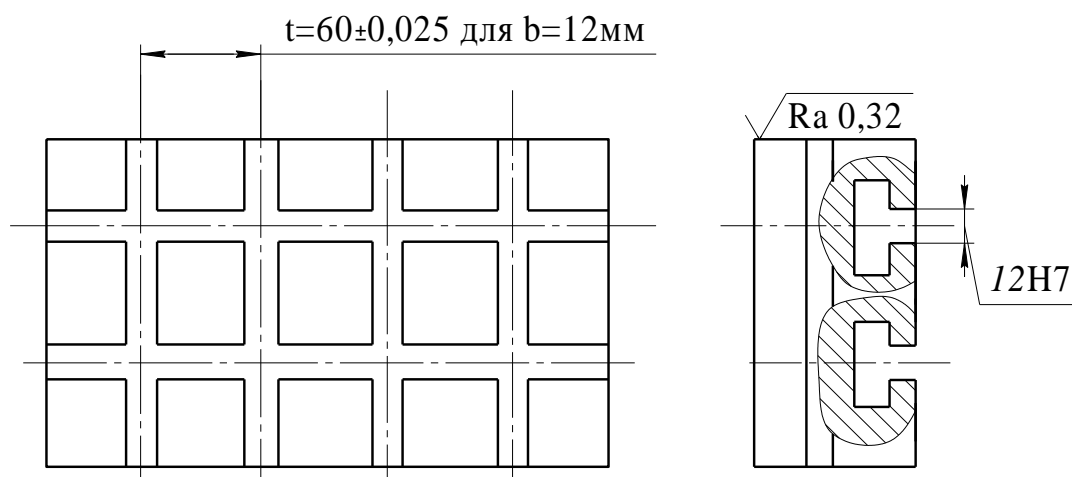


Рис. 11.6. Пример базового элемента

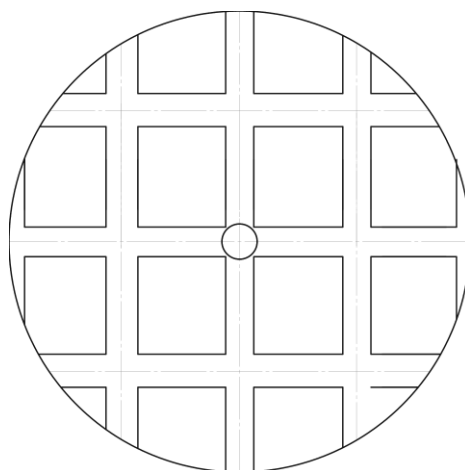


Рис. 11.7. Пример базового элемента

Базовые элементы изготавливаются с высокой точностью. Допускаемые отклонения от параллельности и перпендикулярности поверхностей и пазов друг относительно друга — не более 0,01 мм на 200 мм длины. Базовые элементы могут иметь значительные размеры.

Материал базовых элементов — сталь 12ХН3А — позволяет производить закалку на всю глубину и получать твердость HRC 58...62.

Вторая группа — это корпусные и опорные элементы ($\approx 10\%$). Назначение этих элементов — составлять в различных сочетаниях корпуса приспособлений, которые монтируются на базовых элементах. Их изготавливают по 7 квалитету. Допуски параллельности и перпендикулярности всех плоскостей, осей и пазов — не более 0,01 мм на 100 мм. Пример прямоугольной стойки представлен на рис. 11.8.

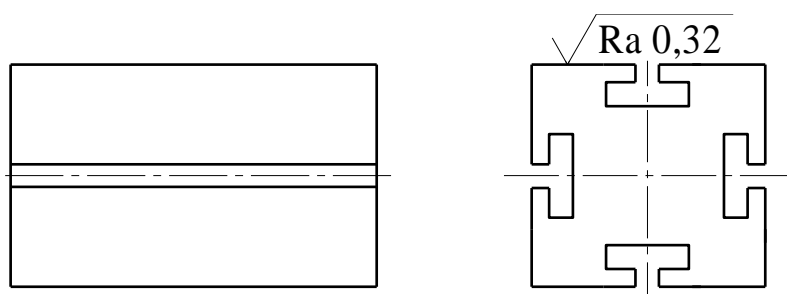


Рис. 11.8. Пример прямоугольной стойки

Третья группа — это установочные элементы (планки, шпонки, пальцы, штыри и т. д.). Пример установочной планки представлен на рис. 11.9.

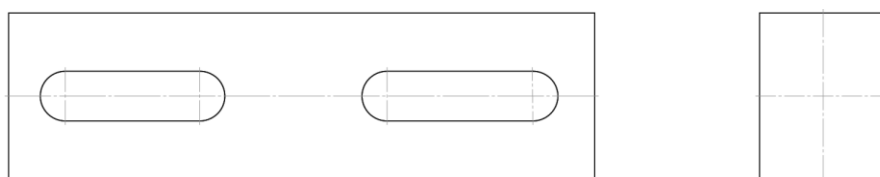


Рис. 11.9. Установочная планка

К четвёртой группе относятся направляющие элементы (втулки кондукторные, валики, колонки и т. д.).

Пятая группа — прижимные элементы (прихваты плоские, изогнутые, вильчатые и т. д.), представленные на рис. 11.10.

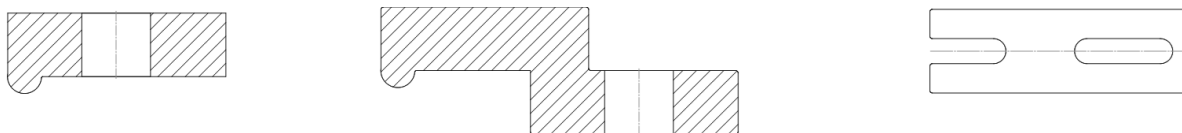


Рис. 11.10. Примеры прижимных элементов

Шестая группа — это крепёжные элементы (шпильки, винты, гайки, шайбы; их до $\approx 60\%$).

Седьмую группу составляют различные элементы (планки, центры, эксцентрики, рукоятки, пружины и т. д.).

Восьмая группа — готовые неразборные узлы (базовые, опорные, установочные, делительные и т. д.).

Подробнее состав групп приведен в [1, 2].

Анализ показывает, что в процентном отношении собираемых комплектов $\approx 60\%$ составляют сверлильные; $\approx 30\%$ — фрезерные; $\approx 10\%$ — токарные.

На заводах имеются специальные участки сборки универсально-сборных приспособлений.

Способы сборки универсально-сборных приспособлений:

- по чертежу детали;
- по чертежу заготовки и операционному эскизу (наиболее часто);
- обычно собранные универсально-сборные приспособления получают со специальной базы проката (дешевле, так как полный комплект стоит дорого).

Точность приспособления зависит не только от квалификации сборщика, но и от инженера, например, при увеличении количества стыков точность приспособления падает.

С практической точки зрения значение классификации велико. Хорошо разработанная классификация должна удовлетворять следующим требованиям:

- быть основой для унификации и стандартизации приспособлений;

- способствовать экономии средств и снижению трудоемкости при проектировании ПБ;

- удовлетворять требованиям, вытекающим из задач учета и хранения ПБ и технологической документации на ПБ.

В 1960 году пытались внедрить нормаль МН 80-59 на классификацию приспособлений, но она не нашла широкого применения из-за сложности, противоречивости и других недостатков. Поэтому предприятия в настоящее время пользуются собственными классификаторами.

На рис. 11.11 представлена предлагаемая объемная классификация.

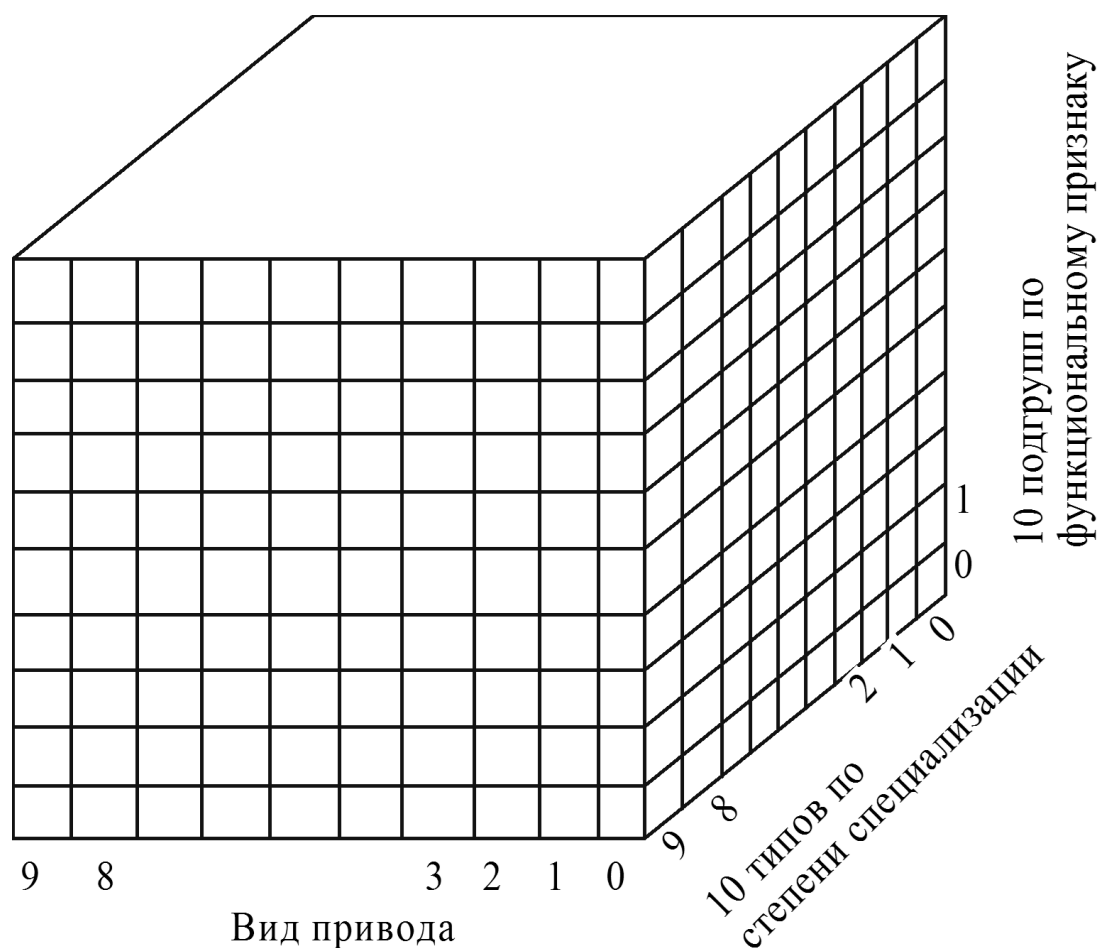


Рис. 11.11. Классификация приспособлений

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Андреев Г. Н.* Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: учеб. пособие для вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе / под ред. Ю. М. Соломенцева. — М.: Высшая школа, 1999. — 415 с.
2. *Ансеров М. А.* Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. — Л.: Машиностроение, 1975. — 652 с.
3. *Блюменштейн В. Ю.* Проектирование технологической оснастки: учеб. пособие / В. Ю. Блюменштейн, А. А. Клепцов. — СПб.: Издательство «Лань», 2011. — 224 с.
4. *Болотин Х. Л.* Станочные приспособления / Х. Л. Болотин, Ф. П. Костромин. — М.: Машиностроение, 1973. — 344 с.
5. *Горошкин В. С.* Приспособления для металлорежущих станков: справочник / В. С. Горошкин. — М.: Машиностроение, 1979. — 301 с.
6. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении.
7. *Колчин Н. И.* Механика машин в 2-х т. / Н. И. Колчин. — М.-Л.: Машиностроение, 1972.
8. *Константинов О. Я.* Магнитная технологическая оснастка / О. Я. Константинов. — Л.: Машиностроение, 1974. — 383 с.
9. *Корсаков В. С.* Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В. С. Корсаков. — М.: Машиностроение, 1983. — 277 с.
10. *Кузнецов Ю. И.* Оснастка для станков с ЧПУ: справочник / Ю. И. Кузнецов [и др.]. — М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.
11. *Маслов А. Р.* Приспособления для металлообрабатывающего инструмента : справочник / А. Р. Маслов. — М.: Машиностроение, 2002. — 256 с.
12. Станочные приспособления: справочник в 2 т. — Т. 1 / под ред. Б. Н. Вардашкина, А. А. Шатилова. — М.: Машиностроение, 1984. — 592 с.
13. Станочные приспособления: справочник в 2 т. — Т. 2 / под ред. Б. Н. Вардашкина, В. В. Данилевского. — М.: Машиностроение, 1984. — 656 с.