

Министерство образования Российской Федерации
Уральский государственный
профессионально-педагогический университет

А.К.Коровин

П Р И С П О С О Б Л Е Н И Я
ДЛЯ МЕХАНОСБОРЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Учебное пособие

Екатеринбург
1996

Коровин А.К. Приспособления для механосборочного производства:
Учеб.пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал.гос.проф.-пед.ун-та, 1996.
144 с.

В пособии в систематизированном виде изложены основные сведения по конструктивным элементам станочных, сборочных и контрольных приспособлений, применяемых в современном машиностроительном производстве. При подготовке пособия были использованы материалы, накопленные машиностроительными заводами, исследовательскими организациями, высшими учебными заведениями.

Учебное пособие дает студентам необходимую информацию для проектирования приспособлений при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Рецензенты: кандидат технических наук, главный конструктор НПО "Думори-инструмент" Л.М.Демьянов, кандидат технических наук, доцент И.С.Корнев.

ISBN 5-7488-0248-1



Уральский государственный
профессионально-педагогический
университет, 1996

Введение

Машиностроение – одна из ведущих отраслей промышленности во всех развитых странах. Уровнем развития машиностроения, и особенно качественным его состоянием (структурой, совершенством оборудования, качеством измерительной техники, квалификацией инженерно-технических работников и рабочих, уровнем механизации и автоматизации производства, гибкостью производственного аппарата и уровнем его организации), в значительной степени определяется состояние экономики высокоразвитых стран с рыночной экономикой.

В нашей стране развитие машиностроения после Октябрьской революции было подчинено военным нуждам. Сначала это обосновывали необходимостью защиты завоеваний революции, затем укреплением обороноспособности страны, находящейся в капиталистическом окружении, а после победы в войне 1941–1945 гг. диктовалось политическими амбициями и стратегическими замыслами нашего правительства.

Лучшее оборудование и материалы, наиболее квалифицированные и высокооплачиваемые кадры были сосредоточены в военно-промышленном комплексе. Несмотря на отсутствие необходимых экономических ресурсов, была поставлена задача достижения военного паритета с США. В основном (по крайней мере по количественным показателям) эта задача была решена. Однако экономические последствия милитаризации экономики страны в мирное время оказались весьма негативными.

Где-то в середине 60-х гг. количественное наращивание производственных мощностей в машиностроении натолкнулось на отсутствие необходимого числа рабочих для работы на новых предприятиях. Но ведущие министерства продолжали строить все новые и новые цеха и заводы. В результате к середине 80-х гг. сложилась такая обстановка, при которой на пять с лишним миллионов единиц металлообрабатывающих станков не набиралось необходимого числа рабочих для работы на этом оборудовании в одну смену.

При таком огромном парке металлообрабатывающего оборудования возникла еще одна неразрешимая проблема. Для того чтобы поддерживать необходимый качественный уровень, оборудование приходится обновлять примерно раз в десять лет. Следовательно, наше станкостроение должно было выпускать около 500 000 станков в год. В лучшие времена станкостроение СССР выпускало не более 150 000 стан-

ков в год. Идет процесс безнадежного старения оборудования. Заводы, выпускающие гражданскую продукцию, вынуждены заниматься капитальным ремонтом оборудования, который обходится дороже, чем изготовление такого же оборудования на станкостроительных заводах. Например, в сельскохозяйственном машиностроении производственные мощности ремонтных предприятий в несколько раз превышают мощности заводов, производящих сельскохозяйственные машины.

Еще одна особенность нашего машиностроения связана с гигантоманией. Если в Америке насчитывается несколько миллионов предприятий, то в нашей стране их количество не превышает сотни тысяч. Очень часто определенный вид продукции выпускают только несколько предприятий (два-пять, и редко, более). В результате вся страна превратилась в очень жестко связанную технологическую цепь.

После распада СССР, когда такие предприятия оказались разделенными новыми государственными границами, возникли колоссальные трудности с поставками комплектующих изделий по кооперации.

При переходе к рыночным отношениям эти предприятия занимают монопольное положение и диктуют свои цены потребителям. Антимонопольное законодательство в этих условиях не может быть достаточно эффективным средством борьбы с такими предприятиями.

В настоящее время Россия должна решить очень трудную задачу структурной перестройки своей промышленности. Дело в том, что 90% стоимости основных фондов страны сосредоточено в оборонно-промышленном комплексе и только остальное – в предприятиях, работающих на удовлетворение потребностей человека.

Особая роль в процессе становления обновленной экономики страны будет принадлежать машиностроению.

Научный потенциал, новые технологии, результаты исследований российских ученых дают возможность перейти на новые организационные формы и структуру машиностроительного производства с наименьшими экономическими потерями.

Предлагаемый вниманию читателей курс приспособлений для механосборочного производства – неотъемлемая часть технологии машиностроения. Он дает возможность студентам в процессе курсового и дипломного проектирования принимать квалифицированные, научно обоснованные решения при выборе, проектировании и расчете приспособлений.

Изучение курса расширяет технический кругозор студентов, вырабатывает умение разбираться как в элементах конструкций широкого круга приспособлений, так и в их взаимодействии при работе приспособлений.

Глава 1. УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

1.1. Характеристика основных типов производства

В машиностроении в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска различают три основных типа производства: индивидуальное, серийное и массовое. Одно из самых существенных отличий этих типов заключается в методах обеспечения точности обработки заготовок.

На заводах индивидуального производства для установки и выверки заготовок на станке используют предварительную разметку заготовок, а требуемую точность обработки обеспечивают методом пробных ходов и промеров. В серийном и массовом производстве разметка и выверка заготовок, как правило, в технологическом процессе отсутствует.

Необходимая точность обработки на каждой операции обеспечивается настройкой станка и режущего инструмента на получение требуемого размера. При этом разовая настройка используется для обработки значительного количества однотипных деталей.

Остановимся несколько подробнее на некоторых характеристиках основных типов производства.

Единичное или индивидуальное производство характеризуется широкой номенклатурой изготавливаемых изделий и малым объемом их выпуска. Особенности этого типа производства:

- использование универсального оборудования;
- применение универсальных инструментов и приспособлений;
- почти обязательное использование разметки при обработке более или менее сложных деталей;
- групповое размещение оборудования по видам станков;
- большая длительность производственного цикла.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями (сериями). Основу современного производства машин составляет мелкосерийное машиностроение (около 75%). Особенности серийного производства:

- использование специального и специализированного оборудования;
- широкое применение специальных приспособлений и инструмента;

- обеспечение точности обработки на настроенном оборудовании без использования разметки;

- необходимость периодической переналадки оборудования, т.к. за одним станком обычно закреплено выполнение нескольких операций.

Массовое производство характеризуется очень узкой номенклатурой и большим объемом выпуска однотипных изделий, которые производят в течение достаточно продолжительного времени. На каждом рабочем месте выполняется одна неизменно повторяющаяся операция.

Особенности этого типа производства:

- применение высокопроизводительного специального оборудования, специальных приспособлений и инструмента;

- размещение оборудования в последовательности выполнения операций;

- широкое использование механизированных транспортных устройств для передачи заготовок со станка на станок;

- механизация и автоматизация операций технического контроля;

- резкое сокращение длительности производственного цикла.

Таким образом, основной областью применения приспособлений является серийное и массовое производство. Наиболее значительную долю (80-90%) общего парка приспособлений составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления обрабатываемых заготовок.

1.2. Общие сведения о приспособлениях

Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства, которые используют при механической обработке, сборке и контроле изделий. Приспособления, рабочие и контрольные инструменты, вместе взятые, называют технологической оснасткой.

Сложность технологических процессов и многообразие обрабатываемых заготовок обусловили большое количество приспособлений и очень высокий уровень требований, предъявляемых к ним.

Использование приспособлений в технологическом процессе позволяет:

- повысить производительность труда;

- повысить точность обработки, контроля и сборки изделий;

- облегчить условия труда станочников;

- сократить необходимое число рабочих и снизить требуемую квалификацию;

- повысить безопасность работы;
- расширить технологические возможности оборудования.

Производительность труда при использовании приспособлений возрастает за счет устранения операции разметки, пробных проходов и измерений, ускорения процесса установки и закрепления заготовки, а также за счет ужесточения режимов резания.

Применение приспособлений, как правило, снижает себестоимость продукции. Однако в каждом конкретном случае экономическая целесообразность должна подтверждаться соответствующими расчетами.

Рассмотрим некоторые схемы классификации приспособлений. По целевому назначению их подразделяют на следующие группы:

1. Станочные приспособления для установки и закрепления обрабатываемых заготовок делят на сверлильные, фрезерные, расточные, токарные и др. в соответствии с наименованиями станков, на которых они используются. К этой же группе относятся приспособления, предназначенные для выполнения некоторых специфических операций (гибка, рихтовка и т.д.).

2. Станочные приспособления для установки и закрепления рабочего инструмента часто называют вспомогательным инструментом, они отличаются большим количеством нормализованных и стандартных конструкций. В эту группу приспособлений входят различные патроны для закрепления сверл, разверток, метчиков, фрезерные и сверлильные головки, инструментальные державки для токарно-револьверных станков и станков с ЧПУ.

3. Сборочные приспособления используют для соединения деталей и узлов изделия. Существуют сборочные приспособления, предназначенные для крепления базовых деталей собираемого изделия, для правильной установки и ориентирования соединяемых элементов изделия, для предварительного деформирования устанавливаемых в изделие упругих элементов (пружин, разрезных колец и т.п.), а также для запрессовки, клепки, развальцовки и некоторых других сборочных операций, где требуется применение больших сил.

4. Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок на операциях промежуточного и окончательного контроля при механической обработке и сборке изделий.

5. Приспособления для захвата, перемещения и перевертывания тяжелых, а в автоматизированном производстве и легких заготовок, деталей и собираемых изделий.

При классификации приспособлений по степени специализации их делят на универсальные, переналаживаемые и специальные.

Универсальные приспособления подразделяют на стандартные и нестандартные. Стандартные приспособления изготавливают централизованно. К ним относятся машинные тиски, патроны, делительные головки, поворотные столы и некоторые другие приспособления.

Переналаживаемые приспособления применяют в мелкосерийном и среднесерийном производстве. К ним относят: универсально-сборные (УСП), собираемые из набора нормализованных деталей и узлов, допускающие многократную перекомпоновку собираемых конструкций; универсально-наладочные (УНП) со сменными наладками, которые дают возможность обрабатывать детали различных наименований; групповые переналаживаемые для обработки определенной группы деталей.

Специальные приспособления предназначены для выполнения определенных технологических операций и представляют собой переналаживаемые устройства одноцелевого назначения. Их используют в серийном и массовом производстве при постоянном закреплении операций на рабочих местах.

В серийном производстве часто применяют групповые переналаживаемые специальные приспособления для обработки группы прикрепленных деталей. Специальные приспособления трудоемки и дороги, потому что из-за широкого разнообразия конструкций их изготавливают методами единичного производства. При освоении нового изделия ранее использовавшиеся специальные приспособления становятся непригодными.

В цикле технологической подготовки производства до 80% времени занимает изготовление приспособлений. Однако высокая производительность технологических процессов при использовании многоместных и высокомеханизированных специальных приспособлений окупает затраты, связанные с их изготовлением.

По степени механизации и автоматизации приспособления делят на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические.

Приспособления должны быть безопасными и удобными в работе, жесткими для обеспечения заданной точности и производительности процесса обработки, простыми и достаточно дешевыми в изготовлении.

В конструкции сложных специальных приспособлений можно выделить следующие основные элементы:

- детали для установки и базирования заготовок;

- детали для закрепления установленной заготовки;
- силовой привод, обеспечивающий работу зажимных и некоторых других устройств;
- детали, обеспечивающие направление режущего инструмента;
- вспомогательные устройства;
- корпус приспособления, на котором монтируются все конструктивные элементы приспособления.

1.3. Основные схемы базирования

Базированием называют придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат.

При механической обработке на станках под базированием понимают придание заготовке требуемого положения относительно элементов станка, определяющих траекторию движения обрабатываемого инструмента.

При сверлении отверстий в заготовке на вертикально-сверлильном или радиально-сверлильном станке мы должны установить ее так, чтобы плоскость, на которой размечены будущие отверстия, была перпендикулярна оси шпинделя станка.

При обработке отверстий в корпусных деталях на горизонтально-расточных станках заготовка должна быть установлена так, чтобы ось шпинделя расточного станка была параллельна основанию корпусной заготовки и перпендикулярна торцевой плоскости этой заготовки.

Таким образом, заготовка должна занять вполне определенное положение по отношению к траектории движения режущего инструмента.

Применительно к сборке под базированием понимают придание детали (или сборочной единице) требуемого положения относительно других деталей изделия.

Элементы геометрических форм машиностроительных деталей представлены достаточно простыми поверхностями: плоскими, цилиндрическими, коническими и некоторыми другими (винтовыми, эвольвентными, шлицевыми). Перечисленные виды поверхностей, как правило, и используют для установки заготовок на станках. Рассмотрим некоторые основные схемы заготовок.

1.3.1. Схема базирования призматических заготовок

Под понятие призматических деталей подпадают реальные изделия, различные по форме, размерам, функциональному назначению. Сюда могут быть отнесены плиты, крышки, коробки, корпуса, станины и т.п. На рис. 1 представлена принципиальная схема базирования призматической заготовки.

С точки зрения теоретической механики всякое твердое тело, рассматриваемое по отношению к выбранной системе координат, может иметь шесть степеней свободы: три перемещения вдоль осей координат X , Y , Z и возможность поворота вокруг каждой из этих осей. Любое другое возможное перемещение твердого тела в пространстве может быть представлено как векторная сумма названных выше перемещений. Если задать шесть определенным образом выбранных координат, то можно однозначно определить положение твердого тела в пространстве.

Для призматической заготовки, представленной на рис. 1, на нижней плоскости $ABCD$ выберем три координатные точки, которые определяют положение заготовки относительно координатной плоскости XOY . При этом она будет лишена трех степеней свободы (невозможны повороты вокруг осей OX и OY и перемещение вдоль оси OZ).

На плоскости $AA_1B_1B_1$ заготовки выделим две координаты, которые зафиксируют заготовку относительно координатной плоскости YOZ . Она при этом будет лишена еще двух степеней свободы (невозможны перемещения вдоль оси OX и поворот вокруг оси OZ).

Теперь необходима еще одна координатная точка, которая определит положение заготовки по отношению к координатной плоскости XOZ и лишит ее последней степени свободы (возможности перемещения вдоль оси OY). Эту точку выбираем на плоскости $BB_1C_1C_1$.

Если теперь рассмотренные координаты заменить материализованными опорными точками, получится схема полного базирования призматической заготовки.

Для того чтобы в процессе обработки положение заготовки оставалось неизменным, необходимо обеспечить силовое замыкание.

Для создания силового замыкания могут быть использованы:

- упругие силы материала отдельных крепежных деталей или целых механизмов;
- силы трения;
- сила тяжести;

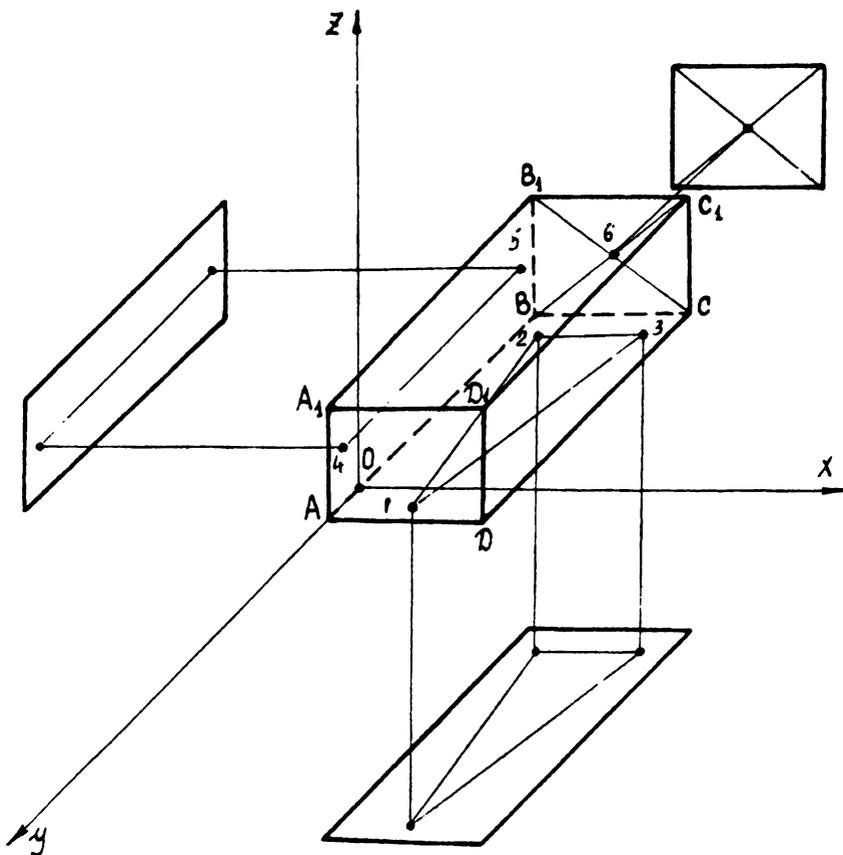


Рис. 1. Схема базирования призматической заготовки:

- плоскость **ABCD** - установочная база (имеет три опорные точки, лишает заготовку трех степеней свободы);
- плоскость **AA₁B₁B** - направляющая база (несет две опорные точки, лишает заготовку двух степеней свободы);
- плоскость **BB₁C₁C** - опорная база (несет одну опорную точку, лишает заготовку одной степени свободы)

– магнитные, электромагнитные силы и т.д.

Так, при сборке крышек различных корпусных изделий используют упругие силы, возникающие при затяжке гаек на крепежных болтах. Этим обеспечивается силовое замыкание.

Для закрепления заготовок при обработке на плоскошлифовальных станках часто применяют магнитные или электромагнитные силы.

Поверхность, на которой мы выбрали три опорные точки, является нижней частью нашей заготовки. Этот выбор обоснован тем, что при установке на горизонтально-расточных, сверлильных, продольно-фрезерных станках вес деталей создает часть сил, необходимых для силового замыкания.

Из теоретической механики известно, что твердое тело, установленное на три точки, будет иметь тем большую точность положения и устойчивость, чем дальше опорные точки расположены одна от другой. Поэтому для размещения трех опорных точек, как правило, выбирают на заготовке поверхность с наибольшими габаритными размерами.

Поверхность заготовки, которая несет три опорные точки, лишаящие заготовку трех степеней свободы, называют установочной базой.

Поверхность заготовки, которая несет две опорные точки, лишаящие заготовку двух степеней свободы, называют направляющей базой.

Свое название эта поверхность получила потому, что через размещенные на ней две опорные точки можно провести прямую линию, определяющую относительное направление. Точность направления чаще всего оценивают тангенсом угла наклона между заданным направлением и имеющейся прямой (рис. 2): $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b_2}$.

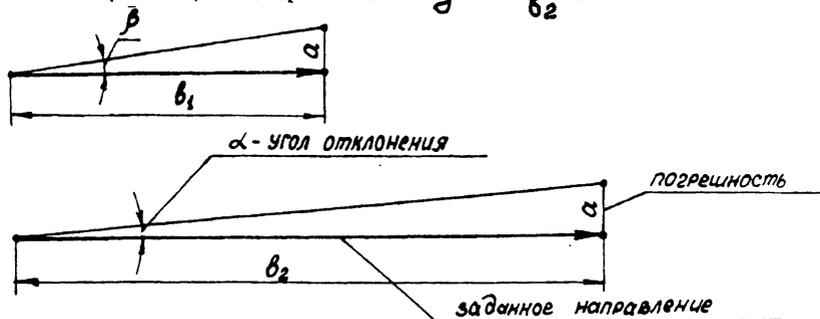


Рис. 2. Влияние длины направляющей базы на отклонение от заданного направления

Из выражения $\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b_2}$ видим, что для повышения точности направления при одной и той же величине погрешности необходимо увеличить расстояние b между двумя опорными точками. Соответственно в качестве направляющей поверхности на заготовке создают или выбирают поверхность, отличающуюся наибольшей протяженностью (длиной) при небольшой ширине.

Поверхность заготовки, которая несет одну опорную точку и лишает заготовку одной степени свободы, называют опорной базой.

Для размещения одной опорной точки больших габаритных размеров не потребуется. Поэтому в качестве опорной базы на заготовке выбирают поверхность с небольшими размерами.

Таким образом, проанализировав схему базирования призматических заготовок, мы приходим к выводу, что для достижения определенности базирования при их обработке на станке необходимо и достаточно иметь шесть опорных точек, расположенных определенным образом относительно координатных плоскостей. В этом состоит суть правила "шести точек".

Увеличение количества опорных точек (больше шести), особенно при обработке черновых заготовок — литье, поковки, штамповки, делает положение устанавливаемых заготовок недостаточно определенным.

Базирование заготовок в приспособлении на все шесть опорных точек называется полным.

Эскиз заготовки, для установки которой на станке необходима схема полного базирования, представлен на рис. 3, а. Размер шпоночного паза, заданный величинами a , b , c , делает обязательным использование всех шести опорных точек. В противном случае невозможно выдержать заданные размеры паза.

Если размер уступа задан двумя размерами a и b (рис. 3, б), то при установке заготовки на станке или в приспособлении мы имеем возможность оставить одну степень свободы (перемещение заготовки вдоль оси OY до ее закрепления на размерах a и b никак не скажется).

Когда получаемый размер связан только с координатой Z (рис. 3, в), тогда мы при установке заготовки на станке до ее закрепления можем использовать только три опорные точки на плоском основании заготовки, у которой остается еще три степени свободы (перемещение по плоскости XOY в любом направлении и поворот вокруг любой оси, параллельной OZ). Этот вариант часто применяют при обработке на плоскошлифовальных станках, когда при шлифо-

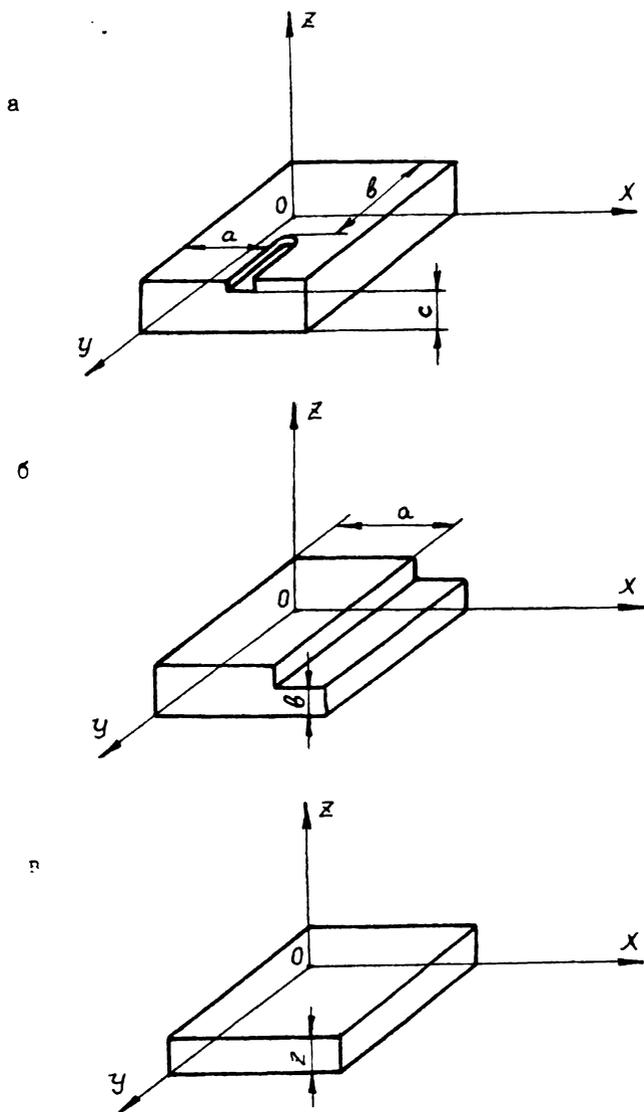


Рис. 3. Схемы полного и неполного базирования:
 а - ликвидировано шесть степеней свободы; б - ликвидировано пять степеней свободы; в - ликвидировано три степени свободы

вании необходимо выдержать размер, соответствующий высоте или толщине заготовки.

Схемы базирования заготовок, когда некоторые степени свободы заготовки не устраняются, называют схемами упрощенного или неполного базирования заготовки.

Практический смысл использования таких схем базирования состоит в том, что уменьшается количество установочных элементов приспособления. Это упрощает конструкцию приспособления, делает его изготовление дешевле, а установку заготовки в приспособлении более удобной.

1.3.2. Схема базирования цилиндрических заготовок

Цилиндрические заготовки широко представлены в машиностроении различными валами, втулками, дисками, зубчатыми колесами и т.д.

Рассматривая конструктивное оформление цилиндрических заготовок, их можно разделить на две большие группы, отличающиеся отношением длины заготовки к диаметру.

Заготовки, у которых длина относительно велика по сравнению с диаметром, называются валами.

Заготовки, у которых длина значительно меньше их диаметра, называют дисками. Эти различия приводят к необходимости изменения схем базирования.

На рис. 4 представлена схема базирования заготовок типа валов. Для того чтобы определить положение цилиндрического вала относительно координатной системы, задаем пять координат, лишающих вал пяти степеней свободы. Выберем две опорные точки A и A_1 на линии пересечения вертикальной плоскости, проходящей через ось вала, с его цилиндрической поверхностью, затем еще две точки B и B_1 на линии пересечения горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала, с его цилиндрической поверхностью.

Четыре выбранные точки однозначно определяют положение оси нашего вала и лишают заготовку четырех степеней свободы. Иногда эту ось называют двойной направляющей.

На практике базирование по схеме, представленной на рис. 4, реализуется при помощи установочных призм (обработка на фрезерных станках, установка валов в контрольных приспособлениях и т.п.).

Пятую опорную точку C , выбираем на торцовой поверхности вала. После этого у нее сохраняется лишь одна степень свободы - воз-

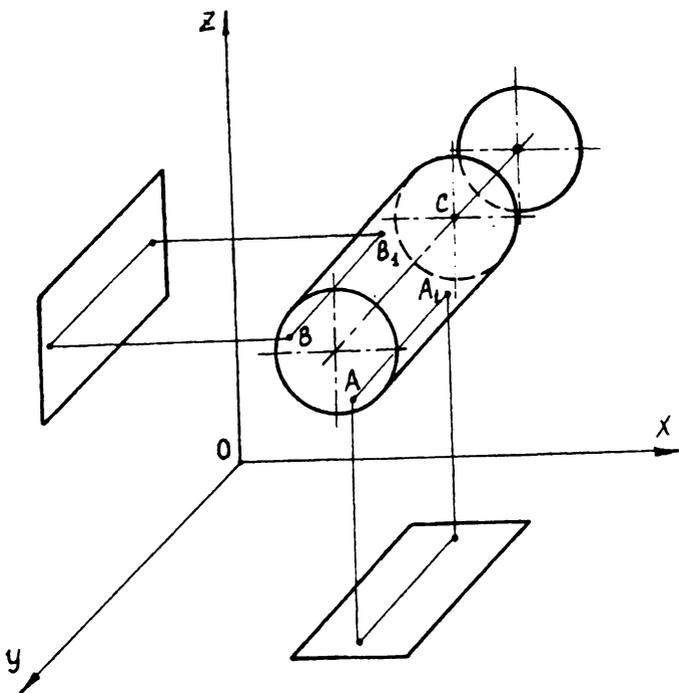


Рис. 4. Принципиальная схема базирования заготовок типа валов

возможность поворота вокруг оси вала. Обычно при обработке на токарных и шлифовальных станках это движение является рабочим. Когда должно быть зафиксировано и угловое положение заготовки, как правило, для ликвидации последней степени свободы, используют шпоночные канавки.

1.3.3. Схема базирования коротких цилиндрических заготовок (диски, кольца)

В этом случае короткая цилиндрическая поверхность не дает возможности обеспечить базирование при помощи двойной направляющей базы. За главную базирующую поверхность целесообразно при-

нять торцевую плоскость заготовки. На ней выбирают три опорные точки A , B , C (рис. 5), которые лишат заготовку трех степеней свободы.

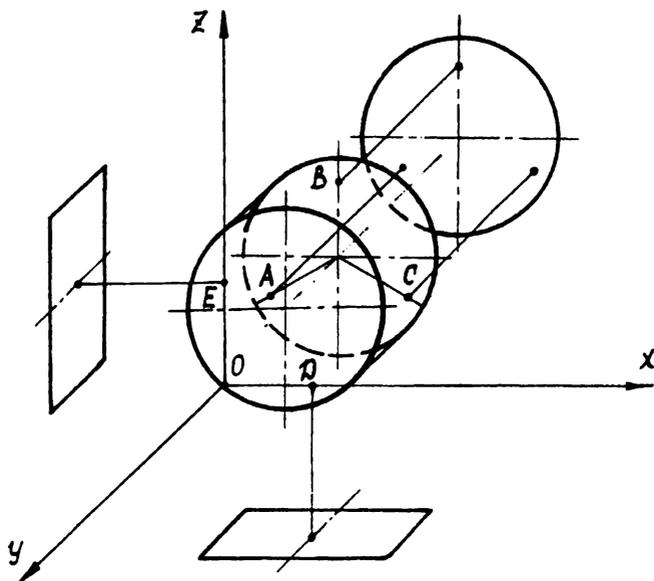


Рис. 5. Схема базирования дисков: три опорные точки A , B , C на торце; две опорные точки D , E на цилиндре

На короткой цилиндрической поверхности выбираем две опорные точки D , E , которые фиксируют положение центра заготовки и поэтому их иногда называют центрирующей базой. Точки D и E расположены на пересечении двух взаимно перпендикулярных плоскостей, проходящих через центр заготовки, с цилиндрической поверхностью диска.

После этого у заготовки еще остается возможность вращательного движения вокруг своей оси. Если есть необходимость в ликвидации и этой степени свободы, то используют шпоночный паз, на котором выбирают точку. Эта точка будет опорной базой.

1.3.4. Схема базирования по коническим поверхностям

При обработке заготовок на металлорежущих станках широкое пространство нашли две схемы базирования: базирование по длинным пологим конусам (чаще всего используется при установке режущего инструмента на станках) и базирование заготовок типа валов по коротким коническим отверстиям при обработке на токарных и шлифовальных станках.

Инструмент с коническим хвостовиком при установке в отверстие шпинделя станка утрачивает пять степеней свободы, т.к. длинная коническая поверхность выполняет одновременно роль двойной направляющей и упорной базы.

В том случае, когда необходима ориентация и по углу поворота вокруг оси, следует иметь еще одну упорную поверхность (штифт, шпонка и т.п.).

Схема установки заготовки в центрах станка с использованием коротких конических отверстий представлена на рис. 6. Следует обратить внимание на то, что левое и правое конические отверстия с точки зрения базирования неодинаковы.

Левое центровое отверстие является одновременно центрирующей и упорной базой и лишает заготовку трех степеней свободы.

Правое отверстие, которое обычно соприкасается с центром пиноли задней бабки станка, выполняет роль только центрирующей базы и лишает заготовку двух степеней свободы.

Изготовление центровых отверстий в качестве технологических баз является обычно самостоятельной операцией, предусматриваемой в технологическом процессе. Если при базировании требуется лишить

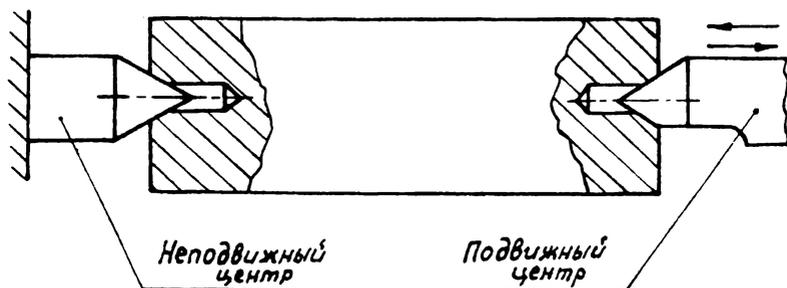


Рис. 6. Схема базирования вала в центрах

заготовку последней степени свободы, то необходимо иметь и использовать вторую упорную базу.

Таковы основные принципиальные схемы базирования типовых заготовок машиностроительных деталей. Они не исчерпывают всего многообразия вопросов, связанных с базированием специфических заготовок машиностроительных деталей. В корпусах спецтехнологий конкретных производств (самолетостроение, двигателестроение, транспортные машины и т.д.) эти вопросы рассматривают достаточно подробно. Однако принципиальный подход существенно не отличается от приведенного нами.

1.4. Правила выбора установочных баз

Остановимся на некоторых положениях, относящихся к выбору черновых и чистовых установочных баз.

Поверхность, которую используют при первой установке в приспособлении, называется черновой.

1. В качестве черновой предпочтительно выбирать поверхность, относительно которой на первой операции можно обработать поверхности, используемые при дальнейшей обработке как технологические базы.

2. Черновая технологическая база должна иметь достаточные размеры, степень точности и минимальную шероховатость поверхности для обеспечения определенности базирования, относительно высокой точности установки заготовки и надежности ее закрепления в приспособлении.

3. В качестве черновых технологических баз не следует выбирать поверхности, на которых в отливках расположены прибыли и литники, а также швы, возникающие в местах разъемов опок, от штампов в поковках и штамповках.

4. Черновые технологические базы рекомендуется использовать только один раз (из-за низкой точности необработанных поверхностей и высокой шероховатости). Исключения представляют заготовки, полученные литьем под давлением, точным прессованием, калиброванием и т.д.

Использование приспособлений-спутников тоже позволяет обрабатывать заготовки на различных операциях при установке на одну и ту же черновую базу.

5. Если с одной из обрабатываемых поверхностей необходимо снять минимальный припуск, то эту поверхность следует использо-

вать в качестве черновой технологической базы.

Чистовые технологические базы стремятся выбирать так, чтобы они были конструктивными (что исключает погрешность базирования заготовки), обеспечивали устойчивость положения заготовки в приспособлении, допускали минимальные деформации от сил закрепления и резания, позволяли максимально реализовать принцип постоянства баз.

Технологический процесс обработки заготовок сложной формы состоит из большого количества операций, выполняемых на различных видах металлорежущего оборудования. При этом не всегда можно использовать одни и те же установочные поверхности. Однако всякое изменение схемы базирования приводит, как правило, к ухудшению точности. Поэтому в качестве установочных баз на максимально возможном количестве операций следует выбирать одни и те же поверхности. В этом заключается принцип постоянства баз.

В полной мере этот принцип реализуется при обработке заготовок, имеющих достаточно простые, технологически отработанные формы, с одной установки.

Особенно эффективно принцип постоянства баз используется на станках типа обрабатывающий центр, где имеется очень широкий диапазон рабочих перемещений как инструмента, так и обрабатываемой заготовки.

Следует иметь в виду, что при разработке технологического процесса в качестве установочных и измерительных баз на различных операциях необходимо выбирать не только одни и те же поверхности, но и одни и те же точки на этих поверхностях. Для этого все установочные элементы приспособлений, используемых на различных операциях, должны располагаться по единой схеме, на одинаковых расстояниях и по возможности иметь одинаковые размеры. Только тогда можно говорить о соблюдении принципа постоянства баз. Но даже в этом случае с каждой новой установкой происходит смена баз. Однако получающиеся при этом погрешности малы, и ими можно пренебречь.

Для повышения точности обработки заготовки в приспособлениях следует стремиться к тому, чтобы установочные (технологические) базы совпадали с измерительными (конструктивными). Несовпадение этих баз приводит к появлению дополнительных погрешностей, связанных с установкой заготовки в приспособлении. В этом суть принципа совмещения баз.

1.5. Конструкции установочных элементов приспособлений

Теоретические схемы базирования заготовок, рассмотренные нами, в конструкции приспособления материализованы в виде установочных элементов, которые обеспечивают определенность положения заготовки в приспособлении.

При установке заготовок на плоскости используют различные виды опор. Опоры могут быть постоянными, регулируемыми, самоустанавливающимися, подводными.

К постоянным опорам относят различные типы штырей и опорных пластин. Для установки заготовок на необработанные поверхности используют штыри со сферической или рифленой головкой (рис. 7, а, в).

Штыри с плоской головкой (рис. 7, б) предназначены для установки заготовок на обработанную плоскость, если ее шероховатость не превышает $R_a = 2,5$ мкм.

Заготовки с чисто обработанными плоскостями устанавливают на опорные пластины. Опорные пластины бывают плоскими и с косыми пазами (рис. 7, г).

Плоские пластины целесообразно использовать на вертикальных стенках корпуса приспособления, т.к. при горизонтальном их размещении в углублениях над головками винтов (1-2 мм) скопится мелкая стружка, трудно удаляемая при очистке приспособления.

Пластины с косыми пазами не имеют этого недостатка, потому что пазы открыты с трех сторон.

Для установки и закрепления штырей и пластин предусматривают специальные площадки. При наличии нескольких площадок, находящихся в одной плоскости, их обрабатывают совместно. Выбор типа и размеров установочных элементов зависит от размеров и состояния базовых поверхностей заготовок.

Количество опор и их расположение выбирают в соответствии с принятой схемой базирования заготовки в приспособлении.

Опорные штыри и пластины изготавливают из стали 45, У8А, 20 или 20Х с последующей термообработкой до твердости НРС 56-60 и шлифованием несущих поверхностей до $R_a = 0,63$ мкм. Постоянные опоры после их износа заменяют.

Регулируемые опоры, в отличие от постоянных, дают возможность компенсировать износ их контактных поверхностей. Регулируемые опоры монтируют в корпусе приспособления на резьбе с фиксацией специальной контргайкой (рис. 8, а).

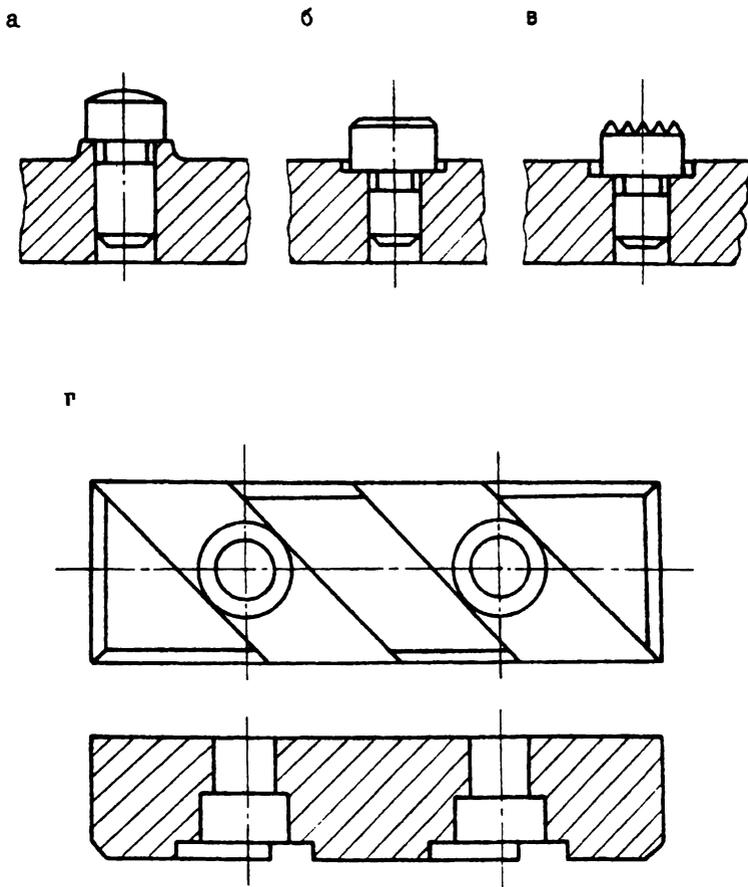
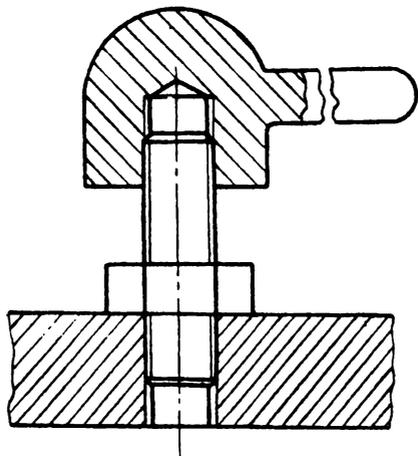


Рис. 7. Основные опоры приспособлений:

- а - опорный штырь со сферической головкой;
- б - опорный штырь с плоской головкой;
- в - опорный штырь с насеченной головкой;
- г - спорная пластина с косыми пазами

а



б

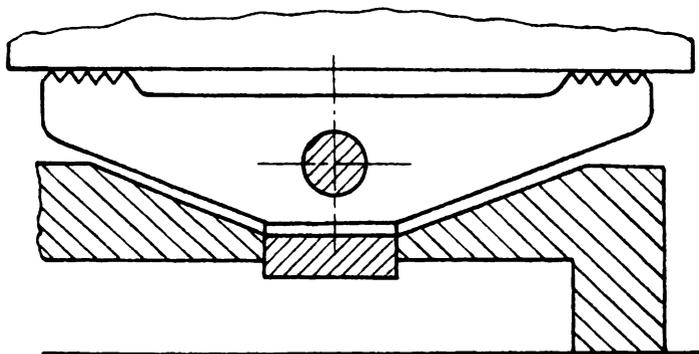


Рис. 8. Регулируемые и самоустанавливающиеся опоры:

а - регулируемая опора;

б - самоустанавливающаяся опора

Иногда в качестве основных используют самоустанавливающиеся опоры (рис. 8, б). Самоустанавливающиеся опоры усложняют конструкцию приспособления и применяются лишь в специальных случаях.

При обработке крупногабаритных и нежестких заготовок для устранения нежелательных деформаций и повышения их жесткости приходится предусматривать дополнительные опоры,

Заготовку в этом случае устанавливают на постоянные опоры (штыри и пластины), а затем используют дополнительные подводимые опоры. Подводимая опора под действием пружины или другим способом выдвигается вверх до упора в поверхность заготовки и фиксируется в этом положении.

Следует иметь в виду, что при использовании дополнительных опор нельзя допускать нарушения контакта заготовки с основными опорами приспособления.

4.6. Погрешности установки заготовки в приспособлении

Совершенно очевидно, что при установке заготовки в приспособлении возникают дополнительные погрешности. На точность установки влияют и выбор базовых поверхностей заготовки, и приложение сил закрепления, вызывающих деформации, а также неточность самого приспособления.

Так как приспособления используют для обработки более или менее крупных партий заготовок, то точность обработки будет колебаться в каких-то пределах. Конструктор, проектирующий приспособление, должен оценить величину и допустимость этих потенциальных погрешностей.

Мы можем разделить все погрешности, возникающие при использовании приспособлений, на три группы:

- погрешности базирования;
- погрешности закрепления;
- погрешности, связанные с приспособлением.

Рассмотрим природу и попытаемся количественно оценить величину перечисленных погрешностей.

1.6.1. Погрешность базирования ($\epsilon_{\mathcal{B}}$)

На рис. 9 представлен операционный эскиз заготовки, на которой требуется обработать уступ в размер $15 \pm 0,3$ мм. Предполагается, что обработку будут выполнять на фрезерном станке, предварительно настроив его на получение заданного размера.

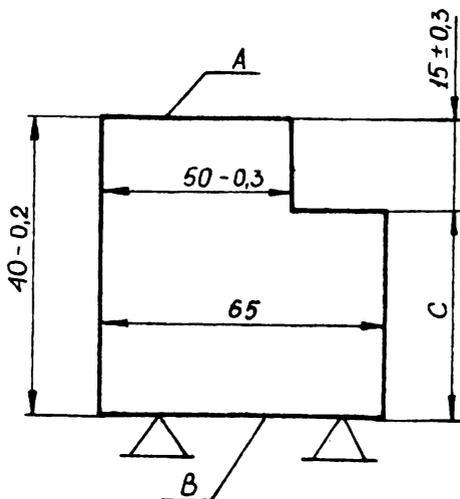


Рис. 9. Схема установки заготовки

Технолог предусмотрел в качестве установочной базы плоскость основания **В** заготовки и настройку фрезы для получения требуемого размера от опор приспособления по размеру **С**

Анализируя принятую схему базирования заготовки, мы видим, что технологическая (поверхность **В**) и измерительная базы для размера $15 \pm 0,3$ (поверхность **А**) не совпадают. Поэтому колебания размеров заготовок по размеру $40 - 0,2$ в пределах допуска приведут к погрешности, равной этому допуску. Таким образом, погрешность базирования для данного случая составит $\epsilon_{\mathcal{B}} = 0,2$ мм. Если изменить схему базирования заготовки, приняв за установочную базу поверхность **А**, а настройку фрезы для получения уступа вести от новых опор приспособления, то колебания размера $40 - 0,2$ в пределах допуска не будут влиять на размер $15 \pm 0,3$. Это произошло потому, что установочная и измерительная базы совмещены с поверх-

ностью A . Следовательно, для исключения погрешности базирования заготовки в приспособлении необходимо совмещение технологических и измерительных баз.

На рис. 10 представлен другой пример, иллюстрирующий природу возникновения погрешностей базирования.

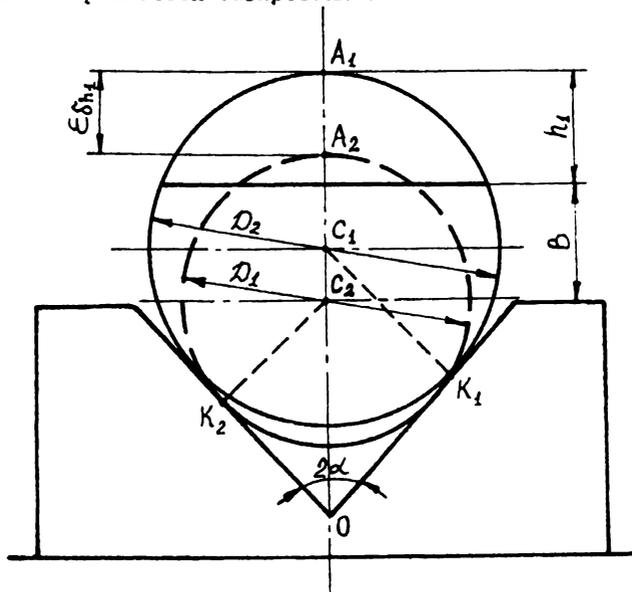


Рис. 10. Схема базирования цилиндрической заготовки

Заготовка, установленная в призму, подвергается обработке на фрезерном станке с целью получения лыски на ее конце. Настройка фрезы для получения размера h_1 производится по размеру B от верхней плоскости установочной призмы. Вследствие того что диаметр заготовки, поступающей на эту операцию, колеблется в пределах допуска δ_D , заготовки будут в призме занимать неодинаковое положение. Это приведет к возникновению погрешности базирования для размера h_1 . Обозначим эту погрешность через $\epsilon_{\delta_{h_1}}$. Из геометрической схемы, представленной на рис. 10, видим, что

$\epsilon_{\delta_{h_1}} = OA_1 - OA_2$. Если учесть следующее:

2α - угол установочной призмы,

C_2K_2 - минимальный радиус заготовки, поступающей на эту операцию,

C, K_1 - максимальный радиус заготовки,
можно доказать, что

$$\varepsilon_{\delta n_1} = \frac{\delta_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right).$$

Таким образом, для уменьшения или устранения погрешности ба - зирования заготовки в приспособлении следует по возможности сов - мещать технологические и измерительные базы, повышать точность изготовления технологических баз, выбирать правильное расположе - ние установочных элементов приспособления и их размеры.

1.6.2. Погрешность закрепления (ε_3)

Как мы уже отмечали раньше, после установки заготовки в при - способлении необходимо зафиксировать ее положение на все время обработки.

Через зажимные элементы приспособления на заготовку и опоры передаются силы закрепления. Величина этих сил колеблется в очень широком диапазоне - от нескольких десятков ньютонов до сотен ты - сяч ньютонов в каждой отдельной точке закрепления заготовки.

Естественно, что приложение силы закрепления вызовет как уп - ругие, так и контактные деформации в местах соприкосновения заго - товки с зажимными элементами и опорами приспособления.

Для определения величины контактных деформаций разработаны экспериментальные зависимости. В общем виде величина смещения, вызванного контактной деформацией, может быть определена по фор - муле

$$y = C \cdot Q^n \cdot \cos \alpha,$$

где y - величина контактной деформации в направлении получае - мого в приспособлении размера;

C - экспериментальный коэффициент, характеризующий условия контакта (опора сферическая, плоская, с рифлениями и т.д.), материал и твердость базовой поверхности заго - товки;

Q - величина силы, действующей на опору;

n - эмпирический показатель степени;

α - угол между направлением наибольшего смещения заготовки и направлением выдерживаемого размера.

Параметры, входящие в формулу при переходе от одной заготовки к другой, могут изменять свое значение. Величина C будет меняться при обработке партии заготовок от какого-то минимального значения до максимального. Это связано с колебаниями твердости заготовок, шероховатости их установочных поверхностей и некоторых других факторов.

Сила закрепления в зависимости от конструкции зажимного устройства приспособления будет изменяться в более или менее широком диапазоне. В зажимных устройствах с ручным приводом величина разброса сил закрепления значительно больше, чем в пневматических или гидравлических.

Принимая возможные предельные значения коэффициента C и силы Q , рассчитываем максимальное и минимальное значения величины деформации. Разность между этими значениями и будет погрешностью закрепления заготовки:

$$\varepsilon_3 = Y_{\max} - Y_{\min} = C_{\max} \cdot Q_{\max}^n \cdot \cos \alpha - C_{\min} \cdot Q_{\min}^n \cdot \cos \alpha.$$

Отметим, что снижение величины погрешности закрепления заготовки в приспособлении может быть достигнуто за счет стабилизации зажимной силы и рационального выбора ее направления, а также за счет повышения однородности материала заготовки и его поверхностного слоя.

1.6.3. Погрешность приспособления (ε_n)

Можно выделить несколько основных факторов, которые вызывают погрешность приспособления:

- неточность изготовления приспособления, связанная с размером заготовки, выполняемым в приспособлении (ε'_n);
- износ установочных элементов приспособления ($\varepsilon_{п.н.}$);
- необходимость периодической переустановки приспособления на станке при обработке больших партий заготовок (ε''_n).

Неточность изготовления приспособления ε'_n регламентируется техническими условиями при его проектировании и в общем случае составляет 0,25-0,10 от допуска на соответствующий размер обрабатываемой заготовки. Очевидно, что чем жестче допуск на изготовление приспособления, тем большая часть допуска на размер заготовки может быть использована при обработке на станке. Окон-

чательное решение этого вопроса предопределяется технологическими возможностями цеха завода и экономической целесообразностью. Вероятно, в большинстве случаев гораздо экономичнее ужесточить требования к точности изготовления одного приспособления, чем вызывать технологические трудности в производстве сотен, а иногда и тысяч однотипных заготовок.

В процессе эксплуатации приспособления неизбежно наблюдается износ его опор и конструктивных элементов, предназначенных для установки и направления режущего инструмента. В зависимости от требований к точности обрабатываемой в приспособлении заготовки определяют предельно допустимый износ установочных элементов. Например, при обработке заготовок средних размеров по 6-9-му квалитетам точности допустимый износ установочных элементов приспособления не должен превышать 0,015 мм.

Износ опор при точностных расчетах приспособлений может быть определен в соответствии с эмпирической зависимостью

$$\varepsilon_{п.и.} = A \cdot \sqrt{N} ,$$

где A - постоянная, зависящая от вида опор (для опор со сферической головкой $A = 0,5...2,0$);

N - программа выпуска изделий на данном приспособлении, т.е. количество контактов заготовок с опорами.

Для увеличения износостойкости опор выбирают более качественные материалы, иногда используют опоры с твердосплавными наконечниками.

Неточность базирования приспособления на станке $\varepsilon''_{п}$ при обработке всей партии заготовок с одной его установки является величиной постоянной и при тщательной выверке может быть сведена к минимуму. В условиях серийного производства, когда установку одного и того же приспособления на станок приходится выполнять многократно, неточность базирования $\varepsilon''_{п}$ проявляется как случайная величина, изменяющаяся в пределах 0,01-0,02 мм.

Все три составляющие погрешности, связанные с приспособлением ($\varepsilon'_п$, $\varepsilon_{п.и.}$, $\varepsilon''_{п}$), учитывают при расчетах как случайные величины. Погрешность, обусловленная приспособлением, определяется следующей зависимостью:

$$\varepsilon_{п} = \sqrt{\varepsilon'^2_{п} + \varepsilon^2_{п.и.} + \varepsilon''^2_{п}} .$$

После того как мы определили все составляющие погрешности, связанные с установкой, закреплением и самим приспособлением, можно записать в соответствии с принятыми выше обозначениями окончательную расчетную зависимость:

$$\epsilon_{уст.} = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_{з}^2 + \epsilon_{п}^2} .$$

Глава 2. ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

После установки заготовки в приспособлении и придания ей определенного положения, как мы уже отметили раньше, необходимо обеспечить силовое замыкание. Эту функцию выполняют зажимные устройства, обеспечивающие непрерывный контакт заготовки с установочными элементами приспособления. В процессе приложения сил закрепления заготовка должна сохранить то положение, которое было достигнуто при ее базировании.

Положение заготовки должно оставаться неизменным в течение всего времени обработки. Очевидно, что приложенные силы закрепления должны быть такими, чтобы под действием сил и моментов, возникающих при резании, заготовка гарантированно сохраняла свое положение.

Дополнительные требования, предъявляемые к зажимным устройствам, связаны с необходимостью уменьшения возможных деформаций заготовки и потребных сил закрепления, а также с улучшением эксплуатационных характеристик приспособления.

2.1. Выбор направления сил закрепления

Силу закрепления следует по возможности направлять так, чтобы контактные деформации заготовки были минимальными.

Установочные элементы приспособлений стремятся располагать таким образом, чтобы установка заготовки могла быть выполнена сверху вниз. При большом весе заготовок это требование обязательно. Для уменьшения необходимой силы закрепления нужно в максимальной степени использовать собственный вес заготовки и силы резания. Поскольку направление силы резания зависит от характера операции и только в отдельных случаях совпадает с направлением силы веса, то при обработке легких заготовок решающее значение приобретает величина силы резания, а при обработке тяжелых заготовок — вес. Когда нельзя пренебречь ни весом заготовки, ни силой резания, применяют упоры.

Упорами называют элементы конструкции приспособлений, соприкасающиеся с обрабатываемой заготовкой. Однако в отличие от установочных они предназначены только для восприятия сил, возникающих в процессе резания. Применение упоров уменьшает нагрузку на установочные элементы приспособлений и базирующие поверхности заготовок.

Конструктивно упоры выполняют не только в виде самостоятельных элементов, иногда возможно использование для этих целей какой-нибудь поверхности непосредственно на корпусе приспособления. В ряде случаев упоры необходимо приводить в контакт с заготовкой с достаточно большой силой.

Все зажимные устройства приспособлений по источнику силы, преобразуемой в силу закрепления, бывают с ручным и механизированным зажимом.

По числу закрепляемых заготовок их подразделяют на обыкновенные (однократного зажима) и многократного зажима.

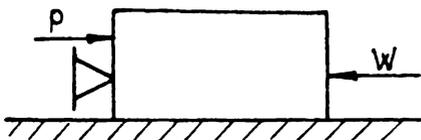
2.2. Основные схемы взаимодействия сил резания, зажима и их моментов

1. Силы зажима W и резания P имеют одинаковое направление на опору (рис. 11, а). В этом случае сила закрепления минимальна.

а



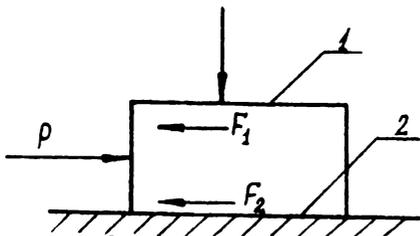
б



$$W \geq \kappa \cdot P$$

$$\kappa > 1$$

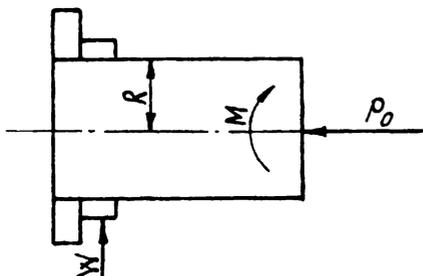
в



$$(f_1 + f_2)W \geq \kappa \cdot P$$

$$W \geq \frac{\kappa \cdot P}{f_1 + f_2}$$

г



$$R \cdot W \cdot z \cdot f_1 \geq \kappa M$$

$$W \cdot z \cdot f_1 \geq \kappa \cdot P_0$$

Рис. 11. Основные схемы взаимодействия сил резания, закрепления и их моментов

2. Силы зажима и резания направлены в противоположные стороны (рис. 11, б). Тогда

$$W \geq k \cdot P, \text{ где } k > 1.$$

3. Направления сил резания и закрепления заготовки взаимно перпендикулярны (рис. 11, в). Силе резания противодействуют силы трения, возникающие в точках зажима и на опорной поверхности заготовки. Следует учитывать, что силы трения, возникающие на поверхностях заготовки, могут быть неодинаковыми из-за возможного неравенства коэффициентов трения. Зависимости между силами определяются следующими неравенствами:

$$Wf_1 + Wf_2 \geq k \cdot P; \quad W \geq \frac{k \cdot P}{f_1 + f_2},$$

где f_1, f_2 - коэффициенты трения на контактных поверхностях.

4. Заготовка, обрабатываемая в токарном патроне, находится под воздействием момента M и осевой составляющей силы резания P_0 (рис. 11, г). Рассчитаем величину необходимой силы закрепления, предотвращающей поворот заготовки в кулачках патрона от действия крутящего момента, и силы закрепления, предотвращающей сдвиг заготовки в кулачках в осевом направлении под действием осевой составляющей силы резания. Из двух значений, полученных в результате расчета, учитываем наибольшее.

Зависимость для определения силы закрепления от действия крутящего момента M имеет вид

$$W_c \cdot f \cdot R \geq k \cdot M.$$

Суммарная сила, развиваемая всеми кулачками патрона, равна

$$W_c = W \cdot Z,$$

где W - сила, развиваемая каждым кулачком патрона;
 Z - число кулачков в токарном патроне.

Тогда
$$W_c \geq \frac{k \cdot M}{f \cdot R}.$$

Зависимость для определения необходимой силы закрепления, предотвращающей сдвиг заготовки в осевом направлении такова:

$$W_c \cdot f \geq k \cdot P_0; \quad W_c \geq \frac{k \cdot P_0}{f}$$

Приведем некоторые значения величины коэффициента трения, используемые при расчете сил закрепления заготовок:

1) при контакте обработанных поверхностей заготовок с опорными пластинами $f = 0,1 \dots 0,15$;

2) при контакте необработанных поверхностей заготовок с установочными штырями со сферической головкой $f = 0,2 \dots 0,3$;

3) при контакте поверхностей заготовок с закаленными рифлеными элементами (рифленные опоры, губки кулачков, тисков и т.п.) $f = 0,7 \dots 0,9$.

2.3. Методика расчета необходимых сил закрепления заготовок

Приближенно расчет величины необходимой силы закрепления заготовки может быть сведен к решению задачи статики на равновесие заготовки, которая в процессе обработки находится под воздействием сил и моментов, создаваемых режущим инструментом, а также силы веса и сил, обеспечивающих неизменное положение заготовки по отношению к приспособлению. Кроме того, приходится учитывать и реакции опор приспособления, на которые установлена заготовка.

Рассматривая условия равновесия заготовки и зная величину сил, возникающих при резании, мы можем определить минимальную величину сил закрепления.

При расчетах приходится учитывать, что в процессе обработки заготовки непрерывно меняется положение точек приложения сил резания. Поэтому для расчета сил закрепления следует выбирать наиболее неблагоприятный момент обработки: когда требуется приложение максимальных сил закрепления.

Величину сил резания обычно выбирают по заводским справочникам по режимам резания для различных операций обработки на станках, либо рассчитывают по эмпирическим формулам, которые имеются в общемашиностроительных технологических справочниках.

Рассмотрим пример обработки заготовки на токарном станке (рис. 12). Заготовка находится под действием силы резания, которая на схеме традиционно разложена на три составляющие (P_x, P_y, P_z), и сил закрепления заготовки в патроне W . При заданных режиме обработки, размерах и материале обрабатываемой заготовки можно определить величину P_z :

$$P_z = C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot K_M \cdot 9,81 \text{ Н,}$$

где t - глубина резания при точении, мм;
 S - подача резца за 1 оборот заготовки, мм/об;
 K_M - поправочный коэффициент, зависящий от обрабатываемости материала;
 C_p, X_p, Y_p - эмпирические величины, которые выбирают исходя из конкретных условий обработки.

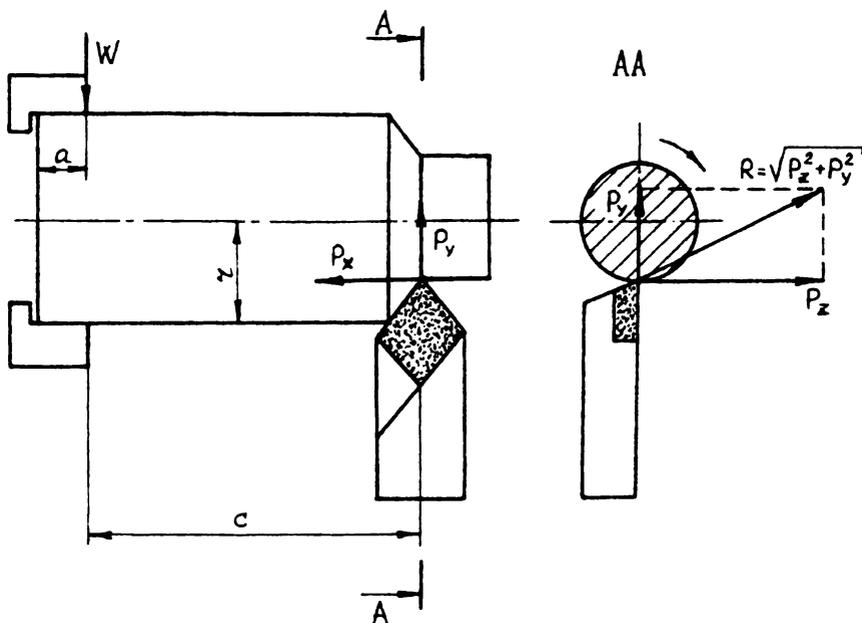


Рис. 12. Схема для расчета необходимой силы закрепления заготовки при токарной обработке

Величину составляющих P_x и P_y рассчитывают либо по эмпирическим формулам, либо пользуясь приближенными соотношениями:

$$P_x \approx 0,3 P_z ; \quad P_y = (0,4 \dots 0,5) P_z .$$

Решая уравнения равновесия сил и моментов, действующих на заготовку, определяют величину необходимой силы закрепления заготовки.

2.4. Коэффициент запаса сил закрепления

Сила закрепления заготовки, рассчитанная по изложенной выше методике, будет минимально необходимым значением. Однако неточность расчетов, основанных на эмпирических зависимостях, непостоянство условий установки и обработки заготовки, динамический характер процесса резания делают необходимым введение коэффициента запаса сил закрепления. Этот коэффициент всегда больше единицы. Необходимость более или менее точного расчета этого коэффициента связана с обеспечением надежного закрепления заготовки в процессе обработки и приемлемых конструктивных размеров силовых приводов и зажимных устройств приспособлений.

Коэффициент запаса силы закрепления рассчитывают по формуле

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

где K_0 - гарантированный коэффициент запаса силы закрепления, учитывающий неточность расчетов силы закрепления. При определении сил закрепления следует ориентироваться на самые неблагоприятные условия обработки (максимальная глубина резания, наибольшая твердость материала обрабатываемой заготовки и т.п.). Практически величина коэффициента $K_0 = 1,5 \dots 2$;

K_1 - коэффициент, учитывающий наличие случайных неровностей на поверхности заготовки (литье, поковки и т.д.). При черновой обработке $K_1 = 1,2$. При чистовой и отделочной обработке $K_1 = 1$;

K_2 - коэффициент, учитывающий увеличение сил резания от затупления инструмента в процессе обработки ($K_2 = 1,2 \dots 1,9$);

K_3 - коэффициент, учитывающий увеличение силы резания при прерывистом резании. При прерывистом точении и торцевом фрезеровании $K_3 = 1,2$;

K_4 - коэффициент, учитывающий постоянство сил закрепления в зажимных механизмах. Для зажимных механизмов с ручным приводом $K_4 = 1,3$. Если на силу закрепления влияют отклонения размеров заготовки, что имеет место при использовании пневмокамер, пневморычажных систем, приспособлений с упругими элементами, то

$K_4 = 1,2$. При использовании пневмо- и гидроцилиндров двойного действия, электромеханических, магнитных и вакуумных зажимных устройств $K_4 = 1,0$;

K_5 - коэффициент, учитывающий эргономику ручных зажимных устройств. При неудобном расположении и угле поворота рукоятки

более 90° $K_5 = 1,2$. При удобном расположении рукоятки и малом угле поворота $K_5 = 1,0$;

K_6 - коэффициент, который учитывает только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоскость, на постоянные опоры. При установке заготовки на штыри $K_6 = 1,0$. При установке на опорные пластины $K_6 = 1,5$.

Если в результате расчета значение коэффициента K получают меньше 2,5, его принимают равным 2,5.

2.5. Основные типы зажимных устройств приспособлений

Наиболее широко в конструкциях приспособлений используют следующие типы зажимных устройств:

- клиновые,
- винтовые,
- эксцентриковые,
- рычажные,
- гидропластные,
- комбинированные.

2.5.1. Клиновые зажимные устройства

Ручные клиновые зажимы применяют крайне редко. Ввиду низких эксплуатационных качеств (клин нужно подбивать или выбивать с помощью молотка) такие зажимы серьезного практического значения не имеют. В механизированных зажимных устройствах клиновые механизмы используют достаточно широко.

Величина трансформации исходной силы в клиновых устройствах зависит от угла наклона клина и сил трения на его поверхностях. Прежде чем перейти к выводу основных силовых зависимостей, определяющих работу клина, обратимся к некоторым основополагающим понятиям.

При перемещении твердого тела по плоскости всегда возникает сила трения, направленная в сторону, противоположную направлению движения (рис. 13). Коэффициентом трения называют отношения силы трения к реакции опоры (силе нормального давления):

$$f = \frac{F}{N} .$$

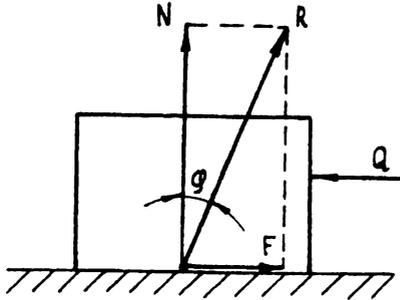


Рис. 13. Связь между коэффициентом и углом трения:

- F - сила трения;
- N - реакция опоры;
- Q - сдвигающая сила;
- R - равнодействующая сил F и N ;
- φ - угол трения

При наличии трения равнодействующая реакция опоры отклоняется на угол φ . По геометрическому смыслу $\varphi = \frac{F}{N} = \operatorname{tg} \varphi$. Поэтому угол φ называют также углом трения.

Теперь рассмотрим работу односкосного идеального клина, на боковых поверхностях которого отсутствует трение (рис. 14).

Из условий равновесия системы сил, действующих на клин, имеем следующие уравнения:

$$\begin{aligned} \sum Y = 0; & \quad W_2 - W_1 = 0; & \quad W_2 = W_1; \\ \sum X = 0; & \quad N_1 - Q = 0; & \quad N_1 = Q; \\ \frac{N_1}{W_1} = \operatorname{tg} \alpha; & \quad W_1 = \frac{N_1}{\operatorname{tg} \alpha}; & \quad W_1 = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha}. \end{aligned}$$

Прежде чем перейти к рассмотрению схемы взаимодействия сил для реального клина, обратим внимание на то, как изменится направление равнодействующих реакций на боковых поверхностях клина (рис. 15).

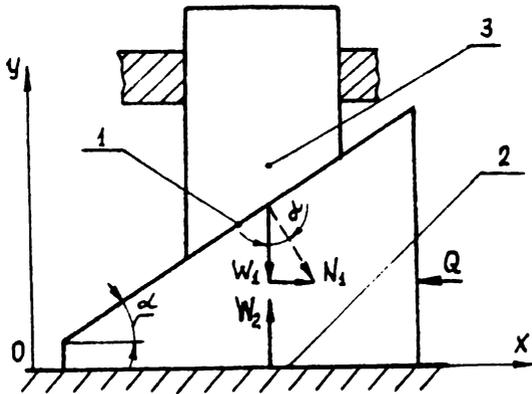


Рис. 14. Схема взаимодействия сил на идеальном клине:

W_1 - реакция ползуна 3, действующая на плоскость клина 1;
 W_2 - реакция опоры, действующая на плоскость клина 2

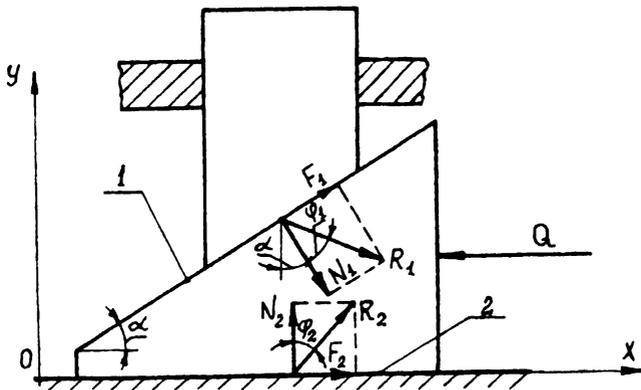


Рис. 15. Схема определения равнодействующих сил на реальном клине:

R_1 - равнодействующая сил на плоскости клина 1;
 R_2 - равнодействующая сил на плоскости клина 2;
 F_1, F_2 - силы трения

Из схемы видно, что равнодействующая реакции опоры верхней боковой поверхности клина R_1 , отклоняется от нормали на угол $\alpha + \varphi_1$, реакция нижней поверхности клина - на угол φ_2 .

Теперь выведем основные зависимости, которые определяют работу реального клина (рис. 16).

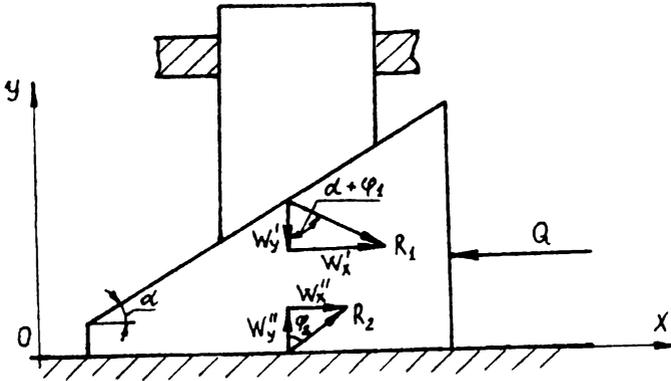


Рис. 16. Расчетная схема для определения силы, развиваемой реальным клином

Учитывая условия равновесия клина под действием системы сил, получим следующие уравнения:

$$\sum Y = 0; \quad W''_y - W'_y = 0; \quad W''_y = W'_y;$$

$$\sum X = 0; \quad W'_x + W''_x - Q = 0; \quad Q = W'_x + W''_x;$$

$$\frac{W'_x}{W'_y} = \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1); \quad \frac{W''_x}{W''_y} = \frac{W''_x}{W'_y} = \operatorname{tg} \varphi_2. \quad \text{Тогда}$$

$$W'_y \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + W'_y \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = Q \quad \text{или}$$

$$W'_y = W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}.$$

Влияние сил трения на верхней и нижней сторонах клина может быть различным (например, трение скольжения на верхней поверхности клина и трение качения на его нижней стороне).

В реальных конструкциях более или менее часто используют значение $\alpha = 15^\circ$, стремясь не переходить в зону самоторможения, которая при коэффициенте трения $f = 0,15$ соответствует углу клина $\alpha \approx 8^\circ$. Кроме того, следует учитывать, что при малых значениях угла требуется больший ход силового привода и уменьшается коэффициент полезного действия клина. Для $\alpha = 15^\circ$ и $f = 0,1$ сила, развиваемая клином, равна $2Q$.

Применение опор качения на контактных поверхностях клина позволяет уменьшить угол α (если это допускает ход привода). При этом несколько улучшаются силовые характеристики клинового зажима. При $\alpha = 5^\circ$ в наиболее благоприятных условиях $W \approx 5Q$.

2.5.2. Винтовые зажимные устройства

Винтовые зажимные устройства нашли очень широкое применение в самых различных приспособлениях. Их используют либо для непосредственного закрепления заготовок и инструмента, либо для зажима с помощью прижимной планки (токарные, продольно-строгальные, фрезерные, горизонтально-расточные и другие станки).

Непосредственное закрепление осуществляют винтом при неподвижной гайке или гайкой на неподвижной шпильке.

Различные схемы использования винтовых зажимных устройств представлены на рис. 17.

Для всех способов закрепления с винтовыми зажимами почти обязательно применение гаечных ключей. В качестве резьб в винтовых зажимах используют основные крепежные резьбы, при достаточно больших диаметрах крепежных болтов — мелкие резьбы.

Когда требуется создать очень большие силы закрепления, применяют болты с трапецеидальной резьбой. В случаях, когда необходимо ограничить развиваемую при закреплении силу, используют различные рукоятки и маховички.

Плохие условия закрепления, которые имеют место при контакте торца вращающегося винта с закрепляемой заготовкой, улучшают, применяя башмаки. Одни из них рассчитаны на то, чтобы защитить поверхность заготовки, другие служат для распределения силы закрепления на большую поверхность, третьи применяют для того, чтобы передать силу зажима в два-три удаленных друг от друга места.

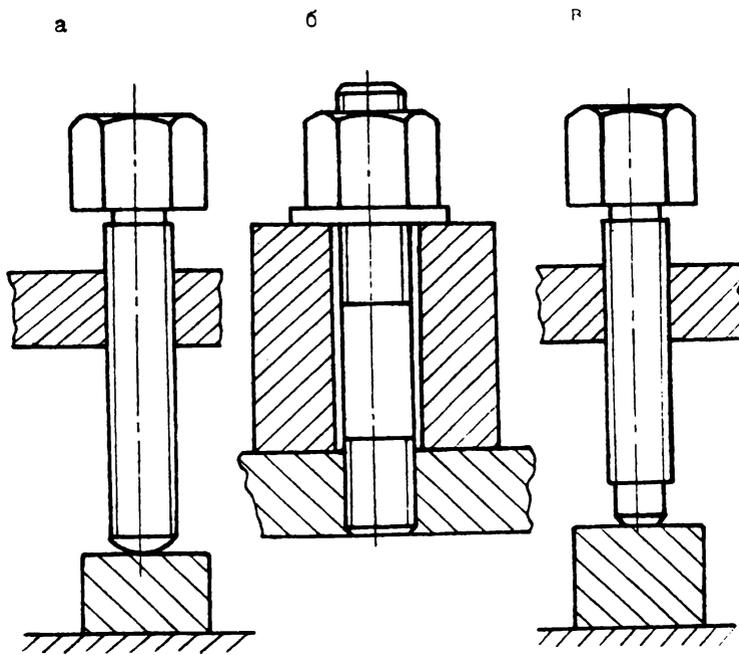


Рис. 17. Винтовые зажимы:

- а - зажим винтом со сферическим торцом;
- б - зажим гайкой;
- в - зажим винтом с плоским торцом

Винтовые зажимы, в которых подвижен не винт, а гайка, широко применяют для закрепления деталей, имеющих отверстие. Гайка отличается от обычных крепежных гаек увеличенной высотой (для замедления износа резьбы). Роль башмака выполняет подкладываемая под гайку шайба. Для того чтобы не терять время на свинчивание гайки при снятии заготовки, внешний диаметр гайки делают меньше диаметра отверстия, а шайбу выполняют "разрезной", чтобы ее можно было снять в направлении, перпендикулярном оси шпильки или болта.

Рабочий торец гайки часто делают сферическим, а опорную поверхность для нее в шайбе - конической. Это обязательно предусматривают в тех случаях, когда из-за неровностей поверхности заготовки возможен перекося шайбы.

Длина рукоятки ключа при использовании винтовых зажимных устройств ограничивается величиной $12...15 d$ (где d - диаметр резьбы), а величина силы, прилагаемой к рукоятке ключа, не должна превышать 150 Н .

Благодаря простоте, компактности, дешевизне, большой трансформации исходной силы винтовые зажимные устройства получили широчайшее применение на машиностроительных заводах.

Винтовой механизм можно рассматривать как комбинированный, состоящий из рычага с плечами l и $r_{\text{ср}}$ и клина с трением толь - ко по одной поверхности. Так как этот винт имеет сферический опорный торец, то из-за точечного контакта с поверхностью закрепляемой заготовки трением на его торце можно пренебречь.

Сила, развиваемая таким зажимным устройством, может быть рассчитана по формуле

$$W = \frac{Q \cdot l}{r_{\text{ср}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi_{\text{пр}})},$$

где Q - сила, прилагаемая рабочим к рукоятке ключа (предельное значение не должно превышать 150 Н);
 $r_{\text{ср}}$ - средний радиус резьбы винта (выбирают по справочникам);
 l - длина рукоятки ключа ($12...15 d$);
 $\varphi_{\text{пр}}$ - приведенный угол трения.

$$\text{tg} \varphi_{\text{пр}} = f_{\text{пр}} = \frac{f}{\cos \beta},$$

где f - коэффициент трения на поверхности резьбы, для нашего случая можно принять $f = 0,1$;
 β - половина угла профиля метрической крепежной резьбы ($\beta = 30^\circ$).

Тогда

$$f_{\text{пр}} = \frac{0,1}{\cos 30^\circ} \approx 0,115 = \text{tg} \varphi_{\text{пр}}.$$

Отсюда для крепежных метрических резьб $\varphi_{\text{пр}} \approx 6^\circ 40'$.

Очевидно, что

$$\text{tg} \alpha = \frac{S}{2\pi \cdot r_{\text{ср}}},$$

где S - шаг резьбы винта.

Теперь найдем расчетные зависимости для определения силы закрепления, развиваемой гайкой с буртиком (рис. 17, б). В этом случае придется считаться с дополнительными потерями, связанными с силами трения на опорном торце гайки.

Если посмотреть на опорный торец гайки снизу, то увидим кольцевой пояс (рис. 18), наружный диаметр которого D (соответственно радиус R) и внутренний d (соответственно радиус r).

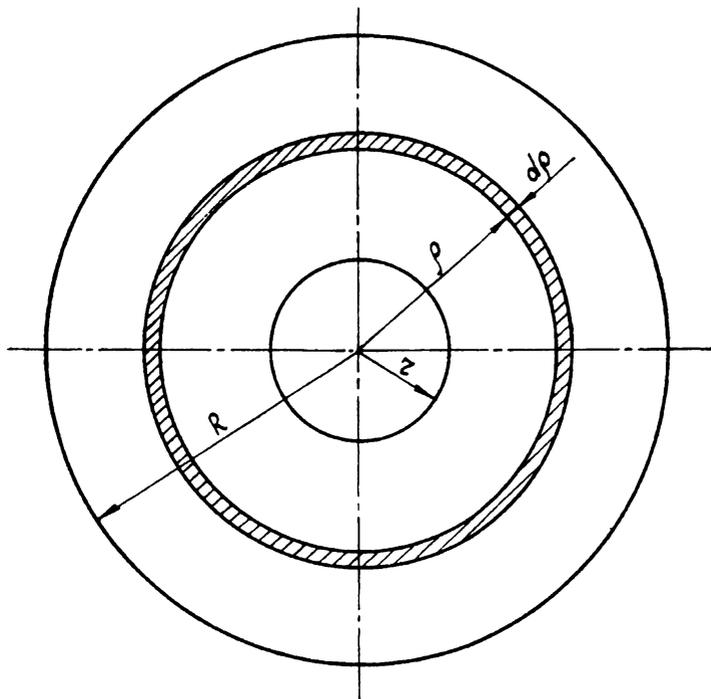


Рис. 18. Схема для расчета потерь на трение на опорном торце гайки

Работа, которую совершает рабочий, закрепляя гайку, частично пойдет на упругую деформацию элементов крепежной системы и преодоление сил трения, возникающих в резьбе и на опорном торце гайки. Это можно записать в виде следующего равенства:

$$G \cdot l = W \cdot \operatorname{tg} (\alpha + \varphi_{\text{пр}}) \cdot r_{\text{ср}} + M_{\text{тр}}$$

где M_m - момент сил трения на опорном торце гайки.

Для определения величины этого момента воспользуемся схемой, представленной на рис. 18.

Нагрузку на площадке контакта торца гайки будем считать равномерно распределенной. Тогда удельное давление

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

Элементарный момент сил трения на бесконечно узком кольце шириной dp найдем из зависимости

$$dM_m = dF \cdot \rho = \mu \cdot q \cdot 2\pi \cdot \rho \cdot dp \cdot \rho = 2\pi \cdot \mu \cdot q \cdot \rho^2 \cdot dp,$$

где dF - элементарная сила трения на кольце;

μ - коэффициент трения на опорном торце гайки.

Отсюда $M_m = 2\pi \cdot \mu \cdot q \int_r^R \rho^2 \cdot dp$; $M_m = 2\pi \cdot \mu \cdot q \cdot \frac{1}{3}(R^3 - r^3)$;

$$M_m = 2\mu \cdot W \cdot \frac{1}{3} \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} = \frac{2}{3} W \cdot \mu \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}.$$

Переходя к диаметральному размеру торца гайки, получим

$$M_m = \frac{1}{3} W \cdot \mu \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}.$$

Учитывая значение M_m , получим окончательную зависимость для определения зажимной силы, которую может развить гайка с буртиком:

$$W = \frac{Q \cdot l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} \mu \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}.$$

На основании этой формулы выведем зависимость для определения силы закрепления, развиваемой винтом с плоским опорным торцом (рис. 17, в). Для этого нам следует учесть, что величина D для этого случая будет равна наружному диаметру торца d_1 , а величина d в представленной формуле обратится в нуль. Тогда

$$W = \frac{Q \cdot l}{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \frac{1}{3} \mu \cdot d_1}.$$

2.5.3. Эксцентрикые зажимы

В приспособлениях достаточно широко применяют кругвые эксцентрики. Они просты в изготовлении, потому что их профиль очерчен по окружности. Отверстие эксцентрика (рис. 19), которым он надевается на ось поворота, смещена относительно центра профиля на величину e , называемую эксцентриситетом. Приращение радиуса по углу поворота эксцентрика называют ходом эксцентрика. Наибольший ход эксцентрика, равный $2e$, соответствует углу поворота $\varphi = 180^\circ$.

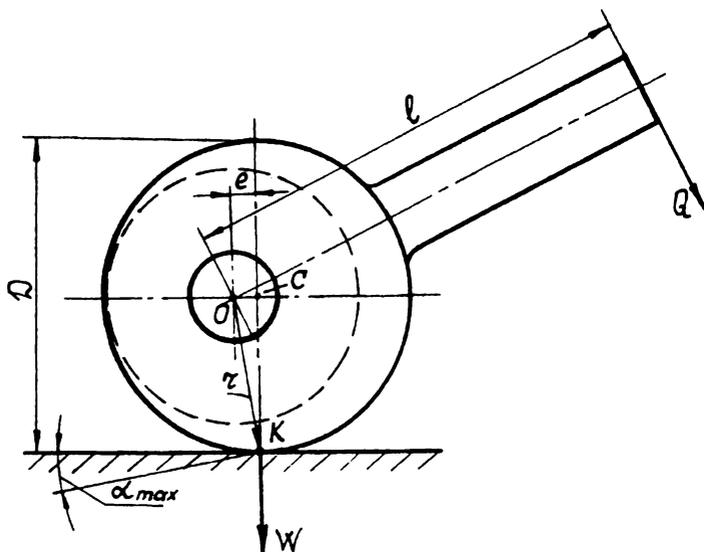


Рис. 19. Расчетная схема для эксцентрикового зажима:

- C - центр окружности диаметром D ;
- OC - эксцентриситет e ;
- $r = OK$ - радиус поворота;
- l - длина рукоятки;
- W - сила зажима

Эксцентрикковые зажимы применяют в приспособлениях с ручным приводом, поэтому конструкция должна быть выполнена так, чтобы после закрепления заготовки было обеспечено самоторможение. Верхнюю, нерабочую часть эксцентрика иногда срезают, что обеспечивает более удобные условия для установки заготовки.

Основное достоинство эксцентрикковых зажимов – быстрое действие (из-за малого угла поворота рукоятки) и достаточно большие силы закрепления заготовок.

Расчетные зависимости, которые определяют силовые характеристики, могут быть получены из следующих соображений. Эксцентрик мы можем рассматривать как своеобразный "дуговой клин". В процессе работы этого клина непрерывно изменяется как угол клина, так и величина радиуса поворота. Учитывая, что величина эксцентриситета ограничена сравнительно малыми значениями, для расчета можно принять усредненные значения угла и радиуса поворота.

Расчетная формула для определения силы, развиваемой эксцентрикковым зажимом, имеет вид

$$W = G_7 \cdot \frac{l}{r_{cp}} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg}(\alpha_{cp} + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2},$$

где φ_1, φ_2 – углы трения скольжения в точке А и на оси эксцентрика;

α_{cp} – среднее значение угла клина;

r_{cp} – среднее значение радиуса поворота.

Некоторые конструктивные характеристики эксцентрикковых зажимов: $D = 32 \dots 70$ мм; $e = 1,7 \dots 3,5$ мм; $r_{cp} = \frac{D}{2}$; $\alpha_{cp} \approx 4^\circ$;
 $f = \operatorname{tg} \varphi_1 = \operatorname{tg} \varphi_2 = 0,1$.

Эксцентрикковым зажимам свойственно непостоянство силы закрепления заготовок при колебании их размеров. Для устранения этого недостатка целесообразно применение дисков эксцентриков, профиль которых очерчен по архимедовой спирали. В связи с широким использованием в машиностроении станков с числовым программным управлением это не вызывает серьезных технологических трудностей.

Коэффициент усиления для эксцентрикковых зажимов:

$$W = 12 G_7.$$

Напомним, что для клиновых зажимов $W = 2 G_7$, а для винтовых зажимов при нормальных гаечных ключах $W = 75 G_7$.

2.5.4. Рычажные зажимные механизмы

Механизмом рычажного зажима служит неравноплечий рычаг первого или второго рода. Силовые характеристики зажима определяются соотношением плеч рычага. Ручные рычажные зажимы нашли достаточно широкое применение в невращающихся приспособлениях для обработки медких деталей (при условии ручной подачи инструмента, небо - льшой силе зажима и малом машинном времени обработки). Эти ограничения связаны с соображениями безопасности работы и недопусти - мости физических перегрузок оператора, т.к. рычажные зажимы явля - ются несамотормозящимися устройствами.

В сочетании с механизированным приводом возможно разносто - роннее применение рычажных зажимных устройств в станочных, -сбо - рочных и контрольных приспособлениях. Приходится лишь считаться с тем, что коэффициент трансформации исходной силы для рычажных устройств невелик. Увеличение коэффициента трансформации ограни - чено допустимыми размерами плеч рычажных зажимных устройств.

На рис. 20 представлены основные конструктивные схемы рычаж - ных зажимов и развиваемые силы закрепления при заданной величине исходной силы и соотношении плеч рычага $l_1 : l_2 = 1 : 1$.

2.5.5. Гидропластные зажимные механизмы

Принцип работы гидропластных зажимных устройств аналогичен работе механогидравлических зажимных устройств. Различие заклю - чается в том, что в качестве рабочей среды в силовых цилиндрах использованы специальные гидропластмассы, а не машинное масло. Гидропластмасса обладает значительно большей вязкостью, чем ма - шинное масло, но сохраняет свойство жидкости передавать созданное внутри силового цилиндра давление равномерно во все стороны. Гид - ропластные зажимные устройства нашли применение в следующих груп - пах приспособлений:

- многозвенные зажимные устройства, в которых гидростатичес - кое давление передается одновременно на несколько плунжеров (рис. 21);
- самоцентрирующие устройства для наружных и внутренних ци - лindricalеских поверхностей за счет радиальной деформации тонкостен - ной втулки под давлением гидропласта;
- зажимные устройства, где требуется создание значительных

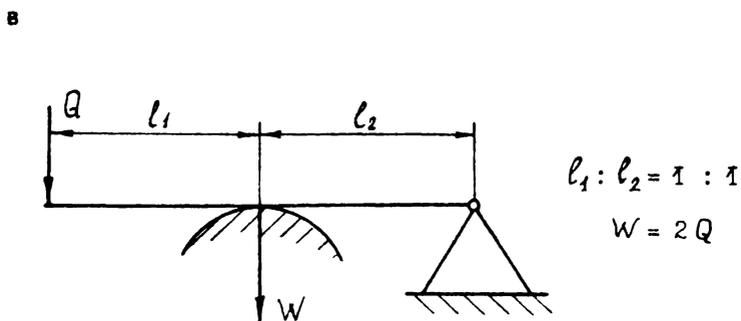
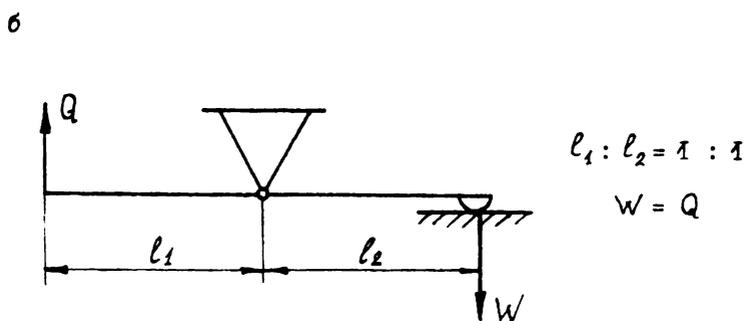
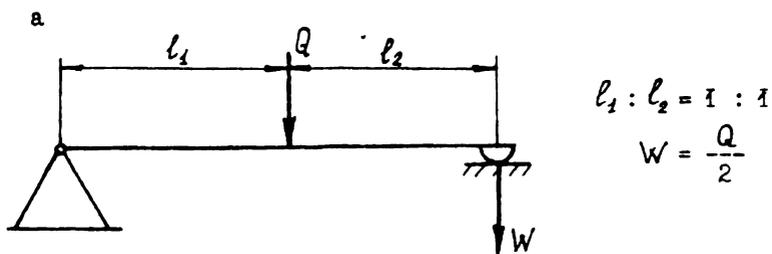


Рис. 20. Принципиальные схемы рычажных зажимов

сил закрепления (150000...220000 Н) при малых габаритах силовых цилиндров. При этом рабочие давления гидропласта в силовых цилиндрах достигают значений порядка 50...60 МПа.

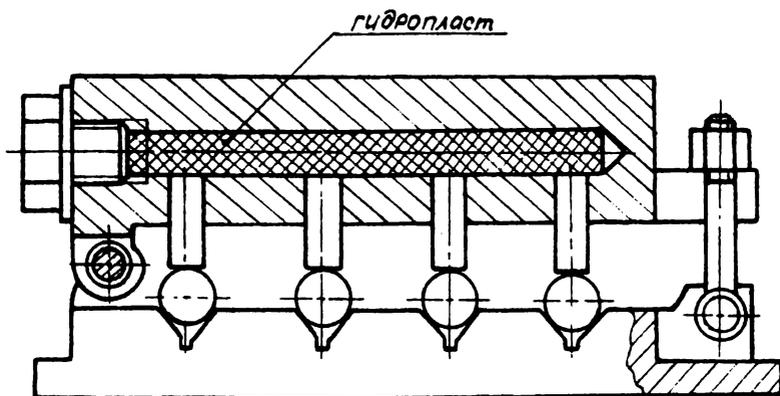


Рис. 21. Многоместное гидропластное приспособление

Состав некоторых марок гидропластмасс приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав гидропластмасс

Химические компоненты	Марка гидропласта		
	СМ	ДМ	МАТИ-1-4
Полихлорвиниловая смола марки М	20	10	-
Полихлорвиниловая смола марки ПБ	-	-	20
Дибутилфталат (пластификатор)	78	88	59
Стеарат кальция (стабилизатор)	2	2	1
Вакуумное масло	-	-	20
Температура плавления	150°	130°	160°

Основу гидропласта составляет полихлорвиниловая смола. Она придает массе механическую прочность и вязкость. В то же время благодаря наличию смолы гидропласт мягок, хорошо передает давле-

ние, не прилипает к стенкам цилиндров и каналов, сохраняет свойства с течением времени.

Дибутилфталат представляет собой бесцветную, нелетучую маслянистую жидкость, которая используется в качестве пластификатора, обеспечивающего возможность транспортировки гидропластмасс по каналам приспособлений.

Стеарат кальция применяется в качестве стабилизатора, предотвращающего "старение" гидропласта, т.е. изменение его физико-химических свойств с течением времени.

Перед тем как залить гидропласт в приспособление, его разогревают до температуры $100...130^{\circ}$, что необходимо для сохранения текучести гидропласта в процессе заливки.

Заливают массу обычно через отверстие для установки силового плунжера, обеспечивая при этом выход воздуха из заполняемой полости через какое-либо другое отверстие, замыкающее систему заливаемых каналов. Заливка должна производиться при наличии некоторого избыточного давления.

Гидропласт марки СМ имеет вид полупрозрачной, коричневатой массы и более высокую вязкость по сравнению с гидропластом ДМ. Его применяют для заполнения полостей центрирующих приспособлений и силовых цилиндров, работающих при самых высоких давлениях. Для этих же целей используют и гидропласт марки МАТИ-1-4.

Гидропласт марки ДМ представляет собой студнеобразную массу светло-коричневого цвета, имеет значительно меньшую вязкость по сравнению с гидропластом СМ и применяется для заполнения полостей многоплунжерных приспособлений.

Отметим некоторые эксплуатационные характеристики гидропластов:

1. На каждые 10 МПа давления имеет место объемная усадка гидропласта 0,5...1%.

2. Момент начала просачивания гидропласта через зазоры в подвижных сопряжениях (поршень - цилиндр) зависит от величины зазора и давления. Гидропласт марки СМ через зазоры в 30, 20 и 10 мкм начинает просачиваться соответственно при давлениях 30, 40, 45 МПа. Гидропласт ДМ при зазоре 10 мкм начинает просачиваться при давлении около 12 МПа.

3. При застывании гидропласта марки СМ имеет место объемная усадка, составляющая около 13 %.

Глава 3. СИЛОВЫЕ ПРИВОДЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В качестве источника силы, приводящей в действие зажимные устройства приспособлений, в настоящее время используют мускульную силу рабочего, пневматические, вакуумные, гидравлические, механогидравлические, пневмогидравлические приводы, магнитные и электромагнитные силовые устройства.

3.1. Пневматические приводы

Большинство машиностроительных заводов имеет компрессорные станции, которые обеспечивают потребности цехов в энергии сжатого воздуха. Рабочее давление в сетях цеховых воздухопроводов находится в пределах 0,4...0,6 МПа. Но даже при этом сравнительно небольшом давлении потери энергии при транспортировке сжатого воздуха от компрессорной станции до потребителя достигают 50%.

Приспособления с пневматическими силовыми приводами получили очень широкое применение в механообрабатывающих и сборочных цехах заводов.

Обычно пневматический силовой привод включает в себя пневмодвигатель, пневматическую аппаратуру управления, некоторые вспомогательные устройства и воздухопроводы.

В качестве двигателя используют либо цилиндр с поршнем, либо пневматическую камеру с диафрагмой. Соответственно с этим различают поршневые и диафрагменные пневмодвигатели.

По методам компоновки с приспособлением пневмодвигатели могут быть встроенными, прикрепляемыми или приставными.

У встроенных двигателей цилиндры растачивают, а диафрагмы размещают непосредственно в корпусе приспособления.

Прикрепляемые двигатели монтируют на корпусе приспособления. Если надобность в приспособлении отпадает, то пневмодвигатель снимают и по возможности используют на каком-нибудь другом приспособлении.

Приставные двигатели полностью выделены в самостоятельный агрегат и многократно используются в компоновках с различными приспособлениями. Приставные двигатели обычно изготавливают на специализированных заводах.

Пневмодвигатели могут быть двустороннего действия, когда рабочий и холостой ход осуществляется сжатом воздухом, и односто-

ронного, когда рабочий ход производится сжатым воздухом, а холостой – пружиной, которая была сжата во время рабочего хода.

Двигатели двустороннего действия применяют при наличии в приспособлении самотормозящихся зажимных устройств, требующих больших усилий на штоке поршня не только во время рабочего, но и во время холостого хода.

Двигатели одностороннего действия рекомендуется применять в тех случаях, когда усилия при холостом ходе невелики. Эти двигатели не требуют уплотнения штока; при их использовании вдвое сокращается расход воздуха. Однако при рабочем ходе часть энергии сжатого воздуха затрачивается на сжатие пружины.

Пневмоприводами оснащают:

- стационарные приспособления, закрепляемые на столах фрезерных, сверлильных и других станков;
- вращающиеся приспособления (патроны для токарных и револьверных станков);
- поворотные и делительные столы.

3.1.1. Поршневые двигатели (пневмоцилиндры)

Принципиальные схемы пневмодвигателей представлены на рис. 22. Конструкции этих двигателей нормализованы и стандартизированы. Пневмоцилиндры работают на сжатом воздухе, очищенном от влаги, кислоты, механических примесей и насыщенном распыленным маслом, при давлении до 0,6 МПа. Предназначены для механизации и автоматизации производственных процессов в машиностроении и, в частности, для механизации и автоматизации работы станков и станочных приспособлений. Диапазон диаметров силовых цилиндров 50...300 мм.

При давлении сжатого воздуха в 0,4 МПа нормализованные силовые цилиндры развивают соответственно (без учета потерь на трение):

- толкающее усилие на штоке 800...28000 Н;
 - тянущее усилие на штоке 700...27000 Н,
- КПД пневмоцилиндров равен 0,8...0,9.

Давление, необходимое для начала движения поршня без нагрузки, составляет 0,02...0,03 МПа.

Цилиндры всех типов и размеров имеют унифицированные детали (гильзы, штоки, направляющие втулки и т.д.) и отличаются главным образом конструктивным оформлением крышек.

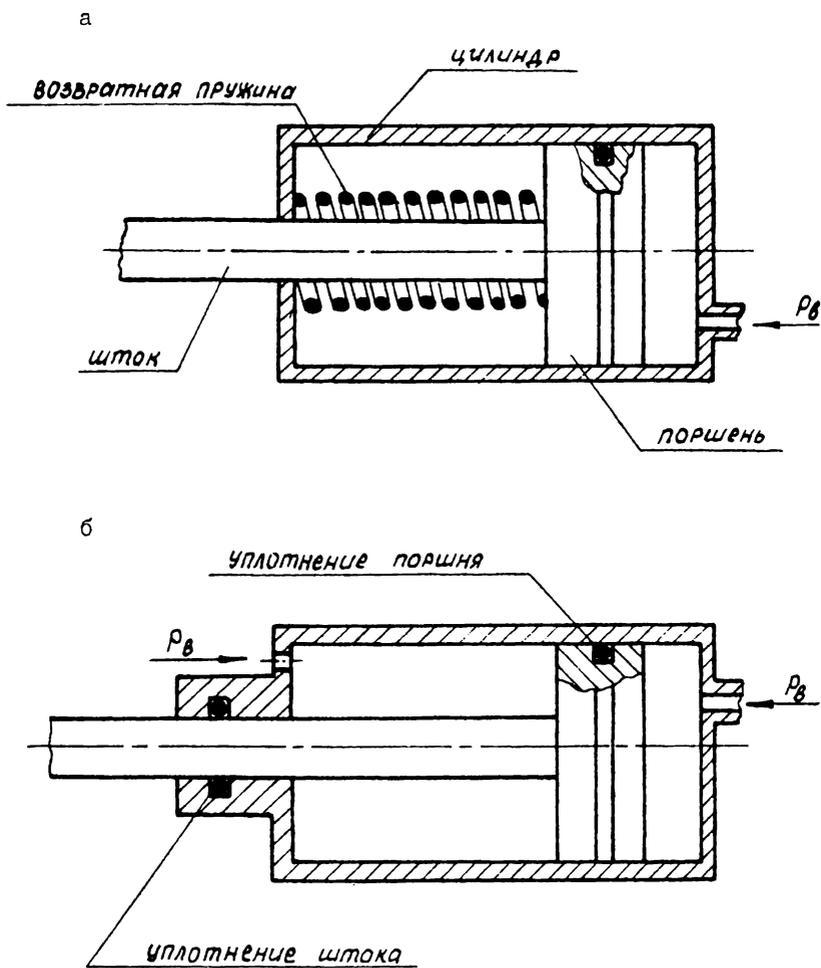


Рис. 22. Принципиальные схемы поршневых пневмодвигателей:
 а - двигатель одностороннего действия;
 б- двигатель двустороннего действия

Во избежание скопления конденсата (масла, воды, грязи) рекомендуется при горизонтальном монтаже **устанавливать цилиндры так, чтобы отверстия в крышках для присоединения трубопроводов находились в нижней части конструкции.**

Так как все основные детали силовых цилиндров **нормализованы**, необходимо максимально использовать их при проектировании встроенных и специальных приводов.

3.1.2. Вращающиеся пневмоцилиндры

Эти цилиндры двустороннего действия (рис. 23) применяют в качестве пневмодвигателей для патронов, оправок и других приспособлений на токарных, револьверных и круглошлифовальных станках.

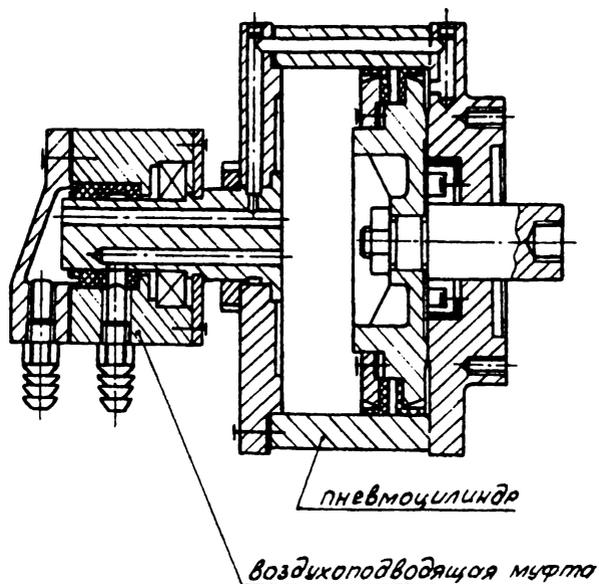


Рис. 23. Вращающийся пневмоцилиндр с воздухоподводящей муфтой

Вращающиеся цилиндры, в отличие от стационарных, имеют специальные воздухоподводящие **муфты**, через которые они соединяются с пневмосетью.

Разработаны муфты для максимальной частоты вращения шпинделя станка (и пневмоцилиндра) $n_{\max} = 1200$ об/мин и $n_{\max} = 2000$ об/мин. Конструкции этих муфт существенно отличаются друг от друга.

3.1.3. Расчет поршневых пневмодвигателей

Расчет обычно сводится к определению усилия на штоке двигателя при заданных диаметре цилиндра и давлении воздуха или к определению диаметра цилиндра, если известны потребное усилие на штоке двигателя и рабочее давление воздуха. Иногда приходится определять время срабатывания пневмоцилиндра (при автоматизации станков и приспособлений на базе пневматики).

При известном диаметре D цилиндра усилие Q на штоке определяют по следующим формулам.

1. Для цилиндров одностороннего действия

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta - P ;$$

$$0,785 = \frac{\pi}{4} .$$

2. Для цилиндров двустороннего действия при подаче воздуха в бесштоковую полость

$$Q = 0,785 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta .$$

3. Для цилиндров двустороннего действия при подаче воздуха в штоковую полость

$$Q = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta ,$$

где D, d - диаметры цилиндра и штока, см;
 p - давление сжатого воздуха, Н/см²;
 η - коэффициент полезного действия двигателя
 ($\eta = 0,85 \dots 0,90$);
 P - сопротивление возвратной пружины в конце рабочего хода поршня, Н.

Параметры пружины рекомендуется выбирать с таким расчетом, чтобы при ее предельном сжатии сопротивление составляло около 5% для больших и до 20% для малых диаметров цилиндров от усилия на штоке в момент закрепления. Усилие предварительного сжатия пружины

жины при ее установке в штоковую полость должно составлять 10...30% от усилия предельного сжатия пружины.

Очевидно, что представленные выше расчетные формулы могут использоваться (после небольших преобразований) и для расчета диаметральных размеров силовых цилиндров по требуемой силе Q и при заданном рабочем давлении воздуха.

3.1.4. Диафрагменные пневмодвигатели (пневмокамеры)

Конструктивная схема диафрагменного пневмодвигателя представлена на рис. 24. Камера состоит из корпуса и крышки, между которыми зажата диафрагма тарельчатой формы из специальной прорезиненной ткани. Сжатый воздух поступает в камеру через штуцер,

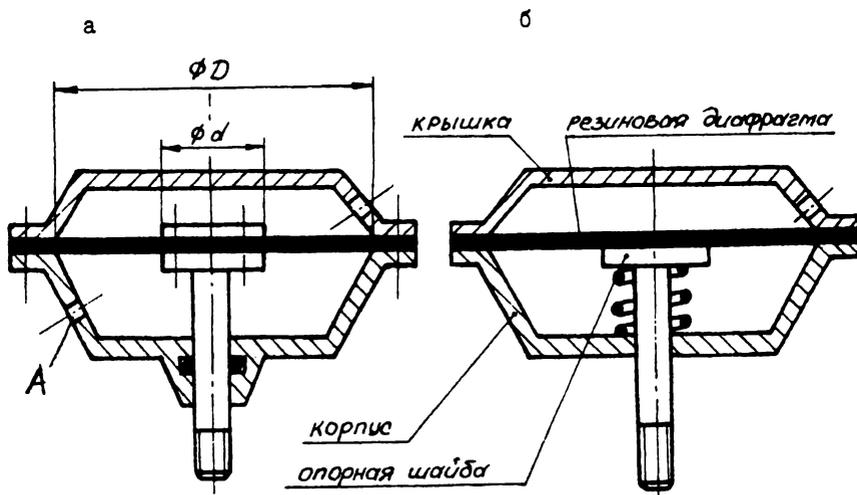


Рис. 24. Конструктивная схема пневмокамер:
а - пневмокамера двустороннего действия;
б - пневмокамера одностороннего действия

давит на диафрагму и перемещает диск, жестко соединенный со штоком. На резьбовой конец штока обычно навинчивается толкатель, воздействующий на зажимной механизм приспособления. При выпуске сжатого воздуха в атмосферу шток под действием возвратной

пружины вместе с диском и диафрагмой возвращается в исходное состояние. Камеру закрепляют на корпусе приспособления шпильками или встраивают в корпус приспособления. Отверстие А служит для выхода воздуха из штоковой полости при рабочем ходе.

Корпус камеры и крышку отливают из серого чугуна, алюминиевых сплавов, пластмасс или штампуют из низкоуглеродистой стали.

Толщина тарельчатой диафрагмы 6...7 мм. Материал - четырехслойная специальная ткань бельтинг с двусторонним покрытием из маслостойкой резины. Иногда применяют плоские диафрагмы, вырезанные из листовой технической резины с тканевой прокладкой, толщиной до 3 мм.

3.1.5. Определение хода и усилия на штоке диафрагменного двигателя

Усилие на штоке пневмокамеры непостоянно. Оно изменяется по мере движения штока, т. к. после некоторого перемещения начинает сказываться сопротивление материала диафрагмы.

Оптимальная длина хода штока, при которой еще не происходит резкого изменения развиваемого усилия, зависит от величины расчетного диаметра, толщины, материала и конструкции диафрагмы, а также от диаметра опорной шайбы.

Для тарельчатой прессованной резинотканевой диафрагмы ход должен находиться в пределах $0,25 \dots 0,35 D$. Для других конструктивных форм и материалов диафрагм эти характеристики иные, например, для плоских резиновых диафрагм оптимальный ход не должен превышать $0,07 D$.

Приближенный расчет усилия Q , создаваемого на штоке пневмокамер одностороннего действия, выполняют с учетом следующих зависимостей.

Для тарельчатых и плоских диафрагм из прорезиненной ткани:

1) в исходном положении штока

$$Q = \frac{\pi}{16} \cdot (D^2 + d^2) \cdot p - P,$$

2) в положении после перемещения на расстояние $0,3 D$ для тарельчатых и $0,07 D$ для плоских диафрагм

$$Q = \frac{0,75\pi}{16} (D^2 + d^2) \cdot p - P.$$

В этих расчетных формулах приняты следующие обозначения:

D и d - диаметры диафрагмы и опорной шайбы, см;

P - давление сжатого воздуха, Н/см²;

P - усилие возвратной пружины, Н.

Усилие возвратной пружины определяют так же, как и для поршневых двигателей, а именно, чтобы при предельном сжатии она оказывала сопротивление движению штока от 5% при больших и до 20% при малых диаметрах диафрагм от усилия на штоке. При этом усилие начального (предварительного) сжатия пружины должно составлять 10...30% от конечного усилия при предельном сжатии пружины.

Практическое применение диафрагменных приводов показало, что они имеют ряд преимуществ по сравнению с пневмоцилиндрами. Так, у камер одностороннего действия полностью отсутствуют утечки воздуха, а у камер двустороннего действия требуется уплотнение только для штоковой полости.

Камеры компактны, имеют небольшой вес, их изготовление проще и дешевле, чем изготовление пневматических силовых цилиндров.

Диафрагмы пневмокамер достаточно долговечны (выдерживают до 600 000 включений), тогда как уплотнительные манжеты пневмоцилиндров выходят из строя примерно через 10 000 включений.

К недостаткам пневмокамер следует отнести небольшой ход штока и непостоянство развиваемых диафрагмой усилий.

Во всех случаях, когда для работы приспособления не требуется больших перемещений и сил на штоке, следует отдавать предпочтение пневмокамерам.

3.1.6. Пневматическая аппаратура

В пневматических приводах используется достаточно большое количество аппаратуры (рис. 25).

1. Для включения (пуска), реверсирования и выключения пневмодвигателя служат распределительные краны и клапаны с ручным управлением и воздухораспределители с автоматическим управлением.

2. Для регулирования величины давления воздуха, поступающего в силовые цилиндры (или пневмокамеры), используют регуляторы давления. Это позволяет в достаточно широком диапазоне регулировать усилия, развиваемые пневматическим силовым приводом.

3. Для регулирования скорости движения штока применяют дроссели (регуляторы скорости).

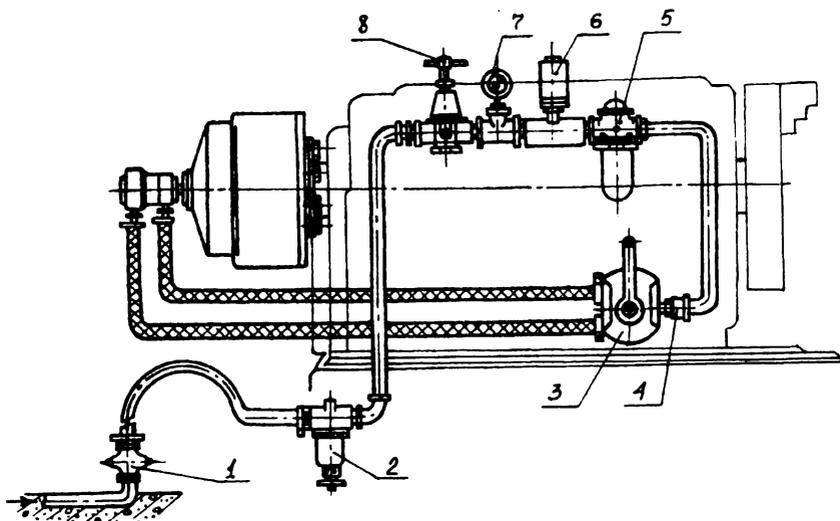


Рис. 25. Схема пневмоаппаратуры на станке:

1 - вентиль; 2 - влагоотделитель; 3 - распределительный кран; 4 - обратный клапан; 5 - маслораспылитель; 6 - реле давления; 7 - манометр; 8 - регулятор давления

4. Для торможения поршня в конце хода предназначены тормозные золотники.

5. Для предотвращения аварии в случае внезапного падения давления в сети цехового воздухопровода служат обратные клапаны (отключают пневмосистему приспособления от цеховой сети при падении давления в ней) и реле давления (делает невозможной работу приспособления при уменьшении давления воздуха до установленного минимального значения).

6. Для очистки сжатого воздуха от влаги и механических примесей в системе воздухоснабжения приспособления используют влагоотделители с фильтром.

7. Для насыщения сжатого воздуха, поступающего в пневматический силовой привод, распыленным маслом, которое смазывает трущиеся детали пневмодвигателей, устанавливают маслораспылители (пневматические масленки).

8. Для подключения пневмопривода к цеховой пневмосети или

для его отключения, на время длительных перерывов в работе используют вентили (вводные краны).

3.2. Вакуумный привод

Для закрепления заготовок на станках используют атмосферное давление воздуха. Принципиальная схема вакуумного зажимного устройства представлена на рис. 26.

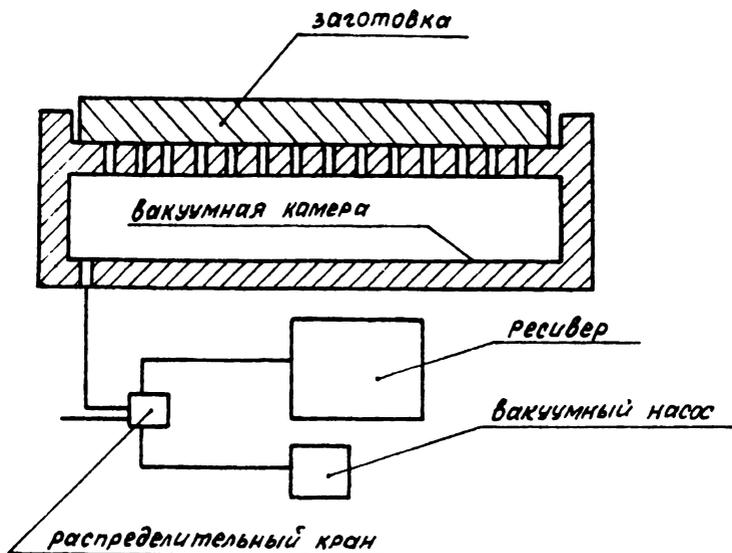


Рис. 26. Схема приспособления с вакуумным приводом

При создании разрежения воздуха в нижней герметизированной полости устройства возникает сила, прижимающая заготовку к плоскости стола приспособления. Для открепления заготовки достаточно соединить нижнюю полость приспособления с атмосферным воздухом. Так как атмосферное давление воздуха не превышает 10 Н/см^2 , то даже при максимальных значениях вакуума сила закрепления заготовки в таких приспособлениях относительно невелика. Поэтому вакуумные приспособления используют для закрепления заготовок, имеющих большие гладкие (облегчается герметизация) поверхности. Однако в

некоторых случаях вакуумные приспособления оказываются незаменимыми. Например, при межоперационной транспортировке листового стекла, вакуумных электронных и электрических устройств очень сложно применять какие-либо иные устройства. Разрежение в полостях таких приспособлений осуществляется при помощи вакуумных насосов. Практически используемые значения вакуума находятся в пределах $1 \dots 1,5 \text{ Н/см}^2$. Дальнейшее увеличение степени разрежения оказывается экономически и технически нецелесообразным.

3.3. Гидравлические приводы

На многих машиностроительных заводах имеются компрессорные установки, вырабатывающие сжатый воздух. Поэтому конструкторы для механизации и автоматизации станочных приспособлений стремятся использовать пневматический силовой привод, отличающийся сравнительной простотой и доступностью. Однако рабочее давление воздуха, на котором работают пневматические устройства, находится в диапазоне $40 \dots 60 \text{ Н/см}^2$. Когда на штоке силового привода требуются значительные усилия, приходится применять цилиндры больших диаметров (200, 250, 300 мм). С этой точки зрения гидравлические силовые приводы, работающие при давлении жидкости в $500 \dots 1500 \text{ Н/см}^2$ и больше, имеют целый ряд технических преимуществ, которые оправдывают первоначальные затраты на их изготовление:

1. Большие давления жидкости в системе позволяют применять рабочие цилиндры сравнительно малого диаметра (20...60 мм). В результате этого конструкции гидравлических устройств оказываются более компактными, чем пневматических.

2. Рабочей средой в гидравлических силовых приводах является машинное масло, поэтому они не требуют для своей работы специальных смазочных устройств.

3. В гидравлических силовых приводах отсутствуют неполадки, вызываемые конденсацией водяных паров в аппаратах и трубопроводах пневматических систем (ржавчина и засорение аппаратуры).

4. Практическая несжимаемость масла позволяет применять гидравлические приводы не только для силовых механизмов, но и для точных перемещений рабочих органов станка и подвижных частей приспособлений.

Гидравлические приводы обычно используют либо для закрепления одной крупной заготовки в нескольких точках, либо для зак-

репления нескольких заготовок в многоместном приспособлении.

По источнику энергии приводы этой группы подразделяют на пневмогидравлические, механогидравлические и гидравлические. В пневмогидравлических приводах источником энергии служит сжатый воздух. Механогидравлические приводятся в действие рукой рабочего. Гидравлические приводы имеют индивидуальную или групповую насосную установку, а в гидрофицированных станках они приводятся в действие от основной гидравлической системы станка.

3.3.1. Пневмогидравлические приводы

Эти приводы состоят из преобразователя (мультипликатора) с необходимой аппаратурой и подключаемых к нему рабочих гидроцилиндров, осуществляющих закрепление заготовки. По принципу работы приводы этого типа подразделяют на две группы:

- преобразователя давления прямого действия,
- преобразователя последовательного действия.

Пневмогидравлические приводы получают сжатый воздух из цеховой сети. В сравнении с чисто гидравлическими приводами они обеспечивают получение относительно небольших объемов масла высокого давления. Общий объем масла, заполняющего полости силовых цилиндров приспособления, трубопроводы и сам привод, не превышает 1,5...3 л. В баке гидравлических приводов объем масла достигает 50...80 л.

Малый объем жидкости ограничивает количество силовых гидроцилиндров, подключаемых к преобразователю, и величину хода их штоков.

С помощью пневматического регулятора давления рабочее давление в гидросистеме такого привода можно изменять в пределах от 160 до 1000 Н/см².

3.3.1.1. Преобразователи давления прямого действия

Принципиальная схема такого преобразователя представлена на рис. 27.

На схеме контуром А выделен собственно преобразователь давления, состоящий из пневмоцилиндра 1 и гидроцилиндра 2 высокого давления; контуром Б обведен рабочий гидроцилиндр приспособления 3, связанный с преобразователем трубопроводом. Преобра-

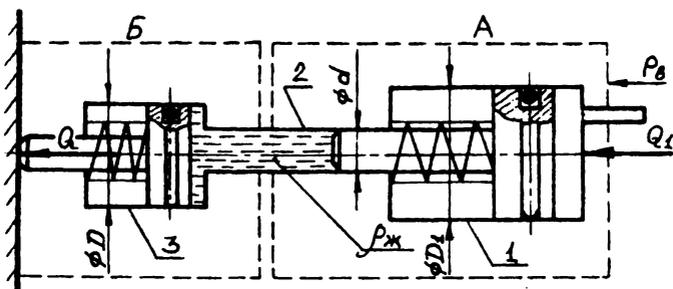


Рис. 27. Схема преобразователя давления прямого действия:
 А - блок преобразователя давления;
 Б - блок рабочего цилиндра приспособления

зователь может питать маслом высокого давления не один, а несколько рабочих гидроцилиндров, размещенных на приспособлении.

Степень повышения давления жидкости зависит от соотношения диаметров D_1 и d . Рассмотрим некоторые расчетные зависимости, определяющие основные технические характеристики пневмогидроусилителя.

Определение рабочего давления в гидросистеме и коэффициента увеличения давления

Под действием сжатого воздуха, поступающего от цеховой сети, привод срабатывает и приходит в равновесие. Математически это может быть выражено следующим образом:

$$P_* \cdot \frac{\pi d^2}{4} = P_с \cdot \frac{\pi D_1^2}{4} \quad \text{или} \quad P_* = P_с \cdot \frac{D_1^2}{d^2},$$

где P_* - давление жидкости, создаваемое пневмогидроусилителем, Н/см²;

$P_с$ - давление сжатого воздуха в цеховой сети, Н/см²;

D_1, d - диаметры поршня в пневматической полости усилителя и штока в гидравлической полости, см.

Коэффициент увеличения давления можно определить из зависимости

$$i_p = \frac{P_*}{P_с} = \left(\frac{D_1}{d} \right)^2 \cdot \eta_m,$$

где η_m - механический коэффициент полезного действия пневмо-гидросистемы усилителя, равный 0,95.

Пр и м е р. Определить величину рабочего давления жидкости, обеспечиваемую пневмогидроусилителем, если рабочее давление воздуха $p_g = 40 \text{ Н/см}^2$, $D_1 = 20 \text{ см}$, $d = 4 \text{ см}$.

$$p_* = p_g \cdot \left(\frac{D_1}{d}\right)^2 \cdot \eta_m = 40 \left(\frac{20}{4}\right)^2 \cdot 0,95 = 950 \text{ Н/см}^2, \text{ т.е.}$$

давление с помощью гидроусилителя увеличилось почти в 20 раз.

Определение усилия Q на штоке рабочего гидроцилиндра приспособления

$$Q = p_* \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta = p_g \cdot \left(\frac{D_1}{d}\right)^2 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta$$

Полагая $p_g \cdot \frac{\pi D_1^2}{4} = Q_1$, получим $Q = Q_1 \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot \eta$.

Передаточное отношение сил

$$\frac{Q}{Q_1} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot \eta,$$

где Q - усилие, развиваемое на штоке силового цилиндра приспособления, Н;

Q_1 - усилие, развиваемое сжатым воздухом на штоке пневмогидроусилителя, Н;

D, D_1, d - диаметры поршня силового цилиндра приспособления, поршня пневмогидроусилителя, штока гидроусилителя соответственно, см;

η - общий механический КПД всей системы от пневмогидроусилителя до штока силового цилиндра приспособления ($\eta = 0,8$).

Из равенства перемещаемых объемов жидкости найдем связь между величиной хода штока усилителя 2 и поршня 3 рабочего гидроцилиндра (см. рис. 27):

$$L \cdot \frac{\pi d^2}{4} = l \cdot \frac{\pi D^2}{4}$$

Отсюда
$$L = \ell \cdot \left(\frac{D}{d}\right)^2,$$

где L - ход штока пневмогидроусилителя, см;
 ℓ - ход поршня рабочего гидроцилиндра приспособления, см.

Порядок расчета основных параметров пневмогидроусилителя

1. Сначала определяют силу Q_7 на штоке рабочего цилиндра приспособления и длину хода ℓ поршня приспособления. Сила Q_7 зависит от потребной величины силы закрепления заготовки W и передаточного отношения i механизма приспособления:

$$Q_7 = \frac{W}{i}.$$

Ход ℓ поршня приспособления зависит от колебания размеров зажимаемой заготовки и определяется с учетом передаточного отношения i_n силового механизма, на который воздействует шток силового цилиндра приспособления:

$$\ell = \frac{\ell_1}{i_n},$$

где ℓ_1 - ход ведомого звена силового механизма приспособления.

2. Диаметр D рабочего гидроцилиндра приспособления определяют по следующим зависимостям:

$$Q_7 = p_* \cdot \frac{\pi D^2}{4}; \quad D = \sqrt{\frac{4 Q_7}{\pi \cdot p_*}}.$$

Окончательно
$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_7}{p_*}}.$$

3. Диаметр d_1 штока пневмогидроусилителя определяют конструктивно из соотношения

$$d = \frac{D}{1,75 \dots 2,5}.$$

4. Диаметр D_1 поршня пневмоцилиндра усилителя находят из зависимости

$$p_* = p_g \cdot \left(\frac{D_1}{d}\right)^2 \cdot \eta.$$

Отсюда
$$D_1 = d \cdot \sqrt{\frac{P_k}{P_g \cdot \eta}}$$

При расчетах обычно принимают $P_g = 40 \text{ Н/см}^2$, КПД привода $\eta = 0,8$.

3.3.1.2. Пневмогидравлический привод последовательного действия

Силовой привод этого типа позволяет более экономично использовать ограниченный объем жидкости высокого давления, который могут дать усилители.

Принципиальная конструктивная схема усилителя последовательного действия представлена на рис. 28.

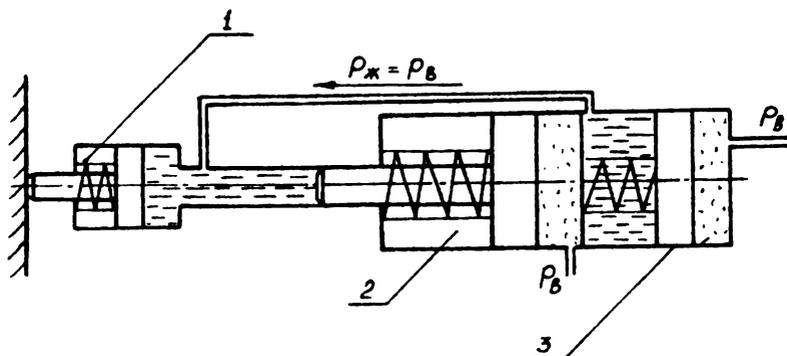


Рис. 28. Схема пневмогидроусилителя последовательного действия:

- 1 - цилиндр приспособления;
- 2 - цилиндр высокого давления;
- 3 - цилиндр низкого давления

Работа усилителя при закреплении заготовок состоит из следующих этапов:

1. Масло из блока низкого давления (под давлением, соответствующим давлению воздуха, поступающему в пневмогидроусилитель) поступает в рабочие цилиндры приспособления. Происходит предварительное закрепление заготовки.

2. Блок низкого давления тем или иным способом отключается.
3. Включается в работу блок высокого давления, который обеспечивает окончательное закрепление заготовки за счет подачи масла в рабочие цилиндры приспособления.

Этот цикл осуществляется путем ручного переключения трехпозиционного распределительного крана.

Преобразователи последовательного действия обеспечивают экономию сжатого воздуха (до 90%) по сравнению с пневмогидроусилителями прямого действия, что вполне оправдывает усложнение конструкции этих усилителей.

3.3.2. Механогидравлический привод

Механогидравлические усилители применяют в условиях мелкосерийного, опытного производства и в тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно или нецелесообразно использование пневмогидравлических усилителей. Конструктивное устройство механогидравлического усилителя представлено на рис. 29.

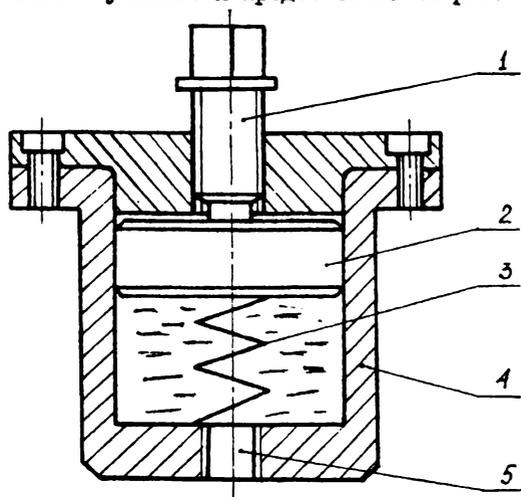


Рис. 29. Механогидравлический привод:
1 - винт; 2 - поршень; 3 - возвратная пружина;
4 - корпус цилиндра; 5 - отверстие для соединения с приводом приспособления

Основное отличие его от пневмогидравлического усилителя состоит в том, что в качестве источника энергии для его работы используется мускульная сила рабочего, а не сжатый воздух. Конструкции механогидравлических усилителей нормализованы.

3.3.3. Гидравлический привод

Гидравлические приводы представляют собой независимый агрегат, состоящий из электродвигателя, насоса, резервуара для масла, аппаратуры управления и регулирования. Агрегат в зависимости от его мощности может обслуживать один станок (приставной или настольный гидропривод), группу из двух - трех станков и, наконец, целый участок цеха (30 - 40 станков). Гидравлические установки развивают в гидросистеме давление масла в $500 \dots 800 \text{ Н/см}^2$ и питают рабочие гидроцилиндры, встраиваемые в корпуса стационарных приспособлений или устанавливаемые на шпинделях станков. Между силовой установкой и рабочими гидроцилиндрами в удобном для рабочего месте устанавливают аппаратуру управления.

В массовом производстве обычно применяют установки, рассчитанные на обслуживание одного станка, в серийном производстве — групповые установки.

При широком применении гидропривода он обычно комплектуется из нормальных и стандартных узлов, что позволяет существенно сократить объем первоначальных затрат на его производство.

Применяющиеся в станочных приспособлениях гидроцилиндры нормализованы и делятся на две группы:

- 1) цилиндры, встраиваемые в конструкцию приспособления;
- 2) агрегатированные цилиндры.

Существуют различные конструкции цилиндров первой группы, расширяющие область их использования.

Наибольшее распространение получили силовые цилиндры с диаметром 40 - 60 мм. Ход поршня таких цилиндров 10...50 мм. Усилия, развиваемые на штоке силовых цилиндров, 1500...20000 Н.

В качестве уплотнений в соединениях поршней с цилиндрами и штоков с крышками применяют резиновые кольца круглого сечения, которые при небольшом натяге (0,25 мм на сторону) надежно работают в достаточно широком диапазоне температур (+60... -30°C) и обеспечивают практически абсолютную герметичность гидросистем, работающих под давлением до 3000 Н/см^2 . При малых величинах хода

поршня (10...25 мм) стойкость колец из маслостойкой резины достигает 200 000 двойных ходов поршня.

Аппаратура к гидравлическим приводам делится на контрольно-регулирующую и аппаратуру управления.

К первой группе относятся предохранительный клапан, обратный клапан, редукционный клапан, аккумулятор, манометры; ко второй – золотниковое распределительное устройство, или распределительный кран.

Методика расчета силовых цилиндров принципиально не отличается от расчета пневматических силовых цилиндров.

3.4. Магнитные приводы

Приводы этого типа выполняют либо в виде устройств, использующих для своей работы электромагниты, либо в виде устройств с постоянными магнитами.

Электромагнитные приводы выполняют в форме плоских плит или планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской установочной базой. Конструктивная схема устройства электромагнитной плиты представлена на рис. 30.

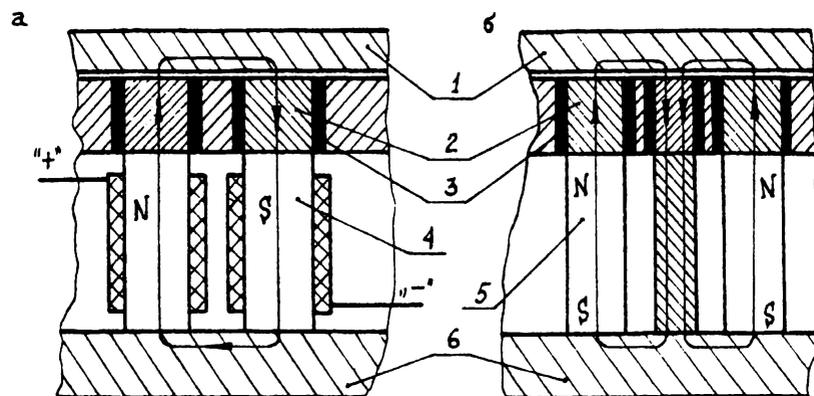


Рис. 30. Схема электромагнитного (а) и магнитного с постоянными магнитами (б) приспособлений:
 1 – заготовка; 2 – магнитопровод; 3 – немагнитная прокладка; 4 – электромагнит; 5 – постоянный магнит; 6 – основание

В корпусе плиты установлены электромагниты. В крышке выполнены полюсы, окруженные изоляцией из немагнитных материалов (ластунь, нержавеющая сталь, эпоксипласт). Толщина изоляции обычно не превышает 5 мм.

Магнитный поток, возникающий в электромагнитах при прохождении через их катушки постоянного тока, замыкается через заготовку, проходя через корпус и крышку плиты. Удерживающая заготовку сила появляется в местах контакта заготовки с полюсами и крышкой плиты. При отключении тока заготовку можно снять с плиты.

Сердечники электромагнитов и полюса крышки изготавливают из стали 10, а остальные детали плиты – из сталей 10 и 15 или из чугуна Сч12. Рабочая поверхность плиты или планшайбы шлифуется до $R_a = 0,63 \dots 0,32$ мкм, отклонение поверхности от прямолинейности не должно превышать 0,02 мм на длине 300 мм.

Питание электромагнитных плит осуществляется постоянным током (номинальное напряжение 24, 48, 110 и 220 В) от мотор-генераторов или специальных выпрямителей.

При расчете плит и планшайб в соответствии с размерами и конфигурацией заготовок устанавливают необходимое количество полюсов. Для лучшего распределения силы закрепления полюсы должны быть равномерно распределены под опорной поверхностью плиты.

На плитах полюсы обычно располагают параллельно, а на планшайбах – параллельно и в радиальном направлении. Для плит среднего размера шаг расположения полюсов принимают 30...35 мм. Отношение площади плиты, занятой полюсами, к ее общей площади находится в пределах 0,35...0,45.

Электрический расчет магнитопроводов носит приближенный характер.

При использовании универсальных магнитных плит удерживающая сила зависит от материала, толщины заготовки, а также от шероховатости базовых поверхностей.

На рис. 31 представлен график зависимости силы притяжения магнитной плиты от толщины (высоты) заготовки.

На рис. 32 представлен график зависимости силы притяжения магнитной плиты от шероховатости базовой поверхности заготовки.

Величина силы притяжения зависит и от материала заготовки. Если принять за единицу величину этой силы для заготовки из стали 10, то сила для стали 45 составляет 0,95; для инструментальных легированных сталей – 0,8...0,9; для серых чугунов – 0,4...0,5; для ковких чугунов – 0,5...0,6.

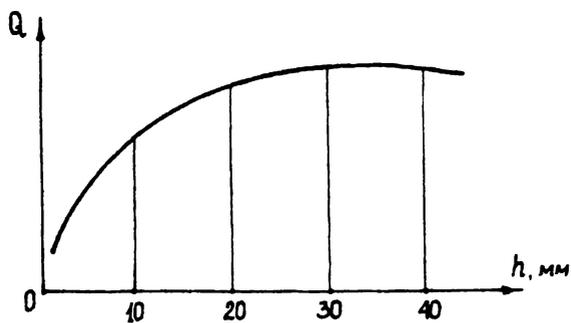


Рис. 31. График зависимости силы притяжения магнитной плиты от толщины закрепляемой заготовки

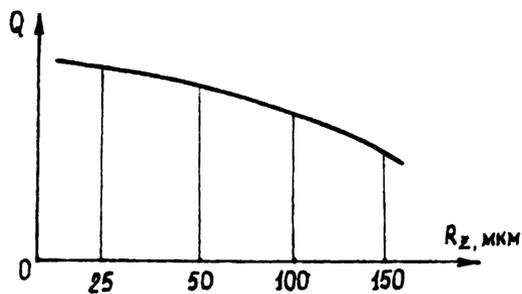


Рис. 32. График зависимости силы притяжения магнитной плиты от шероховатости опорной плоскости заготовки

Величина силы притяжения может изменяться в широких пределах (до 50% и более) в зависимости от положения заготовки относительно подшос плиты. Эта сила также несколько больше при закреплении закаленных заготовок, чем при закреплении незакаленных.

Необходимо учитывать, что детали, которые обрабатывают с использованием магнитных плит и патронов, приобретают остаточные магнитные свойства. При работе таких деталей в собранной машине они могут притягивать продукты износа стальных и чугуновых деталей, что приводит к ускоренному износу отдельных трущихся узлов. Поэтому в ряде случаев приходится вводить операцию размагничивания таких деталей.

Размагничивание выполняют в переменном магнитном поле, плотность которого постепенно уменьшают от максимума до нуля. Детали пропускают через соленоид, питаемый переменным током частотой 50 Гц, или устанавливают на стол специального устройства, где они выполняют роль замыкающего якоря электромагнита. Допустимая степень намагниченности деталей обычно не должна превышать 2...3 Гн, для деталей подшипников качения — более 1 Гн.

Технологические возможности использования электромагнитных плит, особенно в условиях мелкосерийного производства и групповой обработки, можно расширить за счет установки на их поверхности быстросменных наставок.

Магнитные силовые приводы с постоянными магнитами выполняют в виде магнитных плит и планшайб. Конструктивная схема магнитной плиты представлена на рис. 30.

Плиты имеют постоянные магниты, которые изолированы немагнитными прокладками и скреплены с ними немагнитными заклепками в общий блок. Удерживаемая заготовка выполняет роль якоря, который замыкает магнитный поток. Для открепления заготовки магнитный блок сдвигают вдоль плиты при помощи специального механизма. При этом магнитный поток замыкается через корпус и крышку плиты, минуя заготовку.

Зазоры между магнитным блоком и его направляющими в корпусе и крышке делают минимальными (0,02...0,03 мм). При большем зазоре магнитные силы, действующие на блок сверху и снизу, не уравновешиваются и его трудно сдвигать при закреплении и откреплении заготовки.

В магнитных патронах открепление и закрепление заготовки осуществляется за счет поворота магнитного блока. Закрепление и удерживание заготовки происходит при положении магнитного блока,

когда его полюса совпадают с полюсами крышки. При повороте блока вокруг оси патрона его полюса выходят за конфигурацию полюсов крышки и магнитный поток замыкается через корпус и крышку. В этом положении заготовку можно снять со станка. Магнитные патроны часто снабжают наставками, на лицевой стороне которых выполняют центрирующие выточки для заготовок типа колец и шайб.

Магнитные и электромагнитные плиты существенно повышают производительность труда (иногда в 10...15 раз) за счет снижения основного (при многоместной обработке) и вспомогательного времени. Они могут быть использованы многократно, что сокращает номенклатуру необходимых приспособлений и повышает коэффициент оснащенности операций (т.е. количество приспособлений, приходящихся на одну операцию).

Высота и масса магнитных плит меньше, чем электромагнитных. Преимущества магнитных плит:

- отсутствие необходимости питания током;
- меньше затраты на эксплуатацию;
- безопасность в обслуживании.

При обработке на электромагнитных плитах деталь может быть сдвинута силами резания при аварийном отключении тока, при использовании магнитных плит это исключено. Однако включение и выключение электромагнитных плит более удобно, чем у магнитных, особенно в автоматизированном режиме.

Электромагнитные, магнитные плиты и патроны используют для закрепления заготовок, подвергаемых отделочной (шлифование) и чистовой обработке (фрезерование, точение, строгание). При наличии специальных приспособлений их иногда можно применять и для черновой обработки. Базовые поверхности заготовок в этом случае должны подвергаться чистовой обработке. С увеличением высоты макро- и микронеровностей поверхности удерживающая сила снижается, т.к. возникающие при этом воздушные промежутки создают дополнительное сопротивление магнитному потоку.

Для закрепления заготовок, имеющих небольшие размеры, целесообразно использовать дополнительные плиты-наставки с мелкими и часто расположенными полюсами. В этом случае обеспечивается более надежное закрепление заготовок.

Магнитные плиты, представляющие собой сборные конструкции, обладают определенной податливостью. Их жесткость по нормали к плоскости плиты находится в пределах 50...80 кН/мм, а у электро-

магнитных плит достигает 100 кН/мм. Несмотря на большую нагрузку от сил резания, обработка на магнитных плитах характеризуется малыми упругими отжатыми (менее 10 мкм). Наибольший прогиб плиты возникает в центре, поэтому при обработке партии небольших заготовок наблюдается рассеяние их размеров по высоте.

В процессе шлифования происходит нагревание плиты от заготовок в результате выделения теплоты при резании, а у электромагнитных плит, кроме того, за счет тепла, выделяемого обмотками полюсов. Погрешности обработки, вызываемые тепловыми деформациями плит, достигают 40 мкм. Величина тепловых деформаций неодинакова на поверхности плит, наибольшие деформации имеют место в середине плиты, что объясняется худшими условиями теплоотвода.

Конструкции современных магнитных и электромагнитных плит достаточно виброустойчивы (частота собственных колебаний плит средних размеров находится в пределах 800...1500 Гц), поэтому явление резонанса при фрезеровании на таких плитах исключается.

Постоянные магниты выполняют из специальных ферромагнитных материалов, обладающих высокой остаточной индукцией и большой коэрцитивной силой. Лучший материал для постоянных магнитов — стали с высоким содержанием углерода и со специальными присадками вольфрама, кобальта, хрома. Эти стали длительное время (не менее двух лет) сохраняют магнитные свойства. Если они все же размагнитились, их магнитные свойства можно восстановить повторным намагничиванием. Постоянные магниты для плит изготавливают из литых материалов ЮНД8, ЮНДК15, ЮНДК8, ЮН1ЗДК24, ЮНДК24Т2, ЮН1ЗДК25БА, ЮНДК31ТЗБА по ГОСТ 17809-72.

3.5. Анализ возможностей использования различных типов силовых приводов в приспособлениях для металлорежущих станков

В приспособлениях достаточно широко используют винтовые зажимные механизмы. Это объясняется простотой их конструкции, компактностью, большим коэффициентом трансформации приложенной силы, наличием самоторможения и невысокой стоимостью изготовления. Даже такие серьезные эксплуатационные недостатки винтовых устройств, как низкий коэффициент полезного действия и значительные крутящие моменты, необходимые для получения больших сил закрепления, не стали препятствием для их применения.

Основные возможности пневматических, гидравлических, механических и пневмогидравлических, вакуумных, магнитных и электромагнитных силовых приводов были рассмотрены выше. Попробуем теперь сопоставить между собой возможности и перспективы использования различных силовых приводов. Сделать сравнительный анализ помогут некоторые математические зависимости. Сначала сопоставим те зависимости, которые определяют диаметральные размеры различных видов силовых устройств, рассчитанных на получение заданной силы.

Так, для винтовых зажимных устройств величина этой силы определяется по формуле

$$P = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot [\sigma]_p ,$$

где P - заданная сила, Н;
 d - диаметр стержня болта, см;
 $[\sigma]_p$ - допускаемое напряжение растяжения для материала болта, Н/см².

Отсюда

$$d = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot [\sigma]_p}} .$$

Для определения сил, которые могут развивать пневматические или гидравлические поршневые приводы (без учета КПД), пользуются зависимостью

$$P = p \cdot \frac{\pi D_1^2}{4} ,$$

где P - сила, развиваемая пневмо- или гидроцилиндром, Н;
 p - рабочее давление сжатого воздуха или жидкости, Н/см²;
 D_1 - диаметр поршня силового цилиндра, см.

Преобразовав эту формулу, получим

$$D_1 = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot p}} .$$

Для магнитных, электромагнитных и вакуумных устройств рассчитаем силу, с которой заготовка диаметром D_2 притягивается к плите. Если принять, что сила удельного притяжения равна $P_{\text{уз}}$, будем иметь

$$P = \frac{\pi D_2^2}{4} \cdot P_{\text{уз}} .$$

Отсюда
$$D_2 = \sqrt{\frac{4P}{\pi \cdot \rho_{yg}}} .$$

Сопоставляя расчетные формулы, полученные для различных типов силовых приводов, видим, что, несмотря на различный физический смысл величин, входящих в формулы, они с математической точки зрения тождественны и могут быть в общем виде представлены (для фиксированного значения развиваемой силы) следующей зависимостью:

$$D = C \cdot \sqrt{\frac{1}{q}} . \quad (1)$$

где C - некоторая постоянная величина;
 q - величина, характеризующая меру интенсивности действия силы (это может быть давление воздуха или жидкости, напряжение растяжения или сжатия в материале винта, удельная сила притяжения магнитной плиты и т.п.).

Из последнего уравнения следует, что диаметральный размеры рассматриваемых силовых приводов зависят только от величины q . Сопоставим диаметры двух силовых приводов, для одного из которых величина $q = q_1$, а для другого $q = q_2$. Если обозначить диаметры этих силовых приводов соответственно через D_1 и D_2 , а отношение $\frac{D_2}{D_1} = K$, то величину K согласно (1) можно определить по формуле

$$K = \frac{D_2}{D_1} = C \cdot \sqrt{\frac{1}{q_2}} : C \cdot \sqrt{\frac{1}{q_1}} = \sqrt{\frac{q_1}{q_2}} . \quad (2)$$

Физический смысл коэффициента K состоит в том, что он дает количественную оценку диаметров различных силовых приводов при изменении величины q . В табл. 2 представлены значения для рассматриваемых нами силовых приводов, рассчитанных на получение одной и той же силы. За базу для сравнения приняты размеры винтовых зажимных устройств.

Таблица 2
Относительные размеры различных силовых приводов

Тип силового привода	$Q, \text{Н/см}^2$	К
Механические винтовые устройства	20000	1
Вакуумные устройства	10	45
Пневматические устройства	50	20
Электромагнитные и магнитные устройства	16...30	25...35
Гидравлические устройства	1000	4,5

Попытаемся проанализировать полученные результаты. Для вакуумных силовых устройств величина Q по своей природе не может быть больше 10 Н/см^2 . Поэтому их целесообразно применять либо там, где величина потребных сил очень мала, либо там, где размер рабочей поверхности силового устройства может быть весьма значительным (листовое стекло, электровакуумные приборы).

Пневматические силовые приводы являются самым распространенным средством механизации приспособлений. Наиболее широко их применяют на заводах серийного и массового производства, оснащенных мелким и средним оборудованием. К достоинствам пневматических устройств следует отнести удобство обслуживания, быстрое действие, безопасность, сравнительно невысокие требования к точности изготовления, простоту ремонта.

Недостатками пневматических силовых приводов являются:

- необходимость в компрессорных станциях, в осушении воздуха и насыщении его распыленным маслом перед подачей в приспособление;
- большие потери сжатого воздуха при транспортировке;
- сравнительно небольшие силы, закрепления заготовок.

Так как величина Q при использовании пневматических устройств не превышает $40...60 \text{ Н/см}^2$, то максимально достижимые силы не превышают $20...30 \text{ кН}$. Но даже при таких силах диаметральные размеры пневматических приводов становятся конструктивно неприемлемыми.

Применение различного вида механических усилителей (рычажных, клиновых, винтовых и т.п.) позволяет довести максимальное значение силы до $50...80 \text{ кН}$. Конструкции пневматических силовых

устройств, рассчитанных на получение больших сил, встречаются в практике редко.

Электромагнитные и магнитные силовые устройства занимают промежуточное положение между вакуумными и пневматическими силовыми приводами. Величина Q для электромагнитных приводов и устройств с постоянными магнитами также сравнительно невелика ($16...30 \text{ Н/см}^2$).

Гидравлические силовые приводы в настоящее время используют на специализированных станках, а также в крупносерийном и массовом производстве. В последние годы наметилась тенденция оснащения гидрофицированными устройствами и универсальных металлорежущих станков.

Наиболее широко применяют гидравлические силовые приводы, работающие при давлении жидкости до 500 Н/см^2 . Подобные устройства питаются от гидроаккумуляторных станций, производство которых освоено специализированными предприятиями.

Реже применяют гидравлические силовые приводы, работающие при давлении жидкости $1000...1500 \text{ Н/см}^2$. Объясняется это рядом причин.

При увеличении рабочего давления жидкости с помощью пневмогидроаккумуляторов запас потенциальной энергии, заключенный в гидроаккумуляторе, возрастает пропорционально объему и рабочему давлению жидкости, что создает опасные условия работы. С этой точки зрения механические винтовые силовые устройства, несмотря на большую величину Q (достигающую 20000 Н/см^2), значительно безопаснее гидравлических приводов высокого давления. Во-первых, потому, что запас потенциальной энергии в них меньше, чем в гидравлических. Во-вторых, перед разрушением станочного болта имеют место неупругие деформации, которые и поглощают часть накопленной потенциальной энергии. Кроме этого, в механических устройствах напряжения локализованы (отсутствуют трубопроводы) в местах приложения сил.

При увеличении рабочего давления жидкости существенно ужесточаются требования к качеству и точности изготовления деталей силовых узлов. Для транспортировки жидкости от насосной станции к силовым цилиндрам на конечном участке довольно часто требуется применение специальных гибких шлангов высокого давления.

Несмотря на перечисленные технические трудности, силовые приводы высокого давления уверенно прокладывают себе дорогу в

различных областях техники, особенно там, где предъявляются жесткие требования к размерам и массе изделий (авиационная и космическая техника, транспортные и подъемно-транспортные машины, военная техника).

В настоящее время освоено производство уплотнений и шлангов высокого давления, удовлетворительно работающих при давлениях жидкости до 3000 Н/см^2 .

Диаметральные размеры гидравлических силовых цилиндров, работающих при высоких давлениях, в 6...7 раз меньше, чем у пневматических силовых цилиндров, рассчитанных на получение таких же сил, и только в 3...3,5 раза больше, чем у механических винтовых устройств.

Сделаем некоторые выводы:

1. Область применения пневматических, вакуумных, электромагнитных и магнитных силовых приводов ограничивается чрезвычайно низким значением q (1...50 Н/см^2). Максимально достижимые силы для этих устройств не превышают 20000...30000 Н. Дальнейшее увеличение сил ограничено неприемлемым для практики ростом габаритных размеров и массы устройств.

Возможности увеличения параметра q для этих устройств ограничены либо их физической природой (вакуум невозможно сколько-нибудь существенно увеличить; то же в значительной степени относится к магнитным и электромагнитным устройствам), либо техническими трудностями (увеличение рабочего давления воздуха в пневматических сетях приведет к резкому увеличению потерь энергии при транспортировке к потребителю, сделает более опасной эксплуатацию таких устройств).

2. Наиболее распространенные в настоящее время гидравлические силовые приводы, использующие для работы давление жидкости 500...1000 Н/см^2 , имеют ряд явных преимуществ перед пневматическими, и в первую очередь меньшие диаметральные размеры. Однако они уступают механическим винтовым зажимам.

3. Сравнительный анализ различных типов силовых приводов показывает, что гидравлические приводы наиболее перспективны. Это связано с тем, что имеются реальные технические возможности дальнейшего повышения рабочего давления жидкости.

На рис. 33 представлен график зависимости относительных диаметральных размеров силовых цилиндров от увеличения рабочего давления. График построен с учетом механической прочности сило-

вого цилиндра (толщина его стенок и допускаемое напряжение рас-
тяжения).

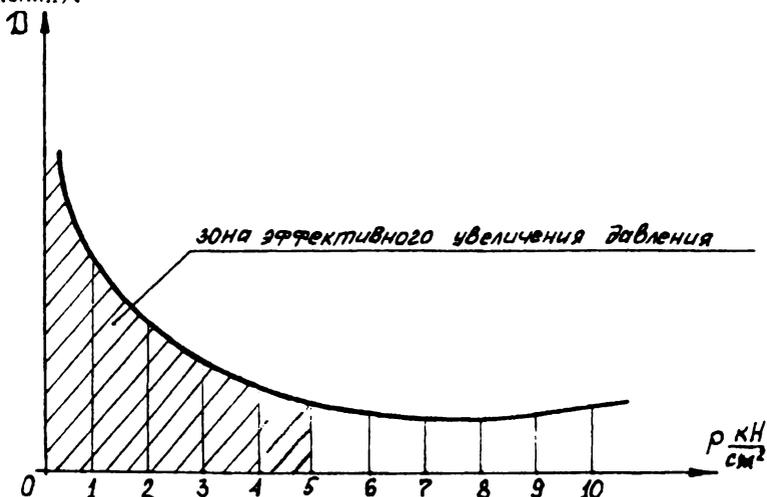


Рис. 33. График зависимости расчетных диаметров силовых гидроцилиндров от рабочего давления жидкости

Из графика видно, что рабочие давления жидкости для силовых цилиндров, изготовленных из обычных конструкционных материалов, могут быть увеличены до 6000...7000 Н/см². В этом случае диаметральные размеры силовых устройств будут лишь вдвое превышать размеры механических винтовых зажимов.

Для практического использования высоких давлений необходимо освоение производства насосных установок высокого давления, гибких соединительных шлангов высокого давления, а также уплотнителей для поршней и штоков силовых цилиндров.

Все эти технические проблемы находят более или менее удовлетворительное решение.

4. При проектировании силовых устройств, работающих на очень высоких давлениях жидкостей, вероятно, следует учитывать возможности для улучшения их эксплуатационных характеристик. Известно, что механические винтовые зажимные устройства - самотормозящиеся устройства. Гидравлические силовые устройства, к сожалению, этим качеством не обладают. Поэтому после закрепления

заготовки необходимо сохранение давления жидкости в силовых цилиндрах в течение всего времени обработки на станке. Это приводит к нерациональному увеличению затрат энергии. Наличие гидроаккумуляторов несколько улучшает положение, но и при этом остается опасность аварийного открепления заготовки при падении давления жидкости. Это обстоятельство становится особенно существенным, когда время обработки заготовки исчисляется часами.

В принципе возможно создание автономных гидрофицированных приводов, где жидкость высокого давления используют только в момент закрепления и открепления заготовки. Это позволяет повысить рабочее давление жидкости до $3000 \dots 7000 \text{ Н/см}^2$ и создать очень компактные силовые приводы для приспособлений.

Глава 4. КОРПУСЫ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

4.1. Корпусы приспособлений

Установочные элементы приспособлений, зажимные устройства, силовые приводы обычно монтируют на корпусах приспособлений. Таким образом, корпус является базовой деталью, которая позволяет скомпоновать приспособление как единое устройство. Кроме того, корпус позволяет сориентировать, установить и закрепить приспособление на столе станка. Очевидно, что корпус приспособления воспринимает все силы и их моменты, которые возникают при закреплении и обработке. Поэтому к корпусам приспособлений предъявляют ряд требований.

Корпус должен быть жестким и прочным, обеспечивать быструю и удобную установку и съем заготовки с приспособления, а также возможность установки и закрепления приспособления на станке без

дополнительной выверки (для этого в конструкции корпуса предусматривают направляющие элементы в виде пазовых шпонок и центрирующих буртов).

Корпус должен быть простым в изготовлении, удобным и безопасным в эксплуатации (недопустимы острые углы и малые просветы между рукоятками и корпусом, которые могли бы привести к защемлению рук рабочего).

Корпусы передвижных или кантуемых приспособлений для сверления должны быть устойчивыми при разных положениях на столе станка, во всех позициях обработки центр тяжести приспособления не должен выходить за пределы опорных элементов корпуса.

Передвижные и кантуемые корпуса выполняют с литыми или вставными ножками, ограничивающими площадь контакта приспособления со столом станка.

Размеры и конфигурация ножек корпуса в плане должны быть такими, чтобы при любом положении корпуса они перекрывали Т-образные пазы стола. Для лучшего отвода охлаждающей жидкости и удаления стружки необходимо предусматривать наклонные поверхности. Углы наклона этих поверхностей для мелкой сухой стружки должны быть не меньше 40° для литых и 35° для обработанных поверхностей. При крупной сухой стружке этот угол можно уменьшить на 5° . При обработке со смазочно-охлаждающей жидкостью минимальные углы наклона поверхностей корпуса приспособления следует брать большими: для мелкой стружки - 50° , для крупной - 45° . При наличии вибрации их можно уменьшить на $5...10^\circ$, а при обильном охлаждении - на $15...20^\circ$.

Значительные осложнения в работе приспособления может вызвать попадание в него стружки. Корпус на станке крепят с помощью болтов, вводимых в Т-образные пазы стола. В условиях серийного производства, когда на одном и том же станке периодически выполняются различные операции, время крепления корпуса к столу станка должно быть минимальным.

Корпусы тяжелых приспособлений для удобства захвата при установке и снятии со станка снабжают рым-болтами.

Конструктивные формы корпусов весьма многообразны. Простейший корпус представляет собой прямоугольную плиту. Такая форма характерна для фрезерных приспособлений, где необходимо свободное пространство для подвода режущего инструмента.

В других случаях корпус может иметь форму планшайбы, угольника, тавра или более сложные очертания.

В приспособлениях для сверления заготовок с нескольких сторон корпус выполняют в виде коробки.

В качестве материала для изготовления корпусов обычно применяют серый чугуны Сч12 и СТЗ. В отдельных случаях корпус вырезают из сортового проката газовой резкой.

Экономически выгодно несколько одинаковых корпусов изготовлять литьем.

Целесообразно корпуса крупных размеров получать с помощью сварки, т.к. снижается себестоимость и сокращается срок их изготовления.

Ковкой и резкой сортового проката получают корпуса простых форм и сравнительно небольших размеров. Для корпусов сборного типа (особенно для корпусов поворотных приспособлений) используют иногда легкие сплавы на алюминиевой основе, а также магниевые, имеющие малую плотность (около $1,8 \text{ г/см}^3$). Стоимость сварных корпусов может быть вдвое ниже стоимости литых, а их масса может быть существенно уменьшена (до 40%).

Значительное снижение расходов и сокращение сроков изготовления приспособлений обеспечивает унификация, нормализация и стандартизация корпусов и заготовок для них. Имея запас стандартных заготовок различных типов и размеров, можно быстро изготовить нужную конструкцию корпуса при небольшом объеме механической обработки.

Корпуса станочных приспособлений, предназначенных для работ с небольшими силами резания, иногда делают из эпоксидных смол. Прочность корпуса повышают введением в смолу наполнителя (стекловолокна, железного порошка) или металлической арматуры. Предел прочности эпоксидных составов на растяжение (без арматуры) - около 60 МПа и на сжатие - до 150 МПа.

Корпуса из эпоксидных смесей легки, прочны, износостойки, хорошо гасят вибрации, возникающие при обработке. Изготавливают их с минимальной механической обработкой. Корпуса длительное время сохраняют свои размеры, т.к. усадка эпоксидных компаундов мала (0,05...0,1%).

Корпуса простых приспособлений выполняют в виде единой базовой детали, а сложные представляют собой сборную конструкцию. Выбор варианта корпуса определяется условиями эксплуатации приспособления, сроками, себестоимостью и технологией его изготовления.

4.2. Вспомогательные устройства и некоторые другие элементы приспособлений

К этой группе прежде всего следует отнести поворотные и делительные устройства. Эти устройства применяют в многопозиционных приспособлениях для придания заготовке различных положений относительно режущего инструмента.

Конструктивное оформление делительного устройства представлено на рис. 34. Оно, как правило, включает делительный диск, закрепляемый на поворотной части приспособления, и фиксатор.

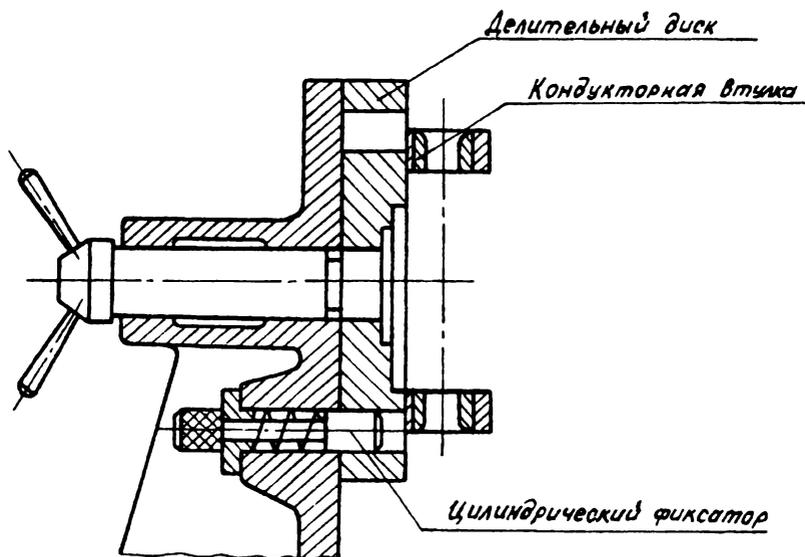


Рис. 34. Делительное устройство сверильного кондуктора

Имеются различные конструкции фиксаторов. Шариковый фиксатор (рис. 35) очень прост конструктивно, но не обеспечивает высокой точности деления и ограничивает моменты сил, возникающих в процессе обработки. Перевод поворотной части приспособления на следующее деление выполняют вручную до характерного щелчка при западании шарика в новое углубление.

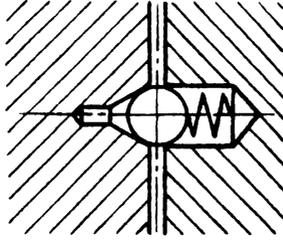


Рис. 35. Шариковый фиксатор

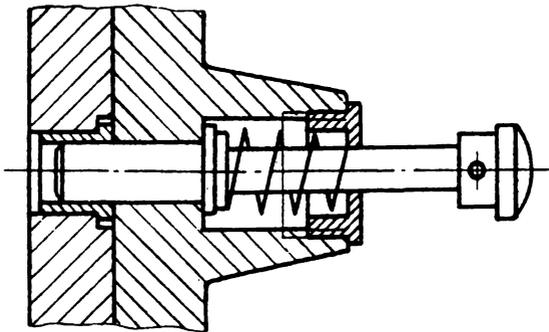


Рис. 36. Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем

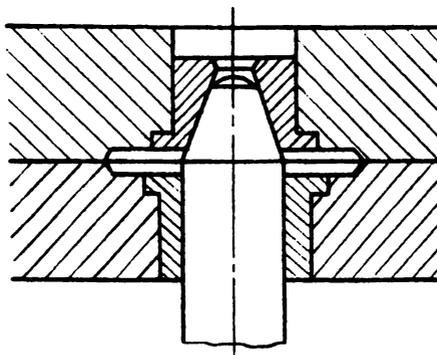


Рис. 37. Конический вытяжной фиксатор

Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем (рис. 36) может воспринимать значительные моменты от сил резания, но не может обеспечить высокой точности деления из-за наличия зазоров в подвижных соединениях.

В фиксаторах обычного типа сопряжение пальца с втулкой осуществляется по посадке $H7/g6$, а в фиксаторе повышенной точности - по посадке $H6/h5$. В особо точных конструкциях зазор принимают не более $0,01\text{мм}$.

Несколько большую точность обеспечивает фиксатор с конической частью вытяжного пальца (рис. 37). Угол конической части фиксатора 15° . В точных делительных устройствах фиксаторы разгружают, что повышает срок их службы, и подвижную (поворотную) часть приспособления прижимают к неподвижной специальными устройствами, повышая таким образом жесткость системы. Для уменьшения износа палец и втулки фиксатора выполняют из закаленной стали.

Управление фиксатором в простейших приспособлениях осуществляется вытяжной кнопкой, рукояткой, закрепленной на реечном зубчатом колесе, или посредством педали.

В автоматизированных приспособлениях вращение и фиксация их поворотной части выполняются без участия рабочего. Устройства поворота бывают механическими, пневматическими, гидравлическими, пневмогидравлическими.

В приспособлениях для обработки тяжелых заготовок поворотная часть вращается с помощью электродвигателя, пневматического или гидравлического привода. Для того чтобы в конце поворота погасить большие инерционные моменты, приходится применять тормозные устройства, заблокированные с приводом и фиксатором. В некоторых конструкциях поворотные части большого диаметра имеют постоянно действующие тормозные устройства в виде фрикционных колодок или лент, натяжное устройство которых отрегулировано на определенный тормозной момент.

Для уменьшения крутящего момента в приспособлениях с горизонтальной осью поворота центр тяжести поворотной части (включая заготовку) должен лежать на оси вращения. Это достигается соответствующей компоновкой приспособления и использованием корректирующих противовесов.

В приспособлениях для фрезерования и других видов обработки, когда возможно возникновение вибраций, поворотную часть приспособления необходимо прижимать к неподвижной.

Для быстрого удаления из приспособлений небольших заготовок применяют выталкиватели ручного и автоматического типа.

В некоторых приспособлениях приходится предусматривать подъемные устройства, которые выполняют специальные технологические приемы.

Если, например, требуется одновременно расточить несколько последовательно расположенных отверстий одного диаметра, применяют специальное подъемное устройство, конструктивная схема которого представлена на рис. 38. В результате получаемого смещения оси необработанного отверстия по отношению к оси скалки, обеспечивается проход скалки в заготовку. После этого подъемная часть опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления.

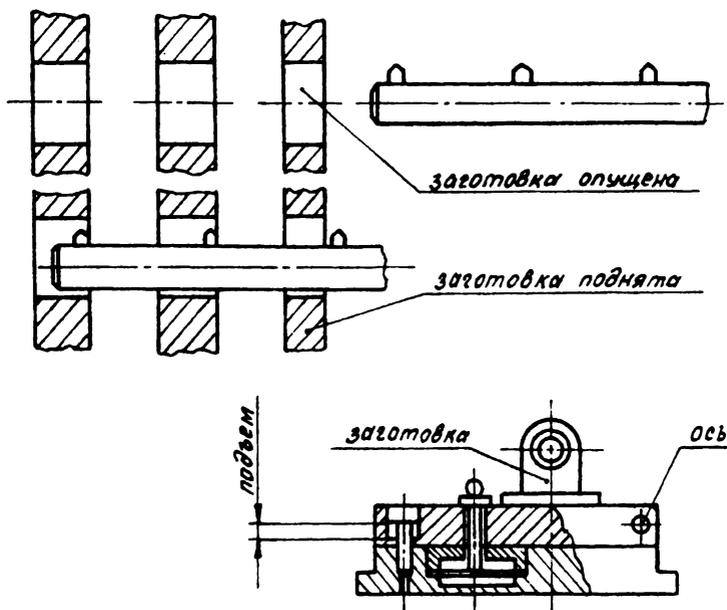


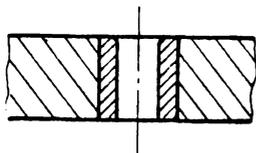
Рис. 38. Подъемное устройство расточного приспособления

4.3. Устройства для направления режущего инструмента

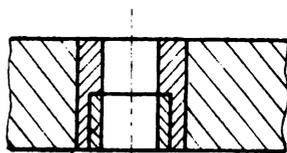
При механической обработке заготовок нередки случаи, когда жесткость инструмента оказывается недостаточной для того, чтобы обеспечить необходимую точность и производительность процесса. Наиболее характерны с этой точки зрения технологические процессы обработки отверстий. Для повышения жесткости технологической системы применяют различные направляющие устройства.

На сверлильных станках очень часто для обработки заготовок используют приспособления в виде различных кондукторов, позволяющих повысить не только точность обработки, но и жесткость технологической системы. В качестве направляющих конструктивных элементов здесь применяют различные кондукторные втулки, которые уменьшают упругие отжатиия инструмента и обеспечивают определенность его положения по отношению к заготовке (рис. 39).

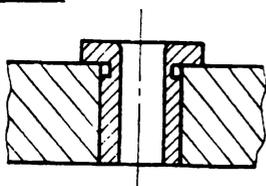
тип I



тип III



тип II



твердосплавная вставка

Рис. 39. Кондукторные втулки:
тип I - гладкая втулка;
тип II - втулка с буртиком;
тип III - втулка с твердосплавной вставкой

Конструкции и размеры кондукторных втулок стандартизованы. Постоянные втулки применяют в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстий одним инструментом. Они могут быть гладкими (тип I) и с буртом (тип II). Сменные втулки используют в приспособлениях для массового и крупносерийного производства; быстросменные втулки с замком – при обработке отверстия несколькими последовательно сменяемыми инструментами. Сменные и быстросменные втулки вставляют в постоянные, которые запрессовывают в корпус приспособления. Кондукторные втулки позволяют устранить разметку, уменьшают увод оси и разбивку обрабатываемого отверстия. Так, точность диаметра отверстий повышается на 50% по сравнению с обработкой по разметке.

Втулки, предназначенные для обработки отверстий диаметром до 25 мм, делают из стали У10А, У12А или 9ХС, закачивают до твердости НРС 62...65. При диаметре более 25 мм втулки изготавливают из стали 20 или 20Х с предварительной цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до той же твердости. Ориентировочный срок службы кондукторных втулок – 10...15 тыс. сверлений, если глубина сверления не превышает диаметра отверстия.

Средняя интенсивность изнашивания кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10... 20 мм на 10 м пути составляет при обработке серого чугуна средней твердости 3...5 мкм, стали – 4...6 мкм, алюминиевых сплавов – 1...2 мкм. По этим данным можно более точно определить число сверлений через кондукторную втулку.

Значительное увеличение износостойкости втулок (5...8 раз) достигается изготовлением их из твердого сплава или запрессовкой в их нижнюю часть, где наблюдается наибольший износ, твердо – сплавных вставок.

Допуски на диаметр отверстия для прохода сверл и зенкеров устанавливают по посадке $F 8/n 6$, а для разверток – по посадке $G 7/n 6$ системы вала. При точности расположения оси отверстия 0,05 мм и более допуск на диаметр отверстия для прохода сверла назначают по посадке $H 7/n 6$.

При сверлении отверстий под болты и заклепки допустимая величина износа может быть расширена без влияния на точность сопряжения соединяемых деталей. На некоторых заводах допуски на износ для этих случаев установлены в пределах 0,2...0,3 мм.

Для повышения точности направления инструмента используют

высокие втулки, длина которых равна шагу винтовых канавок сверла. Такие втулки применяют также для комбинированных инструментов типа сверло - развертка, которыми обрабатывают отверстия в тонкостенных деталях.

Посадочные поверхности втулок шлифуют до $R_a = 1,25 \dots 0,12$ мкм. Отверстия под инструмент целесообразно подвергать более тщательной обработке (до $R_a = 0,32 \dots 0,08$ мкм) для повышения срока службы втулки.

Примеры специальных втулок представлены на рис. 40.

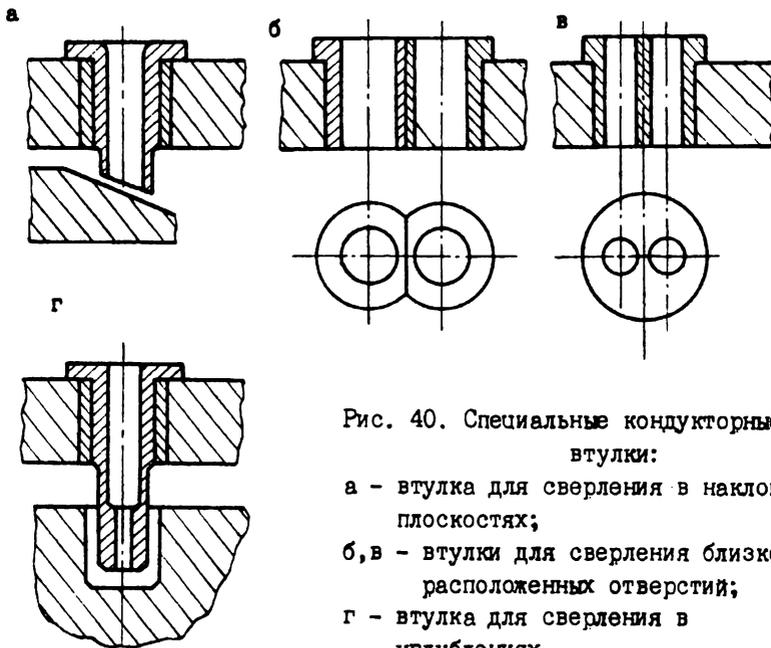


Рис. 40. Специальные кондукторные втулки:

- а - втулка для сверления в наклонных плоскостях;
- б, в - втулки для сверления близко расположенных отверстий;
- г - втулка для сверления в углублениях

Для направления борштанг приспособлений на расточных станках используют неподвижные и вращающиеся втулки.

Иногда применяют кондукторные втулки для расточных приспособлений, смонтированные на игольчатых подшипниках. Они имеют сравнительно небольшие диаметральные размеры, точны (радиальный зазор не более 15 мкм), допускают обработку на высоких скоростях резания и износоустойчивы.

На внутренней поверхности втулок предусматривают специальные пазы для прохода выступающих резцов бортанги.

Копиры применяют при обработке фасонных и сложнопрофилированных поверхностей. Их назначение - направлять режущий инструмент по обрабатываемой поверхности заготовки для получения заданной траектории.

Наиболее общим случаем обработки по копиру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи. Заготовка, соединенная жестко с копиром, вращается вокруг общей оси. Расстояние между заготовкой и осью фрезы изменяется в соответствии с профилем копира, в результате чего получается требуемый профиль детали.

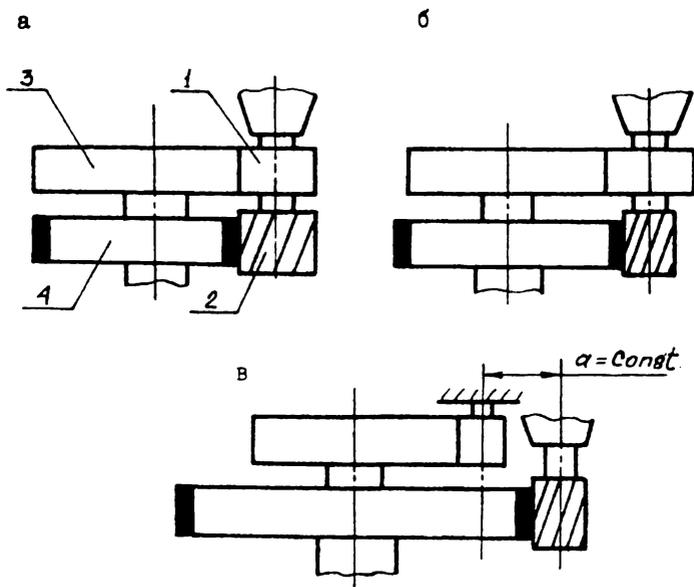


Рис. 4I. Схемы обработки кругового профиля по копиру:

- 1 - ролик; 2 - фреза;
 3 - копир; 4 - деталь

Возможны три способа получения кругового профиля (рис. 4I).

1. Диаметр ролика, который обкатывает копир, и диаметр фрезы равны между собой, поэтому профиль копира идентичен профилю обработанной детали (рис. 41, а).

2. Диаметр ролика не равен диаметру фрезы (больше или меньше его). В этом случае профиль копира представляет собой эквидистанту профиля готовой детали (рис. 41, б).

3. Оси ролика и фрезы не лежат на одной прямой.

Профиль копира отличается от профиля детали (рис. 41, в).

В рассмотренных случаях оси ролика и фрезы неподвижны. Заготовка и копир установлены на приспособлении и вращаются с постоянной угловой скоростью. Стол вертикально-фрезерного станка, на котором производится обработка, не соединен с винтом продольной подачи и прижимает ролик при помощи груза, пружины или пневмоцилиндра. Сила прижима должна быть достаточной для обеспечения непрерывного контакта копира и ролика. За один оборот заготовки стол станка совершает одно возвратно-поступательное движение. В этом процессе копир выполняет роль кулачка.

Для компенсации изменения диаметра фрезы при ее переточке ролик целесообразно делать слегка коническим, а на копире выполнять соответствующий скос.

Угол между образующей и осью ролика $10...15^{\circ}$. После переточки фрезы ролик перемещают вдоль оси и размер детали остается постоянным. Копир и ролик изготавливают из высокоуглеродистой или цементуемой стали, термически обработанной до твердости HRC 58...62.

Детали приспособлений для настройки на выполняемый размер представлены на рис. 42.

Высотные и угловые установы (стандартизованные) применяют для регулирования положения инструмента при настройке или поднастройке станка. Установы закрепляют на корпусе приспособления, их эталонные поверхности располагают ниже обрабатываемых поверхностей, чтобы не мешать проходу режущего инструмента в процессе обработки.

Правильное положение инструмента находят введением щупа между установом и режущей кромкой инструмента или подведением инструмента непосредственно к установу, если последний не мешает выполнению операции. Установы выполняют из стали 20Х, цементуют на глубину 0,3...1,2 мм и закалывают до твердости HRC 55...60.

При обработке прямолинейных поверхностей со ступенчатыми

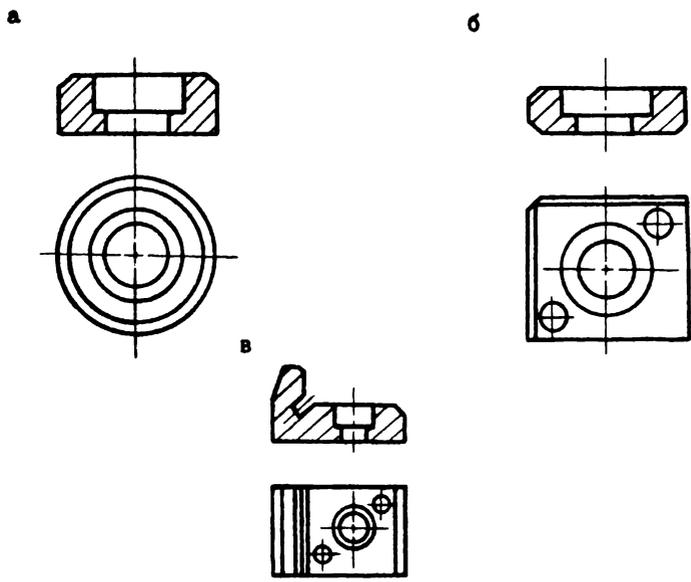


Рис. 42. Стандартные высотные и угловые установы:

- а, б - высотные установы;
- в - угловой установ

образующими вместо установов применяют габариты, представляющие собой плоские стальные шаблоны. По эталонным участкам габаритов производят установку на размер режущих инструментов при последовательной и параллельной обработке. Габариты устанавливают на корпусе приспособления или на столе станка с ориентацией по Т-образному пазу.

Глава 5. КРАТКИЙ ОБЗОР СТАНОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

5.1. Оснастка для токарных, круглошлифовальных и внутришлифовальных станков

5.1.1. Токарные кулачковые патроны

Патроны используют для закрепления заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям. По числу кулачков различают двух-, трех- и четырехкулачковые патроны. Двух- и трехкулачковые патроны являются самоцентрирующимися, четырехкулачковые патроны выполняют с независимым перемещением каждого кулачка, реже - самоцентрирующимися. В каждой из названных групп имеются патроны как с ручным, так и с быстродействующим механизированным приводом. Основные типы патронов стандартизованы.

5.1.1.1. Двухкулачковые патроны с ручным приводом выполняют с центральным или боковым расположением силового винта и используют для закрепления несимметричных или фасонных деталей. Патроны с боковым расположением винтов позволяют пропускать через центральное отверстие корпуса патрона прутки или хвостовую часть заготовок. Однако эти патроны уступают патронам с центральным расположением винта в точности центрирования, т. к. винт, действуя на кулачки сбоку, вызывает их перекос в пределах зазоров. По этой же причине резьба на этих патронах изнашивается быстрее. Принципиальная конструктивная схема двухкулачкового патрона с боковым расположением силового винта представлена на рис. 43.

Разработаны конструкции двухкулачковых патронов с механизированным (пневматическим) приводом. Патроны такого типа могут иметь диаметры от 150 до 400 мм.

5.1.1.2. Трехкулачковые самоцентрирующие патроны с переставными кулачками и механизированным приводом

Существуют два типа таких патронов: клиновые и рычажные. И те и другие не являются универсальными, т.к. при их переналадке приходится переставлять и перезакреплять накладные кулачки, на что затрачивается много времени. Кроме того, тяга от силового

привода, пропускаемая через полость шпинделя, не позволяет обрабатывать в таких патронах детали из прутка.

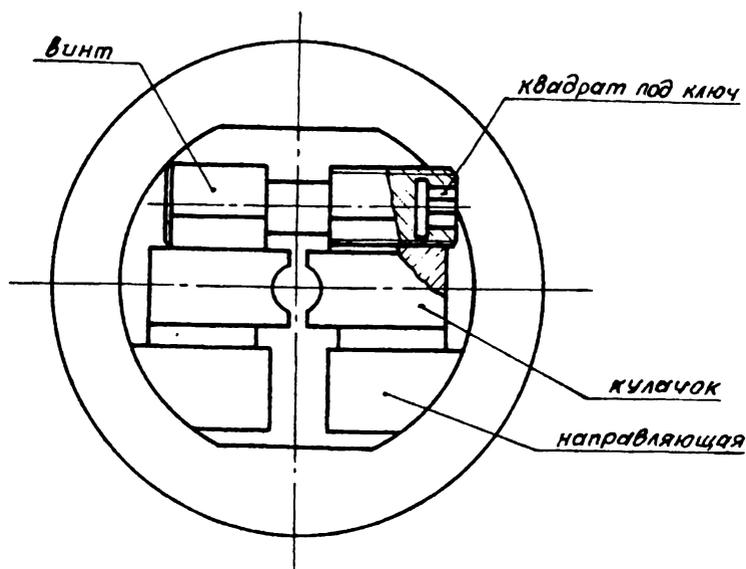


Рис. 43. Принципиальная схема двухкулачкового патрона с боковым винтом

Конструктивная схема клинового патрона представлена на рис. 44.

Диапазон диаметров патронов от 80 до 630 мм.

Патроны применяют преимущественно в крупносерийном производстве при изготовлении больших партий деталей.

К достоинствам клиновых патронов следует отнести:

- компактность и жесткость, т.к. механизм патрона состоит всего из четырех подвижных частей (муфта и кулачки);
- износостойчивость, т.к. соединение муфты с кулачками происходит по плоскостям с равномерно распределенным давлением, а возможность быстро снять и установить кулачки способствует хорошей их чистке и смазке.

При перемещении влево муфты 1 с тремя наклонными пазами ку-

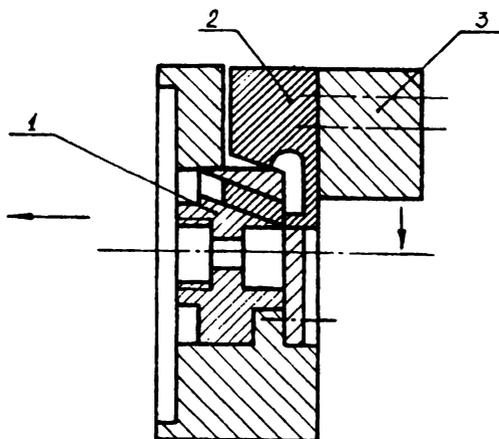


Рис. 44. Принципиальная схема
клинового патрона

лачки 2 и соединенные с ними губки 3 перемещаются к оси патрона и закрепляют заготовку.

5.1.1.3. Универсальные трехкулачковые самоцентрирующие патроны с ручным зажимом

В серийном, мелкосерийном и единичном производстве для центрирования и зажима обрабатываемых заготовок широко используют немеханизированные универсальные кулачковые патроны.

Наиболее широко распространены спирально-реечные патроны с плоской спиралью и конической передачей к спиральному диску, которые существуют уже более 100 лет.

В патронах этого типа используют прямые и обратные кулачки.

Прямые цельные и накладные кулачки предназначены для закрепления заготовок по наружной поверхности большими призмами, а по отверстию – ступенями кулачков. Обратные цельные и накладные кулачки представляют собой как бы повернутые на 180° прямые кулачки. Их применяют для закрепления заготовок большого диаметра по наружной поверхности ступенями кулачков.

Серьезным конструктивным недостатком таких патронов является

ся линейный контакт в сопряжении витков спирали с рейками кулачков, что вызывает повышенные удельные давления в сопряжении, в результате чего происходит сравнительно быстрый износ центрирующего механизма и потеря точности.

Для устранения или смягчения этого недостатка делают закалку и шлифование витков спирали и реек кулачков, что повышает износоустойчивость и долговечность патронов. Однако для шлифования требуется специальное оборудование.

Разработан и применяется универсальный трехкулачковый самоцентрирующий патрон с винтовым центрирующим механизмом. Три винта в этих патронах связаны общей конической передачей, приводимой в действие ключом посредством червячной пары. Кулачки имеют полугайки, которые при вращении винтов перемещаются радиально и осуществляют зажим заготовки.

Преимущества таких патронов следующие:

- наличие контакта винтовых поверхностей по всей ширине кулачка, и, как следствие, снижение удельного давления в сопряжении и повышение износостойкости;
- возможность закалки и шлифования резьбы винтовой пары на обычном оборудовании;
- возможность использования одного комплекта переворачиваемых кулачков, тогда как в спирально-реечных патронах необходимо иметь два комплекта кулачков;
- обеспечение большой силы закрепления заготовки, а при качественном изготовлении и высокой точности центрирования;
- в условиях нормальной эксплуатации точность центрирования сохраняется в течение длительного времени.

Основной недостаток этих патронов связан с тем, что точность центрирования зависит от точности изготовления зубчатой конической и винтовой пар, а в спирально-реечных патронах - от точности изготовления кинематической пары спираль-рейка кулачков.

Патрон сложнее в изготовлении. Кроме того, он имеет лишь одно гнездо для закладки ключа и требует много времени для перемещения кулачков при переналадке на другой размер заготовки.

В условиях серийного и единичного производства, при частой смене обрабатываемых заготовок, на установку и ручное их закрепление в универсальных ключевых патронах затрачивается до 30% вспомогательного времени. Поэтому в последние годы механизацией

универсальных токарных патронов усиленно занимаются во всех странах.

Затраты времени на установку и закрепление заготовок в механизированных патронах сокращаются в 3...5 раз.

5.1.2. Приспособления для обработки валов и труб

5.1.2.1. Задние центры

При обработке заготовок типа валов заготовку обычно устанавливают в центрах, один из которых установлен на шпинделе станка, а второй - в пиноли задней бабки станка. Заготовка при этом лишается пяти степеней свободы. Вращение заготовки осуществляют, закрепляя ее в патроне или присоединяя к ней поводковое устройство.

Неподвижный задний центр работает как подшипник скольжения с большими удельными давлениями и подвергается интенсивному нагреву и износу. По этой причине центры, изготовленные из инструментальных сталей, не пригодны для обработки на высоких скоростях ($n = 120$ об/мин).

При наличии закаленных центровых углублений на заготовках можно применять неподвижные центры с наконечниками из твердого сплава.

Вращающиеся задние центры позволяют работать на высоких скоростях и обеспечивают достаточную точность. Параметры центров для станков стандартизованы.

Стандартные центры изготавливают в двух исполнениях:

- для заготовок, имеющих центровые отверстия;
- для полых заготовок и труб.

Стандарт на центры не предопределяет их конструкцию. Для обеспечения точной работы на вращающихся центрах их периодически приходится перешлифовывать. После шлифовки биение центра находится в пределах от 5 до 10 мкм.

На рис. 45 представлены некоторые стандартные конструкции центров.

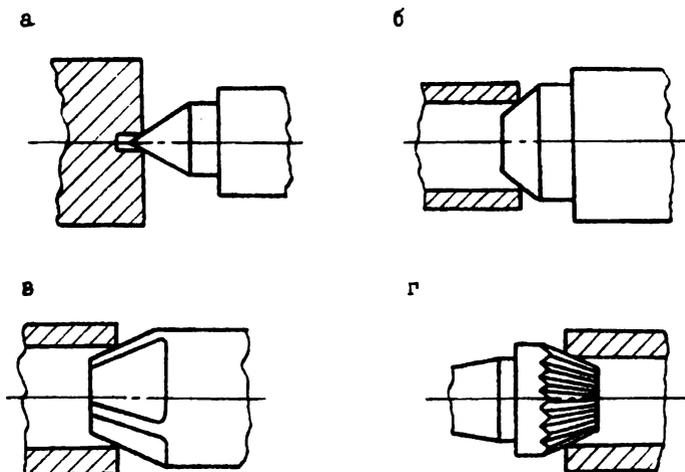


Рис. 45. Центры:

а - для установки валов;
 б, в, г - для установки труб

5.1.2.2. Передние плавающие центры с поводками

Обработка валов с установкой в обычных центрах с применением хомутика и поводковой планшайбы имеет ряд недостатков:

- затрачивается время на установку, закрепление и снятие хомутика;
- хомутик не позволяет вести сквозную обработку;
- при разной глубине зацентровки заготовка при установке смещается в осевом направлении, что не позволяет вести обработку ступенчатых заготовок на автоматизированном оборудовании.

Применение плавающих центров с поводками позволяет устранить эти недостатки. Конструктивная схема поводкового патрона представлена на рис. 46.

Потребные усилия для закрепления заготовки зависят от условий обработки и определяются опытным путем.

Зубчатые поводки со сферической опорой из-за трения между

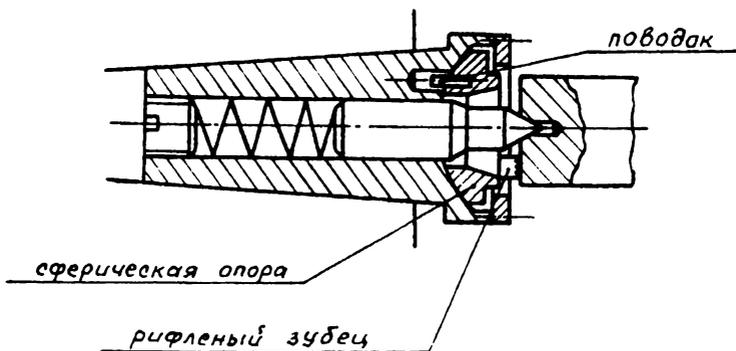


Рис. 46. Плавающий поводковый патрон со сферической опорой

поводковым штифтом и пазом в поводке, а также на сферической поверхности не всегда самоориентируются строго по торцу заготовки. В таких случаях только один-два зубца врезаются в торец заготовки на необходимую глубину, а остальные почти не участвуют в передаче крутящего момента. Для обеспечения надежной работы центра требуются осевые силы до 10 000 Н. Это неблагоприятно отражается на работе подпятника шпинделя токарного станка, нормальная осевая нагрузка для которого не должна превышать 7500 Н. Кроме того, при таких значительных осевых нагрузках задние вращающиеся центры быстро выходят из строя.

Более совершенная конструкция поводкового устройства с шарнирной системой представлена на рис. 47.

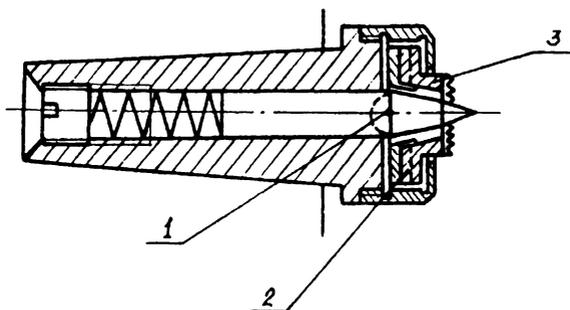


Рис. 47. Поводковый шарнирный патрон

Шарниры 1, 2 со взаимно перпендикулярными осями обеспечивают точное прилегание поводка 3 к торцу заготовки.

Эта конструкция гарантирует надежное прилегание к торцу заготовки и равномерное врезание всех зубцов поводка. Как показали сравнительные испытания, передаваемый крутящий момент при одном и том же осевом усилии повысился в 1,5 раза.

5.1.2.3. Люнет

Их применяют в качестве дополнительных опор при обработке недостаточно жестких валов. Конструктивная схема универсального люнета представлена на рис. 48.

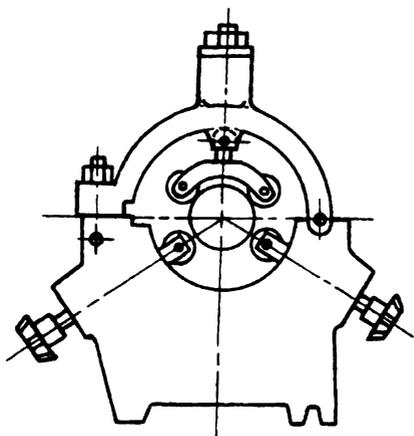


Рис. 48. Универсальный неподвижный люнет

Универсальные подвижные и неподвижные люнеты с разжимными кулачками или специальные люнеты предназначены для обработки определенных деталей или поддержки приспособлений, установленного в патроне станка и имеющего большой вылет.

Обычные неподвижные люнеты не позволяют вести скоростную обработку, т.к. кулачки люнета, изготовленные из бронзы или чугуна, быстро изнашиваются и в их сопряжении с заготовкой возникает зазор, что приводит к вибрациям.

При обработке черновых заготовок перед установкой люнета приходится обтачивать с малыми скоростями резания и подачи шейку под люнет или надевать на заготовку специальную муфту.

5.1.2.4. Цанговые патроны для зажима прутков

При обработке заготовок из пруткового материала различного поперечного сечения на револьверных станках, токарных полуавтоматах и автоматах цанговые патроны являются неотъемлемой частью станка.

Основные конструктивные схемы цанговых патронов представлены на рис. 49. Существуют три основных типа цанговых патронов:

- с втягиваемой цангой;
- выдвижной цангой;
- неподвижной цангой.

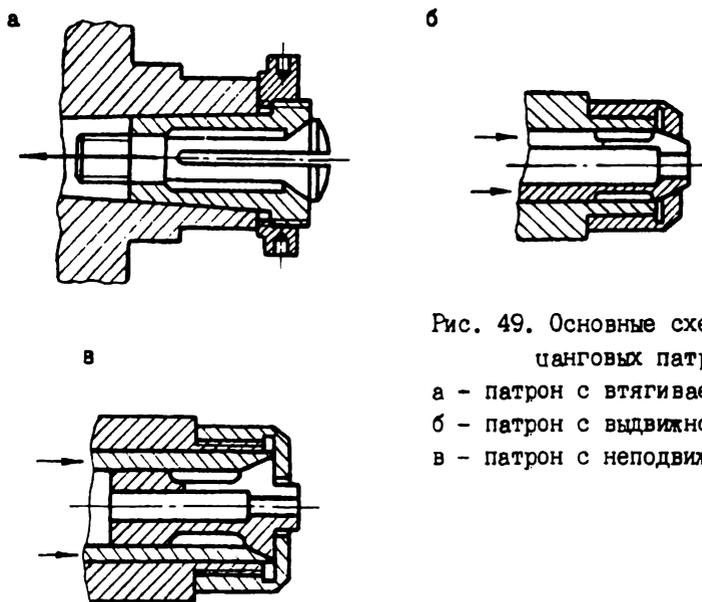


Рис. 49. Основные схемы цанговых патронов:

- а - патрон с втягиваемой цангой;
- б - патрон с выдвижной цангой;
- в - патрон с неподвижной цангой

Все эти конструкции могут иметь различные формы установочных отверстий, соответствующих поперечному сечению пруткового материала (круг, шестигранник, квадрат и т.п.).

Недостатком патронов с втягиваемой и выдвижной цангами является то, что при подаче прутка до упора в револьверной головке станка первый патрон при зажиме оттягивает пруток от упора, а второй преодолевает большие силы трения с поверхностью прутка на конечном участке движения цанги.

В патроне с неподвижной цангой много места занимает зажимная труба.

Существенный недостаток всех цанговых патронов состоит в том, что при колебании радиальных размеров заготовок в пределах допусков они не могут обеспечить контакта по всей площади сопрягающихся поверхностей.

Конструктивные элементы цанг нормализованы. Их обычно изготавливают из сталей УБА, УЮА с термообработкой хвостовой части до твердости НРС 30...35 и зажимной части - НРС 45...60. Тонкостенные цанги делают из стали 4ХС, а крупные - из стали 15ХА или 12ХНЗА.

5.1.3. Оправки

На станках токарной группы достаточно широко применяют консольные и центровые оправки для установки по центральному базовому отверстию таких заготовок, как втулки, кольца, шестерни и т.п. С помощью оправок стремятся обеспечить высокую точность концентричности наружных и внутренних цилиндрических поверхностей заготовок и заданную перпендикулярность торцовых плоскостей к ее оси.

По способу установки и центрирования заготовок токарные оправки подразделяют на следующие виды:

- гладкие, жесткие для установки заготовок с зазором или натягом;

- разжимные цанговые;
- клиновые (плунжерные или шариковые);
- с тарельчатыми пружинами;
- с центрирующей упругой втулкой.

Иногда применяют оправки с самоцентрирующимися тонкостенными втулками, где разжим наружной поверхности втулки осуществляется давлением гидропластмассы на ее внутреннюю поверхность.

Оправки такого типа надежно центрируют и закрепляют заготовки с точными посадочными отверстиями. Однако они сложны в изготовлении и при проектировании должны точно рассчитываться.

5.1.3.1. Приспособления для установки по резьбе

В некоторых случаях приходится закреплять обрабатываемые детали, используя имеющуюся на них резьбу. Допуски на средние

диаметры резьбы, как известно, значительно больше допусков на цилиндрические поверхности таких же размеров и качеств, поэтому центрировать детали по резьбовой поверхности нельзя. За установочную базу обычно принимают резьбу и точно подрезанный торец, чем устраняется возможный перекос детали.

При проектировании приспособлений для установки по резьбе следует также учитывать, что во время обработки происходит самозатягивание деталей, затрудняющее их свинчивание после обработки. Поэтому перед свинчиванием деталь должна предварительно отводиться от упорного торца приспособления.

5.2. Приспособления для фрезерных станков

Среди фрезерных станков, которые составляют примерно 10% от действующего парка станочного оборудования, основная часть представлена консольно-фрезерными станками общего назначения.

Машинное время на фрезерных станках в условиях различных видов производства в течение смены составляет менее половины общего времени работы (35...50%).

Из общей суммы вспомогательного времени на приемы, связанные с установкой и закреплением заготовок в условиях серийного производства, затрачивается до 40%, а на приемы по осуществлению рабочего цикла (управление станков) — около 30%. Следовательно, основные резервы повышения производительности труда скрыты в возможностях совершенствования установочно-зажимных приспособлений и автоматизации управления работой станка.

Наибольший эффект в сокращении затрат времени на установку и закрепление заготовок может быть достигнут за счет совмещения вспомогательного и машинного времени. С этой целью широко внедряют:

- непрерывное фрезерование на вращающихся столах и барабанах;
- многоместные приспособления со сменными кассетами;
- двухпозиционные поворотные столы и т.п.

5.2.1. Машинные тиски

Машинные тиски относятся к универсальным приспособлениям, допускающим переналадку. Корпус с салазками и механизм зажима постоянные. Наладка состоит из сменных губок и других установоч-

ных элементов, которые проектируют и изготавливают в соответствии с формой и размерами обрабатываемых заготовок.

По типу силового привода машинные тиски подразделяют на следующие группы:

- с ручным приводом;
- пневматические;
- механогидравлические;
- пневмогидравлические;
- гидравлические;
- пружинные, с автоматизированным закреплением заготовки от перемещающегося стола станка.

5.2.2. Тиски с ручным приводом

Обычные винтовые тиски широко применяют в цехах машиностроительных заводов. Их достоинством является простота конструкции и возможность обеспечения большой силы закрепления заготовки (более 10 000 Н).

В качестве ручного привода иногда используют эксцентриковый зажим.

При обработке партии однотипных заготовок тиски предварительно настраивают на закрепляемый размер, а необходимая сила закрепления достигается эксцентриковым зажимным устройством. Недостатком тисков с эксцентриковым зажимом является непостоянство силы закрепления заготовки, связанное с колебанием в пределах допуска размера, по которому фиксируют заготовку.

5.2.3. Тиски с механизированным приводом

Широкое применение получили компактные пневматические тиски с встроенным диафрагменным приводом. Иногда используют пневматические механизированные тиски с поршневым приводом.

Принципиальный интерес представляет конструкция пружинно-гидравлических тисков. В этих тисках окончательный зажим заготовки происходит с помощью комбинированного пружинно-гидравлического привода. Гидроцилиндр перед закреплением заготовки сжимает пакет тарельчатых пружин. Затем при помощи винтового механизма вручную предварительно закрепляют заготовку в губках тисков. После этого сбрасывают давление жидкости в гидроцилиндре, освобождая таким образом сжатые тарельчатые пружины, которые создают

необходимую силу закрепления заготовки в тисках. После окончания обработки жидкость высокого давления снова подают в гидроцилиндр, освобождая закрепленную в тисках заготовку.

Главное достоинство этой конструкции тисков заключается в том, что в течение всего времени обработки гидросистема тисков отключена и они работают как обычные чисто механические тиски. Это особенно важно тогда, когда время обработки заготовки на станке велико. Усложнение конструкции тисков вполне оправдывается теми выгодами, которые они обеспечивают.

5.2.4. Наладки тисков

Детали простой формы и небольших размеров закрепляют в обычных тисках с постоянными губками. Для зажима заготовок сложной формы или нескольких заготовок одновременно тиски снабжают наладками соответствующей конструкции. Наладки монтируют на верхних и торцевых плоскостях неподвижной и подвижной губок, а иногда непосредственно на корпусе тисков. При проектировании наладок приходится согласовывать форму их базовых поверхностей с установочными поверхностями на тисках, а также с расположением продольных и поперечных пазов, с ходом губок и т.п. Комплект наладки обычно включает небольшое количество деталей (от двух до шести), поэтому стоимость их значительно ниже стоимости специальных приспособлений этого же назначения.

Следует знать, что в условиях серийного производства 50...70% операций на фрезерных станках может быть выполнено в сменных наладках тисков.

Наладки могут быть выполнены и в форме сменных губок различной формы. Их можно приспособить для обработки плоских и цилиндрических заготовок, могут быть созданы многоместные наладки для установки в тисках одновременно нескольких деталей.

5.2.5. Делительные устройства для позиционного фрезерования

Станкоинструментальные заводы изготавливают для фрезерных станков универсальные делительные головки с дисками (лимбами) и набором сменных зубчатых колес, которые являются точными, но дорогостоящими устройствами. Поэтому наряду с ними в производстве широко применяют упрощенные делительные приспособления, которые менее универсальны, но зато более дешевы, жестки и устойчивы в

эксплуатации. Кроме того, их можно изготовить в условиях любого машиностроительного завода.

Конструкции делительных головок и столов (ось поворота вертикальна) весьма разнообразны, некоторые из них нормализованы.

Несмотря на различное конструктивное оформление, все они имеют одни и те же составные части: корпус, поворотную часть, делительный механизм с фиксатором и механизм зажима поворотной части перед началом обработки заготовки. В ряде конструкций делительный механизм и механизм зажима поворотной части заблокированы и управляются с помощью одной рукоятки, что позволяет сократить вспомогательное время.

Существенное отличие делительных головок от делительных столов заключается в том, что установка и закрепление обрабатываемых заготовок в делительных головках обычно производится с помощью центров (при наличии задней бабки), трехкулачковых патронов, чанг и других центрирующих механизмов, монтируемых на шпинделе головки.

На делительных столах обрабатывают более крупные заготовки или несколько заготовок одновременно. В этом случае на поворотном столе монтируют специальные наладки для обрабатываемых заготовок.

В крупносерийном производстве иногда применяют двух- и трехшпиндельные головки.

Делительные головки в основном используют для установки, закрепления и периодического поворота или непрерывного вращения сравнительно небольших заготовок при обработке на фрезерных станках.

Универсальные делительные столы предназначены для позиционной обработки одной или нескольких заготовок комплектом фрез. Большинство делительных столов делают с ручным приводом, но разработаны конструкции с механизированным приводом для поворота, фиксации, закрепления подвижной части стола и обрабатываемых заготовок.

В качестве приспособлений для непрерывного фрезерования заготовок используют круглые поворотные столы с горизонтальной или вертикальной осью вращения и многопозиционные приспособления.

5.2.6. Приспособления для фасонного фрезерования

Обработку фасонных поверхностей выполняют либо на универсально-фрезерных, либо на специальных копируемых станках. Обра-

батываемые заготовки устанавливают и закрепляют в специальном приспособлении с копирным устройством, которое обеспечивает требуемое движение заготовки по отношению к режущему инструменту. Используются различные типы следящих устройств (механических, гидравлических, электрических). В электрических и гидравлических следящих устройствах копиры работают с небольшими силовыми нагрузками. В механических копировальных устройствах копиры находятся под воздействием сил резания. Поэтому копиры механических копировальных устройств должны быть достаточно жесткими и износоустойчивыми.

5.3. Приспособления для сверлильных станков

Станки сверлильной группы составляют около 19% от общего количества станков в машиностроительном производстве. Наибольший удельный вес в общем количестве станков этой группы имеют одношпиндельные вертикально-сверлильные станки общего назначения (53%), настольные вертикально-сверлильные станки (31%) и радиально-сверлильные станки (7%). Оставшуюся часть составляют многошпиндельные вертикально-сверлильные, переносные, специальные и агрегатные станки.

Для обработки заготовок на сверлильных станках используют различную технологическую оснастку (вспомогательный инструмент и приспособления).

Наиболее широко применяют:

- кондукторы различных типов;
- поворотные столы и стойки;
- многошпиндельные сверлильные головки;
- различные виды вспомогательного инструмента.

В ряде случаев на сверлильных станках выполняют расточные и токарные работы.

На сверлильных станках применяют следующие основные типы кондукторов:

- накладные,
- скальчатые,
- ящичные,
- универсальные и групповые.

Кондуктор представляет собой приспособление, которое служит для установки заготовок (или устанавливается) на обрабатываемую заготовку и имеет кондукторные втулки для направления режущего инструмента.

5.3.1. Накладные кондукторы

Кондукторы этого типа проектируют в соответствии с конфигурацией поверхностей, на которых расположены просверливаемые отверстия. Такие кондукторы применяют для обсерливания отверстий на фланцах, крышках, разъемах корпусов, редукторов и т.п. Для обсерливания заготовок больших размеров иногда приходится изготовлять несколько накладных кондукторов, чтобы просверлить все отверстия.

5.3.2. Скальчатые кондукторы (рис. 50)

Наиболее широко применяют скальчатые кондукторы консольного или portalного типа с ручным или пневматическим зажимом.

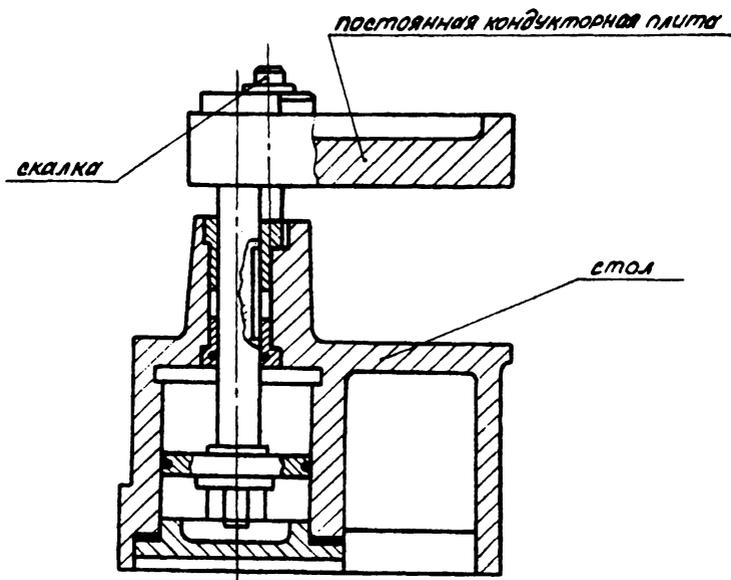


Рис. 50. Скальчатый кондуктор консольного типа с встроенным пневмоприводом

В конструкцию любого скальчатого кондуктора входят постоянные и сменные узлы (наладки).

Постоянная часть кондуктора нормализована и состоит из корпуса, двух или трех расположенных в нем скалок (отсюда и название кондукторов этого типа), несущих кондукторную плиту, механизм перемещения скалок и зажима. Сменные наладки проектируют в соответствии с конфигурацией обрабатываемых деталей. Они состоят из установочно-зажимных узлов и сменной кондукторной плиты с комплектом кондукторных втулок. Для базирования и фиксации сменных наладок в корпусе и кондукторной плите предусмотрены установочные поверхности (центрирующие отверстия, установочные пальцы, Т-образные пазы и т.д.).

Существующие разновидности скальчатых кондукторов позволяют обрабатывать самые разнообразные по форме и размерам детали, начиная от валиков и кончая плоскостными заготовками длиной до метра и более.

По конструкции механизма подъема и опускания скалок, который одновременно является и силовым механизмом, зажимающим обрабатываемую заготовку кондукторной плитой, скальчатые кондукторы делятся на следующие основные типы:

- с реечным механизмом и роликовым, или эксцентриковым замком;
- реечным механизмом и торсионно-роликовым замком;
- реечно-конусным (клиновым) механизмом;
- реечно-пружинным механизмом;
- пружинно-кривошипным механизмом;
- пневматическим приводом для закрепления заготовки.

На скальчатых кондукторах используют наладки для обработки заготовок разных классов:

- втулок, букс, дисков, колец;
- рычагов, шатунов, вилок;
- крышек, плит, угольников;
- кронштейнов, крышек подшипников.

5.3.3. Ядичные кондукторы

Некоторые заготовки имеют отверстия, которые расположены на плоскостях с нескольких сторон. Обработку таких заготовок на сверлильных станках приходится выполнять в несколько установок с большими затратами вспомогательного времени. Для повышения производительности труда используют перекидные ядичные кондукторы,

которые позволяют обверливать заготовку с разных сторон. Заготовка крепится в кондукторе и перемещается или поворачивается вместе с ним, занимая различные положения относительно шпинделя сверлильного станка.

Однако и в таких кондукторах потери времени при обработке достаточно велики, т.к. требуется переустановка кондуктора вместе с заготовкой и совмещение оси инструмента с осями кондукторных втулок. Кроме этого, перевортываемые и перемещаемые на столах станков кондукторы можно применять только для мелких деталей.

5.3.4. Универсальные и групповые кондукторы

В групповых технологических процессах, когда обрабатываемые заготовки закрепляются за определенным станком, успешно применяют универсальные или переналаживаемые кондукторы. Для этой цели приспособляют скальчатые кондукторы со сменными наладками.

Разработаны конструкции групповых кондукторов как для сверления отверстий, расположенных по окружности или прямой линии, так и для обработки однотипных заготовок, отличающихся исполнительными размерами.

Опыт показывает, что обработку многих заготовок можно выполнять, используя групповые кондукторы со сменными наладками. Широкое применение таких приспособлений, их механизация и автоматизация позволяют не только повысить производительность труда, но и резко сократить затраты средств и времени на подготовку производства.

5.3.5. Автоматизированные кондукторы

В условиях массового производства при обработке отверстий в мелких заготовках с небольшим машинным временем целесообразно полностью автоматизировать цикл обработки. Для этого необходимо автоматизировать и согласовать между собой циклы работы станка и приспособления.

Простейший цикл работы сверлильного станка складывается из следующих движений:

- 1) быстрого подвода инструмента к заготовке;
- 2) рабочей подачи;
- 3) быстрого отвода инструмента в исходное положение.

4) кратковременной задержки шпинделя (пауза) в исходном положении, позволяющей сменить обрабатываемую заготовку.

Для автоматизации такого цикла работы наибольшее применение получили кулачковые и пневмогидравлические устройства.

Цикл работы приспособления складывается из следующих движений:

- 1) подачи заготовки из бункера в зону резания;
- 2) закрепления заготовки перед началом обработки;
- 3) открепления заготовки после окончания обработки;
- 4) удаления заготовки из приспособления и очистки установочных поверхностей от стружки.

Приспособление снабжают бункером и механизмом захвата для поочередной подачи заготовок в зону резания, а также пневматическим или пневмогидравлическим приводом для закрепления заготовок. Управление приводом осуществляется автоматически от шпинделя станка.

На практике чаще встречаются устройства, обеспечивающие автоматизацию не всего цикла, а лишь его отдельных элементов. Так, например, широко применяется автоматизация закрепления и освобождения заготовок в кондукторе при ручной подаче шпинделя станка; бункерная автоматизированная загрузка заготовок при ручном их закреплении и т.п.

5.3.6. Поворотные столы и стойки для позиционной обработки

Многие виды заготовок имеют систему отверстий, расположенных по окружности в вертикальной или горизонтальной плоскостях.

Поворотные приспособления выполняют с вертикальной, горизонтальной, а иногда и наклонной осью вращения. Приспособления с вертикальной осью вращения называются столами, а с горизонтальной - стойками. Стойки могут быть одноопорными и двухопорными. Столы и стойки состоят из корпуса (неподвижная часть) и планшайбы (поворотная часть). Углы поворота (деления) отсчитываются по круговой шкале нониуса или чаще устанавливаются при помощи фиксатора.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства применяют нормализованные столы и стойки с ручным приводом. В некоторых конструкциях для уменьшения затрат вспомогательного времени механизмы фиксации поворота и прижима планшайбы блоки-

рованы и управляются одной рукояткой.

В крупносерийном и массовом производстве поворотные приспособления снабжают пневматическим, пневмогидравлическим, гидравлическим или электрическим приводом.

В мелкосерийном производстве крупные поворотные стойки для обсверливания тяжелых заготовок на радиально-сверлильных станках также приводятся в действие от электродвигателей.

Накладные поворотные столы устанавливают на рабочем столе радиально-сверлильного станка и используют для обработки заготовок, у которых отверстия расположены по окружности. На станках, оснащенных многшпindelными сверлильными головками, поворотные столы служат для позиционной обработки отверстий в заготовках. В специальных многшпindelных станках такие столы составляют неотъемлемую часть станка.

5.4. Вспомогательный инструмент для сверлильных станков

К этой группе инструментов относятся;

- разрезные и обычные переходные втулки для крепления режущих инструментов, вставляемых в патроны или непосредственно в гнездо шпинделя станка;

- шариковые, кулачковые и другие типы быстросменных патронов с наборами сменных втулок;

- самоустанавливающиеся патроны для разверток;

- патроны для закрепления метчиков;

- самоцентрирующие патроны для установки мелких инструментов;

- расточные, подрезные и канавочные скалки и резцовые головки.

Многие виды вспомогательных инструментов для сверлильных станков нормализованы. Однако непрерывно продолжается разработка и новых, более совершенных конструкций.

Глава 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Контроль качества изделий – важное составляющее звено современного машиностроительного производства. Особенно велико значение технического контроля в условиях производства изделий по принципу взаимозаменяемости.

Применение универсального измерительного инструмента и предельных калибров малопроизводительно, не всегда обеспечивает требуемую точность и удобство при выполнении контрольных операций. В условиях же поточно-автоматизированного производства эти средства становятся вообще неприемлемыми.

Использование контрольных приспособлений повышает производительность труда контролеров, улучшает условия их работы, повышает качество и объективность контроля. Так, при контроле гладкого валика диаметром 40 мм в трех сечениях по длине микрометром можно проверить 90 деталей в час, предельной скобкой – 300 деталей, контрольным приспособлением с одним индикатором – 400 деталей. Контрольные приспособления с тремя электроконтактными головками и световой сигнализацией дают возможность проверить 1000 деталей в час, а контрольно-сортировальные автоматы – 1500 деталей.

С помощью контрольных приспособлений проверяют заготовки, детали и узлы машин. Детали контролируют как на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль), так и при окончательной приемке, выявляя точность выполнения размеров, взаимного расположения поверхностей и правильность их геометрической формы.

Высокий уровень точностных требований к современным машинам обуславливает необходимость использования измерителей высокой чувствительности, а также важность правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления.

Погрешность измерения, т.е. отклонение найденного значения величины от ее истинного, должна быть как можно меньше. Однако с ростом точности измерения происходит не только усложнение и удорожание приспособления, но и снижение производительности.

Погрешности измерения в зависимости от характера измеряемого изделия допускают в пределах 8 – 30% от поля допуска на контролируемый параметр.

При конструировании контрольных приспособлений приходится

изучать условия возникновения первичных погрешностей (погрешность схемы измерения, погрешность настройки приспособления по эталону, погрешность установки изделия, износ деталей приспособления, колебания температуры) и изыскивать пути для их уменьшения или полного устранения. Принципиальную схему контрольного приспособления в значительной степени предопределяет заданная производительность контроля. При 100-процентном контроле изделий в условиях поточного производства время контроля не должно превышать темпа работы поточной линии.

Для выборочного контроля деталей при отлаженных технологических процессах требования к производительности контрольных приспособлений могут быть снижены.

Для проверки небольших и средних деталей применяют стационарные контрольные приспособления, а для крупных деталей - переносные. Контрольные приспособления подразделяют на пассивные и активные. Пассивные применяют после выполнения операций обработки. Активные контрольные приспособления устанавливают на станках; они контролируют детали в процессе обработки, давая сигнал на органы управления станка или рабочему на прекращение обработки или изменение ее условий. В таком случае контрольные приспособления превращаются из самостоятельных устройств в составную часть автоматизированной системы.

Это позволяет существенно снизить себестоимость продукции в результате устранения брака и исключения контроля как самостоятельной операции.

Контрольные приспособления должны отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать заданную точность проверяемых параметров и производительность контрольных операций;
- быть достаточно простыми и технологичными;
- быть удобными, надежными в эксплуатации;
- обеспечивать экономическую эффективность при использовании.

Контрольное приспособление обычно состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных на корпусе приспособления.

На установочные элементы (опоры) ставят проверяемую заготовку или деталь. При установке на плоскость используют постоянные опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пласти -

ны, а также некоторые специальные детали (секторы, кольца) в зависимости от конфигурации базовой поверхности в плане. Опоры со сферическими головками применяют для заготовок с необработанными базами. Для установки на обработанные плоскости целесообразно использовать опоры с гладкой и достаточно развитой поверхностью. Для повышения износостойкости опор рекомендуется их термически обрабатывать до твердости НРС 55...60.

При установке изделий в контрольных приспособлениях на внешние цилиндрические поверхности используют призмы. Поскольку контакт цилиндрического изделия с призмой происходит по узким полоскам (теоретически - по линиям), наблюдается сравнительно быстрый износ опорных плоскостей призмы и потеря точности контрольного приспособления. Чтобы избежать этого, применяют призмы с роликами или переставными валиками. Иногда на рабочие поверхности призм для повышения их износостойкости наплавляют пластинки твердого сплава.

Известно, что на точность измерения диаметрального размера валика, установленного в призму, влияет угол призмы и положение измерительного устройства приспособления.

Пользуясь призмой, можно проверить правильность цилиндрической поверхности. Эллиптичность поперечного сечения определяют как разность между большой и малой осями эллипса при вращении детали в призме с углом $\alpha = 90^\circ$. В этом случае ось детали при повороте не меняет своего положения по высоте.

Конусность обнаруживают по разности показаний измерительного прибора в двух различных поперечных сечениях детали.

Для проверки деталей на радиальное или осевое биение применяют установку проверяемого изделия на одно или два соосных цилиндрических отверстия. Простейшая схема - посадка проверяемой детали на гладкую цилиндрическую оправку или палец. Однако в этом случае возникает погрешность измерения из-за радиального зазора между базовым отверстием и оправкой. Чтобы устранить влияние зазора, используют конические оправки (конусность 1:1 000...1:10 000) или разжимные оправки. На конической оправке проверяемое изделие не имеет точной фиксации по длине, поэтому возможно осевое биение ее торца.

К разжимным элементам относятся шарики, планки, разрезные втулки. Для центрирования используют также втулки с гидропласт-массой, гофрированные втулки и устройства мембранного типа. Ино-

гда вместо одной цилиндрической оправки применяют набор оправок, в котором одна оправка от другой отличается на очень малую величину (5...10 мкм).

Контрольные оправки должны иметь очень гладкую рабочую поверхность ($R_a = 0,4...0,1$ мкм). Погрешность формы не должна превышать 5 мкм. Для повышения износостойкости оправки подвергают термической обработке до твердости HRC 55...60. Оправки диаметром более 60 мм для облегчения изготавливают обычно подыми. При проверке деталей на биение оправки устанавливают в центры или призмы. При установке в центрах приходится учитывать несоосность и погрешность исполнения центровых отверстий.

Кроме рассмотренных способов установки изделий в контрольных приспособлениях применяют также различные сочетания элементов поверхностей в качестве установочных баз (плоскость - наружная цилиндрическая поверхность, плоскость - отверстие и т.д.).

Контролируемое изделие имеет две измерительные базы, между которыми на ее чертеже проставлен проверяемый размер. При выборе принципиальных схем контрольных приспособлений следует совмещать установочную и одну из измерительных баз детали, обеспечивая их строго фиксированное положение. Другая измерительная база должна контактировать с измерительным элементом приспособления в установленном месте. При невыполнении этих условий возникает погрешность базирования и погрешность положения измерительного элемента. Эти погрешности снижают точность измерения проверяемой детали и поэтому нежелательны.

Для повышения производительности контрольных операций иногда используют многомерные контрольные приспособления, позволяющие одновременно проверять несколько размеров за одну установку детали. Применение таких приспособлений возможно тогда, когда одна из поверхностей детали является установочной и измерительной базой для всех проверяемых размеров. Эти условия иногда приходится обеспечивать, пересчитывая размеры и допуски детали.

Если погрешность базирования детали не превышает 0,10...0,15 от допуска на проверяемый размер (что имеет место при контроле неответственной продукции), то допустимы схемы контроля изделий и при несовмещении установочных и измерительных баз. При этом происходит упрощение и удешевление контроля и самих контрольных приспособлений.

При использовании многомерных контрольных приспособлений

повышается качество контроля и сокращаются издержки на контрольно-измерительную оснастку, но, как мы уже отметили выше, необходима проработка размеров от единой измерительной базы и возможность совмещения этой базы с удобной для контроля базой детали. В отдельных случаях потребуются пересчет допусков на проверяемые размеры с учетом специфики многомерного контроля.

Зажимные устройства контрольных приспособлений предупреждают возможность смещения проверяемой детали (изделия) относительно измерительного устройства и обеспечивают надежный контакт установочных баз детали с опорами. Работа зажимного устройства контрольного приспособления весьма существенно отличается от работы аналогичных устройств станочных приспособлений. Для предупреждения и предотвращения деформаций проверяемых изделий силы закрепления должны быть незначительными, но стабильными. Необходимость в зажимных устройствах может вообще отпасть, если деталь занимает устойчивое положение на опорах контрольного приспособления и силы от измерительного инструмента не нарушают этой устойчивости.

Для повышения производительности контроля зажимное устройство часто выполняют механизированным и удобным в обслуживании.

Контрольные приспособления могут быть с ручными зажимными устройствами (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые), а также с пневмозажимами, в которых сжатый воздух используют и для привода вспомогательных механизмов приспособления (подъем, поворот или выталкивание детали).

Существуют и комбинированные зажимные устройства, обеспечивающие одновременный и равномерный прижим контролируемых деталей к нескольким опорным элементам приспособления. Место приложения силы закрепления выбирают так, чтобы исключить недопустимые деформации детали и элементов контрольного приспособления. Влияние зажимного устройства на показания измерительного прибора не должно превышать 5% от величины допуска на контролируемый параметр детали. При стабильной величине силы закрепления эта погрешность измерения получается постоянной и ее можно учесть в процессе настройки измерительного устройства по эталонной детали. Если же эта погрешность колеблется от некоторого максимального значения до некоторого минимального из-за нестабильной силы закрепления, то разность между ними не может быть учтена в процессе настройки. Назовем эту разность погрешностью закрепления и обозначим как ϵ_3 .

Регламентированную погрешность изготовления, а также износ опор и измерительного устройства приспособления обозначим как $\epsilon_{\text{пр}}$. При определении $\epsilon_{\text{пр}}$ учитываем ту величину износа, которая имеет место между периодическими настройками приспособления. Как и в станочных приспособлениях, значения ϵ_{δ} (погрешность базирования), $\epsilon_{\text{з}}$ и $\epsilon_{\text{пр}}$ представляют собой случайные величины, распределение которых в первом приближении можно принять подчиняющимся закону Гаусса. Тогда погрешность установки детали в контрольном приспособлении может быть определена из следующей зависимости:

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_{\delta}^2 + \epsilon_{\text{з}}^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2}.$$

Измерительные устройства контрольных приспособлений подразделяют на предельные (бесшкальные) и отсчетные (шкальные). Особую группу составляют устройства, работающие по принципу нормальных калибров.

Предельные устройства не дают численного значения измеряемых величин, а все проверяемые изделия делят на три категории: годные, брак по переходу за нижнюю границу допуска и брак по переходу за верхнюю границу допуска. Иногда годные изделия разбивают на несколько размерных групп для селективной сборки.

В качестве простейших устройств такого типа применяют встроженные в контрольные приспособления жестко закрепленные или выдвижные предельные элементы (скобы, пробки, шупы).

При наличии жестко закрепленных скоб проверяемая деталь последовательно передвигается по плите приспособления к отдельным измерителям. Если деталь в процессе проверки должна оставаться неподвижной, то используют выдвижные предельные элементы. Эти устройства применяют при сравнительно грубых допусках на проверяемый размер: для жестких элементов - не выше 8-9-го качества, а для выдвижных - не выше II-го качества.

Контроль размеров заготовок с допусками более 0,5 мм иногда выполняют стержневыми глубиномерами (рис. 51). Годность изделия соответствует положению верхнего торца стержня между ступеньками δ и ϵ .

В контрольных приспособлениях и контрольно-сортировочных автоматах широко используют электронные датчики.

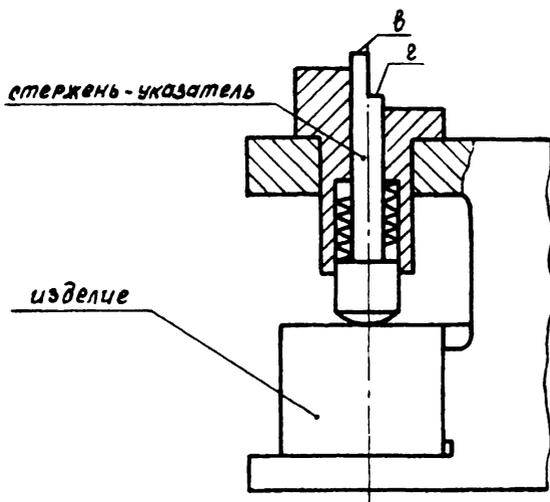


Рис. 51. Стержневой глубиномер

Принципиальная схема контрольного приспособления с электроконтактными датчиками представлена на рис. 52.

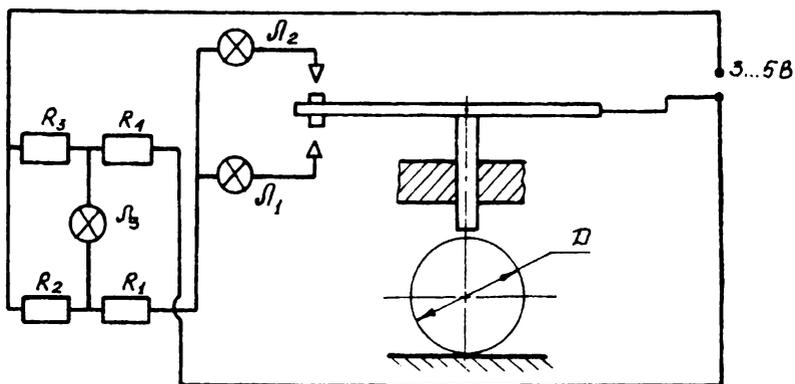


Рис. 52. Схема контрольного устройства с электроконтактными датчиками

Если проверяемый размер D находится в пределах поля допуска, лампы Л1 и Л2 не загораются. Если размер D меньше минимально допустимого, замыкаются нижние контакты и загорается лампа Л1. В том случае, когда превышен максимально допустимый размер диаметра, замыкается верхний контакт и загорается лампа Л2. Лампа Л3 горит при размыкании обоих контактов, т.е. когда детали годны. Сопротивления мостиковой схемы подобраны так, что при замыкании одного из контактов лампа Л3 гаснет. Таким образом, на любой стадии работы приспособления горит одна из трех ламп. Неисправность схемы или перегорание ламп обнаруживается по отсутствию света.

Электроконтактные датчики удобны для использования в многомерных контрольных приспособлениях светофорного типа. Они значительно повышают производительность на контрольных операциях и облегчают труд контролеров. Технические требования на датчики регламентированы специальным стандартом.

Многоконтактные датчики достаточно широко используют для сортировки деталей на размерные группы. Электроконтактные датчики выпускают двух типов: предельные и амплитудные. Первые применяют для контроля размеров, вторые – для контроля формы и расположения поверхностей детали.

Электрические схемы подключения датчиков бывают с силовым и сеточным контактом. Недостатком датчиков первого типа является понижение точности работы из-за подгорания контактов. Для повышения надежности работы контакты таких датчиков выполняют из вольфрама и включают в цепь низкого напряжения (3...5В). Датчики настраивают и периодически проверяют по эталону.

Датчики второго типа не имеют такого недостатка, но требуют усложнения электрической схемы приспособления.

Электроконтактные датчики обеспечивают точность измерения 1 мкм (I класс) и $\pm 3\text{ мкм}$ (II класс).

Такие точностные характеристики сохраняются без дополнительной регулировки датчиков при измерении до 25 тыс. изделий. Предел измерения составляет 1 мм, а сила измерения не превышает 1...2 Н.

Менее распространены емкостные, индуктивные и фотоэлектрические датчики.

Приспособления с отсчетными устройствами используют как при обычном, так и при статистическом контроле. Они необходимы также

для проверки настройки станков на заданный размер.

В качестве отсчетных измерителей обычно применяют индикаторы с рычажной или зубчатой передачами. Индикаторы часового типа (ГОСТ 577-68) имеют цену деления 0,01 мм и выпускаются с пределами измерения 0...5 мм и 0...10 мм.

Малогабаритные индикаторы имеют суженные пределы измерения 0...2 мм или 0...3 мм. Сила прижатия измерительного наконечника в начале и в конце хода 0,8...2 Н.

По точности исполнения выпускают индикаторы нулевого, первого и второго классов с погрешностью показаний соответственно 0,01, 0,015 и 0,02 мм за один оборот стрелки.

Индикаторы крепят за ножку или ушко на их задней крышке. Детали с допусками от 0,03 мм и больше проверяют индикаторами часового типа с ценой деления 0,01 мм, при меньших допусках - индикаторами с увеличивающей рычажной передачей. Для более точных измерений применяют индикаторы с ценой деления 2 мкм (микроиндикаторы) и миниметры (цена деления до 0,001 мм). Использование пневматических микрометров в контрольных приспособлениях обеспечивает точность измерений 0,5...0,2 мкм. Пневматические микрометры могут быть двух типов: с манометрами и с воздушными расходомерами (ротаметрами).

На рис. 53 представлена схема пневматического микрометра низкого давления. Сжатый воздух давлением 30 КПа поступает в вертикальную трубку, погруженную в жидкость, на глубину $H = 500$ мм. Сосуд сообщается с градуированной стеклянной трубкой. Через калиброванное отверстие воздух поступает в трубку, связанную с измерительным устройством и с градуированной стеклянной трубкой.

При малом зазоре между проверяемым изделием и измерительным устройством столб воды в трубке со шкалой из-за уменьшения утечки воздуха через зазор поднимется. Если зазор между поверхностью изделия и измерительным устройством будет больше, утечка воздуха возрастет и столбик жидкости в измерительной трубке опустится. При глубине погружения трубки на 500 мм давление в ней будет равно 5 КПа.

Приборы этого типа обеспечивают достаточно высокую точность, но малопроизводительны из-за большой инерционности системы.

На рис. 54 представлена принципиальная схема пневматического микрометра с сифонами.

Приборы этого типа работают при стабилизированном давлении

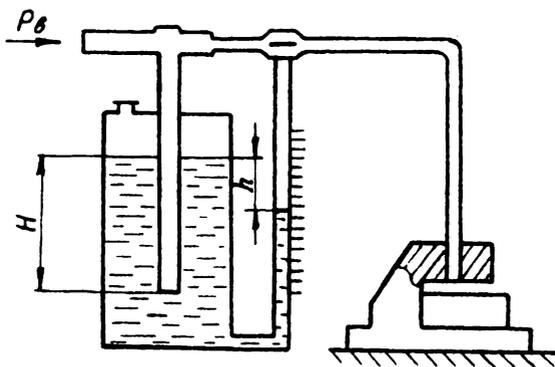


Рис. 53. Схема пневматического микрометра

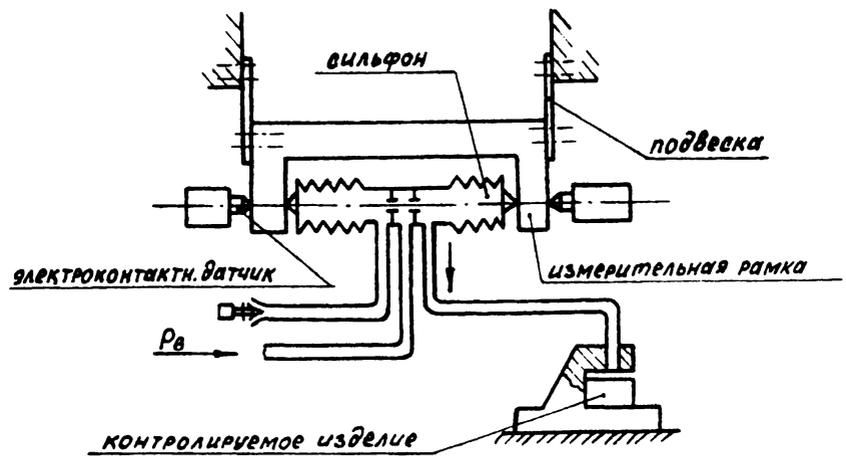


Рис. 54. Пневматический микрометр с сильфонами

сжатого воздуха. Воздух поступает в правый и левый сильфон через калиброванные сопла. Из правого сильфона воздух подается на измерительное устройство, а с левого сильфона - к специальному регулируемому клапану. Давление внутри правого сильфона будет изменяться в зависимости от зазора между измеряемой деталью и измерительным устройством, давление в левом сильфоне остается постоянным. Деформация сильфонов по длине в зависимости от изменения давления воздуха вызывает перемещение рамки, на которой они закреплены. Перемещения рамки регистрируются измерительным прибором.

Схема пневматического прибора с ротаметром представлена на рис. 55. Сжатый воздух под давлением 30...50 КПа поступает в вертикальную расширяющуюся кверху прозрачную трубку, в которой расположен легкий поплавок. Рядом с трубкой расположена измерительная шкала. Чем больше зазор между измеряемой деталью и измерительным приспособлением, тем больше скорость движения воздуха в расширяющейся трубке и тем выше подъем поплавка в трубке. Каждому размеру измеряемой детали соответствует свое определенное положение поплавка в трубке. Приборы этого типа точны и производительны.

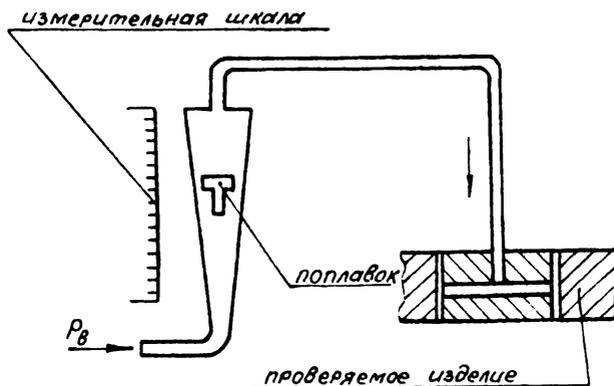


Рис. 55. Пневматический измерительный прибор с ротаметром

Возможности применения пневматических микрометров в контрольных приспособлениях очень широки и многообразны. С их помощью можно проверять размеры, правильность формы и взаимного расположения поверхностей деталей как в одно- и многоместных приспособлениях, так и в автоматических приспособлениях.

В качестве отсчетных измерительных средств применяют также индуктивные, емкостные, пьезоэлектрические и некоторые другие устройства. Их работа основана на трансформации перемещения измерительного щупа в электрические величины.

При выборе отсчетных измерительных средств в зависимости от допусков на проверяемый размер и серийности производства приходится учитывать их метрологические и экономические показатели.

К метрологическим показателям относятся:

- цена деления шкалы;
- пределы измерения;
- чувствительность (т.е. отношение изменения сигнала на выходе к вызывающему его изменению измеряемой величины);
- погрешность показаний (отклонения результата измерений от истинного значения измеряемой величины);
- порог чувствительности (наименьшее значение измеряемой величины, которое вызывает изменение положения указателя прибора);
- период успокоения стрелки, что существенно влияет на производительность контроля;
- давление измерительного наконечника.

Рабочий наконечник измерительного устройства может быть сферическим (для проверки плоскости или отверстия), плоским (для проверки сферы), ножеобразным (для контроля наружных цилиндрических поверхностей).

К экономическим показателям относятся:

- затраты на измерительное устройство;
- продолжительность его работы до ремонта;
- время, затрачиваемое на измерение;
- необходимая квалификация контролера;
- время и затраты на установку измерительного устройства;
- увеличение затрат, связанное с ужесточением допусков на изготавливаемое изделие из-за недостаточно высокой точности измерительного устройства.

Наибольшее влияние на себестоимость контроля обычно оказы -

вает последний показатель. Применение недостаточно точных средств измерения вызывает необходимость уменьшения допуска на изготовление. Установлено, что затраты на повышение точности измерения меньше по сравнению с возможными потерями за счет уменьшения допуска на изготовление изделия. Необходимо в каждом конкретном случае найти наиболее выгодное решение для получения изделий с наименьшей себестоимостью.

В качестве устройств, работающих по принципу нормальных калибров, в контрольных приспособлениях используют контурные шаблоны. Оценка соответствия требованиям проверяемых деталей производится с помощью щупов или на просвет.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение. В приспособлениях для проверки радиального или осевого биения применяют поворотные устройства, для проверки прямолинейности или параллельности – ползуны, по которым перемещают измерительные элементы. Контроль правильности формы шеек цилиндрических деталей или соосности ступеней производят с помощью устройств вращения проверяемых деталей. Для установки и снятия проверяемых деталей используют подъемные устройства и выталкиватели. Конструктивное оформление большинства этих устройств аналогично устройствам, применяемым в станочных приспособлениях.

Корпус контрольного приспособления является его базовой деталью. Корпусы стационарных приспособлений выполняют в виде массивной и жесткой плиты или корпусной детали, на которой располагаются основные и вспомогательные детали и устройства. Корпусы изготавливают из серого чугуна СЧ 12 или СЧ 15. Для точных измерений их необходимо подвергать старению или отливать из чугуна, устойчивого к короблению (СЧ 25 или СЧ 30).

Глава 7. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СБОРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Для того чтобы лучше представить особенности приспособлений, применяемых в сборочных цехах машиностроительных заводов, перечислим основные виды работ, выполняемых на сборке. К ним относятся:

- сборка резьбовых соединений;
- сборка болтовых и винтовых соединений;
- сборка соединений со шпонками;
- сборка шлицевых соединений;
- сборка неподвижных конических соединений;
- сборка зубчатых передач;
- сборка неподвижных неразъемных соединений (соединения, собираемые путем пластической деформации деталей; сборка прессовых соединений; сварка, пайка, склеивание).

Сборочные приспособления используют как при узловой сборке, так и при общей сборке изделий. Они являются достаточно эффективным средством механизации ручной сборки, а также необходимыми дополнительными устройствами обычного и автоматизированного сборочного оборудования. Сборочные приспособления позволяют повысить производительность труда, создать условия для точной, быстрой установки и закрепления отдельных элементов изделия.

Универсальные сборочные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производстве. К ним относятся: плиты, сборочные балки, призмы и угольники, струбины, домкраты и различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые прихваты).

Плиты и балки предназначены для установки, выверки и закрепления деталей собираемых машин или их узлов. Их изготавливают из чугуна. На обработанных поверхностях предусмотрены Т-образные пазы, как на столах металлорежущих станков. Плиты и балки устанавливают обычно на фундаменте на 50...100 мм выше пола цеха и тщательно выверяют в горизонтальном положении по уровню.

Призмы и угольники служат для установки и закрепления узлов или базовых деталей изделия. Установочные поверхности этих приспособлений обрабатывают, в них предусматривают продолговатые окна, в которые можно поставить крепежные болты.

Струбцины используют для временного скрепления деталей и узлов собираемых машин, а также для выполнения некоторых вспомогательных работ (правка, запрессовка, распрессовка).

Домкраты предназначены для выверки и поддержки громоздких и тяжелых деталей и узлов.

Специальные приспособления применяют в условиях крупносерийного и массового производства для выполнения определенных сборочных операций. По целевому назначению различают два основных типа специальных сборочных приспособлений.

К первому типу относятся приспособления для неподвижной установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемого изделия. Приспособления этого типа обеспечивают устойчивость установленной детали или узла в процессе сборки и повышают производительность труда сборщиков, освобождая их от необходимости удерживать объект сборки руками.

Такие приспособления обычно не требуют точной установки закрепляемых изделий. Сила закрепления должна быть достаточной для того, чтобы гарантированно предотвратить смещение изделия от действия сил и их моментов, возникающих при выполнении сборочных операций.

Для удобства и повышения производительности труда сборщиков эти приспособления нередко выполняют поворотными. Приспособления для установки и закрепления базовых деталей и узлов могут быть одноместными и многоместными. При использовании многоместных приспособлений производительность труда сборщиков повышается в результате сокращения вспомогательного времени на установку изделий. Работу на многоместных приспособлениях ведут по принципу последовательного или параллельного выполнения операций. В качестве примера параллельного выполнения технологических переходов может служить одновременная затяжка резьбовых соединений на всех закрепленных в приспособлении изделиях с помощью многошпиндельного гайковерта. Многоместные приспособления должны обеспечивать равномерное и быстрое закрепление всех деталей.

Приспособления первого типа могут быть стационарными и передвижными. Стационарные приспособления устанавливают на верстаках или стендах, передвижные – на тележках или плитах конвейеров. При сборке небольших и легких изделий такие приспособления часто снимают с конвейера на расположенное рядом рабочее место для выполнения заданной операции и опять ставят на конвейер. В этом

случае конвейер служит только для транспортировки собираемого изделия вместе с приспособлением. При автоматизированной сборке эти приспособления (приспособления-спутники) должны обеспечивать точную установку базовых деталей. В них должны быть предусмотрены устройства для съема готового изделия в конце сборки.

Ко второму типу специальных сборочных приспособлений относят приспособления, позволяющие быстро и точно установить соединяемые детали или части изделия. При использовании приспособлений этого типа сборщики освобождаются от выверки взаимного расположения собираемых элементов, т.к. оно обеспечивается доведением до соприкосновения с опорами и направляющими элементами приспособления. Такие приспособления применяют для сварки, пайки, клепки, склеивания, развальцовки, посадки с натягом, резьбовых и других сборочных соединений. Они позволяют значительно повысить производительность труда и незаменимы при автоматизации процесса сборки.

Приспособления этого типа могут быть одно- и многоместными, стационарными и подвижными. Подвижные приспособления применяют при большой программе выпуска мелких и средних изделий в условиях конвейерной сборки.

Кроме этого, в машиностроении используют приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор, разрезных колец и т.п.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил. Приспособления этого типа облегчают труд сборщиков, повышают производительность труда. Приведение их в действие довольно часто осуществляется вручную при помощи усилителей (рычажных, винтовых, комбинированных) или силовых узлов (пневмо-, гидро- или электроприводов).

7.1. Конструктивные элементы сборочных приспособлений

Специальные сборочные приспособления обычно состоят из корпуса и смонтированных на нем установочных элементов и зажимных устройств.

Назначение установочных элементов то же, что в станочных и контрольных приспособлениях, т.е. они должны обеспечить требуемое взаимное положение деталей и узлов изделия без дополнительной выверки.

В качестве установочных элементов применяют рассмотренные нами выше стандартные или специальные детали в зависимости от

вида используемых установочных баз. Так как установочные базы представляют собой окончательно обработанные поверхности деталей собираемого изделия, то установочные элементы приспособления должны иметь достаточно развитые опорные поверхности (постоянные опоры с плоской головкой, опорные пластины, широкие призмы, пальцы и другие элементы).

В приспособлениях для закрепления базовых деталей установочные элементы часто приходится облицовывать твердой резиной или пластмассами, чтобы предотвратить повреждение поверхностей собираемых деталей.

Зажимные устройства фиксируют полученное при установке положение собираемых деталей и обеспечивают их устойчивость в процессе выполнения сборочной операции. Зажимные устройства предотвращают смещение собираемого изделия под влиянием сил, возникающих при соединении. Вместе с тем они не должны деформировать детали изделия или портить их поверхности. Чтобы избежать этого, используют мягкие вставки в зажимные элементы.

В сборочных приспособлениях применяют те же зажимные механизмы, что и в станочных. Если рабочая зона приспособления ограничена необходимостью подачи сопрягаемых деталей по сложным траекториям, зажимное устройство должно быть по возможности малогабаритным и расположено так, чтобы не затруднять сборку.

Для сокращения вспомогательного времени привод зажимных устройств осуществляют от пневмо- или гидроцилиндров. При использовании гидроцилиндров конструкции получаются более компактными.

Непосредственное закрепление базовых деталей собираемого узла на магнитной или электромагнитной плите недопустимо из-за возможности остаточного намагничивания. При малых силах закрепления весьма удобны вакуумные зажимные устройства, а при больших - пружинные. Последние часто применяют в приспособлениях для пайки и склеивания деталей.

Расчет необходимых сил закрепления изделия в приспособлении, как и для станочных приспособлений, сводится к составлению и решению задачи статики на равновесие изделия под действием приложенных к нему внешних сил и моментов.

Полученная расчетная сила должна быть меньше или равна предельно определенной по условиям допустимой деформации базовых

вой детали изделия. В связи с этим выбор мест приложения сил закрепления имеет достаточно большое значение. Эти силы следует передавать через закрепляемые детали на жесткие опоры приспособления, избегая деформации изгиба и скручивания. При расчете учитывают наибольшие значения сдвигающих сил и моментов.

Коэффициент запаса силы закрепления K определяют несколько иначе. При его расчете учитывается характеристика устройства K_4 с точки зрения постоянства развиваемых им сил. Для ручных устройств $K_4 = 1,3$, для пневматических или гидравлических — $K_4 = 1,0$.

Если допуск на размер влияет на силу закрепления, что имеет место при использовании пневмокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и т.п., то $K_4 = 1,2$.

Коэффициент K_5 характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном расположении рукояток и малом диапазоне угла их поворота $K_5 = 1,0$; при больших углах поворота (больше 90°) $K_5 = 1,2$.

Коэффициент K_6 учитывается только при наличии моментов сил, стремящихся повернуть деталь на опорах. Если деталь установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, то $K_6 = 1,0$. Когда деталь установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта, тогда $K_6 = 1,5$.

Кроме этого, при расчете коэффициента K учитывают коэффициент гарантированного запаса силы закрепления $K_0 = 1,5$.

К вспомогательным устройствам сборочных приспособлений относятся поворотные и делительные механизмы, фиксаторы, выталкиватели и некоторые другие элементы. Функциональное назначение и конструктивное оформление этой группы устройств то же, что и у станочных приспособлений.

При конструировании поворотных приспособлений с горизонтальной осью вращения центр тяжести изделия по мере присоединения к нему необходимых деталей и узлов может изменять свое начальное положение. Поэтому положение оси вращения выбирают при проектировании так, чтобы момент поворота был наименьшим, а сумма работы, затрачиваемой на вращение поворотной части приспособления по всем переходам сборки, была минимальной.

7.2. Некоторые особенности проектирования специальных сборочных приспособлений

Для проектирования необходимы следующие данные:

- чертеж изделия;
- технические условия на приемку изделия;
- технологический процесс сборки (последовательность и

содержание операций, принятая схема базирования, оборудование, инструмент, режимы работы, заданная производительность с учетом времени на установку и снятие изделия).

Проектирование приспособления начинают с уточнения схемы установки базовой детали и сопрягаемых деталей изделия. Затем определяют тип, размер, количество и взаимное расположение установочных элементов.

Зная силы, возникающие в процессе сборки изделия, устанавливают места приложения и величину сил для закрепления базовых деталей.

Исходя из этого, а также учитывая заданную производительность процесса, конфигурацию и точность изделия, выбирают конструкцию зажимного устройства. Далее выявляют необходимость в конструктивных элементах для направления собираемых деталей, устанавливают требуемые вспомогательные устройства, оформляют конструкцию корпуса приспособления.

В процессе разработки конструкции приспособления стремятся максимально использовать имеющиеся нормы и стандарты.

Остановимся на некоторых вопросах, связанных с проектированием сборочных приспособлений, предназначенных для сборки изделий с использованием нагрева собираемых деталей (сварка различных видов, пайка, горячее склеивание).

Сборочные приспособления этого типа должны обеспечивать и сохранять заданную точность при длительной эксплуатации и многократном нагреве (так при пайке твердыми припоями температура нагрева может достигать 700...1200°С).

В этом случае, если при сборке необходимо удаление полностью охлажденного изделия из приспособления, рекомендуется предусмотреть в конструкции уменьшение площади контакта между собираемыми деталями и приспособлением. Этого обычно достигают созданием местных выточек и выемок.

В разборных приспособлениях вместо резьбовых соединений предпочтительнее использовать клиновые. Приспособление должно быть предельно легким, чтобы уменьшить время нагрева. Нежелательно применять в конструкциях таких приспособлений длинные и относительно тонкие плиты, т.к. при нагреве они деформируются.

Выбор материала для основных деталей приспособления определяет его долговечность и точность сборки. Коэффициент линейного расширения материала деталей собираемых изделий должен быть меньше, чем у материала приспособления. В этом случае можно допустить меньшие тепловые зазоры между приспособлением и изделием, обеспечить более высокую точность сборки, которая для небольших изделий составляет 0,025...0,05 мм.

Материал основных деталей приспособлений должен выдерживать многократный нагрев и разборку (в разборных конструкциях), а также быть прочным и износостойким. Этим требованиям удовлетворяют специальные сплавы и керамика.

При пайке алюминиевых сплавов погружением для деталей приспособления рекомендуется применять никелевые сплавы или коррозионно-стойкую сталь, т.к. углеродистые стали будут загрязнять ванну. В приспособлениях этого типа не должно быть углублений, препятствующих стеканию припоя.

Если пайку производят с использованием индукционного нагрева, то близко расположенные к индуктору детали приспособления рекомендуется выполнять из неметаллических материалов, обладающих химической стойкостью к флюсу и высокими изоляционными свойствами. Если все же применяются металлические детали, то их нельзя выполнять в виде кольца или замкнутой петли, т.к. в этом случае в них индуцируются (наводятся) токи высокой частоты. Их обычно делают пустотелыми для того, чтобы пропускать охлажденную проточную воду.

При больших размерах собираемых изделий для изменения их положения в процессе сборки применяют различные поворотные устройства.

Глава 8. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

3.1. Исходные данные и задачи конструирования

Конструирование приспособлений самым тесным образом связано с разработкой технологического процесса изготовления детали. Поэтому в процессе проектирования, изготовления и отладки приспособления самое активное участие принимает технолог. Задачи технолога и конструктора определены на заводах достаточно четко.

В функции технолога входят:

- выбор способа получения заготовки и технологических баз, которые будут использованы в технологическом процессе;
- установление технологического маршрута обработки;
- уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов, дающих представление об установке и закреплении заготовки;
- определение промежуточных размеров и допусков на них по всем операциям;
- выбор конкретного оборудования, необходимого для обработки детали;
- определение режимов резания для выполнения каждой операции;
- определение штучного времени на выполнение каждой операции.

В процессе разработки технолог выдает задание на проектирование необходимых приспособлений. Задачи, которые решает конструктор по приспособлениям:

- конкретизация принятой технологом схемы установки заготовки;
- выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления;
- определение величины необходимой силы закрепления;
- уточнение схемы и размеров зажимного устройства;
- выбор типа и конструкции силового привода для механизированных приспособлений;
- определение размеров направляющих деталей приспособления;
- расчет точности основных элементов приспособления, пред-

определяющих точность размеров заготовки на выполняемой операции;

- общая компоновка приспособления с установлением допусков на изготовление деталей и сборку.

Несмотря на достаточно четкое разделение функций технолога и конструктора, процесс проектирования осуществляется успешно только при их тесном творческом содружестве на всех этапах создания приспособления. Лишь при этом условии может быть обеспечена наиболее эффективная работа.

Для работы конструктора по приспособлениям необходимы следующие исходные данные:

- чертежи заготовки и готовой детали с техническими требованиями на их приемку;

- операционный эскиз на предшествующую и выполняемую операции;

- операционные карты технологического процесса обработки данной детали (по этим картам выявляют последовательность и содержание операций, принятые схемы базирования заготовки, используемое оборудование и инструменты, режимы резания, а также запроектированную производительность с учетом времени на установку, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки).

Обычно конструктор использует в своей работе необходимые стандарты и заводские нормы на детали и узлы станочных приспособлений, а также альбомы нормализованных конструкций. Кроме того, на многих машиностроительных заводах накоплены и систематизированы крупные массивы данных по всем приспособлениям, которые были созданы и использовались на данном предприятии. Конструктору полезно ознакомиться с аналогичными приспособлениями по литературным источникам и патентным материалам.

Из технологического процесса конструктор берет необходимые сведения о станке, на котором будет выполняться операция обработки заготовки. По паспорту станка или из его технических характеристик (на заводах они систематизированы по видам оборудования и по цехам, где оборудование установлено) конструктор получает необходимую информацию о размерах станка, связанных с установкой приспособления (размеры стола, размеры и расположение Т-образных пазов, наименьшее расстояние от стола до шпинделя, размеры конуса шпинделя и т.д.), и об общем состоянии оборудования.

Следует также ознакомиться со станком и в цехе, где он работает, для выявления его особенностей и определения условий наиболее выгодного расположения органов управления приспособления.

Все эти сведения важны при проектировании каждого специального приспособления. При проектировании переналаживаемых и групповых приспособлений, необходимо определить круг деталей, которые придется обрабатывать, и по каждой из них иметь перечисленные выше сведения.

Конструктору приходится также учитывать технологические возможности изготовления приспособления в условиях данного завода и программу выпуска изделий, чтобы выбрать наиболее рентабельную конструкцию и обоснованно принять решение о применении сменных быстроизменяющихся деталей. Полезно ознакомиться и с опытом эксплуатации аналогичных приспособлений.

В процессе проработки исходных данных могут возникнуть идеи более рационального построения технологического процесса и использования иной схемы приспособления. Такие изменения после согласования с технологом вносят в карты технологического процесса.

Выбирая конструктивную схему, стремятся к уменьшению штучного времени. При поточном производстве это время должно быть равно темпу выпуска изделий для обеспечения заданной производительности линии. Уменьшение штучного времени достигается чисто технологическими мероприятиями и мерами по совершенствованию конструкции приспособления. Повышая, например, жесткость приспособления, создают предпосылки для работы с более производительными режимами резания. Вспомогательное время сокращают за счет применения быстродействующих зажимных устройств и совмещения вспомогательного времени с основным, используя поворотные приспособления с отдельной позицией загрузки и снятия заготовки.

При построении конструктивных схем приспособлений могут быть использованы следующие классификационные признаки:

1) число устанавливаемых заготовок (одно- и многоместные приспособления). Признак влияет на компоновку и конструкцию приспособления;

2) число инструментов, которые позволяет использовать приспособление (одно- и многоинструментные приспособления). Вид, размеры и расположение инструментов влияют на конструкцию приспособления. При одновременном применении нескольких инструментов требуется расширение необходимой зоны для их размещения и

увеличение сил закрепления заготовки в приспособлении;

3) порядок использования инструментов и расположения обрабатываемых заготовок. Здесь рассматривают приспособления для последовательной, параллельной и параллельно-последовательной обработки. Этот признак может оказать влияние на компоновочное и конструктивные решения в части размещения установочных, зажимных и поворотных элементов приспособления.

Можно получить достаточно большое количество различных конструктивных схем приспособлений путем сочетания рассмотренных признаков.

Переходя от односторонних, одноинструментных приспособлений последовательного действия к многосторонним, многоинструментным с параллельным выполнением переходов обработки и приспособлениям многопозиционного типа, можно на одном и том же станке многократно повысить производительность обработки небольших заготовок.

В схеме приспособления, предложенной технологом, должен быть четко сформулирован принцип его действия.

Выбор типа приспособления и степени его автоматизации обосновывается заданной производительностью, точностью обработки заготовки и условиями многостаночного обслуживания.

8.2. Последовательность этапов конструирования приспособления

Конструирование приспособления – творческий процесс. Для него характерны высокая трудоемкость, многовариантность возможных технических решений и определенная последовательность выполнения. Рассмотрим основные этапы конструирования.

На первом этапе собирают и анализируют необходимые исходные данные, определяют условия использования приспособления и предъявляемые к нему требования.

Второй этап предусматривает уточнение схемы установки заготовки в приспособлении. Зная принятую в технологическом процессе схему базирования заготовки, точность и шероховатость базовых поверхностей, определяют тип и размер установочных элементов, их число и взаимное расположение. Решение этого вопроса увязывают с требуемой точностью обработки на данной операции.

На третьем этапе конструирования, зная величины сил резания, возникающих при выполнении заданной операции, устанавливают наи-

более рациональное место приложения сил закрепления и на основе расчета определяют их величину. Исходя из времени выполнения операции, времени на закрепление и снятие заготовок, типа приспособления (одно- или многоместное), конфигурации и точности заготовки, а также силы закрепления, выбирают тип зажимного устройства и определяют его основные размеры.

На четвертом этапе при необходимости устанавливают тип и размеры деталей для направления и контроля положения режущего инструмента.

На пятом этапе принимают решение по вспомогательным устройствам, выбирают их конструкцию и размеры исходя из массы заготовки, выполняемой операции и точности обработки. При этом максимально используют стандартные и нормализованные конструкции.

Шестой этап конструирования - разработка общего вида приспособления. Его начинают с нанесения на лист тонкими, штрихпунктирными линиями контуров заготовки, которая будет устанавливаться в приспособлении. Обычно делают несколько проекций заготовки. Для того чтобы не касаться линий заготовки резинкой в процессе проектирования, ее иногда вычерчивают на обратной стороне бумажной кальки в зеркальном отображении.

Разработку общего вида ведут последовательно, нанося отдельные конструктивные элементы приспособления вокруг контура заготовки. Сначала вычерчивают установочные детали, затем зажимные устройства, детали для направления инструмента и вспомогательные устройства. После этого проектируют корпус приспособления, который объединяет все перечисленные выше элементы.

Из вышеизложенного видно, что процесс конструирования приспособления представляет собой синтез его составных частей, он включает выбор элементов, обеспечивающих заданную точность, производительность и необходимые экономические показатели; размещение элементов, исходя из взаимосвязи между ними и выбора наиболее рационального соединения элементов за счет оформления корпуса приспособления.

При проектировании и изготовлении приспособления особое внимание уделяют его надежности, безотказности, долговечности, ремонтпригодности, а в некоторых случаях и сохраняемости. Приспособление должно быть эргономичным. Органы управления должны быть немногочисленны и располагаться в одном месте.

Общий вид приспособления чаще всего вычерчивают в масштабе

1:1 (исключение составляют приспособления для особо крупных или очень мелких деталей). На чертеже проставляют габариты приспособления и размеры, которые должны быть выдержаны при его сборке и отладке, а также приводят технические условия, где указывают необходимую точность сборки, требования к регулировке и отладке, методы проверки при установке на станке, отделку и маркировку. Далее выполняют детализовку.

Рабочие чертежи выполняют только на специальные детали. Для сокращения времени на подготовку документации чертежи общего вида и деталей приспособления часто вычерчивают на специальной кальке. С чертежа, выполненного на такой кальке карандашом, можно получить достаточно качественные светокопии. Для того чтобы исключить копирование чертежей, применяют диазотипную кальку, на которой изображение чертежей выполняют специальными карандашами. Для печатания используют специальные множительные аппараты, на которых можно получить необходимое число копий.

8.3. Обеспечение точности приспособлений

При выполнении общего вида и деталей приспособления назначают допуски на размеры. По точности исполнения все размеры можно разбить на три группы.

К первой группе относятся размеры, от которых зависит точность обработки заготовки. Например, расстояние между осями кондукторных втулок сверлильного приспособления, неточность этого размера непосредственно влияет на точность расположения просверленных отверстий. В эту же группу входят размеры установочных элементов, от точности которых может зависеть положение заготовки в приспособлениях.

Вторую группу составляют размеры, не влияющие на точность обработки. Например, размеры, относящиеся к зажимным устройствам, выталкивателям и т.п.

К третьей группе относятся свободные размеры обработанных и необработанных поверхностей.

Допуски на размеры первой группы обычно берут в 2...3 раза меньше допусков на размеры, выдерживаемые при обработке. В особых случаях, при изготовлении изделий высокой точности, допуск регламентируется специальными техническими требованиями. Ужесточением допуска в указанных пределах, как показывает опыт эксплуатации приспособлений, обеспечивается выдерживание заданной точ-

ности обработки. Точность приспособлений, предназначенных для выполнения предварительной обработки (II-й качество и грубее), может составлять $1/5 \dots 1/10$ от допуска на выполняемый в нем размер. Это возможно в связи с тем, что точность оборудования и квалификация рабочих инструментальных цехов значительно выше, чем в основных цехах завода. При допуске на деталь по II-IV-му качествам точно-сти соотношение $1/5 \dots 1/10$ приводит к допускам на соответствую-щую деталь приспособления примерно по VII-IX-му качествам, не вызы-вая особых затруднений в изготовлении. Так, в кондукторах для сверления отверстий под болты допуск на расстояние между осями направляющих втулок берут $\pm 0,05$ мм.

Допуски на размеры второй группы определяют в зависимости от назначения механизма, а также характера и условий работы рассмат-риваемого соединения. Обычно здесь допуски берут по VII-IX-му качествам точности.

Свободные размеры выполняют по IV-му качеству точности для обработанных и по VI-му качеству для необработанных поверхнос-тей.

Литература

- Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1975. 654 с.
- Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. М.: Высш.шк., 1980. 240 с.
- Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин. М.: Высш.шк., 1981. 344 с.
- Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1979. 303 с.
- Кузнецов Д.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. М.: Машиностроение, 1990. 510 с.
- Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. 276 с.
- Металлин А.А. Технология машиностроения. Л.: Машиностроение, 1985. 512 с.
- Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т./ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1986.

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Установка заготовок в приспособлениях.....	5
Глава 2. Зажимные устройства приспособлений.....	30
Глава 3. Силовые приводы приспособлений.....	52
Глава 4. Корпусы и вспомогательные устройства приспособлений.....	62
Глава 5. Краткий обзор станочной технологической оснастки	95
Глава 6. Контрольные приспособления.....	115
Глава 7. Приспособления для сборочного производства.....	128
Глава 8. Методика проектирования приспособлений.....	135
Литература.....	142

А.К.Коровин

Приспособления
для мехносорбочного производства

Учебное пособие

Редактор Л.И.Кузнецова
Корректор Т.В.Шептунова

Печатается по постановлению редакционно-
издательского совета университета
Лицензия № 040328

Подписано в печать 10.06.96. Формат 60x84/16. Бумага
писчая М1. Печать плоская. Усл.печ.л. 8,36. Уч.-изд.л. 9,47.
Тираж 300 экз. Заказ № 713

Издательство Уральского государственного профессионально-
педагогического университета. Екатеринбург, ул.Машиностро-
ителей, 11.

АООТ "Полиграфист". Екатеринбург, ул.Тургенева, 20.