

Модуль 1. ОБЗОР И ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОСНАСТКИ

Программа

Назначение и задачи дисциплины. Задачи, решаемые с помощью технологической оснастки, ее роль в современном производстве и основные направления развития.

Классификация технологической оснастки по целевому назначению, степени специализации и степени автоматизации. Особенности конструктивно-компоновочных решений приспособлений относящихся к разным классификационным группам. Рекомендации по их применению по разным типам производства. Знакомство с типовыми видами приспособлений разных классификационных групп. Требования к приспособлениям, их элементы.

Содержание

1. Понятие «технологическая оснастка»

Под *технологической оснасткой* в машиностроении понимают дополнительные устройства к технологическому оборудованию (металлорежущим станкам, сборочным стандам, контрольным пунктам и т.д.), используемые для установки и закрепления заготовок, деталей, сборочных единиц и режущего инструмента.

2. Задачи, решаемые с помощью технологической оснастки

Использование приспособлений позволяет: повысить точность обработки; повысить производительность обработки; расширить технологические возможности оборудования; облегчить труд рабочего.

Повышению точности обработки способствует то, что приспособление автоматически обеспечивает заготовке требуемое положение относительно режущего инструмента. В результате отпадает необходимость в операциях разметки заготовки и выверки ее положения на станке, и устраняются погрешности, связанные с этими операциями.

Производительность обработки при использовании приспособлений повышается за счет устранения операций разметки заготовки и выверки ее

положения на станке и сокращения штучного времени на операцию. Анализируя формулу для расчета штучного времени

$$T_{шт.к.} = t_o + t_{всп} + t_{тех.обс.} + t_{орг.обс.} + t_n + t_{н.з}$$

можно видеть, что использование приспособлений позволяет сократить все его составляющие.

Основное время t_o уменьшают, применяя многоинструментную обработку (многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, многорезцовые державки т.п.) и многоместные приспособления.

Вспомогательное время $t_{всп}$ сокращается за счет использования в приспособлениях быстродействующих зажимных устройств; использованием поворотных приспособлений, позволяющих придавать заготовке при одном ее закреплении различных положений относительно инструмента; использованием непрерывно действующих приспособлений, позволяющих установку и закрепление заготовки выполнять во время работы станка, что обеспечивает совмещение времени, затрачиваемого на эти приемы, с основным временем.

Время технического обслуживания $t_{тех.обс}$ станка сокращают, применяя устройства для быстрой смены инструмента и его наладки, такие как быстросменные патроны для установки и крепления концевых инструментов; многорезцовые державки, в которых наладка резцов выполняется вне станка на специальных приспособлениях; шаблоны для установки инструментов на размер и др.

Время организационного обслуживания $t_{орг.обс}$ станка уменьшают, используя устройства для облегчения отвода стружки.

Время регламентированных перерывов t_n сокращают за счет применения механизированных приспособлений, облегчающих труд рабочих.

Подготовительно-заключительное время $t_{н.з}$ уменьшают за счет тех же мероприятий, что и время технического обслуживания, и за счет создания приспособлений, обеспечивающих точную и быструю установку их на станке без выверки; приспособлений, допускающих быструю переналадку на обработку других деталей.

Расширение технологических возможностей станка выполняют с помощью приспособлений, позволяющих на станке выполнять работу, для осуществления которой необходим станок совершенно иного типа.

Использование приспособления на операции облегчает ее выполнение, уменьшает утомляемость рабочего.

1.3. Роль технологической оснастки в современном производстве. Основные направления ее развития

Роль технологической оснастки в производстве определяют задачи, которые решают с ее помощью. Прогресс техники приводит к расширению номенклатуры и усложнению конструкций машин и приборов, требует ускорения темпов освоения производства новых видов продукции. Это вызывает рост объема работ и затрат на технологическую подготовку производства. Наиболее значительными оказываются затраты на станочные приспособления. Поэтому особенно актуальной задачей является создания приспособлений многократного применения, которые сохраняются при изменении номенклатуры выпускаемых изделий или в случаях частичного усовершенствования технологии. Основным направлением развития технологической оснастки в современном производстве является создание переналаживаемых, унифицированных и групповых приспособлений. Опыт показывает, что внедрение в производство таких приспособлений позволяет в 2...2,5 раза сократить трудоемкость проектных работ, в три – четыре раза уменьшить цикл изготовления приспособлений. Гибкость технологической оснастки в условиях характерного для наших дней быстрого развития техники соответствует основным направлениям и темпам технического прогресса.

1.4. Классификация приспособлений

Классификацию приспособлений выполняют по следующим признакам:

- по целевому назначению;
- по степени специализации;
- по степени автоматизации.

По целевому назначению выделяют:

- станочные приспособления. Служат для установки и закрепления заготовок и их правильной ориентации относительно режущего инструмента на металлорежущих станках;
- приспособления для крепления режущего инструмента. К ним относят патроны для крепления концевых инструмента; многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки; инструментные державки для токарно-револьверных станков и автоматов и т.п. устройства;
- сборочные приспособления. Их используют при выполнении сборочных операций для крепления базовой детали; для предварительной деформации упругих элементов (пружин, рессор и т.д.); для клепки, напрессовки, вальцовки и т.д.

- контрольные приспособления. Применяют для контроля заготовок, промежуточного и окончательного контроля обрабатываемых деталей, для проверки собранных элементов машин.

По степени специализации приспособления делят на: универсальные; переналаживаемые; специальные.

К универсальным относят группу приспособлений, называемых «универсальные безналадочные приспособления» (УБП).

Область их применения: единичное и мелкосерийное производства для установки и закрепления заготовок с разной формой и различными габаритами.

Представляют собой законченный механизм длительного применения с постоянными установочно-зажимными элементами. Изготавливаются специализированными предприятиями. Завод-потребитель покупает готовое к употреблению приспособление. Переналадку УБП на другую заготовку осуществляют регулировкой положения его установочно-зажимных элементов.

К УСП относят универсальные патроны, тиски, поворотные столы.

К переналаживаемым приспособлениям относят универсальные наладочные (УНП), специализированные наладочные (СНП), универсально-сборные (УСП) и сборно-разборные (СРП) приспособления.

УНП применяют в мелко-серийном и серийном производствах для обработки партиями деталей, имеющих различную форму и габаритные размеры. УНП состоит из двух частей: постоянной и сменной. Постоянная часть приспособления состоит из корпуса, привода и некоторых деталей. Детали постоянной части стандартизованы. Эту часть приспособления изготавливают на специализированных предприятиях. Сменную часть в виде сменных наладок проектирует и изготавливает завод-потребитель под свои потребности. К УНП относят универсальные патроны со сменными кулачками, универсально-наладочные тиски, скальчатые кондукторы и т.п.

СНП применяют в серийном и крупносерийном производстве для базирования и закрепления родственных по конфигурации заготовок различных габаритов с одинаковыми схемами базирования и требующих одинаковой обработки. СНП состоит из двух частей: специализированного базового агрегата и сменных наладок. Базовый агрегат является постоянным, состоит из корпуса, привода и т.д. Сменные наладки проектируют и изготавливают в соответствии с формой и размерами группы детали, обрабатываемых в данном приспособлении. Разработку и изготовление СНП выполняет сам завод-потребитель.

УСП применяют в единичном и мелкосерийном производствах, на станках с ПУ для установки и закрепления заготовок самой широкой номенклатуры при выполнении различных операций. Представляет собой комплект стандартизованных деталей, точно выполненных, закаленных, шлифованных.

Из них для каждой операции собирают специальное приспособление кратковременного применения. После завершения обработки партии заготовок приспособление разбирают на составные части, которые вновь многократно используют в различных сочетаниях в новых компоновках. Для механизации закрепления заготовок применяют механизированные УСП.

СРП применяют в крупносерийном и массовом производствах. Они являются разновидностью УСП. В комплект СРП входят корпусные детали, силовые узлы, в том числе с пневматическим или гидравлическим приводом и вспомогательные детали. Из них собирают специальные приспособления долговременного применения. В СРП применяют и специальные детали, в основном являющиеся установочными элементами. СРП собирают на весь период производства изделия. После чего их разбирают, а их детали и узлы используют при сборке новых специальных приспособлений для обработки деталей нового изделия.

К специальным приспособлениям (СП) – относят специально спроектированные и изготовленные заводом-потребителем приспособления для выполнения определенной операции при обработке конкретной детали. СП одноцелевые. При смене объекта производства их списывают независимо от степени их физического износа. СП трудоемки и дороги в изготовлении, но наиболее удобны в использовании.

По степени автоматизации приспособления делят на ручные, механизированные и автоматизированные.

1.5. Требования к приспособлениям

Приспособления должны:

1) обеспечивать требуемую точность обработки, которая достигается за счет правильно выбранной схемы установки заготовки, правильного назначения посадок для сопрягаемых деталей и отклонений на размеры приспособления, обеспечения достаточной жесткости его конструкции;

2) обеспечивать необходимую производительность обработки, что достигается за счет использования быстродействующих и механизированных механизмов для закрепления заготовки;

3) быть технологичным, т.е. детали приспособления должны иметь правильную геометрическую форму, их поверхности должны быть простыми, представлять собой плоскости, по возможности без уступов, наружные и внутренние цилиндры, конусы, винтовые поверхности;

4) быть ремонтпригодными, т.е. позволять выполнять замену износившихся деталей приспособления без его разрушения;

5) быть безопасным в работе, т.е. обеспечивать удобство установки – снятия заготовки; обеспечивать достаточное усилие для удержания заготовки при ее обработке; иметь крепление к станку и не иметь острых углов.

1.6. Элементы приспособления

Под элементом приспособления понимают деталь или их группу, выполняющие определенную функцию. По функциональному назначению элементы приспособлений делят на установочные, зажимные, направляющие, корпус, ориентирующие и вспомогательные.

Установочные элементы

Установочные элементы (опоры) служат для установки и ориентации *заготовки* в приспособлении.

Опоры выполняются в виде опорных штырей и пластин, призм, втулок, пальцев установочных, оправок и др. Конструкции и размеры большинства из них оговариваются ГОСТами. Выбор вида опор определяется формой базовых поверхностей заготовки. Например, опорные штыри и пластины применяют при базировании заготовки по плоским базовым поверхностям (корпусы, плиты), призмы и втулки - при базировании заготовки по наружной цилиндрической поверхности (валы), пальцы установочные и оправки – по отверстию (полые цилиндры).

Общие требования, предъявляемые к установочным элементам, определены необходимостью уменьшить погрешности, влияющие на точность изготовления детали при использовании приспособлений:

- рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров. Это необходимо для уменьшения влияния неточности изготовления технологической базы и ее макронеровностей на величину погрешности базирования;
- установочные элементы не должны портить технологические базы заготовки при установке по обработанным поверхностям, поэтому нельзя сводить контакт заготовки с опорой к точке;
- установочные элементы должны быть жесткими и обеспечивать жесткое сопряжение их с корпусом. Это необходимо, чтобы уменьшить влияние их собственных деформаций и контактных деформаций в их сопряжениях с корпусом на точность положения заготовки в приспособлении;
- конструкции установочных элементов должны обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении;

- рабочие поверхности установочных элементов должны обладать высокой износостойкостью. Для этого их изготавливают из углеродистых сталей У7А – У10А с закалкой до твердости HRC 50...55 или из сталей марок 20 или 20Х с цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8 ...1,2 мм и закалкой до той же твердости. В серийном производстве при небольшом сроке службы приспособления для удешевления его конструкции установочные элементы изготавливают из сталей 45 или 40Х с закалкой до твердости HRC 35 ...40. В массовом производстве для особо точных приспособлений иногда на поверхности установочных элементов наплавляют твердый сплав.

Зажимные элементы

Зажимные элементы служат для закрепления заготовки в приспособлении.

К ним предъявляются следующие требования:

- надежность в работе, простота конструкции, удобство в обслуживании;
- не должны сдвигать заготовку в процессе ее закрепления;
- не должны вызывать деформации закрепляемых заготовок и портить ее поверхностей;
- закрепление и открепление заготовок должно происходить с минимальными затратами сил и времени рабочего. При использовании ручного зажимного устройства усилие рабочего в крупносерийном и массовом производствах не должно превышать 4 кгс, в серийном производстве – 6 кгс, в единичном – 15 кгс.

Направляющие элементы

Направляющие элементы служат для направления режущего инструмента при обработке и для контроля его положения при настройке станка. К ним относятся:

1. Кондукторные втулки для сверлильных и расточных работ;
2. Установы для фрез»
3. Копиры.

Кондукторные втулки для сверлильных и расточных приспособлений

Кондукторные втулки используются при выполнении операций сверления, зенкерования, развертывания, растачивания. Они определяют положение оси инструмента относительно установочных элементов приспособления и повышают его радиальную жесткость. При этом отпадает необходимость в разметке. За счет этого повышаем точность расположения отверстий и производительность труда. Повышение радиальной жесткости инструмента приводит к повышению точности

диаметра отверстия, уменьшению его увода. Точность диаметра отверстия повышается примерно на 50% по сравнению с их обработкой без кондукторных втулок. Кондукторные втулки бывают неподвижными и вращающимися.

Неподвижные втулки (рис.1) используют в приспособлениях для сверлильных работ. По конструкции их разделяют на четыре группы: постоянные, сменные, быстросменные и специальные. Первые три группы втулок стандартизированы.

Постоянные втулки (см. рис. 1 ,а) применяют в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстий одним инструментом. Их выполняют без бурта (тип I) и с буртом (тип II). Они запрессовываются в корпус приспособления.

Сменные втулки (см. рис. 1,б) (ГОСТ 15362-73 и 18431-73) устанавливают в постоянные, выполненные без бурта по посадке $\frac{H7}{h6}$ или $\frac{H7}{q6}$. От выпадения и от провертывания при обработке они удерживаются головкой винта. Их применяют в крупносерийном и массовом производствах. При износе рабочего отверстия втулки, ее удаляют, а на ее место ставят новую.

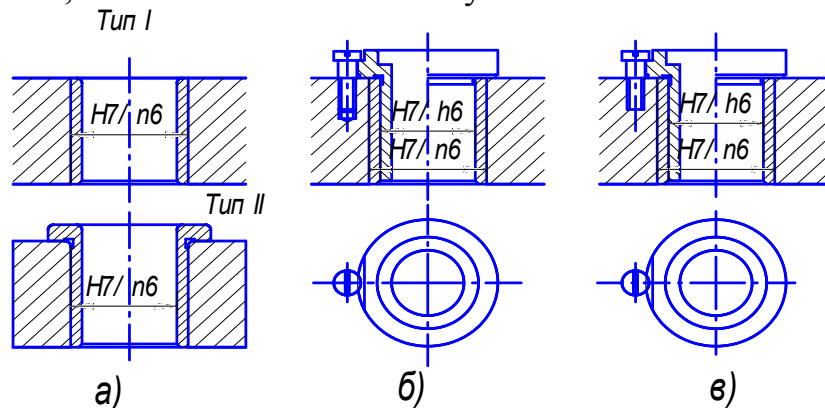


Рис.1. Конструкции неподвижных втулок:
а) постоянных, б) сменных, в) быстросменных

Быстросменные втулки (см. рис. 1,в) (ГОСТ 18432-73) используют при обработке отверстия последовательно несколькими инструментами. Их выполняют так же как сменные. Отличаются от них срезом на буртике, позволяющему производить их смену, не вывинчивая крепежных винт. Для удобства использования буртик быстросменной втулки имеет накатку.

Специальные втулки применяют в особых случаях, когда применение стандартных невозможно или не дает эффекта. Типы специальных втулок показаны на рис.2. Втулка (см. рис.2,а) применяется при сверлении отверстий в наклонных площадках ($\alpha < 20^\circ$); удлиненная быстросменная втулка (см. рис.2,б) используется в тех случаях, когда отверстие обрабатывают в углублении

заготовки или когда установка и сьем последней затруднены. При малом расстоянии между осями отверстий применяют срезанные втулки (см. рис.2,в) или одну общую (см. рис.2,г).

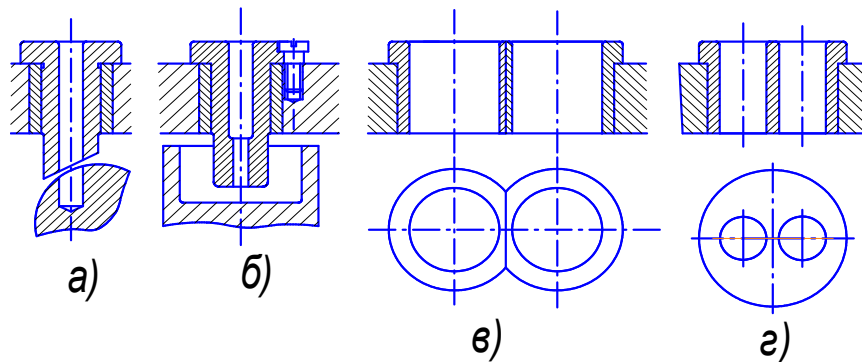


Рис. 2. Специальные кондукторные втулки

Допуски на диаметр отверстия для прохода сверл и зенкеров устанавливают по посадке $\frac{F8}{h6}$, а для разверток – по посадке $\frac{G7}{h6}$ системы вала. Для повышения точности направления инструмента используют высокие втулки, длина которых равна шагу винтовых канавок. Такие втулки применяют также для комбинированных инструментов (сверло-развертки). Для снижения изнашивания втулки между ее нижним торцом и поверхностью заготовки оставляют зазор. Тогда стружка не проходит через втулку, а сбрасывается в сторону. При сверлении чугуна зазор должен быть не более $(0,3 \dots 0,5)d$; при сверлении стали и других вязких материалов зазор увеличивают до d ; в случае зенкерования зазор должен быть не более $0,3d$ (d -диаметр просверливаемого отверстия).

Для направления борштанг расточных приспособлений применяют неподвижные и вращающиеся втулки.

Вращающиеся втулки (рис.3) применяют для направления вращающихся скалок расточных приспособлений при большом диаметре обработки и высоких скоростях резания. Вращение втулки вместе с инструментом значительно уменьшает износ ее рабочего отверстия и увеличивает срок ее службы. Вращающиеся втулки монтируют как на подшипниках скольжения (см. рис.3, а) так и на роликоподшипниках (см. рис.3,б). В обоих случаях на внутренней поверхности втулки прорезают шпоночный паз для принудительного вращения втулки. Для облегчения попадания шпонки в паз втулки ее выполняют со скошенными краями или плавающей (см. рис.3).

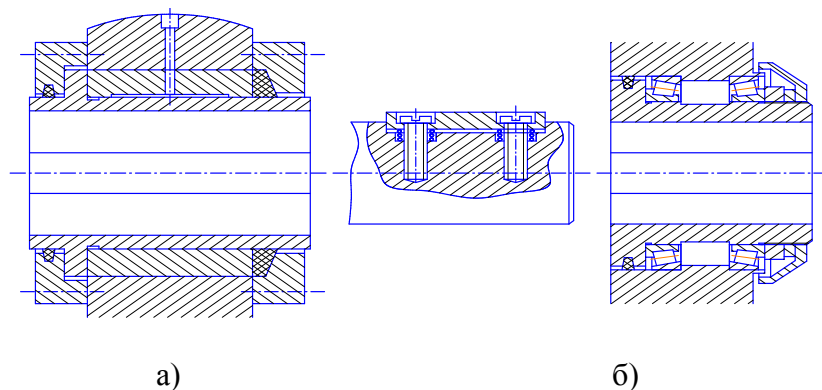


Рис. 3. Типы вращающихся кондукторных втулок

Втулки изготавливают для сверления отверстий диаметром до 25 мм из стали У10А, У12А или 9ХС. Закачивают до твердости HRC62...65. При сверлении отверстий диаметром свыше 25 мм – из стали 20 или 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до той же твердости.

Ориентировочный срок службы кондукторных втулок 10000...15000 сверлений при $l \leq d$.

Установы для фрез

При настройке и подналадке станка для контроля положения инструмента применяют высокие, торцовые и угловые установы (рис.4) (ГОСТ13444-68; 13445-68; 13446-68).

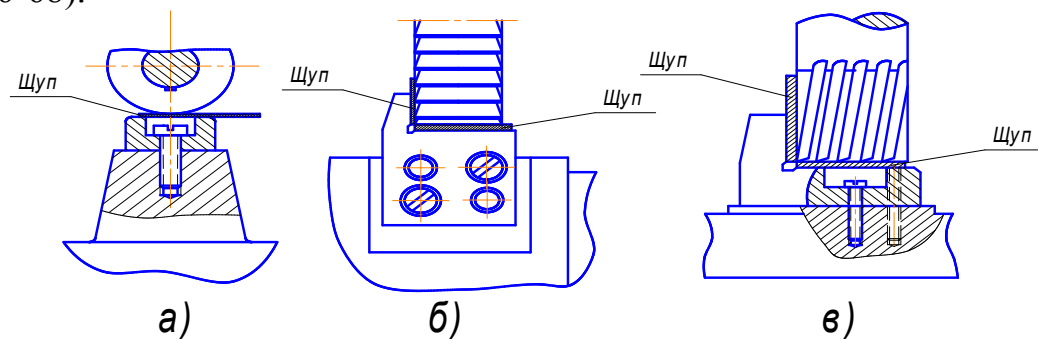


Рис .4 . Типы установов для фрез

Установы закрепляют на корпус приспособления. Их эталонные поверхности располагают ниже обрабатываемых поверхностей, чтобы не мешать проходу режущего инструмента. Правильное положение инструмента находят введением между установом и режущей кромкой инструмента щупа, установленного на сборочном чертеже приспособления размера (обычно 2 – 3 мм).

Установы изготавливают из стали 20Х, цементируют на глубину 0,8...1,2 мм и закачивают до твердости HRC55...60.

Копиры

Копиры применяют при обработке фасонных и сложнопрофильных поверхностей. Роль копиров – направлять режущий инструмент для получения заданной траектории его движения относительно заготовки. Обработку с копирами производят на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках. На рис.5 показаны примеры обработки на фрезерном станке (см. рис.5,а), и на токарном (см. рис.5,б).

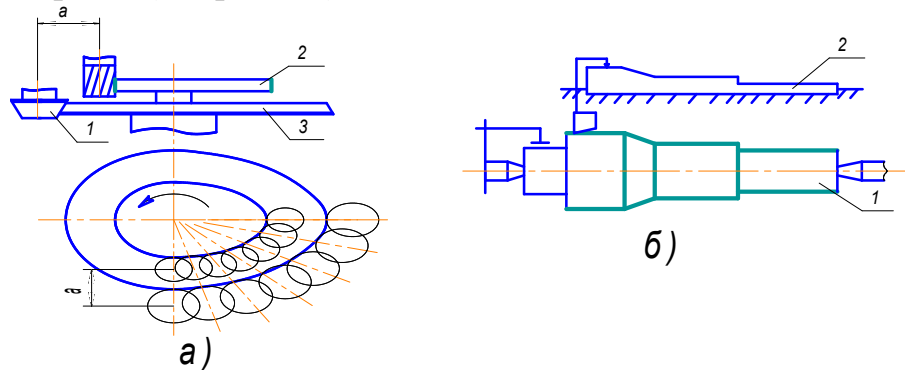


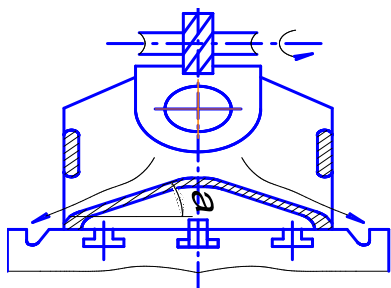
Рис.5. Обработка фасонных поверхностей:
а) на фрезерном станке: 1 – ролик, 2 – заготовка, 3 – копир; б) на токарном станке: 1 – заготовка, 2 – копир

Корпусы приспособлений

Корпус представляет собой элемент приспособления, объединяющий в единую конструкцию его отдельные части. Корпус воспринимает все силы, действующие на заготовку в процессе ее закрепления и обработки. Поэтому он должен быть прочным, жестким и виброустойчивым. Он имеет удобную конструкцию для очистки приспособления от стружки и отвода охлаждающей жидкости, обеспечивать установку и закрепление приспособления на станке без выверки, быть технологичным.

Для удобства очистки от стружки и отвода СОЖ необходимо избегать у корпуса углублений и труднодоступных мест, предусматривать наклонные поверхности (рис.6) без снижения его технологичности, обеспечить максимальную открытость его поверхностей.

Рис.6. Конструкция корпуса с отводом
СОЖ и стружки



Для изготовления корпусов применяют серый чугун СЧ12 и сталь 3, для корпусов поворотных приспособлений в отдельных случаях – легкие сплавы на алюминиевой основе, магниевые сплавы, имеющие малую плотность, что облегчает перемещение тяжелых или поворотных приспособлений.

Корпусы приспособлений изготавливают литьем, сваркой, ковкой, резкой, используя сортовой материал, а также сборкой из элементов на винтах или с гарантированным натягом (рис.7). Литьем выполняют корпуса сложной конфигурации, сроки их изготовления довольно длительны. Сваркой также можно получать корпуса сложной конфигурации, а сроки и стоимость их изготовления сокращаются. Применяя усиливающие ребра, уголки, косынки, повышают их жесткость. Отдельные части сварного корпуса размечают и вырезают из сортового материала газовым резаком. Кромки под сварку обрабатывают на станках или газовым резаком. Ковкой и резкой сортового материала получают корпуса простых конфигураций и небольших размеров. Механической обработкой им придают нужную форму. В корпусах сборного типа с введением дополнительных сопряжений увеличивается объем механической обработки. Жесткость сборного корпуса ниже цельного.

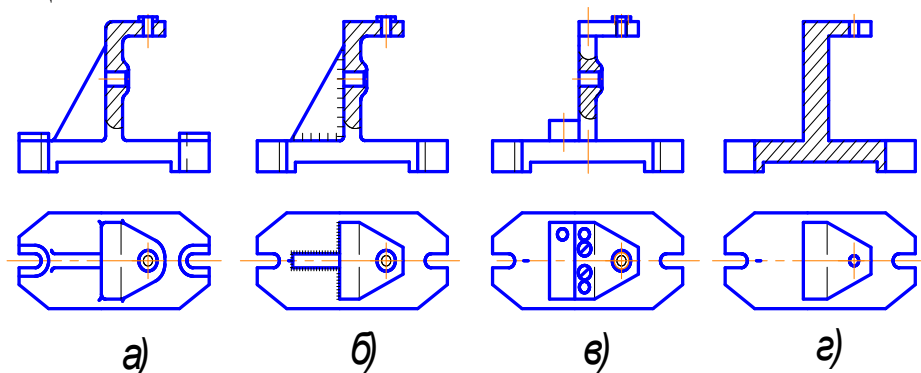


Рис.7 Варианты выполнения корпуса: а) литого; б) сварного; в) сборного; г) кованного

Значительное снижение расходов и сокращение сроков изготовления приспособления обеспечивает стандартизация корпусов и его заготовок (рис.8). Размеры литых заготовок регламентированы ГОСТ 12947-67 – ГОСТ 12954-67. Стандартизация заготовок корпусов позволяет из простых по форме заготовок без

обработки или с небольшой обработкой собирать различной формы корпуса (рис.9).

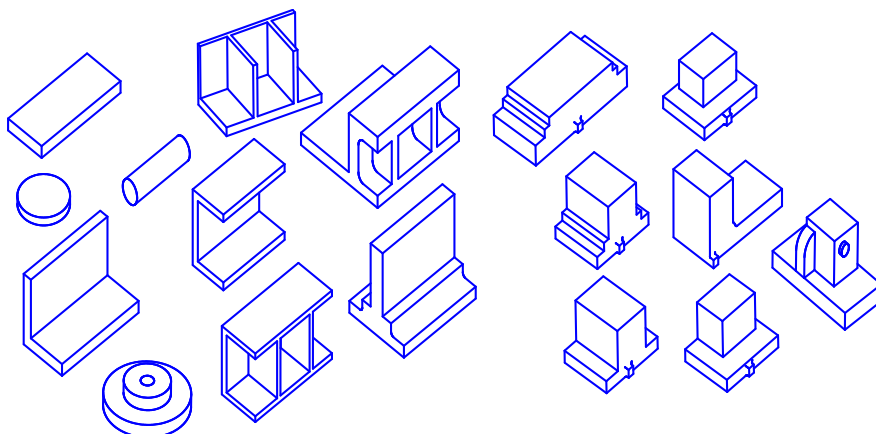


Рис.8. Литые заготовки для корпусов приспособлений

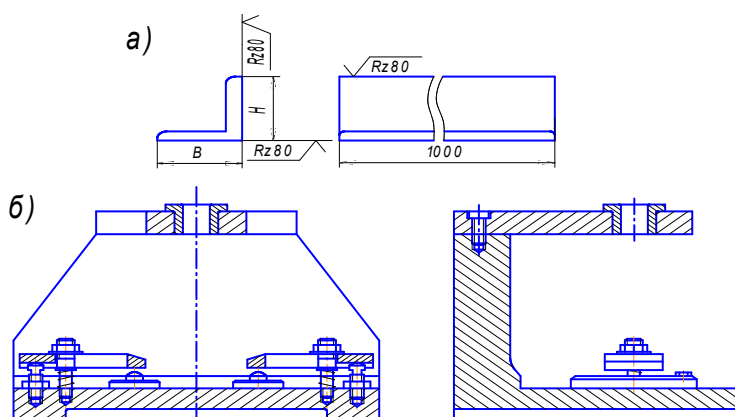


Рис.9. Заготовка корпуса приспособления из угольника (а) и применение его в приспособлении (б)

Ориентирующие элементы

Ориентирующие элементы служат для ориентации приспособления на станке.

Для установки приспособления на станок без выверки форма и размеры основной базы корпуса (ориентирующего элемента приспособления) должны соответствовать посадочным местам станков.

При установке приспособления на шпинделе *токарного станка* необходимо его ось совместить с осью шпинделя станка. В соответствии с ГОСТ 16868-71 шпиндели станков выполняются двух типов: с цилиндрическим центрирующим пояском (рис.10,а) и с коническим (рис.10,б). У шпинделя I-го типа

цилиндрический центрирующий поясok выполняется с отклонениями по посадке $h6$, резьбовой конец имеет метрическую резьбу с крупным шагом и служит для крепления

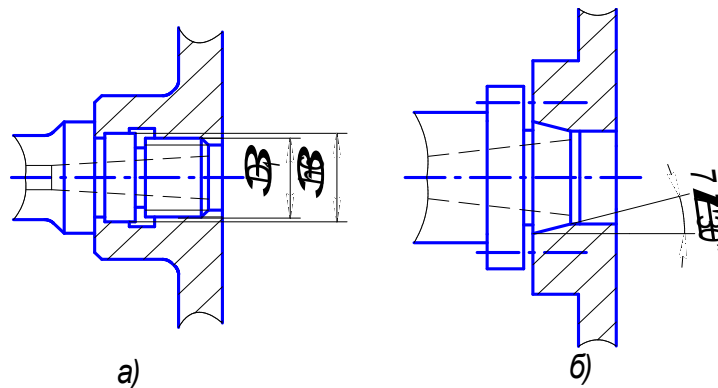


Рис.10. Способы центрирования и крепления приспособлений на шпинделе токарного станка

приспособления на шпинделе. Ориентирующим элементом у приспособления в этом случае является сопрягаемое с центрирующим пояском шпинделя его отверстие. Шпиндель имеет коническую расточку с конусом Морзе для установки и крепления центров и оправок с коническим хвостовиком, который у них является ориентирующим элементом. Шпиндель II-го типа имеет фланец с отверстиями под крепежные винты и центрирующий конический поясok под углом $7^\circ 7'30''$ (сопрягаемое с ним коническое отверстие приспособления является ориентирующим элементом) и коническую расточку с конусом Морзе, для установки приспособлений с коническим хвостовиком, который для приспособления служит ориентирующим элементом.

У фрезерных станков стол (рис.11) имеет Т-образные пазы. Ширина a у среднего паза выполняется с отклонениями по посадкам H7 или H8 в зависимости от модели станка и может быть равна 10, 12, 14, 18, 22, 28, 36 и т.д. мм.

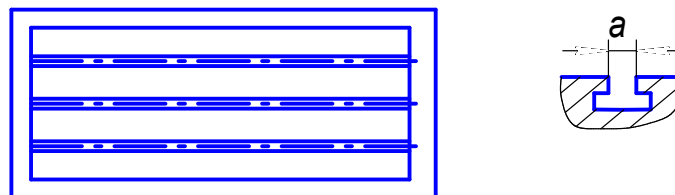


Рис.11. Схема стола фрезерного станка

Корпус приспособления на столе станка ориентируют с помощью двух шпонок, вводимыми в Т-образный паз стола (рис.12). На плоскости основания корпуса приспособления профрезерован паз, в который устанавливают и прикрепляют винтами шпонки.

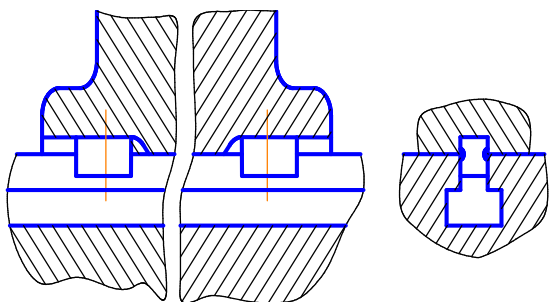


Рис.12. Способ ориентации приспособления на столе станка

назначать возможно большее. Крепление приспособления на столе станка выполняют болтами, заводимыми в Т-образные пазы стола и ушки на полочках корпуса (рис.13).

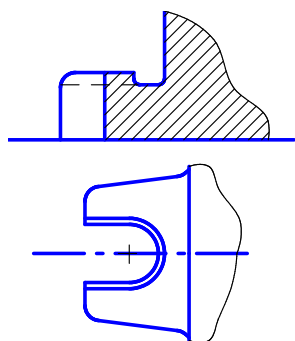


Рис.13. Крепежные ушки на полочках корпуса

ных мест станков. На зубофрезерных и зубодолбежных станках приспособления имеют вертикальную ось и центрируются по одному из четырех методов:

- 1) цилиндрическим хвостовиком корпуса (он является ориентирующим элементом) по цилиндрическому отверстию в столе станка;
- 2) конусным хвостовиком (он является ориентирующим элементом) по конусному гнезду в столе;
- 3) в центрах (ориентирующий элемент – центровые отверстия оправки);
- 4) с выверкой по индикатору.

Столы зубообрабатывающих станков выполняются двух типов (рис.14). Стол 1 I-го типа с Т-образными радиальными пазами применяются как в зубофрезерных, так и зубодолбежных станках. Втулка 2 – центрирующая, имеет

Основание корпуса приспособления и две шпонки являются ориентирующими элементами приспособления. Для уменьшения влияния гарантированного зазора между шпонкой и пазом стола станка на правильность положения приспособления на станке расстояние между шпонками следует

На зубообрабатывающих станках, работающих по методу обкатки, на точность зубообработки непосредственно влияет точность центрирования самих приспособлений (оправок), ось которых должна совпадать с осью вращения стола.

Способ центрирования и закрепления приспособления (оправок) зависит от формы посадоч-

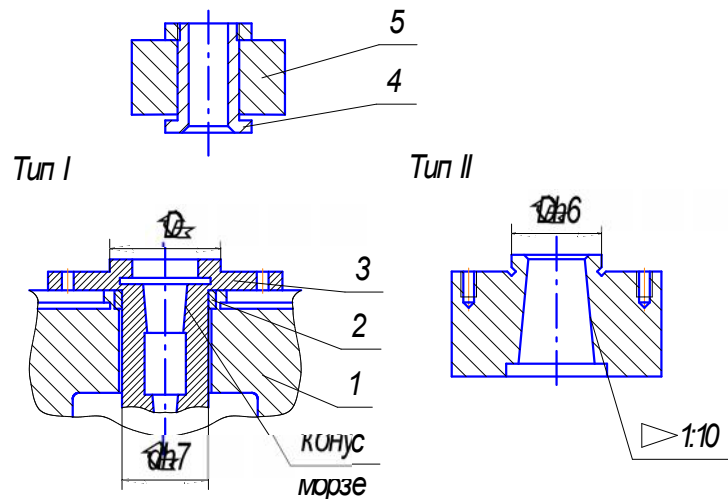


Рис.14. Схемы столов зубообрабатывающих станков

диаметр отверстия d с отклонениями по посадке H7. На столе может устанавливаться переходный стакан 3, имеющий отверстие с конусом Морзе и резьбу диаметром D . Корпус оправки центрируется хвостовиком в отверстии $\varnothing d$ втулки 2 стола 1 или коническим хвостовиком в коническом отверстии стакана 3, выверяется по индикатору и закрепляется болтами, заводимыми в Т-образные пазы. Верхний конец оправки дополнительно поддерживается подшипником 4 или центром, вставляемым в отверстие кронштейна 5. Стол II-ого типа применяется только на зубодолбежных станках. Он имеет наружный центрирующий пояс с диаметром $Dh6$ и несколько крепежных резьбовых отверстий, а внутри коническое отверстие с конусностью 1:10. Коническое отверстие большим диаметром обращено книзу. Корпус приспособления центрируется пояском $\varnothing Dh6$ стола и закрепляется на фланце через резьбовые отверстия. В конусное гнездо устанавливается оправка с зажимным механизмом.

Вспомогательные элементы

Вспомогательные элементы — это дополнительные устройства, обеспечивающие работу приспособления (поворотные и делительные устройства; прижимные устройства поворотных частей для предотвращения вибраций; выталкиватели для облегчения выемки небольших заготовок; запирающие устройства (замки) для некоторых видов зажимов для сохранения полученного усилия закрепления и т.п.).

Модуль 2. ТЕОРИЯ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Программа

Теория базирования заготовок в приспособлениях: принципы установки заготовок в приспособлениях, погрешность базирования заготовки в приспособлении, полное и неполное базирование заготовок в зависимости от структуры технологической операции, правило 6-ти точек. Типовые схемы базирования заготовок. Особенности установки заготовок на станках с ЧПУ.

Содержание

2.1. Принципы установки заготовок в приспособлениях

Проектирование приспособления начинается с выбора схемы базирования заготовки. Правильно выбранная схема базирования должна отвечать двум условиям.

Первое условие требует: *все заготовки данной партии должны занимать определенное, одинаковое, однозначное положение в приспособлении*, т.е. каждая последующая заготовка должна занимать точно такое же положение, как и первая.

Второе условие требует: *выбранная схема базирования должна обеспечивать отсутствие погрешности базирования (ϵ_{δ}) для выполняемых размеров, либо не должна превышать половины допуска на размер, для которого рассчитывается погрешность базирования ($\epsilon_{\delta A} \leq 0,5T_A$)*.

Первое условие обеспечивается соблюдением правила шести точек, которое декларирует: *для полного базирования заготовки, т.е. придания ей вполне определенного положения в приспособлении, необходимо и достаточно наличия шести опорных точек, лишаящих заготовку шести степеней свободы: возможности перемещаться вдоль трех взаимно перпендикулярных координатных осей и возможности поворачиваться вокруг них*.

Каждая опорная точка лишает заготовку только одной степени свободы.

Опорные точки в приспособлении материализуются установочными элементами, и базирование заготовки осуществляется путем доведения ее технологических баз до соприкосновения с установочными элементами приспособления.

Правило расчета погрешности базирования: погрешность базирования равна сумме допусков на размеры, связывающие технологическую и измерительную базы.

Рассмотрим пример базирования призматической заготовки (рис.15). Опора 1, расположенная на координатной плоскости ZOY, связывает заготовку с этой плоскостью, лишает заготовку возможности перемещаться вдоль оси OX,

определяет положение заготовки по оси X , не позволяет поставить заготовку к плоскости ZOY ближе, чем на величину x . Но, устанавливая заготовку на опору 1, можем ее развернуть вокруг вертикальной оси. Чтобы этого не произошло, в плоскости ZOY нужна еще одна опора – 2-ая. Она лишит заготовку возможности поворачиваться вокруг оси Z , определит угловое положение заготовки относительно этой оси.

Опора 3 связывает заготовку с координатной плоскостью XOY , лишает ее возможности перемещаться вдоль оси Z , определяет ее положение по оси Z . Но, установленная на опору 3, заготовка не имеет устойчивого положения. Она может поворачиваться вокруг осей X и Y . Чтобы этого не происходило, на плоскости XOY надо поставить еще две опоры – 4-ую и 5-ую. 4-ая опора лишит заготовку возможности поворачиваться вокруг оси X , 5-ая – вокруг оси Y . Последнюю степень свободы заготовки – возможность перемещаться вдоль оси Y – лишаем, установив 6-ую опору, связывающую заготовку с плоскостью ZOX . Таким образом видно, что шесть опор обеспечили заготов-

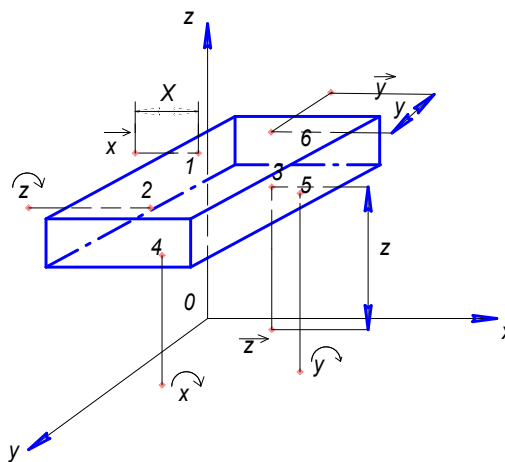


Рис. 15. Схема базирования призматической заготовки

ке однозначное, определенное положение в системе координат XYZ , т.е. позволили осуществить ее полное базирование. Каждая следующая заготовка в партии, поставленная на эти шесть опор, займет точно такое же положение.

Опора 3 связывает заготовку с координатной плоскостью XOY , лишает ее возможности перемещаться вдоль оси Z , определяет ее положение по оси Z . Но, установленная на опору 3, заготовка не имеет устойчивого положения. Она может поворачиваться вокруг осей X и Y . Чтобы этого не происходило, на плоскости XOY надо поставить еще две опоры – 4-ую и 5-ую. 4-ая опора лишит заготовку возможности поворачиваться вокруг оси X , 5-ая – вокруг оси Y . Последнюю степень свободы заготовки – возможность перемещаться вдоль оси Y – лишаем, установив 6-ую опору, связывающую заготовку с плоскостью ZOX . Таким

образом видно, что шесть опор обеспечили заготовке однозначное, определенное положение в системе координат XYZ, т.е. позволили осуществить ее полное базирование. Каждая следующая заготовка в партии, поставленная на эти шесть опор, займет точно такое же положение.

Заготовка имеет шесть степеней свободы. При базировании для определения ее положения достаточно шести опорных точек. Если ей дать большее число опорных точек, то она из них возьмет только шесть. Причем каждая следующая заготовка будет брать свой комплект из шести точек вследствие того, что каждая заготовка в партии имеет свои погрешности формы и взаимного положения поверхностей. Это вызывает неопределенность, неодинаковость положения заготовок в приспособлении и приводит к появлению дополнительной погрешности при обработке. При наличии опорных точек больше, чем шесть, имеет место неопределенное базирование заготовки, что является грубейшей ошибкой при проектировании приспособления.

В ряде случаев нет необходимости при установке заготовки регламентировать ее положение по всем шести степеням свободы. Например, при установке цилиндрической заготовки для обточки на токарном станке нет необ-

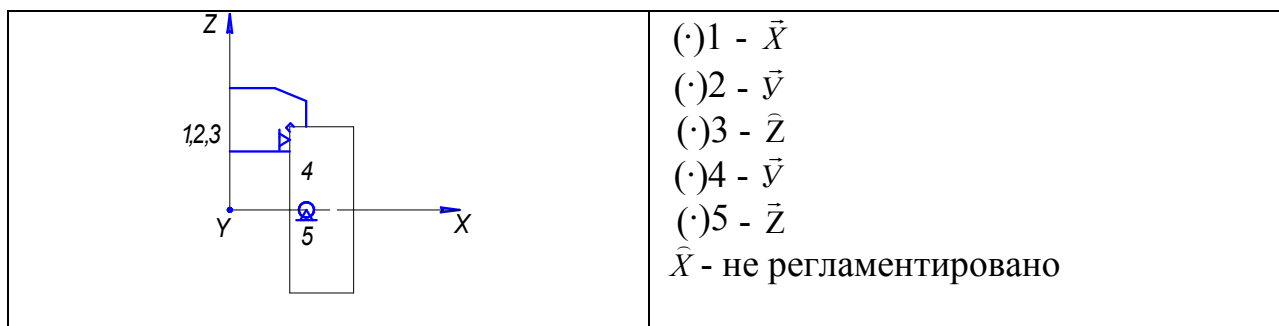
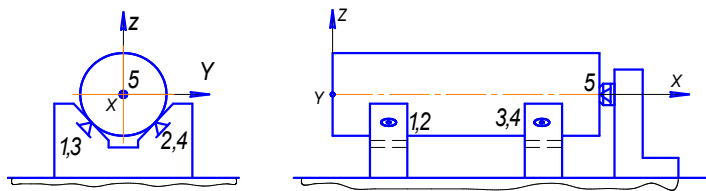


Рис. 16. Схема базирования цилиндрической заготовки на токарном станке

ходимости фиксировать ее угловое положение относительно оси шпинделя станка, так как оно не влияет на точность получаемых при обработке размеров диаметров и длин обрабатываемых поверхностей. При базировании достаточно лишить ее пяти степеней свободы (рис.16).

Аналогичную картину имеем при установке цилиндрической заготовки в призмы при фрезеровании шпоночного паза, лыски или сверления отверстий (рис.17)

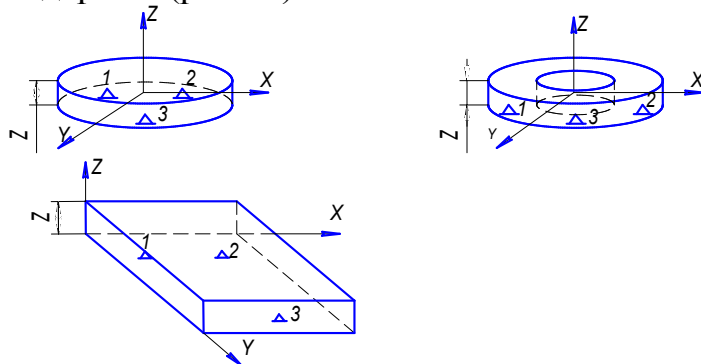


$$(\cdot)1 - \vec{X} \quad (\cdot)2 - \vec{Y} \quad (\cdot)3 - \vec{Z} \quad (\cdot)4 - \vec{Y} \quad (\cdot)5 - \vec{Z}$$

$\hat{X}$ - не регламентировано

Рис. 17. Схема базирования цилиндрической заготовки в призмы

При фрезеровании или шлифовании плоской поверхности у деталей типа колец, дисков, призматических деталей, положение которой задано одним размером Z , заготовку достаточно лишить трех степеней свободы. Размер Z будет выдержан (рис.18).



$\vec{Z}$; $(\cdot)2 - \hat{X}$; $(\cdot)3 - \vec{Y}$; $\vec{X}$, $\vec{Y}$, $\hat{X}$ - не регламентированы

$(\cdot)1 -$

Рис. 18. Схема базирования заготовок при обработке плоской поверхности

Такое базирование называется неполным. При нем число опорных точек может быть от трех до пяти, что упрощает и удешевляет приспособление. Необходимое число опор и правильное их расположение выбирается на основе изучения простановки размеров на чертеже детали, координирующих обрабатываемую поверхность. При затруднении применения технически обоснованных норм времени, даже в рассмотренных выше примерах следует использовать полное базирование.

Вторым условием, обуславливающим правильность выбора схемы базирования заготовки, является требование:

$$\varepsilon_{\delta A} = 0, \text{ либо } \varepsilon_{\delta A} \leq 0,5 T_A$$

Погрешность базирования ε_{δ} — это величина максимально возможного при данной схеме установки смещения положения измерительной базы заготовок

обрабатываемой партии относительно режущего инструмента, которое возникает при несовпадении технологической и измерительной баз из-за колебания размеров заготовки, связывающих технологическую и измерительную базы, в пределах допуска на них и погрешности их взаимного положения.

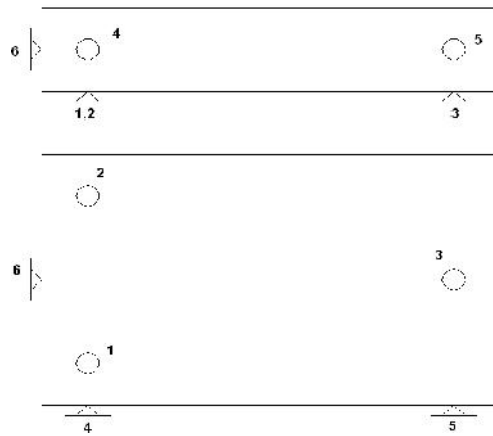
Условием возникновения погрешности базирования является несовпадение технологической и измерительной баз, причиной – колебание размеров, связывающие технологическую и измерительную базы и погрешность их взаимного положения, имеющую место из-за наличия допусков на эти параметры детали.

Технологические базы – это поверхности, линии или точки, принадлежащие заготовке, которые используются для определения ее положения на станке при обработке. Это те поверхности, линии или точки заготовки, которыми она доводится до соприкосновения с установочными элементами приспособления в процессе ее установки в приспособление.

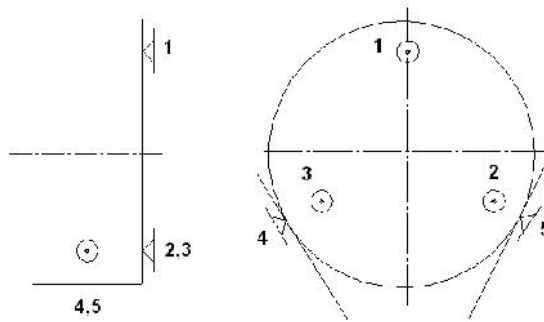
Измерительная база – это поверхность, линия или точка, принадлежащая детали, от которой производится отсчет выполненного размера или проверка относительного положения поверхностей детали.

2.2. Типовые схемы базирования заготовок

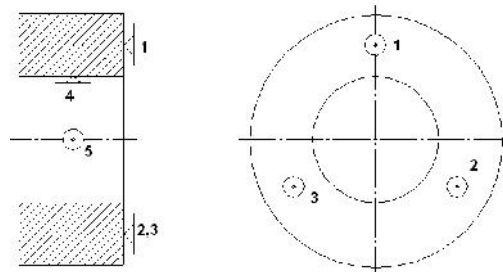
Для облегчения решения задачи расположения опорных точек на технологических базах заготовки выделены типовые детали машин и предложены схемы их базирования. Наиболее распространенными схемами базирования являются (рис.19): а) по трем плоским поверхностям (корпусы) (см. рис.19,а); б) по торцу и наружной цилиндрической поверхности (диски без отверстия) (см. рис. 19,б); в) по торцу и внутренней цилиндрической поверхности (диски с отверстием) (см. рис. 19,в); г) по наружной цилиндрической поверхности и торцу (валы) (см. рис. 19,г); д) по внутренней цилиндрической поверхности и торцу (полые цилиндры) (см. рис. 19,д); е) по центровым гнездам (валы) (см. рис. 19,е); ж) по плоской поверхности и двум наружным цилиндрическим поверхностям (рычаги) (см. рис. 19,ж); з) по плоской поверхности и двум отверстиям (корпусы) (см. рис. 19,з).



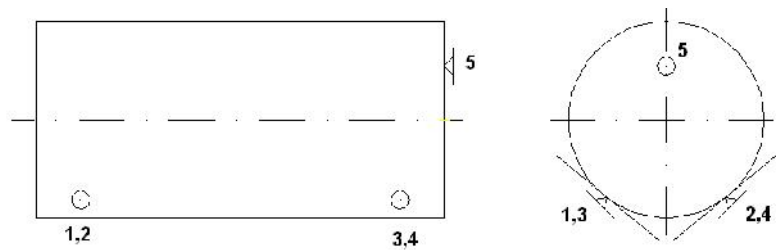
a)



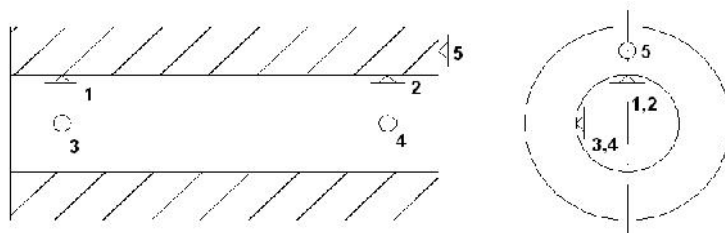
b)



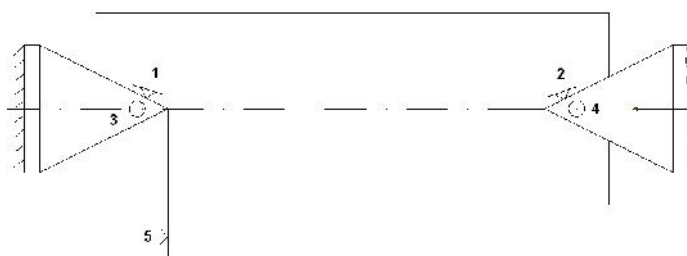
B)



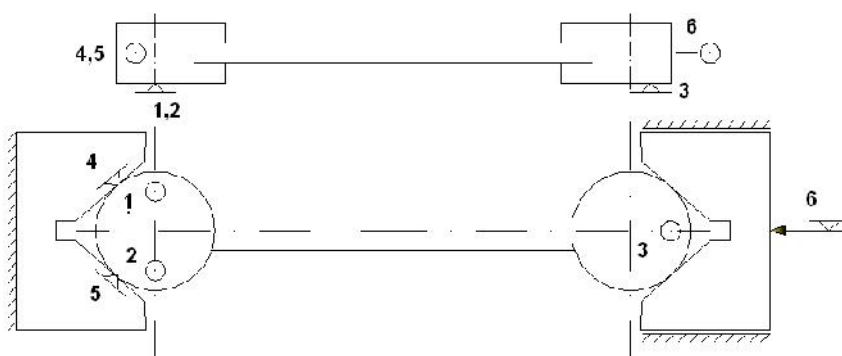
Г)



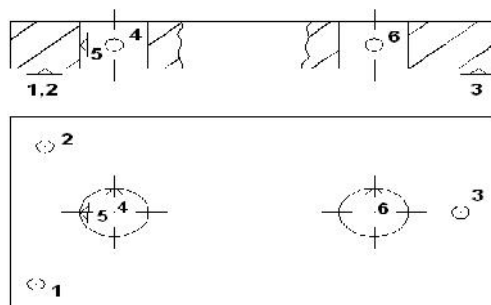
Д)



е)



ж)



3)

Рис. 19. Типовые схемы базирования заготовок

Чтобы установить какой именно степени свободы лишает заготовку каждая опорная точка, целесообразно проследить вдоль какой оси координат надо перемещать (поворачивать) заготовку, чтобы установить ее на эту опору.

2.3. Особенности установки заготовок на станках с ЧПУ

Станки с ЧПУ являются основным средством автоматизации мелкосерийного и серийного производства в машиностроении. Для повышения точности и производительности обработки заготовок на таких станках к станочным приспособлениям предъявляют ряд требований, обусловливаемых особенностью станков с ЧПУ. К таким требованиям относятся: повышенная точность приспособлений; полное базирование заготовок в приспособлении и полное базирование приспособления на станке; возможность подхода режущего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям при обработке максимального числа поверхностей с одной установки заготовки; высокая гибкость приспособлений, обеспечивающая сокращение времени на их переналадку или смену. На таких станках наиболее эффективно применять системы переналаживаемых приспособлений, обеспечивающих путем их переналадки или перекомпоновки возможность установки широкой номенклатуры заготовок различных по форме и размерам.

При выборе схемы базирования (заготовка) необходимо стремиться к исключению погрешности ее базирования, особенно при установке заготовок в приспособлениях, размещаемых на спутниках с их автоматической сменой.

При базировании заготовок типа тел вращения в патронах или на оправках в качестве двойных опорных или двойных направляющих баз принимают наружные или внутренние цилиндрические поверхности, а также поверхности центровых отверстий (при установке заготовок в центрах). При базировании заготовок

плоских и корпусных деталей в качестве баз применяют в основном три плоских поверхности или одну плоскую и два отверстия. При базировании заготовок по трем плоским поверхностям «в координатный угол» базирование заготовок осуществляется по установочной технологической базе (плоской поверхности) и направляющей и опорной базам заготовки (двум плоским поверхностям). Схема базирования заготовок по трем плоским поверхностям является более простой и надежной, обеспечивает высокую точность базирования при задании размеров на геометрическом плане расположения обрабатываемых поверхностей детали в системе координат, оси которой совмещены с технологическими базами заготовки. Недостатком этой схемы базирования является невозможность производить обработку заготовок с четырех-пяти сторон или по контуру с одной установки. В этих случаях применяют схему базирования по плоской поверхности и двум отверстиям, при которой неизбежно возникают погрешности базирования в результате неточности обработки технологических отверстий заготовки, неточности изготовления пальцев установочных и наличия гарантированного зазора в соединениях пальцы-отверстия для свободной установки и съема заготовок.

Установка заготовок на станках с ЧПУ может выполняться как в приспособление, так и без него.

При установке заготовки на столе станка без приспособления для обеспечения ее правильного положения относительно шпинделя станка необходимо производить выверку заготовки по двум боковым поверхностям - направляющей и опорной базам заготовки с помощью контрольной оправки, устанавливаемой в шпиндель станка, и щупов (рис.20, а) с помощью индикаторной оправки по индикатору (рис.20, б). Можно использовать эталонный угольник с магнитом, устанавливаемый на угол заготовки, и визирный микроскоп, устанавливаемый в шпиндель станка, обеспечивающий оптическую ориентацию заготовки по риске угольника (рис.20, в). При базировании по плоской поверхности и отверстию заготовку выставляют по отверстию с помощью грибового или индикаторного центроискателя.

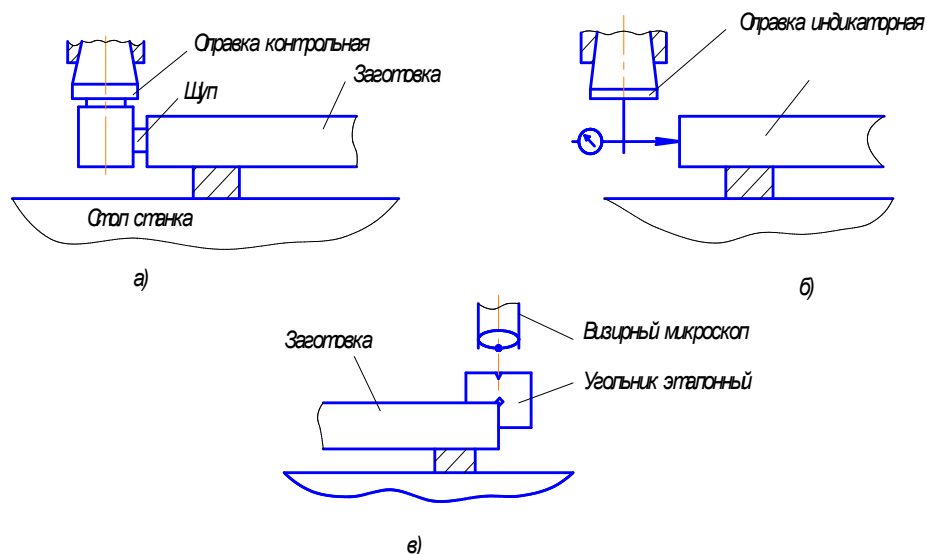


Рис. 20. Схемы выверки заготовки на столе станка

Установка заготовок без приспособлений с выверкой на столе станка требует значительных затрат времени, в течение которого станок простаивает. Для сокращения времени простоя дорогостоящих станков с ЧПУ необходимо устанавливать заготовки в приспособлениях. При этом целесообразно применять приспособления с быстродействующими механизированными приводами зажима. Наиболее эффективно применять два приспособления, что обеспечивает смену заготовок в одном из приспособлений вне рабочей зоны станка или вне станка на спутнике во время обработки заготовки в другом приспособлении. При этом станок будет простаивать лишь в течение времени, необходимого для быстрого перемещения стола станка или смены спутника с приспособлением на столе станка.

Для обеспечения автоматической ориентации приспособления относительно начала координат станка необходимо его полное базирование на станке, обеспечивающее ему строго определенное положение относительно нулевой точки станка.

Для полного базирования приспособления оно должно иметь базирующие элементы, соответствующие посадочным местам станков и обеспечивающие точное положение приспособлений на столах станков. Например, при наличии на столе продольных пазов и центрального поперечного паза приспособление базируется с помощью двух установочных шпонок или штырей по продольному и одной шпонки по поперечному пазам (рис 21,а). Если на столе станка имеются продольные пазы и центральное отверстие, приспособление базируется цилиндрическим штырем по отверстию и штырем по продольному пазу (рис. 21,б). Приспособление можно базировать в «координатный угол» (рис. 21,в)

посредством точно изготовленного угольника 1, устанавливаемого и закрепляемого в продольных пазах стола станка. При базировании приспособлений только по продольному пазу (рис. 21,г) установка инструмента 2 в исходную точку обработки выполняется по шупу и установам 1 и 3.

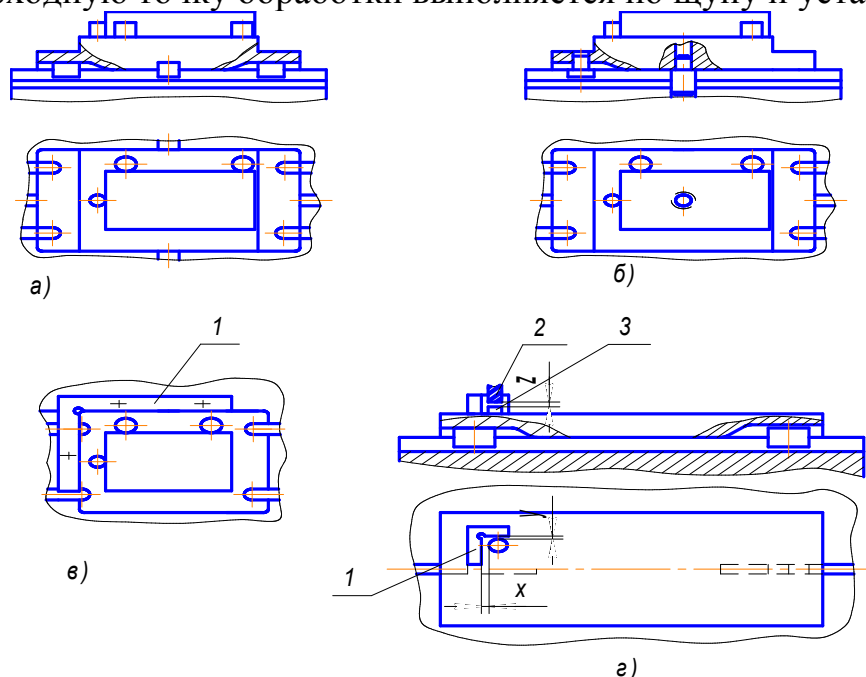


Рис. 21. Схемы установки приспособлений на столе станка

При установке приспособлений на спутнике 1, к торцам которого прикреплены поперечная 3 и продольная 4 планки с Т-образными пазами (рис.22,а), , приспособление 2 базируют по продольной планке 4 и шпонке 5, установленной на этой планке. Базирование приспособления 2 на спутнике по Т-образному пазу (рис.22,б) выполняют двумя шпонками, а в продольном направлении посредством мерной планки 3, упирающейся в торцовую планку 4, либо посредством штыря 3, установленного в отверстие плиты 1 и двух штырей 5, установленных в торцовой планке 4 (рис. 22,д). Базирование приспособления на спутнике с сеткой координатно-фиксирующих отверстий выполняют посредством трех штырей (рис.22,в), установленных в отверстиях плиты, либо посредством планок 5, упирающихся в торцовые планки 3 и 4 (рис. 22,г).

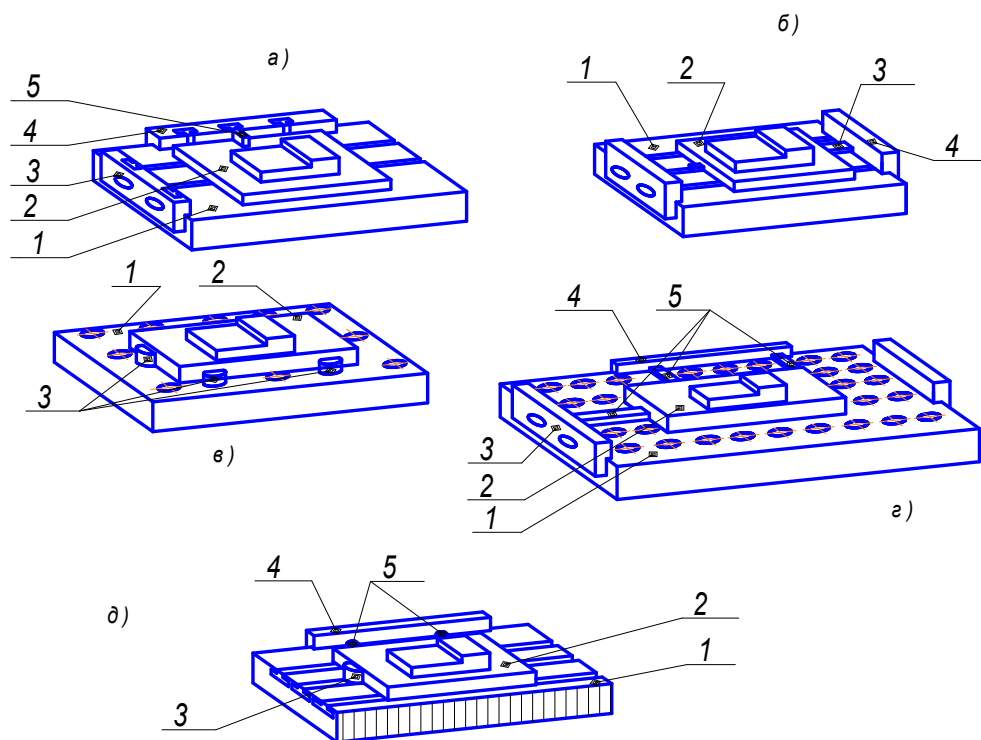


Рис.22. Схемы установки приспособлений на спутниках

Погрешность установки приспособления на станке $\varepsilon_{у.пр.}$ складывается из погрешности его базирования на станке ε_{δ} , погрешности его закрепления ε_3 и погрешности, возникающие от износа элементов для установки приспособления

$$\varepsilon_{изн.э} \varepsilon_{у.пр.} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{изн.э.}^2}.$$

При установке приспособления на спутнике возникает погрешность спутника $\varepsilon_{сп.}$, которая включает погрешность изготовления спутника $\varepsilon_{изг.сп.}$; погрешность, возникающую из-за износа элементов спутника, ориентирующих приспособление $\varepsilon_{изн.э.сп.}$ и погрешность установки спутника на станке $\varepsilon_{у.сп.}$.

$$\varepsilon_{сп.} = \sqrt{\varepsilon_{изг.сп.}^2 + \varepsilon_{изн.э.сп.}^2 + \varepsilon_{у.сп.}^2}.$$

Погрешность установки спутника на станке суммируется из погрешности базирования спутника на столе станка $\varepsilon_{б.сп.}$, погрешности закрепления спутника $\varepsilon_{з.сп.}$ и погрешности от износа элементов для установки спутника на станке $\varepsilon_{изн.сп.}$.

$$\varepsilon_{у.сп.} = \sqrt{\varepsilon_{б.сп.}^2 + \varepsilon_{з.сп.}^2 + \varepsilon_{изн.сп.}^2}.$$

При установке приспособления по продольному и поперечному пазам ε_{δ} определяется как зазоры между пазом и шпонкой или пазом и штырем. При установке приспособления по отверстию и пазу ε_{δ} определяется как зазор между штырем и отверстием или между штырем и пазом. Для сведения к нулю ε_{δ} необходимо наличие беззазорного соединения, что обеспечивается применением конических подпружиненных пальцев или разжимных пальцев.

Для выставки и закрепления на спутниках обрабатываемых заготовок обычно используют универсальную технологическую оснастку – планки, прихваты, винтовые опоры, угольники, подкладные плиты. Такая оснастка обладает технологической гибкостью, может быть многократно использована при установке на спутнике различных по конструкции и размерам заготовок корпусных деталей. Для удобства применения гибкой технологической оснастки на рабочей поверхности спутников наносят сетку пазов или сетку отверстий (рис.23).

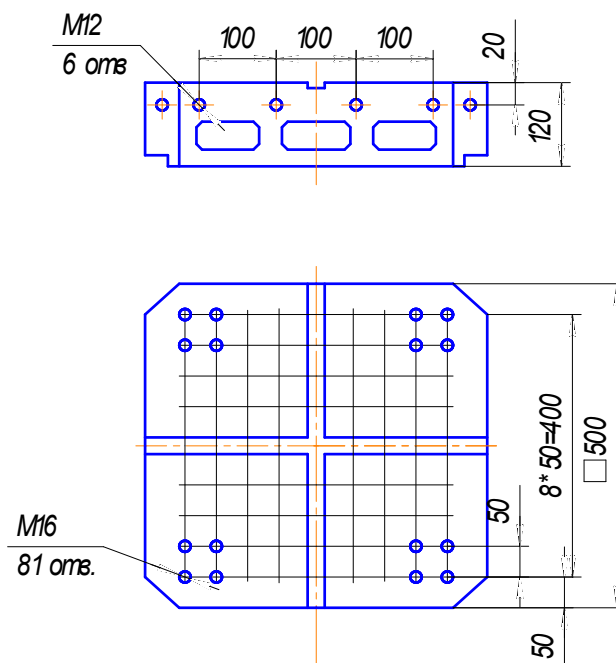


Рис. 23. Схема спутника с сеткой координатно-фиксирующих отверстий

При монтаже на спутниках простейших приспособлений для базирования заготовок широко применяют элементы универсально-сборных приспособлений.

На автоматических участках применяют два типа спутников. На спутниках первого типа закрепляют необработанные заготовки для выполнения первой операции, на которой создаются технологические базы для последующей обработки детали. Для удобства выставки заготовок на спутнике установлены регулируемые винтовые опоры и несколько независимых прижимов, которые позволяют закреплять различные по форме заготовки в нужном положении. Положение винтовых опор и прижимов на спутнике можно менять в соответствии с размерами и конфигурацией заготовки. Выставка заготовки на спутнике может выполняться как по разметке, так и без разметки с использованием координатно-измерительной машины. В этом случае руководствуются указанными на чертеже базами разметки. Они в данном случае выполняют роль технологических баз, которые используют для выставки заготовки на спутнике. При этом решается задача – путем изменения положения координатной системы баз разметки так

расположить заготовку относительно координатной системы баз спутника, чтобы обеспечить получение требуемой точности размеров и относительных поворотов поверхностей заготовки, получаемых на первой операции. Например, базами разметки для корпусной детали (рис.24) являются 1) *поверхность основания (плоскость XOY)* - установочная база; 2) *плоскость симметрии корпуса (плоскость ZOX)* - направляющая база; 3) *торцовая поверхность (плоскость ZOY)* – опорная. Началом отсчета являются координатные плоскости, соответствующие основным базам спутника. Оценка положения заготовки по технологическим базам осуществляется путем измерения отклонений в базах разметки (точки 1, 2, 3, 6) и сопоставлении их с допустимыми отклонениями. При базировании по оси симметрии точность установки оценивается по результатам измерения в двух диаметрально противоположных оси симметрии точках (точки 4'-4'' и 5'-5'').

Спутники второго типа предназначены для установки заготовки при обработке большинства ее поверхностей. Для возможности обработки заготовки с различных сторон применяют подкладные плиты, на которых заготовка базируется по плоскости и двум отверстиям при закреплении снизу. Заготовка может устанавливаться и непосредственно на спутник при базировании по трем плоскостям. Для удобства установки заготовки и подкладных плит на спутнике предусмотрены пазы и базовые отверстия.

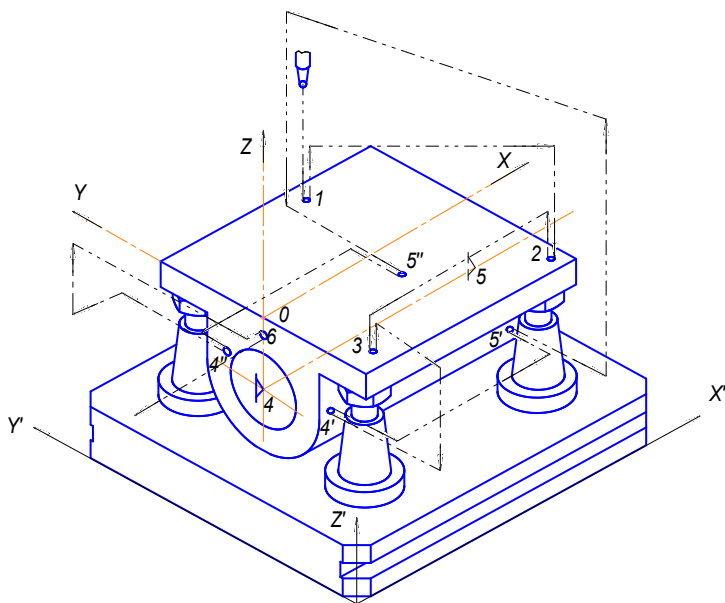
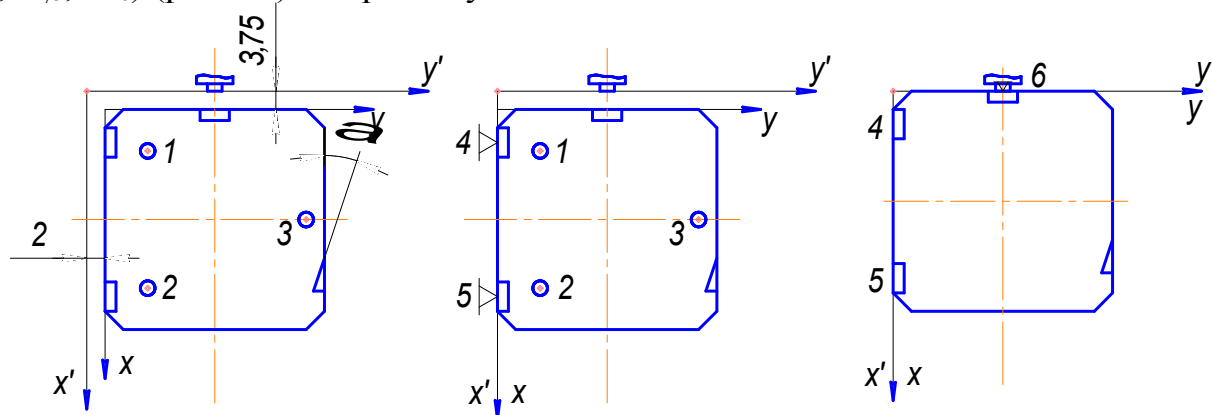


Рис. 24. Измерение положения заготовки в процессе установки

Для автоматической ориентации и закрепления спутника с заготовкой на станках применяют специальные приспособления. Базирование спутника в

приспособлении осуществляется в координатный угол по схеме $T=(\Delta_{z1}, \Delta_{z2}, \Delta_{z3}, \Delta_{y4}, \Delta_{y5}, \Delta_{x6})$ (рис. 25). С промежуточной позиции системы стыковки



Рис

. 25. Схема автоматической ориентации спутника в приспособлении

спутник тем или иным транспортирующим органом (гидроцилиндр, цепной механизм и др.) подается в рабочую позицию приспособления и устанавливается на расстоянии: 1) 2 мм от базирующих поверхностей направляющей базы; 2) 5 мм от опорной базы.

Точная ориентация спутника в приспособлении обеспечивается специальным механизмом, состоящим из автоматического толкателя и клина, расположенного на боковой поверхности спутника. Оптимальное значение угла клина $\alpha = 38^\circ$, при котором обеспечивается гарантированное досылание до опорных точек направляющей и опорной баз. Ориентация включает три фазы. На первой фазе, когда спутник выставляется по установочной базе, у него отнимают три степени свободы: z_1 , z_2 и z_3 . На второй фазе, когда спутник досылается до опорных поверхностей направляющей базы, у него отнимают еще две степени свободы: y_4 и y_5 . На третьей фазе при досылании спутника до шестой опорной точки у него отнимают оставшуюся шестую степень свободы: x_6 . Момент контакта в опорной точке 6 фиксируют с помощью электроконтактного датчика. При достижении спутником требуемого положения происходит его закрепление с помощью четырех прихватов, создающих усилия в направлении установочной базы (рис. 24). При подаче спутника 1 в приспособление зажимные прихваты 2 свободно входят в боковые пазы спутника.

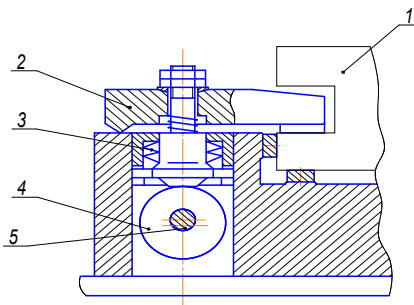


Рис. 24. Схема закрепления спутника

Сила зажима прихватов создается набором тарельчатых пружин 3. Уравнение силой зажима обеспечивается с помощью эксцентриков 4, установленных на валике 5.

Модуль 3. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ТИПОВЫХ СХЕМ БАЗИРОВАНИЯ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Программа

Классификация установочных элементов. Требования к ним.

Установка заготовок по плоским базовым поверхностям, по наружной цилиндрической поверхности и торцу, на внутреннюю цилиндрическую поверхность и торец, по двум отверстиям и плоскости, по центровым отверстиям, по зубчатым поверхностям.

Содержание

3.1. Классификация установочных элементов. Требования к ним.

Установочные элементы (опоры) служат для установки и правильной ориентации заготовок в приспособлении.

Опоры делят на основные и вспомогательные.

Основные опоры служат для базирования заготовок в приспособлении. Они жестко связываются с корпусом приспособления. Конструктивно они выполняются в виде опорных штырей (рис.25,а), пластин (рис.25,б), призм, (рис.25,в), пальцев установочных (рис.25,г) и т.д. Выбор того или иного вида опор зависит от формы базовой поверхности заготовки.

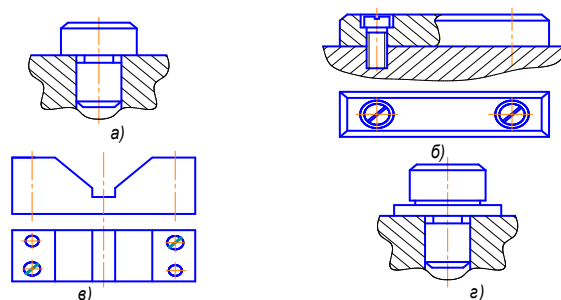


Рис. 25. Разновидности установочных элементов

Если заготовка нежесткая и под действием усилия закрепления или сил резания в процессе обработки может деформироваться, то дополнительно к основным опорам применяют *вспомогательные*. Их назначение – повысить жесткость и устойчивость заготовки при ее обработке. Вспомогательная опора не должна нарушать положения, достигнутого заготовкой при установке на основные опоры. Поэтому она должна быть подвижной, устанавливаться по заготовке и жестко фиксироваться только после установки заготовки на основные опоры.

Например, для заготовки по рис.26 наличие шести опор не обеспечивает

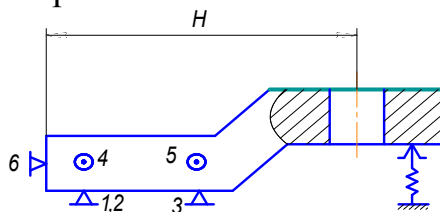


Рис. 26. Пример установки заготовки на основные и вспомогательные опоры

заготовке устойчивого положения. При сверлении отверстия она может деформироваться или опрокинуться. Для предупреждения этого нужна вспомогательная опора, которая будет воспринимать осевую силу (силу подачи) при сверлении.

Пример конструкции самоустанавливающейся опоры (рис.27)

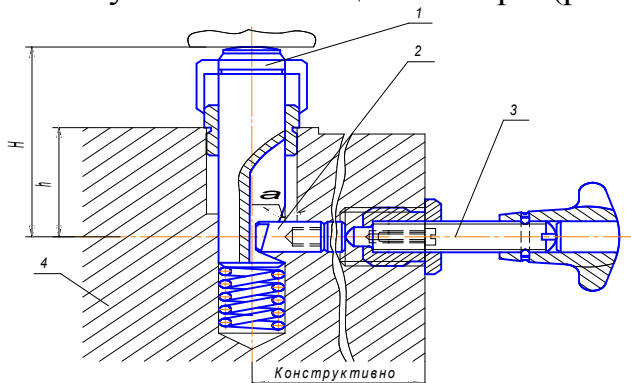


Рис.27. Опора самоустанавливающаяся

Вертикальный штырь 1 под действием предварительно сжатой, но достаточно слабой пружины 4 выдвигается вверх до соприкосновения с заготовкой, не вызывая ее смещения. Затягивая винт 3, опору стопорят в установленном положении. Сухарь 2 ограничивает выдвижение штыря 1 при отведении винта. При угле скоса $\alpha \leq 10^\circ$ система обладает свойствами самоторможения.

Пример подводимой опоры (рис.28).

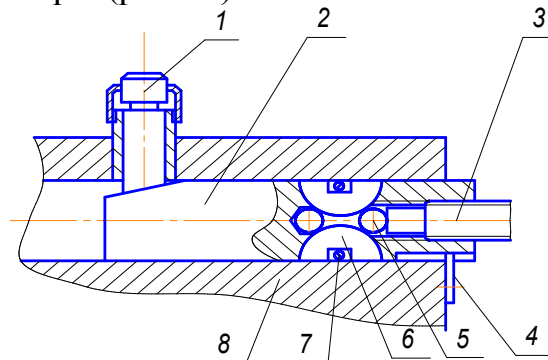


Рис. 28. Опора подводимая

Если в приспособлении нет заготовки, то штырь 1 вспомогательной опоры располагается ниже основных опор. После установки заготовки на основные опоры, вручную, движением клина 2 влево, выдвигают штырь 1 до соприкосновения с поверхностью заготовки. Далее ввинчивая винт 3 в клин 2, нажимают на шарики 5, которые при сближении выдвигают по радиальным пазам сегментные шпонки 6 до их упора в корпус 8. Опора стопорится за счет сил трения на поверхностях соприкосновения шпонок с корпусом приспособления. Кольцевая пружина 7 обеспечивает возврат шпонок при раскреплении опоры. От поворота клин 2 предохраняет планка 4. Угол наклона клина принимают равным $10^\circ \dots 15^\circ$. Клиновидная опора является самотормозящей.

Достоинствами самоустанавливающихся опор являются быстрое действие и возможность одновременного управления несколькими опорами от одного привода (например, через клиновую передачу). Недостаток – неспособность выдерживать большие силы, действующие вдоль оси опорного штыря. В этом случае требуется увеличение прочности и габаритных размеров стопорного устройства.

Достоинством подводимой опоры по сравнению с самоустанавливающейся является способность выдержать значительно бо́льшие силы, действующие вдоль оси опорного штыря. К ее недостаткам относятся – низкая производительность, связанная с ручным приводом опоры; невозможность одновременного управления опорами; неприменимость при обработке легких и маложестких деталей, так как

при подводе опоры вручную можно нарушить положение детали, определяемое основными опорами.

В приспособлениях нередко применяют винтовые регулируемые опоры (рис.29). Они могут быть использованы и как основные, и как вспомогательные опоры. Их изготавливают по ГОСТ 4084-68, 4085-68 и 4086-68.

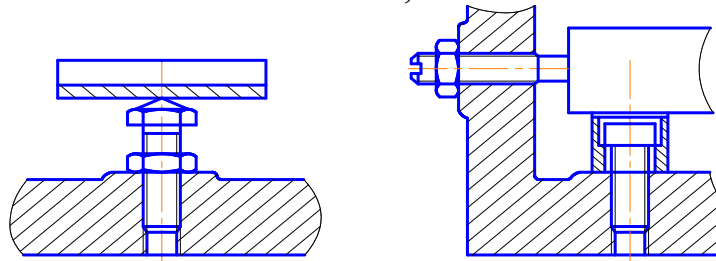


Рис.29. Винтовые опоры приспособлений

Требования к установочным элементам:

- рабочие поверхности установочных элементов должны быть небольших размеров. Это позволит уменьшить влияние погрешности формы технологической базы заготовки на величину погрешности базирования;
- установочные элементы не должны портить технологические базы заготовки при ее установке на обработанные поверхности. Поэтому нельзя сводить контакт установочных элементов с базой к точке;
- установочные элементы должны быть жесткими. Их рабочие поверхности должны обладать высокой износостойкостью. Это позволит уменьшить влияние износа установочных элементов с базой к точке;
- установочные элементы должны быть жесткими. Их рабочие поверхности должны обладать высокой износостойкостью. Это позволит уменьшить влияние износа установочных элементов на погрешность установки. Для этого установочные элементы изготавливают из углеродистых сталей У7А-У10А с закалкой до твердости HRC 50-55 или из сталей марок 20 или 20Х с цементацией рабочих поверхностей на глубину 0,8 – 1,2 мм и закалки до той же твердости. В серийном производстве при небольшом сроке службы приспособления для удешевления его конструкции установочные элементы изготавливают из сталей 45 или 40Х с закалкой до твердости HRC 35-40. В массовом производстве в некоторых случаях для особо точных приспособлений на поверхности установочных элементов наплавляют твердый сплав;
- конструкции установочных элементов должны обеспечивать быструю их замену при износе или повреждении.

3.2. Установка заготовок по плоским базовым поверхностям

Теоретическая схема базирования заготовки по плоским базовым поверхностям рассмотрена ранее (гл.2). Она показала (рис.29), что для придания заготовке определенного, однозначного положения в приспособлении для ее базирования необходимо использовать сочетание установочной, направляющей и опорной баз. Причем за установочную технологическую базу рекомендуется использовать поверхность с наибольшей площадью, за направляющую узкую протяженную поверхность, за опорную базу – поверхность с наименьшей площадью.

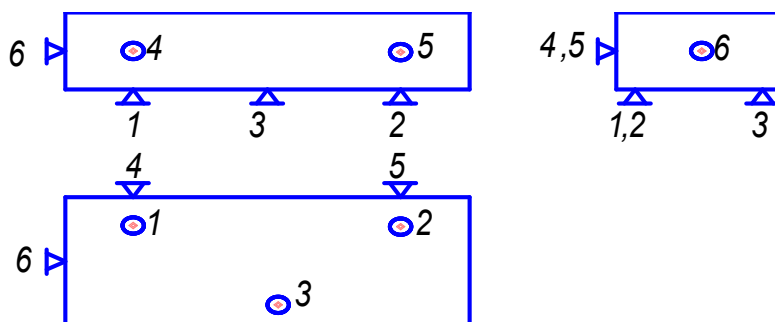


Рис. 29. Теоретическая схема базирования заготовок по плоским базовым поверхностям

В качестве установочных элементов в этом случае используют опорные штыри и опорные пластины. Их конструкции и размеры определены стандартами.

Опорные штыри (ГОСТ 13440-68; 13441-68; 13442-68) изготавливают с плоской (рис.30,а); сферической (рис.30,б) и насеченной (рис.30,в) головками.

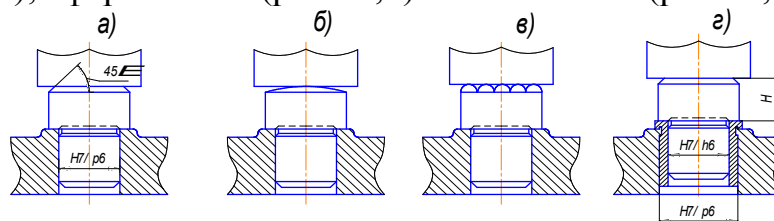


Рис.30. Опорные штыри

Заготовки с обработанными базовыми поверхностями устанавливают в приспособление на штыри с плоской головкой. Заготовки с необработанными базовыми поверхностями устанавливают на штыри со сферической или насеченной головкой. Причем штыри со сферической головкой применяют только при установке узких деталей, чтобы увеличить расстояние между опорами. При частой смене изношенных штырей их устанавливают в переходную стальную каленую втулку по посадке $\frac{H7}{h6}$, а втулка в корпус приспособления по посадке $H7/p6$ (рис.25, г). Головку высотой H выполняют с отклонениями по посадкам $h6$ или $h5$, чем обеспечивают их взаимозаменяемость. Отверстия под штыри в корпусе приспособления выполняют сквозными, чтобы облегчить выбивание изношенного штыря. Сопряжение штырей с отверстиями – по посадке $H7/p6$. Опорные

площадки в корпусе под головки штырей должны слегка выступать (рис. 31). Их обрабатывают с одного рабочего хода.

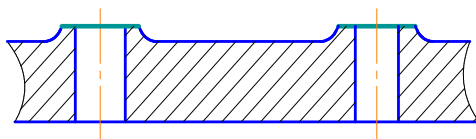


Рис. 31. Оформление корпуса под головки штырей

Опорные пластины (ГОСТ 4743-68) применяют двух типов: плоские и с косыми пазами (рис. 32). Их также устанавливают на выступающих площадках корпуса, обработанных с одного рабочего хода.

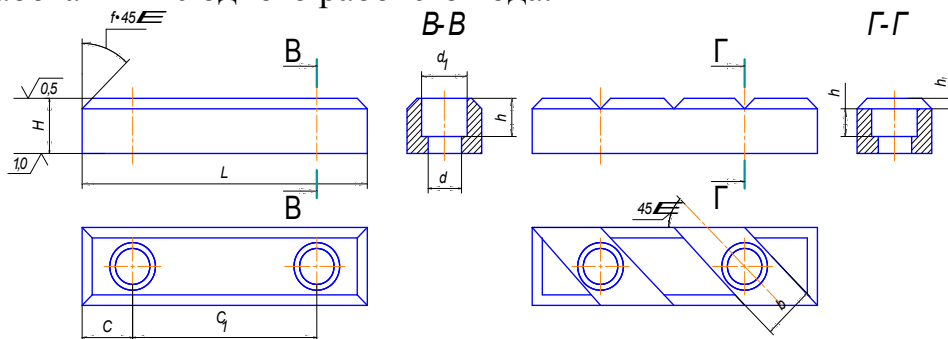


Рис. 32. Опорные пластины

Плоские пластины устанавливают на вертикальных станках. Пластины с косыми пазами – на горизонтальную плоскость. Косые пазы выполняют над отверстиями под крепежные винты. Они снижают влияние стружки, попавшей в отверстие под крепежный винт, на точность установки заготовки на пластину.

Детали больших размеров с обработанными базовыми плоскостями устанавливают на пластины. Детали небольших и средних размеров – на штыри.

Точность получения размеров заготовки в типовых случаях ее установки на плоские базовые поверхности (рис.33):

$\varepsilon_{6A}=0$, так как технологическая и измерительная базы совпадают.

$\varepsilon_{6B}=T_h$, так как положение измерительной базы для размера B может изменяться на величину допуска на размер h .

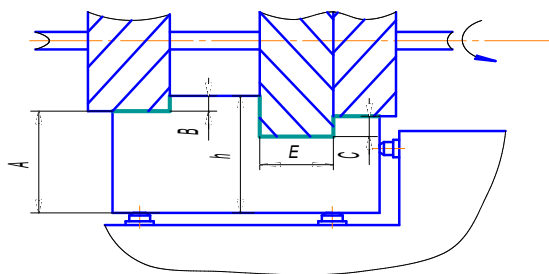


Рис.33. Погрешность базирования линейных размеров

$\varepsilon_{\delta A}=0$, так как размер C получается при одной инструментальной наладке.

$\varepsilon_{\delta E}=0$, так как размер E связывает поверхности, обрабатываемые одновременно одним инструментом.

Величина погрешности закрепления зависит от вида контакта заготовки с опорой, площади опоры, твердости заготовок, шероховатости ее базовых поверхностей и усилия закрепления: $\varepsilon_z = (y_{\max} - y_{\min}) \cos \alpha$

3.3. Установка заготовок по наружной цилиндрической поверхности и торцу

В зависимости от соотношения длины цилиндрической поверхности l и ее диаметра d существуют две схемы базирования таких заготовок, различающиеся между собой распределением опорных точек между цилиндром и торцом.

При соотношении $l/d \geq 1$ наиболее точное базирование обеспечивается сочетанием двойной направляющей базы и одной опорной базы. Двойной направляющей базой является цилиндрическая поверхность, опорной – торец (рис. 34). Шестая опорная точка, лишаящая заготовку поворота вокруг ее оси,

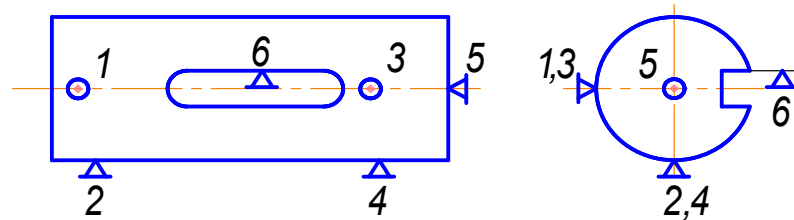


Рис. 34. Типовая схема базирования вала

при необходимости может быть задана на поверхности шпоночного паза, лыски или радиального отверстия.

При соотношении у заготовки $l/d < 1$ четыре опорные точки, расположенные на образующей цилиндра, не обеспечивают ей достаточно устойчивого положения. Для точного базирования таких заготовок используют сочетание установочной базы – три опорные точки располагают на торце заготовки и двойной опорной базы, когда две опорные точки располагают на цилиндрической поверхности (рис.35). Шестая опорная точка, лишаящая заготовку

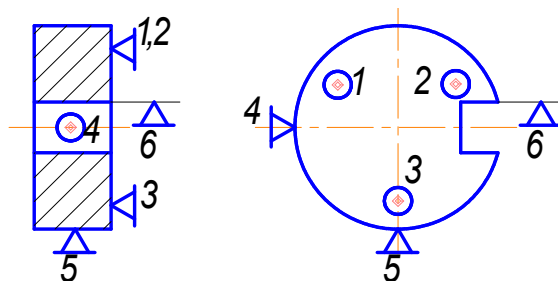


Рис. 35. Типовая схема базирования диска

возможности поворота вокруг своей оси, может быть реализована как в первом случае.

Реализуют такие схемы базирования в приспособлении, применив установочные элементы в виде призм, втулок, а так же самоцентрирующих патронов с упором в торец заготовки или в уступ ее ступени.

Призма (рис.36) – это установочный элемент с рабочей поверхностью в виде паза, образованного двумя плоскостями, наклоненными друг к другу под углом α . Призмы стандартизованы по ГОСТ 12195-66...12197-66.

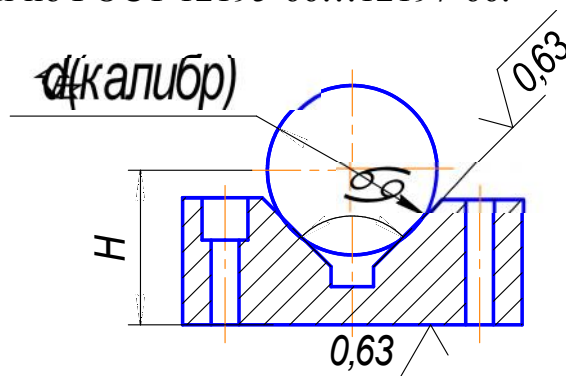


Рис. 36. Призма

В приспособлениях используют призмы с углом $\alpha=60^\circ$, 90° и 120° . Наибольшее распространение получили призмы с $\alpha=90^\circ$. Призмы с $\alpha=120^\circ$ применяют, когда базовая поверхность заготовки не имеет полной цилиндрической поверхности и по небольшой дуге окружности нужно определить положение оси заготовки. Заготовка, помещенная на таких призмах, имеет небольшую устойчивость. Призмы с углом $\alpha=60^\circ$ применяют для повышения устойчивости заготовки когда имеются значительные силы резания, действующие параллельно основанию призмы и стремящиеся вывернуть заготовку из нее.

При установке заготовок на обработанную цилиндрическую поверхность применяют призмы с широкими опорными поверхностями (рис.37, а), а на необработанную – с узкими опорными поверхностями (рис.37, б). Для установки

заготовки по черновым базам иногда применяют точечные опоры, запрессованные в рабочие поверхности призмы (рис. 37, в).

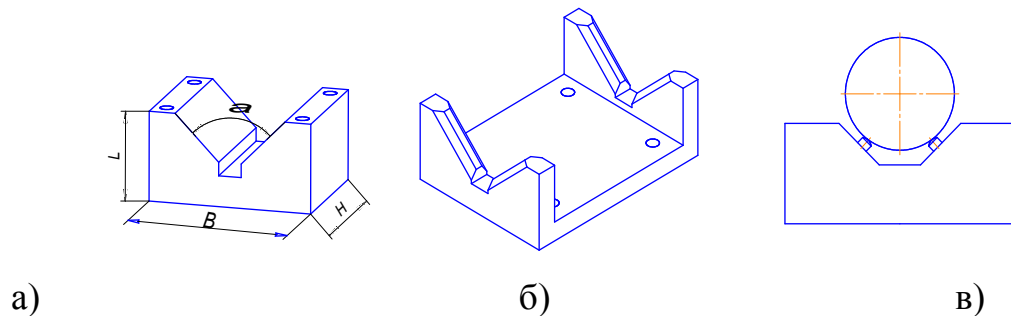


Рис.37. Типы призм для установки цилиндрических заготовок

В двух последних случаях в результате локализации контакта уменьшается влияние макрогеометрических погрешностей базовых поверхностей заготовок на устойчивость и стабильность ее установки.

При установке длинных заготовок применяют призмы с выемкой (рис.37 , б) или две соосно установленные призмы, которые после установки на корпусе шлифуют одновременно по рабочим поверхностям для достижения соосности и равновысокости. Если по условиям обработки длинную заготовку необходимо поставить на несколько призм, то две из них делают жесткими (основные опоры), а остальные подвижными (вспомогательные опоры). Призмы крепят к корпусу приспособления винтами и фиксируют двумя контрольными штифтами.

Погрешность базирования ε_6 при установке в призму зависит от допуска на диаметр цилиндрической поверхности заготовки, угла призмы α и от того, как проставлен размер до обрабатываемой поверхности. Например, при фрезеровании лыски, размер до нее может быть задан от различных измерительных баз (рис.38).

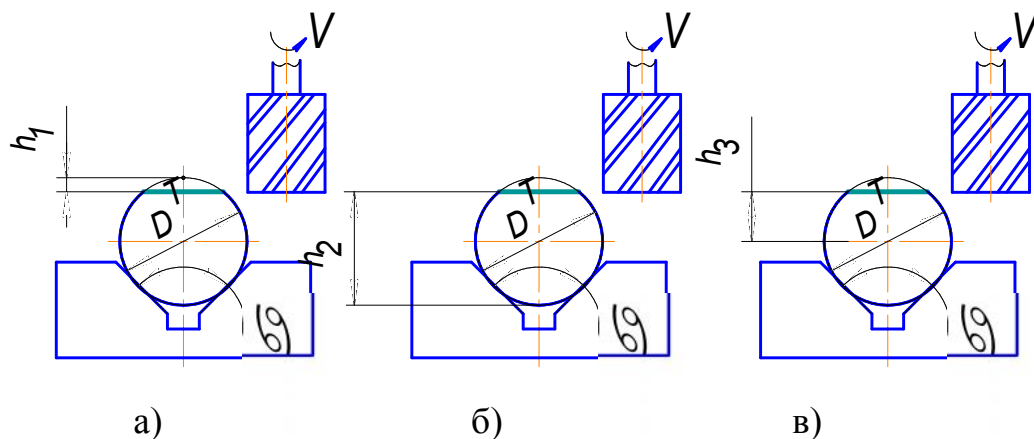


Рис.38. Варианты простановки размеров до обрабатываемой поверхности заготовки, установленной в призму

На схеме а) рис.38 измерительной базой для размера h_1 является верхняя образующая цилиндра. На схеме б) - измерительной базой для размера h_2 является нижняя образующая цилиндра. На схеме в) - измерительной базой для размера h_3 является ось вала. Технологической базой являются образующие цилиндра, которыми он контактирует с призмой. Во всех случаях измерительная база не совпадает с технологической. В результате во всех трех случаях должна появиться погрешность базирования выдерживаемого размера. Из-за изменения диаметра заготовки в партии деталей в пределах допуска от D до $(D-T)$ имеют разную глубину их установки в призму, что вызывает смещение положения измерительной базы относительно настроенного на размер режущего инструмента (рис.39).

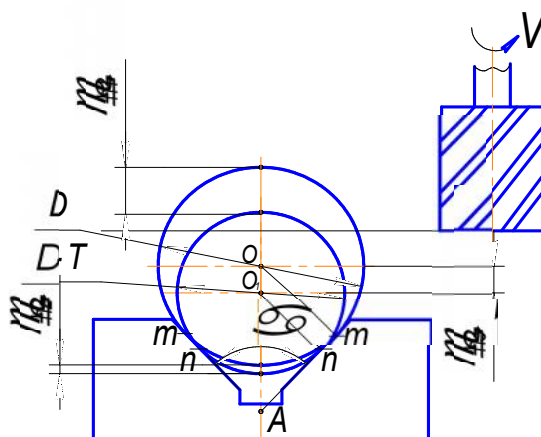
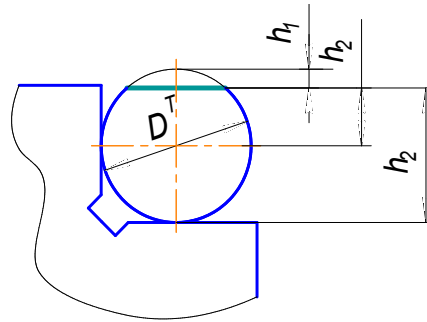


Рис. 39. Схема образования погрешностей базирования размеров заготовки при ее установке в призму

Сечение $m-m$ определяет положение технологической базы вала диаметром D , сечение $n-n$ – диаметром $(D-T)$. Из рисунка видно, что наибольшее смещение положения измерительной базы имеет размер h_1 , наименьшее – размер h_3 . Соответственно наибольшую величину погрешности базирования имеет размер h_1 , наименьшую – h_3 . Это надо учитывать при выборе схемы установки детали на призму. По схеме рис.34 можно определить погрешность базирования для

размеров h_1 , h_2 и h_3 : $\varepsilon_{\delta h_1} = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} + 1 \right)$; $\varepsilon_{\delta h_2} = \frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right)$; $\varepsilon_{\delta h_3} = \frac{T_D}{2 \cdot \sin \alpha / 2}$.

Повысить точность выполняемого размера не меняя технологической базы можно изменением положения призмы относительно вала (рис.40).



$$\varepsilon_{\sigma h_1} = T_D; \quad \varepsilon_{\sigma h_2} = 0; \quad \varepsilon_{\sigma h_3} = \frac{T_D}{2}$$

Рис.40. Вариант положения призмы относительно вала

При закреплении заготовок в призме имеют место контактные деформации, смещающие ось заготовки. Смещение (осадку) заготовки в плоскости симметрии призмы с углом 90° можно определить по эмпирической формуле:

$$y = \left(0,017 + \frac{3}{HB} + 0,001R_z + \frac{1,7}{D} \right) P^{0,7} \text{ (мкм)}$$

где D – диаметр заготовки, мм; P – усилие закрепления приходящееся на 1 см длины образующей, по которой осуществляется контакт заготовки с призмой, Н; HB – твердость по Бринеллю материала заготовки; R_z – параметр шероховатости базовой поверхности заготовки, мкм.

Базирование *во втулку* (рис.36) применяется, если базовые шейки заготовки выполнены по 7–9-му квалитетам точности. Втулка устанавливается в корпус приспособления по посадке $\frac{H7}{p6}$. Отверстие во втулке выполняется по 6-7-му квалитетам точности.

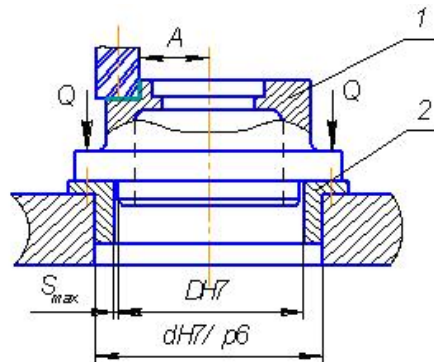


Рис .41. Схема установки заготовок во втулку

На рис.41 показана схема установки корпусной детали 1 во втулку 2 с базированием по цилиндрическому пояску и торцу фланца. Измерительной базой для размера А является ось отверстия. Смещение положения оси отверстия относительно установленной на размер фрезы возникает из-за зазора между базовым цилиндрическим пояском корпуса и отверстием во втулке ($2S_{\max}$) и несоосности отверстия и базового цилиндрического пояса корпуса (e), т.е. $\varepsilon_{\delta_A} = 2S_{\max} + 2e$; $S_{\max} = R_{\text{отв}}^{\max} - r_{\Pi}^{\min}$, где $R_{\text{отв}}^{\max}$ - максимальный радиус отверстия во втулке, $r_{\Pi}^{\min}$ - минимальный радиус базового цилиндрического пояса корпуса.

3.4. Установка заготовок по внутренней цилиндрической поверхности и торцу

В зависимости от соотношения длины внутренней цилиндрической поверхности l и ее диаметра d существуют две схемы базирования таких деталей, отличающихся разным распределением опорных точек между отверстием и торцом.

При $l/d \geq 1$ (рис. 42, а), базирование осуществляют сочетанием двойной направляющей базы и опорной. Для реализации двойной направляющей базы четыре опорные точки размещают в отверстии заготовки, для реализации опорной базы одну опорную точку размещают на ее торце.

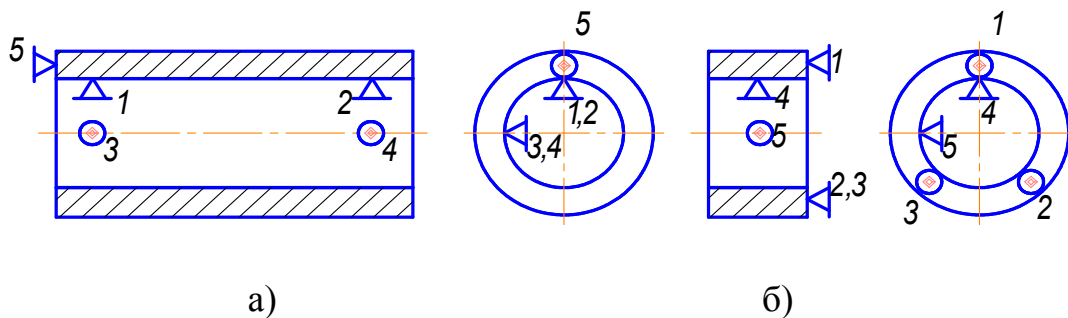


Рис. 42. Типовые схемы базирования заготовок по отверстию и торцу

При $l/d < 1$ (рис.42,б) базирование заготовки обеспечивается сочетанием установочной и двойной опорной баз. В качестве установочной базы (три опорные точки) берется торец, в качестве двойной опорной (две опорные точки) – отверстие. Угловое положение заготовки вокруг своей оси может быть зафиксировано, используя шпоночный паз, радиальное отверстие и пр.

Такие схемы базирования реализуются с помощью оправок и установочных пальцев.

Оправки

Конструктивно оправки делят на жесткие и разжимные оправки.

Жесткие оправки

Жесткие оправки выполняются:

- цилиндрическими для посадки заготовок с гарантированным зазором;
- цилиндрическими для посадки заготовок с гарантированным натягом;
- коническими.

На станке оправки устанавливают на центрах, с помощью конусного хвостовика или фланца. Центровые оправки имеют центровые гнезда. Для того чтобы сообщить оправке вращательное движение, на ее левом конце делают квадрат, лыски или устанавливают поводок. Оправки диаметром больше 80 мм для облегчения делают полыми.

Конструкция *цилиндрической оправки* для посадки заготовок с зазором приведена на рис.43.

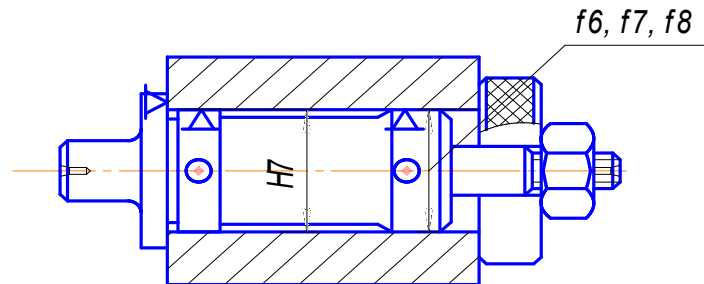


Рис. 43. Цилиндрическая оправка для посадки заготовок с зазором

Проворачивание заготовки на оправке предупреждается затяжкой гайки или шпонкой или шлицами (если на заготовке имеется шпоночный паз или шлицевое отверстие). Положение заготовки по длине определяется буртом оправки. Для этих оправок базовое отверстие у заготовок рекомендуется обрабатывать по 7-му качеству точности, а посадочные шейки оправки – по посадкам f6, f7 или f8.

При обточке детали выдерживают диаметральный размер D и соосность наружной обточенной поверхности и отверстия (рис.44).

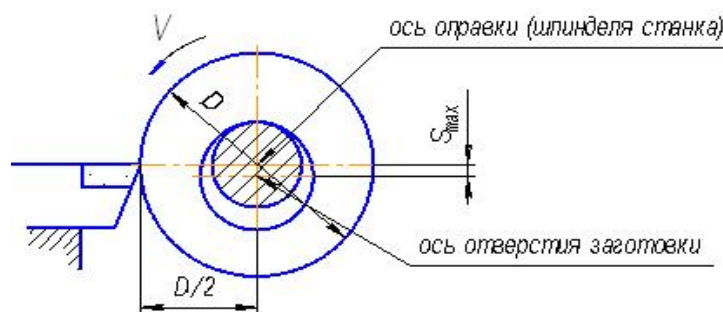


Рис.44. Схема формирования параметров детали при ее обточке с установкой на оправке с гарантированным зазором

При настройке станка резец устанавливают на расстояние $D/2$ от оси оправки. Под собственным весом заготовка опускается вниз, выбирая зазор, равный $S_{\max} = R_{\text{отв}}^{\max} - r_{\text{опр}}^{\min}$. Ось отверстия заготовки оказывается смещенной относительно оси оправки на $S_{\max}$. В этом положении заготовку закрепляют и начинают ее обработку при вращении вокруг оси оправки. Расстояние между резцом и осью оправки при этом не меняется и диаметральный размер не имеет погрешности, возникающей из-за неточности установки заготовки. Неточность установки заготовки вызывает несоосность ее наружной поверхности и отверстия. На ее величину влияет радиальный зазор между оправкой и отверстием заготовки, неточность установки оправки на станке, ее износ и неточность изготовления.

Конструктивная схема конической оправки представлена на рис.45. На коническую оправку заготовка насаживается цилиндрическим отверстием, обработанным с точностью Н6 – Н7, легкими ударами. Вследствие расклинивающего действия она прочно удерживается от проворачивания при обработке. Точность центрирования заготовки возникает в результате неточности изготовления оправки и установки ее на станке и составляет 0,005 – 0,010 мм. Недостаток такой оправки - отсутствие точной ориентации заготовки по длине за счет изменений в пределах допуска диаметра базового отверстия, а следовательно, невозможность обработки торцов и уступов на предварительно настроенных станках.

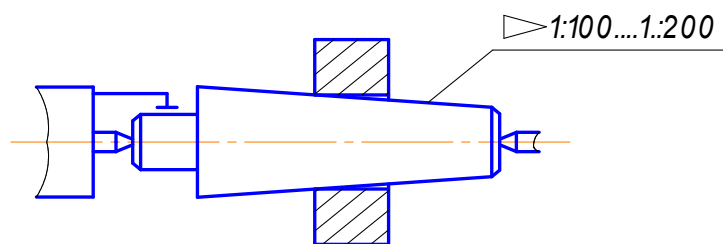


Рис. 45. Схема конической оправки

Оправка применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

Конструктивная схема цилиндрической оправки для установки заготовки с натягом представлена на рис.46.

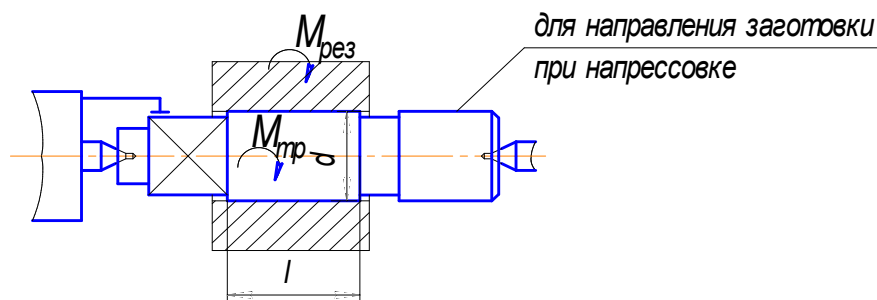


Рис. 46. Схема цилиндрической оправки для посадки заготовок с натягом

Применяя упорные кольца при напрессовке, можно точно сориентировать положение заготовки по длине оправки. Использование таких оправок позволяет производить одновременную подрезку обоих торцов заготовки. Оправки под запрессовку позволяют получить высокую точность центрирования – 0,005-0,0010 мм. Недостаток оправок – необходимость установки на механическом участке дополнительного оборудования – прессов для запрессовки и распрессовки оправок.

Расчетным параметром при конструировании оправки под запрессовку является диаметр ее рабочей части. Он определяется на основе рассмотрения полей допусков соединения оправка-заготовка (рис. 47):

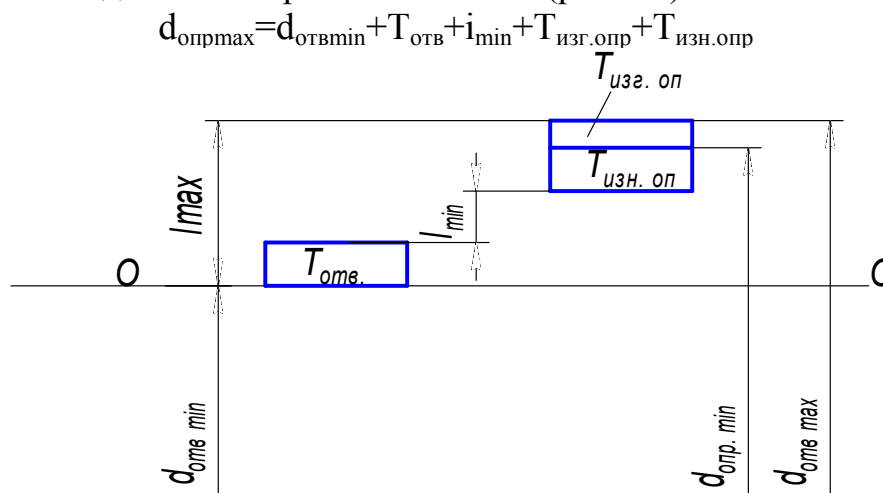


Рис.47. Схема расположения полей допусков соединения оправка-заготовка

Минимальный натяг i_{min} определяется исходя из условия равенства момента $M_{рез}$ или осевой силы P , возникающих при обработке и стремящихся повернуть или сдвинуть заготовку на оправке и момента трения $M_{тр}$ или осевой силы трения $P_{тр}$, удерживающих заготовку на оправке.

$$i_{min} = \frac{k}{f\pi d} = \sqrt{P_z^2 \frac{D_{заг}^2}{d_{отв.заг}^2} + P_x^2 \left(\frac{C_{\delta}}{E_{\delta}} + \frac{C_{он}}{E_{он}} \right)},$$

где $k=1,5-2,5$ – коэффициент запаса; $f=0,008-0,12$ – коэффициент трения; l – длина рабочей части оправки; P_z , P_x – составляющие силы резания; E_d , E_{on} – модули упругости материала детали и оправки; C_d , C_{on} – коэффициенты

$$C_d = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + \mu_d; \quad C_{on} = \frac{d_B^2 + d_o^2}{d_B^2 - d_o^2} - \mu_{on}$$

где D , d – наружный и внутренний диаметры заготовки; d_B , d_o – наружный и внутренний (при полый оправке) диаметры оправки; μ_d , μ_{on} – коэффициенты Пуассона для материала заготовки и оправки (для стали $\mu=0,3$, для чугуна $\mu=0,25$).

Допуск на изготовление оправки ($T_{изг.оп}$) обычно принимают равным $0,01 \dots 0,02$ мм, на износ оправки ($T_{изн.оп}$) – $0,02 \dots 0,03$ мм.

Выбор мощности пресса производят по максимальному натягу (i_{max}):

$$I_{max} = T_{омв} + i_{min} + T_{изн.он} + T_{изг.он}$$

Разжимные оправки

У *разжимных оправок* в корпусе помещен самоцентрирующий механизм. Он обеспечивает одновременное перемещение к оси оправки или от нее подвижных элементов, при этом выбирается зазор между ними и отсутствием заготовки, заготовка центрируется и закрепляется. По конструкции самоцентрирующего механизма разжимные оправки делят на две группы:

- механические (винтовые, зубчато-реечные, рычажные, спирально-реечные, клиноплунжерные, клиношариковые);
- упругодеформируемые (цанговые, мембранные, гидропластовые, с пластинчатыми пружинами).

Границы применимости различных по конструкции механизмов определяются величиной усилия закрепления, создаваемого ими, и величиной присущей им погрешности установки заготовки.

Погрешность установки заготовки в самоцентрирующем приспособлении называют погрешностью центрирования, так как она проявляется в виде несовпадения осей обработанной и базовой поверхностей.

Схемы действия некоторых самоцентрирующих механизмов показаны на рис.48.

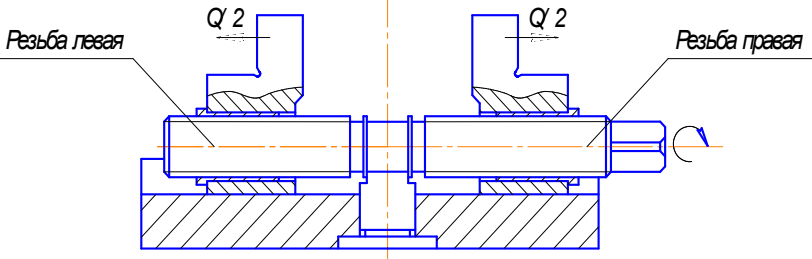
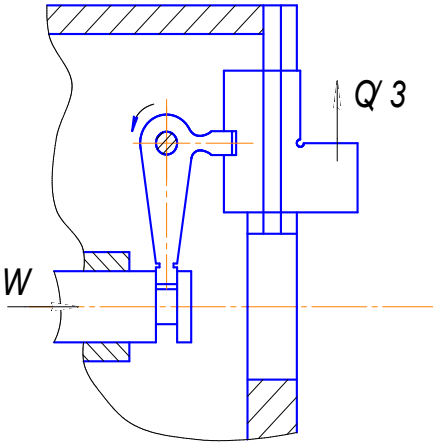
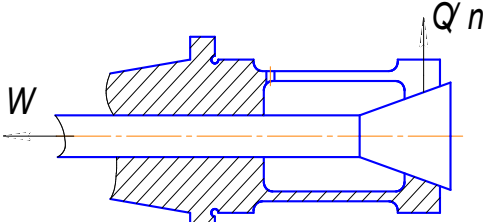
	а)	$\varepsilon_y = 0,3 \dots 0,5 \text{ мм}$
	б)	$\varepsilon_y = 0,1 \dots 0,3 \text{ мм}$
	в)	$\varepsilon_y = 0,05 \dots 0,10 \text{ мм}$

Рис.48. Схемы действия самоцентрирующих механизмов: а) винтового; б) рычажного; в) цангового

Установочные пальцы

При базировании заготовок на внутреннюю цилиндрическую поверхность и торец часто используют установочные пальцы. Конструкции пальцев стандартизированы ГОСТами 12209-66, 12210-66, 12211-66, 12212-66. Пальцы выполняют постоянными (рис. 49, а), б)) и сменными (рис. 49, в), г)).

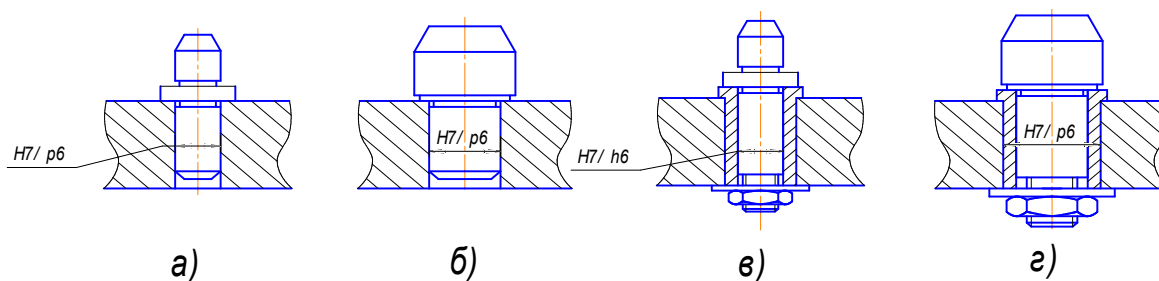


Рис.49.

Разновидности установочных пальцев

Рабочая поверхность пальцев выполняется с отклонениями по посадкам g5, g6, f6, f7, f8.

При установке заготовки на палец с горизонтальной осью (рис.50) под действием собственного веса она смещается вниз, выбирая зазор между отверстием и пальцем всегда в одну сторону (одностороннее смещение).

Размер до обрабатываемой поверхности может быть задан от нижней образующей заготовки (H_1), от верхней образующей (H_2), от оси отверстия (H_3) или от оси наружной поверхности (H_4). Погрешность их базирования:

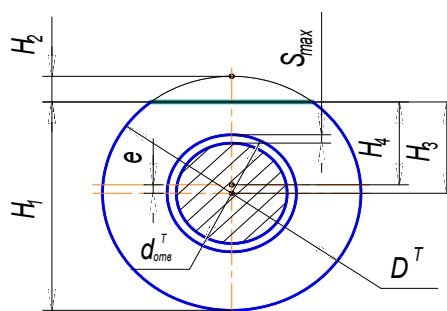


Рис. 50. Схема установки заготовки на горизонтальный установочный палец

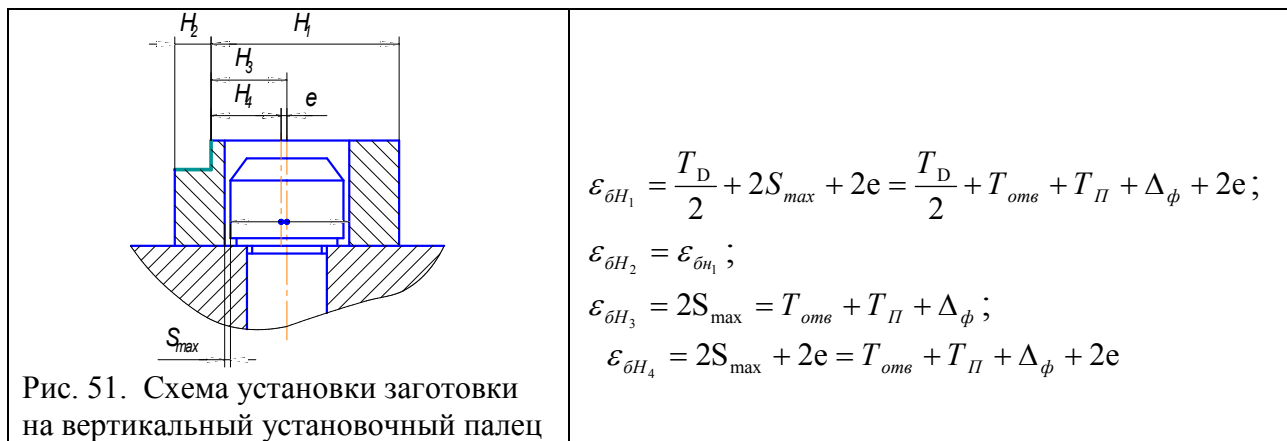
$$\varepsilon_{\delta H_1} = \frac{T_D}{2} + S_{\max} + 2e = \frac{T_D}{2} + \frac{T_{\text{отв}}}{2} + \frac{T_{\Pi}}{2} + \frac{\Delta_{\phi}}{2} + 2e; \varepsilon_{\delta H_1} = \varepsilon_{\delta H_2};$$

$$\varepsilon_{\delta H_3} = S_{\max} = \frac{T_{\text{отв}}}{2} + \frac{T_{\Pi}}{2} + \frac{\Delta_{\phi}}{2}; \varepsilon_{\delta H_4} = S_{\max} + 2e = \frac{T_{\text{отв}}}{2} + \frac{T_{\Pi}}{2} + \frac{\Delta_{\phi}}{2} + 2e$$

где T_D – допуск на наружный диаметр заготовки; $T_{\text{отв}}$ – допуск на диаметр отверстия; T_{Π} – допуск на диаметр пальца; Δ_{ϕ} – гарантированный диаметральный зазор при посадке заготовки на палец.

Учитывая, что установочный палец приспособления имеет конкретный размер, а величина гарантированного диаметрального зазора постоянна, T_{Π} и Δ_{ϕ} могут быть учтены при настройке инструмента и при расчете погрешности базирования размеров H_1, H_2, H_3, H_4 из расчетных выражений могут быть исключены.

При установке заготовки на палец с вертикальной осью (рис.51) она может быть смещена вправо или влево (двухстороннее смещение).



Сравнение расчетных выражений для определения погрешностей базирования размеров показывает, что при установке заготовки на горизонтально расположенный палец их величины меньше, чем на вертикально расположенный палец. Это надо учитывать при выборе схемы установки заготовки.

Требования к установочным пальцам: пальцы диаметром до 16 мм изготавливают из стали У8А, а свыше 16 мм – из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8 – 1,2 мм. Пальцы закаливают до твердости HRC50-55.

3.5. Установка заготовок по двум отверстиям и плоскости

Установка заготовок по двум отверстиям и плоскости широко используется при обработке деталей типа корпуса и плиты средних и малых размеров, а так же при базировании приспособлений-спутников на позициях автоматических линий. Ее достоинства: простота конструкции приспособления; возможность соблюдения постоянства баз на большинстве операций технологического процесса; позволяет достаточно просто фиксировать заготовки в приспособлении и приспособления-спутники на автоматических линиях; обеспечивает свободный доступ режущих инструментов для обработки заготовок с разных сторон.

Плоскость и два отверстия – всегда чистовые базы. Плоскость обрабатывают начисто на одной из первых операций. Отверстия сверлят и развертывают по 7 качеству точности.

Теоретическая схема базирования (рис.52) предусматривает наличия трех опорных точек на плоскости, двух опорных точек в одном отверстии и одной – в другом.

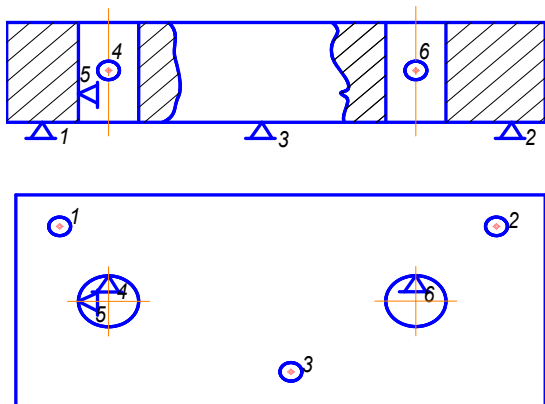


Рис. 52. Теоретическая схема базирования заготовок по плоскости и двум отверстиям

ют срезанным (ромбическим) (рис.53.). В этом случае, фиксируя положение заготовки в сечении I-I с точностью цилиндрического пальца, в сечении II-II,

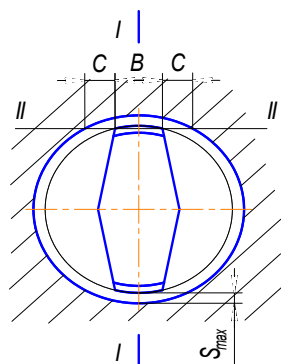


Рис. 53. Схема установки на срезанный палец

Область, образованная пересечением двух окружностей является общей

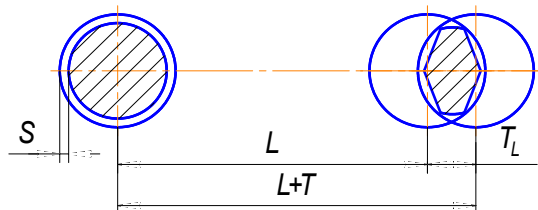


Рис. 54. Схема установки заготовки на два пальца

При реализации этой схемы в качестве установочных элементов применяют опорные пластины и два жестких или выдвижных пальца. Последние применяются при автоматизированной обработке. Один палец, реализующий две опорные точки, выполняют цилиндрическим. Его диаметр задают равным номинальному размеру базового отверстия, а допуск назначают по посадкам f6, f7, e9. Второй палец, реализующий одну опорную точку, дела

ют перпендикулярным сечению I-I, он обеспечивает зазор «2с» Величина его должна компенсировать колебание межцентрового расстояния между отверстиями у заготовки в пределах допуска на него (рис. 54). Из-за допуска на межцентровое расстояние L одно отверстие в партии заготовок может занимать два предельных положения (см. рис. 54.)

для всех заготовок данной партии. Она определяет размеры срезанного пальца, гарантирующие установку любой в данной партии заготовки на два пальца. Расчет срезанного пальца в следующем порядке:

1) Определяют наименьший диаметральный зазор между цилиндрическим пальцем и базовым отверстием

$$\text{заготовки } 2S'_{\min} = D_{\text{отв. min}} - D_{\text{п max}}$$

где $D_{отв.min}$ – наименьший диаметр отверстия; $D_{Пmax}$ – наибольший диаметр цилиндрического пальца.

2) Определяют необходимый зазор «С» для срезанного пальца

$$C = T_{Лот} + T_{ЛП} - 2S'_{min},$$

где $T_{Лот}$ – допуск на межцентровое расстояние у отверстий заготовки; $T_{ЛП}$ – допуск на межцентровое расстояние у установочных пальцев приспособления.

Определяют наименьший радиальный зазор между направляющим пояском срезанного пальца и базовым отверстием

$$S_{min} = \frac{2bc}{D_{отв.min}} + 2S'_{min},$$

где b – ширина направляющего пояса для срезанного пальца. Ее величина стандартизирована: при $D_{отв}$ от 4 до 6 мм $b=1,0$ мм; при $D_{отв}$ от 6 до 8 мм $b=2,0$ мм; при $D_{отв}$ от 8 до 32 мм $b=3$ мм и т.д.

Определяют наибольший диаметр срезанного пальца $D_{max.сп} = D_{отв.min} - 2S_{min}$

Допуск на диаметр срезанного пальца берут таким же, как на целый палец.

3.6. Установка заготовок по центровым отверстиям

Установка заготовок по центровым отверстиям применяется при обработке валов с отношением $L/D < 5$ на токарных станках, круглошлифовальных и некоторых других станках, а также при обработке деталей на центровых оправках. Центровые отверстия выполняют по ГОСТ 14034-74. Их сверлят в торцах вала по его оси. Они представляют собой ступенчатое отверстие, состоящее из конического участка, выполняемого под углом в 60^0 , и цилиндрического участка. Конический участок отверстия является технологической базой вала. Цилиндрический участок отверстия – нужен для свободного размещения кончика установочного элемента – центра.

Достоинства такой схемы установки:

простота конструкции приспособления;

отсутствие погрешности базирования для размеров заготовки, заданных от оси вала и для диаметральных размеров;

возможность соблюдения принципа постоянства баз на большинстве операции технологического процесса изготовления вала.

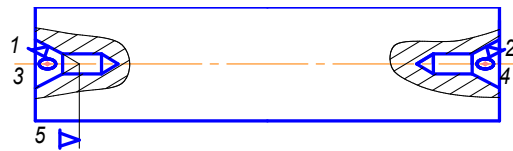


Рис. 55. Схема базирования вала по центровым отверстиям

Теоретическая схема базирования (рис.55) вала объединяет двойную направляющую (точки 1, 2, 3, 4) и опорную (точка 5) базы и не обеспечивает фиксирование углового положения заготовки относительно ее оси, что не оказывает влияние на достижение точности нелинейных размеров.

В качестве установочных элементов используют два центра – передний и задний. Передний центр устанавливают в коническое отверстие шпинделя передней бабки. Задний центр устанавливают в коническое отверстие панели задней бабки. Конструктивно центры выполняют жесткими, плавающими и вращающимися.

Жесткие (упорные) центры могут быть целыми (рис.56,а), срезанными (рис. 51, б) и рифлеными (рис.56, в).

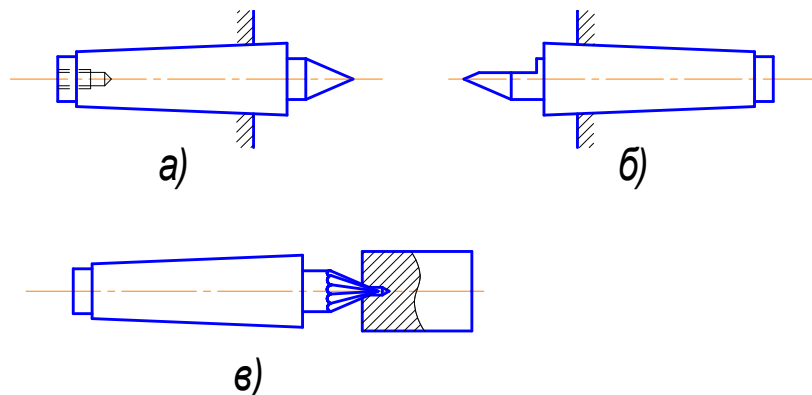


Рис.56. Конструктивные разновидности жестких (упорных) центров

Угол α рабочего конуса выполняют равным 60° , для тяжелых станков – 70° , для ремонтных – α может быть равным 90° .

Целые жесткие центры наиболее распространены. Срезанные неподвижные центры используют при необходимости обеспечить выход режущему инструменту. Рифленый центр – поводковый центр. Он способен передавать крутящий момент достаточный для чистовой обработки за счет вдавливания рифлений в поверхность технологической базы при приложении к заготовке осевой силы, но портит боковую поверхность.

При установке на жесткий центр колебание глубины зацентровки заготовок обрабатываемой партии приводит к появлению погрешности базирования линейных размеров детали, заданных от ее торца. Величина погрешности базирования равна колебанию глубины конического участка центровочного отверстия. При установке на жесткий центр колебание глубины зацентровки заготовок обрабатываемой партии приводит к появлению погрешности базирования линейных размеров детали, заданных от ее торца. Устранить погрешность базирования линейных размеров можно заменив жесткий центр *плавающим* (рис. 57).

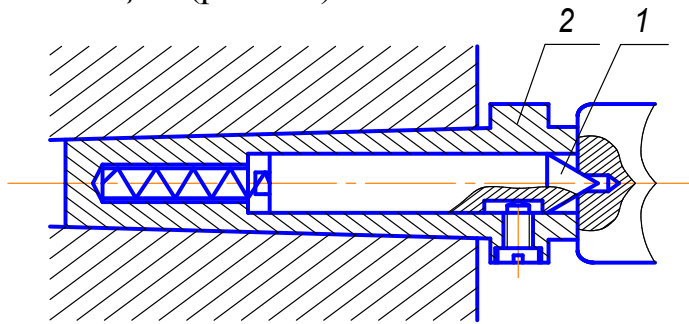


Рис.57. Схема плавающего центра

При поджатии заготовки задним центром плавающий центр 1 утопает в корпусе 2, сжимая пружину до тех пор, пока торец заготовки не упрется в торец корпуса. При этом независимо от глубины центрального отверстия, торцы всех заготовок в партии

займут вполне определенное положение и погрешность базирования линейных размеров, заданных от этого торца будет равна нулю.

В современных быстроходных токарных станках, а также при обработке тяжелых деталей в пиноль задней бабки ставят *вращающийся центр* (рис.58).

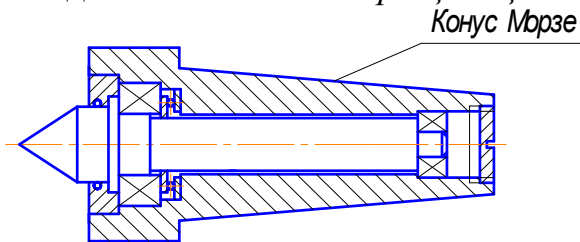


Рис. 58. Схема вращающегося центра

Вращающиеся центры бывают универсальные и специальные. Универсальные центры делают в виде самостоятельного устройства (ГОСТ 8742-75) и используют в любом станке, имеющем конусное гнездо. Специальные центры делают заодно с пинолью задней бабки и применяют главным образом при обработке деталей больших размеров. Для вращающегося центра необходимо два радиальных подшипника и один упорный.

Погрешности в изготовлении центровых отверстий у заготовки вызывают погрешности обработки заготовки. Несовпадение осей центровых отверстий приводит к появлению неперпендикулярности обработанной поверхности торцам и погрешность линейного размера. Погрешность формы центровых гнезд в

поперечном сечении вызывает отклонение от круглости обрабатываемых шеек. Ее можно уменьшить шлифованием, притиркой или обжатием эталонным центром.

При обработке длинных нежестких валов, установленных на центрах, в качестве вспомогательной опоры применяют *люнеты*. Их выполняют универсальными неподвижными или подвижными с раздвижными кулачками и специальными, предназначенными для обработки определенных деталей или для поддержания приспособления, установленного на шпинделе станка. Неподвижные лунеты устанавливают на станине станка. Обработку детали выполняют до лунета. Подвижные лунеты крепят к каретке суппорта. Опорные кулачки лунета размещают сразу за резцом. Для повышения точности обработки длинных и тонких валов применяют сдвоенные шестикулачковые лунеты. Он состоит из двух полулюнетов, между которыми располагают резец. При первом проходе используют лишь правый полулюнет. Кулачки второго отведены. При последующих проходах включают оба полулюнета, что при симметричном расположении резца относительно их кулачков повышает жесткость вала и точность обработки.

3.7. Поводковые устройства

Детали типа валов и труб при обработке устанавливаются в центрах. Вращение от шпинделя обрабатываемой детали передается поводковыми патронами, хомутками, в некоторых случаях торцовыми поводковыми патронами.

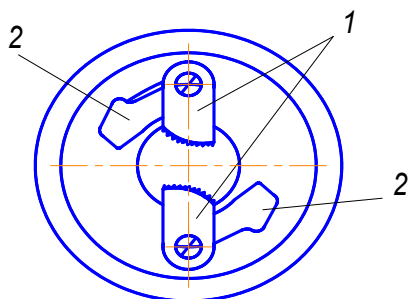


Рис. 59. Схема поводкового патрона

На рис.59 показана схема поводкового патрона с двумя эксцентриковыми кулачками. При вращении шпинделя кулачка 1 под действием центробежной силы, действующей на грузы 2 кулачков 1, зажимают заготовку и передают ей крутящий момент. Дальнейший зажим заготовки осуществляется эксцентриковыми кулачками под действием сил резания.

На рис.60 показан хомутик. Его надевают на обрабатываемую деталь, кре-

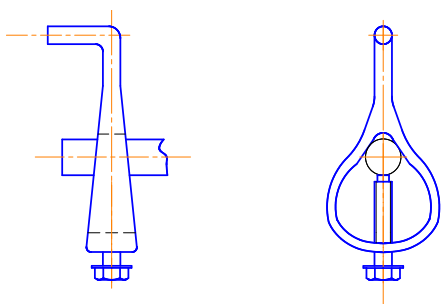


Рис. 60. Схема хомутика с винтовым зажимом

пят винтом и затем обрабатываемую деталь с хомутиком устанавливают в центрах станка. При включении станка обрабатываемая деталь через поводковую планшайбу и хомутик вращается от шпинделя станка.

При использовании торцовых поводковых патронов (зубчатых или штырьковых) (рис.61) заготовка поджимается задним вращающимся центром к торцу патрона. При этом зубцы или штыри вдавливаются в торец заготовки и передают ей крутящий момент. Торцовые поводковые патроны обеспечивают полную обработку валов за один установ без переустановки.

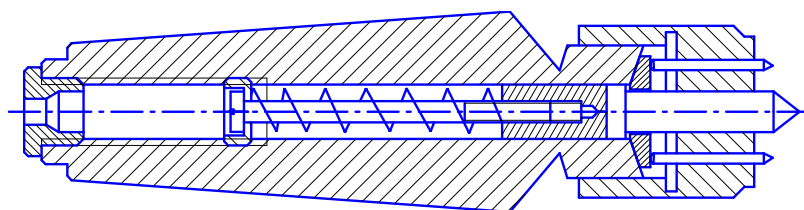


Рис. 61. Схема поводкового штырькового патрона

3.8. Установка заготовок по зубчатым поверхностям

При шлифовании или растачивании основного отверстия у зубчатых колес решается задача обеспечения его соосности с осью делительной окружности зубчатого венца. Операция чистовая. Для достижения точности обработки необходимо обеспечить минимальную погрешность установки. Устранение погрешности базирования обеспечивают применением самоцентрирующих патронов с базированием зубчатых колес по рабочим поверхностям их зубьев. В качестве установочных элементов применяют ролики для прямозубых цилиндрических колес, шарики или витые упругие ролики для цилиндрических колес со спиральным зубом, шарики для конических колес, а также зубчатые эксцентричные секторы в специальных патронах для цилиндрических колес. Ролики и шарики размещают во впадинах между зубьями зубчатого венца. Роликов берут три, а шариков – шесть (по два в каждую впадину). Установочные элементы (ролики или шарики) крепятся в обойме, допускающей возможность их

самоустановки по впадинам зуба в пределах оставляемых зазоров. Самоцентрирующие патроны применяют мембранного или клинового типов с механизированным силовым узлом. Это обеспечивает $\varepsilon_z=0$. Таким образом, погрешность установки определяется только погрешностью, вызываемой неточностью приспособления. У мембранных патронов она равна 0,003...0,005 мм, у клиновых – 0,05-0,10 мм. Практика эксплуатации показала, что клиновые патроны менее надежны в работе, чем мембранные. Специальные патроны с тремя эксцентричными зубчатыми секторами приводятся в действие посредством зубчатого механизма, размещенного внутри патрона, который обеспечивает им одновременный поворот. Поворачиваясь, зубчатые секторы центрируют и закрепляют обрабатываемое колесо. Погрешность установки колеса – 0,05- 0,10 мм.

Модуль 4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Программа

Выбор и обоснование схемы базирования заготовки.

Разработка норм точности на изготовление приспособления: погрешность установки заготовки в приспособление, ее структура, расчет ее составляющих, определение допустимой погрешности установки, цель и методика расчета приспособления на точность, назначение технических требований на его изготовление.

Силовой расчет приспособления: методика силового расчета приспособления; силы, действующие на заготовку при обработке; влияние упругой характеристики зажимных устройств на величину усилия закрепления; типовые расчетные схемы с зажимными устройствами, предупреждающими смещение заготовки в поступательном направлении, проворачивающие заготовку, предупреждающие смещение заготовки при многоинструментной обработке; расчетные факторы при определении сил зажима.

Зажимные устройства и их приводы: элементарные зажимные устройства (винтовые, клиновые, клиноплунжерные, эксцентриковые, кулачковые, рычажные; область их применения, достоинства, разновидности их конструктивного решения, расчетные параметры, основные недостатки и способы их уменьшения; технические требования, материалы); центрирующие

зажимы (цанги, мембранные механизмы, гидропластовые механизмы; их расчет); силовые узлы приспособлений: пневматические, гидравлические, электромагнитные и др.; их достоинства и недостатки, область применения, расчет, способы компоновки с приспособлениями.

Методика проектирования станочных приспособлений: этапы проектирования и их содержание; требования к оформлению сборочного чертежа приспособления; экономические расчеты при проектировании приспособления.

Содержание

4.1. Выбор и обоснование схемы базирования

Проектирование станочного приспособления начинается с выбора и обоснования схемы базирования заготовки. Это наиболее ответственный момент проектирования. От него во многом зависит, будет ли обеспечивать приспособление точность обработки.

Выбор и обоснование схемы базирования заготовки выполняется в следующей последовательности:

1. выявляются какие размеры детали должны быть получены на операции и с какой точностью;
2. расставляются около заготовки опорные точки, опираясь на рекомендуемые схемы базирования типовых деталей, и проверяется соблюдение правила шести точек;
3. для всех размеров детали, которые должны быть получены на операции, рассчитывается погрешность базирования. Оценивается их величина. Она не должна превышать половины допуска на размер, для которого рассчитывается погрешность базирования.

4.2. Разработка норм точности на изготовление приспособления

4.2.1. Понятие погрешности установки

Погрешность установки (ε_y) – это отклонение фактически достигнутого положения заготовки от требуемого.

Она проявляется через смещение измерительной базы заготовок, устанавливаемых в приспособление, относительно установленного на размер режущего инструмента. Оно (смещение) возникает из-за:

1. колебания размеров заготовки, связывающих технологическую и измерительную базы, в пределах допусков на них;
2. упругих и контактных деформаций в приспособлении под действием усилия закрепления заготовки;
3. погрешностей изготовления приспособления;
4. износа установочных элементов приспособления;
5. погрешности расположения приспособления на станке.

4.2.2. Допустимая погрешность установки заготовок на операции

После обработки партии заготовок на предварительно настроенном станке можно видеть, что размер обработанной поверхности у деталей меняется в некоторых пределах. Размах колебания размеров представляет собой погрешность обработки Δ_{Σ} . Она является следствием действия первичных элементарных погрешностей: $\Delta_{\Sigma} = f(\Delta_y; \varepsilon_y; \Delta_H; \Delta_I; \Delta_{\text{ст}}; \Delta_{\tau})$,

где Δ_y – погрешность выполняемого размера, вызываемая упругими отжатиями элементов технологической системы под влиянием нестабильности сил резания; Δ_H – погрешность настройки станка; Δ_I – погрешность, вызываемая размерным износом режущего инструмента; $\Delta_{\text{ст}}$ – погрешность, вызываемая геометрическими неточностями станка; Δ_{τ} – погрешность, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы.

Между погрешностью обработки и первичными элементарными погрешностями существует зависимость $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_y^2 + \varepsilon_y^2 + \Delta_H^2 + 3\Delta_I^2 + 3\Delta_{\tau}^2} + \Sigma\Delta_{\phi}$,

где $\Sigma\Delta_{\phi}$ – суммарная погрешность формы обработанной поверхности, зависящая от геометрической неточности станка и деформаций при ее закреплении и т.п.

Чтобы обеспечить точность обработки на операции, Δ_{Σ} не должна превышать технологического допуска $T_{\text{ТЕХ}}$: $\Delta_{\Sigma} \leq T_{\text{ТЕХ}}$.

Величины Δ_y ; Δ_H ; Δ_I ; Δ_{τ} ; $\Sigma\Delta_{\phi}$ зависят от организации операции и могут быть рассчитаны [1, стр. 28-76]. Принимая Δ_{Σ} равной максимально допустимой ее величине при обработке детали, т.е. $\Delta_{\Sigma} = T_{\text{ТЕХ}}$, можно определить максимально допустимую величину погрешности установки заготовки на данной операции:

$$\varepsilon_{\text{дон.А}} = \sqrt{(T_{\text{ТЕХ}} - \Sigma\Delta_{\phi})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_H^2 - 3\Delta_I^2 - 3\Delta_{\tau}^2}.$$

Во избежании брака на операции при разработке приспособления необходимо обеспечить, чтобы погрешность установки заготовки ε_y , создаваемая приспособлением, не превышала допустимой погрешности установки на этой операции: $\varepsilon_y \leq \varepsilon_{\text{дон}}$

4.2.3. Погрешность установки, создаваемая приспособлением

Погрешность установки заготовок в приспособлении ε_y определяется как сумма погрешностей базирования ε_6 , закрепления ε_3 и погрешности положения заготовки, вызываемой неточностью приспособления.

Учитывая, что эти погрешности являются случайными величинами, суммирование их производится по правилу квадратного корня:

$$\mathcal{E}_y = \sqrt{\mathcal{E}_{\bar{6}}^2 + \mathcal{E}_3^3 + \mathcal{E}_{np}^2}$$

Погрешность базирования характеризует величину возможного при данной схеме базирования *смещения положения измерительной базы* относительно установленного на размер режущего инструмента, которое возникает при несовпадении технологической и измерительной баз заготовки. Она относится к определенному размеру и должна иметь его индекс.

Рассмотрим схему базирования призматической заготовки для фрезерования на ней уступа (рис. 62) с размерами h и l .

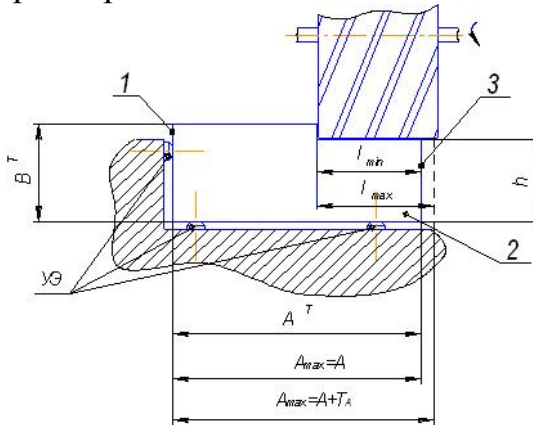


Рис. 62. Схема для определения погрешности базирования размеров призматической заготовки h и l

При фрезеровании уступа надо обеспечить размеры h и l .

Заготовка имеет габаритные размеры A^T и B^T . Технологическими базами у заготовки являются поверхности 1 и 2. Ими она доводится до соприкосновения с установочными элементами приспособления.

На настроенном станке режущий инструмент занимает определенное положение относительно установочных элементов приспособления. Поэтому технологические базы 1 и 2 заготовки занимают такое же положение относительно режущего инструмента.

Для размера h измерительной базой является поверхность 2, которая одновременно является и технологической базой. Поэтому положение

поверхности 2 относительно режущего инструмента у заготовок обрабатываемой партии меняться не может и $\varepsilon_{\delta h}=0$.

Для размера l измерительной базой является поверхность 3. В этом случае технологической и измерительной базами являются разные поверхности заготовки, т.е. имеет место несовпадение указанных баз. При последовательной установке заготовок обрабатываемой партии в приспособление положение измерительной базы для размера l будет меняться относительно установленного на размер режущего инструмента из-за колебания у заготовок размера A в пределах допуска на него. Это приведет к появлению погрешности базирования размера l : $\varepsilon_{\delta l} = l_{\max} - l_{\min} = (A + T_A) - A = T_A$ (см. рис.62).

Рассмотрим схему базирования цилиндрической заготовки по центральному отверстию на цилиндрический палец (рис. 63).

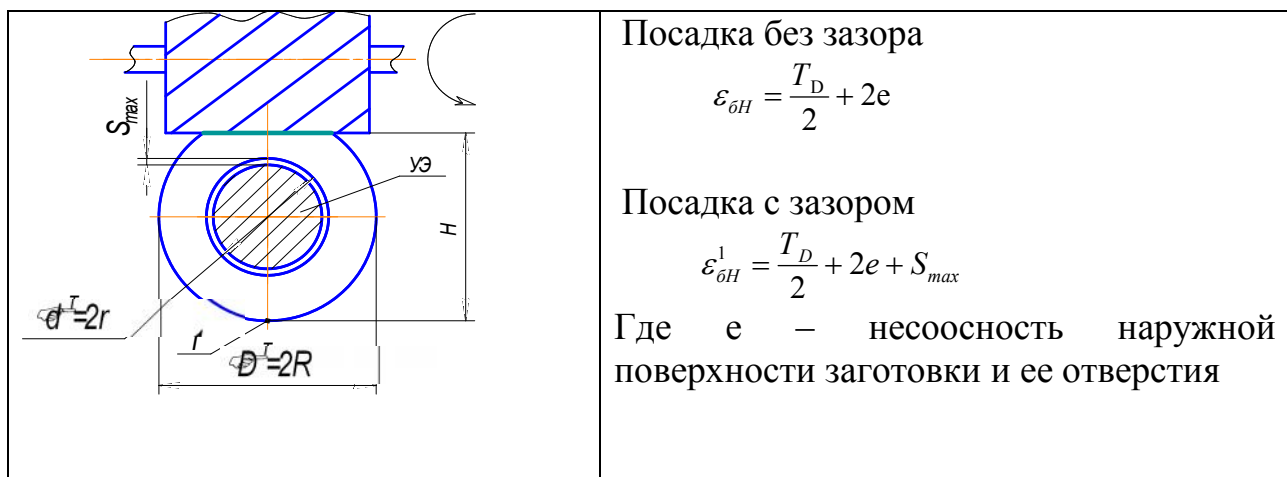


Рис.63. Схема для определения погрешности базирования размера H цилиндрической заготовки, установленной на горизонтальный установочный палец

При фрезеровании лыски надо выдержать размер H .

Заготовка имеет размеры: наружной поверхности – D отверстия – $\varnothing d^T$.

Технологической базой заготовки является ее отверстие. Измерительной базой для размера H является точка 1 образующей наружной поверхности заготовки. Т.е. имеет место несовпадение технологической и измерительной баз. Значит должно появиться колебание положения измерительной базы заготовок в обрабатываемой партии.

При посадке без зазора (разжимной палец) колебание положения измерительной базы будет вызываться:

1) колебанием диаметра наружной поверхности заготовки в пределах допуска на величину $T_D/2$;

2) несоосностью наружной поверхности и отверстия на величину $2e$.

$$\varepsilon_{\delta H} = \frac{T_D}{2} + 2e$$

При установке заготовки с зазором (жесткий палец) погрешность базирования для этого же размера возрастет на величину зазора между отверстием и пальцем установочным. Причем при одностороннем, смещении (ε_{δ}^I) заготовки (за счет веса заготовки (см. рис.14) или действия зажимного устройства приспособления) – на величину радиального зазора ($S_{\max} = R_{\text{отв}}^{\max} - r_{\Pi}^{\min}$); при двустороннем смещении ($\varepsilon_{\delta}^{II}$) установка заготовки на вертикально расположенный палец) (рис. 64) – на величину диаметрального зазора $2S_{\max}$.

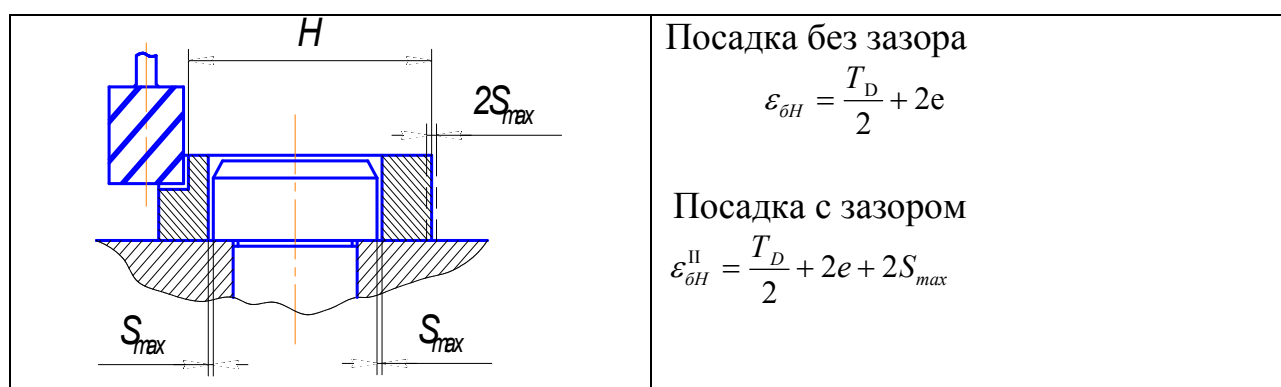


Рис. 64. Схема для определения погрешности базирования размера Н цилиндрической заготовки, установленной на вертикальный палец установочный

$$\varepsilon_{\delta H}^I = \frac{T_D}{2} + 2e + S_{\max}; \quad \varepsilon_{\delta H}^{II} = \frac{T_D}{2} + 2e + 2S_{\max}$$

Выводы:

1. Погрешность базирования равна нулю:

- при совмещении технологической и измерительной баз заготовки на одной поверхности (рис. 16: $\varepsilon_{650}=0$; $\varepsilon_{660}=0$);
- для размеров, связывающих поверхности, обрабатываемые одновременно одним инструментом (рис. 16: $\varepsilon_{615}=0$; $\varepsilon_{612}=0$);
- для диаметральных размеров обрабатываемых поверхностей деталей;
- для размеров, получаемых при одной инструментной наладке (рис. 65; $\varepsilon_{670}=0$).

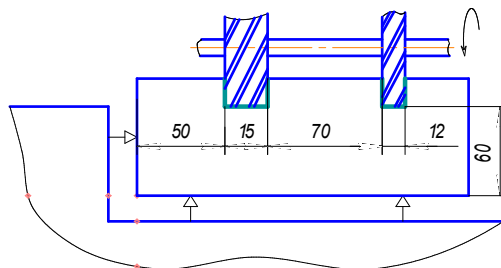


Рис. 65. Схема для определения погрешности базирования

2. Погрешность базирования влияет:

- на точность выполняемых размеров (кроме диаметральных и связывающих одновременно обрабатываемые поверхности одним инструментом или получаемых при одной инструментальной наладке);
- на точность взаимного положения поверхностей.

Погрешность базирования не влияет на точность формы поверхностей.

3. Способы уменьшения погрешности базирования:

- совмещением технологической базы с измерительной;
- уменьшением зазоров при установке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы. Лучше зазоры сводить к нулю.

Погрешность закрепления (ε_3) – это расстояние между предельными смещениями измерительной базы в направлении выполняемого размера в результате приложения к заготовке усилия зажима:

$$\varepsilon_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cos \alpha,$$

где $y_{\max}$, $y_{\min}$ – наибольшее и наименьшее смещение измерительной базы, α – угол между направлением получаемого размера и направлением приложения усилия зажима.

Смещение измерительной базы происходит в результате упругих и контактных деформаций в звеньях цепи, через которые передается усилие закрепления: заготовка, установочные элементы, корпус приспособления. При этом контактные деформации в постоянных сопряжениях, а так же деформации сжатия заготовки и деталей приспособления пренебрежимо малы и их не учитывают.

Из всего баланса перемещений в силовой цепи наибольшую величину имеют контактные деформации в стыке заготовка-установочные элементы, которые связаны зависимостью

$$y = CQ^n, \text{ мкм}$$

где Q – усилие, приходящееся на опору; C – коэффициент, характеризующий вид контакта, материал заготовки, шероховатость базовой поверхности заготовки.

C и n устанавливаются экспериментально. Выражения для определения перемещений y приведены в учебнике [1] на стр. 26. Например, эмпирическая зависимость перемещений y от усилия Q для стальной заготовки при ее установке на плоские опоры имеет вид:

$$y = (0,4 + 0,012F + 0,004R_z - 0,0016HB) \left(\frac{g}{10} \right)^{0,7} \text{ мкм},$$

где F – площадь опоры (см^2); R_z – шероховатость технологической базы заготовки (мкм); HB – твердость материала заготовки; $g = Q/F$ – давление на опору (Н/см^2).

Выражение в скобках представляет собой коэффициент C , величина которого постоянна. При использовании в приспособлении механизированного привода (пневматического, гидравлического, магнитного и т.п.) зажимное усилие Q имеет незначительное колебание. Практически оно постоянно. Из приведенного выражения видно, что при постоянном усилии закрепления перемещение y то же постоянно. В этом случае оно может быть скорректировано настройкой станка, и погрешность закрепления считают равной нулю.

При ручном зажиме заготовки усилие закрепления отдельных заготовок партии различно. Поэтому величина перемещения y изменяется и $\varepsilon_3 \neq 0$.

При $\alpha = 90^\circ$ (рис. 66), т.е. когда смещение заготовки при ее закреплении происходит перпендикулярно выполняемому размеру, погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, так как измерительная база выполняемого размера перемещается в собственной плоскости и не меняет своего положения относительно настроенного на размер режущего инструмента.

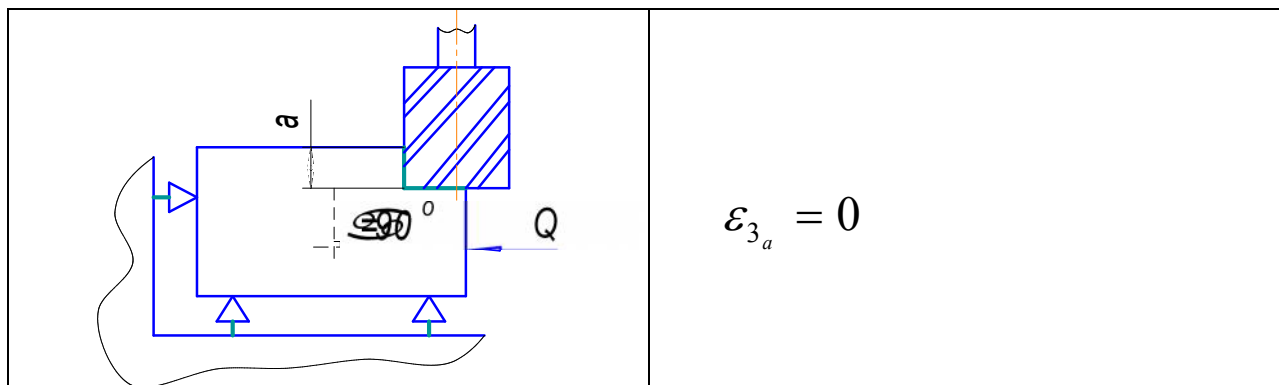


Рис. 66. Схема для определения погрешности закрепления

Выводы:

1. Погрешность закрепления равна нулю:

– при использовании в приспособлении зажимных устройств, обеспечивающих постоянную величину усилия закрепления;

- когда смещение заготовок под действием непостоянного усилия закрепления происходит перпендикулярно к направлению выдерживаемого размера.

2. Погрешность закрепления влияет:

- на точность выполняемых размеров (кроме диаметральных и связывающих поверхности, обрабатываемые одновременно одним инструментом или получаемые при одной инструментной наладке).

Погрешность закрепления не влияет на точность формы поверхностей жесткой заготовки.

В процессе закрепления нежестких деталей, таких, как тонкостенные кольца, длинные валы, корпусные детали и др., происходит их деформация. В ряде случаев она может достигнуть значительных величин. Их рассчитывают по формулам из дисциплины «Сопротивление материалов» или определяют экспериментально. Погрешности, возникающие при закреплении нежестких деталей, могут привести как к изменению положения обрабатываемых поверхностей, так и к искажению их формы.

3. Пути уменьшения погрешности закрепления:

- необходимо стремиться к постоянству усилия закрепления;
- повышать однородность поверхностного слоя технологических баз заготовки;
- увеличивать жесткость узлов приспособления, воспринимающих зажимное усилие.

При правильной конструкции приспособления погрешность закрепления невелика и ею можно пренебречь.

Погрешность положения заготовки, вызванная неточностью приспособления является следствием неточности изготовления приспособления ($\epsilon_{изг.п.}$), износа его установочных элементов ($\epsilon_{изм. уэ}$) и ошибок при установке приспособления на станке ($\epsilon_{ст}$).

$$\epsilon_{пр} = \sqrt{\epsilon_{изг.п.}^2 + 3\epsilon_{изм.уэ}^2 + \epsilon_{ст}^2}$$

Погрешность изготовления приспособления $\epsilon_{изг.п.}$ является следствием неточного изготовления его деталей, сборки пригонки и регулировки. Она регламентируется техническими требованиями к приспособлению, которые указываются на его сборочном чертеже. В технических условиях задается точность взаимного положения установочных, направляющих и ориентирующих элементов приспособления.

Наибольшее влияние на погрешность, связанную с неточностью приспособления $\epsilon_{пр}$ оказывает износ его установочных элементов. Интенсивность износа установочных элементов зависит:

- 1) от их конструкции и размеров;
- 2) от материала и веса заготовки;
- 3) от состояния ее базовой поверхности;
- 4) от условий установки и снятия заготовки из приспособления.

Больше изнашиваются точечные опоры и боковые поверхности призм из-за малого их контакта с поверхностью заготовки. Меньше изнашиваются опорные пластины, пальцы установочные и другие детали, где контакт происходит по большой поверхности.

Величина **погрешности, вызванная износом установочных элементов**, определяется по эмпирической формулам:

для точечных опор $\varepsilon_{изн.УЭ} = \beta_1 \sqrt{N}$ (мкм); для плоских опор $\varepsilon_{изн.УЭ} \beta_2 N$ (мкм), где N – число заготовок, устанавливаемых на установочные элементы до их допустимого износа, β – постоянная, зависящая от вида опор. Ее величина приводится в [1] на стр. 21. Например, для опор с плоской головкой $\beta = 0,4 \dots 0,8$, для опор с рифленой головкой – $0,6 \dots 2,5$, для пластин опорных – $0,002-0,004$.

Износ опор регламентируется и контролируется при плановой периодической проверке приспособлений. Когда износ достигает предельно допустимой величины, производят смену опор.

Погрешность расположения приспособления на станке $\varepsilon_{ст}$ характеризует точность выверки приспособления на станке. $\varepsilon_{ст}$ – это зазор между ориентирующим элементом приспособления и посадочным местом станка. Ориентацию приспособлений на станке выполняют с помощью шпонок для пазов стола (фрезерные, расточные и другие станки), центрирующих поясков и выточек на планшайбах и патронах (токарные, шлифовальные и другие станки), конических хвостовиков (токарные, шлифовальные, зубообрабатывающие и другие станки).

Конические посадочные места предпочтительнее, так как позволяют выбрать зазор в сопряжениях. Равномерная затяжка крепежных болтов так же способствует уменьшению $\varepsilon_{ст}$.

Смещение приспособления на станке, возникающее во время его ориентации и фиксации, в направлении перпендикулярном выдерживаемому размеру не влияет на его точность и $\varepsilon_{ст}=0$. В противном случае $\varepsilon_{ст}$ принимается равной величине возможного зазора между ориентирующими элементами приспособления и посадочного места станка.

4.2.4. Методика расчета приспособления на точность и назначение норм точности на его изготовление

Цель расчета: назначить технические требования на изготовление приспособления, т.е. регламентировать точность взаимного расположения его установочных, направляющих и ориентирующих элементов.

Расчет выполняется в следующем порядке:

1. Определяется допустимая погрешность установки заготовки на операции:

$$\varepsilon_{донА} = \sqrt{(T_{мех} - \Sigma \Delta_{\phi})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_H^2 - 3\Delta_H^2 - 3\Delta_{\phi}^2};$$

2) Погрешность установки заготовки в приспособлении ε_y приравнивается ее допустимой погрешности установки на операции $\varepsilon_{дон}$.

Выписывается структура ε_y : $\varepsilon_y = \varepsilon_{дон} = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}$.

Определяются ε_{δ} и ε_3 .

3). Рассчитывается допустимая величина ε_{np} как $\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{доп}^2 - \varepsilon_{\delta}^2 - \varepsilon_3^2}$

Выписывается структура ε_{np} : $\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{изг.П}^2 + 3\varepsilon_{изн.УЭ}^2 + \varepsilon_{ст}^2}$

Определяется величина $\varepsilon_{ст}$. Величина $\varepsilon_{изн.УЭ}$ принимается равной половине ε_{np} : $\varepsilon_{изн.УЭ} = 1/2 \varepsilon_{np}$.

4). Рассчитывается допустимая величина $\varepsilon_{изг.П}$ $\varepsilon_{изг.П} = \sqrt{\varepsilon_{np}^2 - 3\varepsilon_{изн.УЭ}^2 - \varepsilon_{ст}^2}$

5). Выявляются установочные, направляющие и ориентирующие элементы приспособления. Устанавливаются виды (непараллельность, перпендикулярность, несоосность и т.п.) погрешностей их взаимного расположения, которые повлияют на точность достигаемого размера на операции.

6). Рассчитанная величина $\varepsilon_{изг.П}$ распределяется между выявленными видами погрешностей взаимного расположения названных в п.5 элементов приспособления и пересчитывается на 100 мм в соответствии с требованиями ГОСТов на формулирование технических требований.

Например, при сверлении отверстия на валу должен быть выдержан линейный размер L до него от торца вала. Вал в приспособлении устанавливается на призмы, сверло направляется через кондукторную втулку (рис.67). Расчетная $\varepsilon_{изг.П}$ составляет 0,1 мм

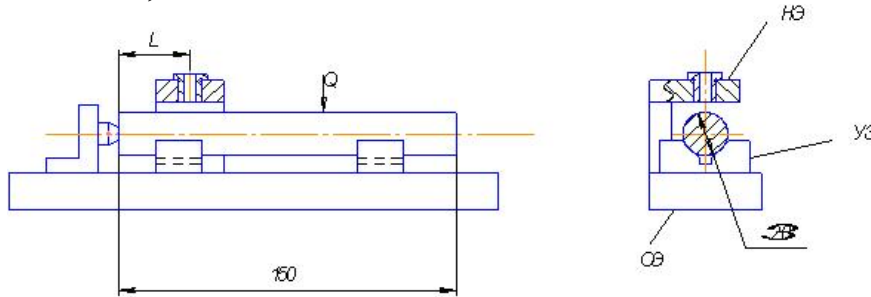


Рис. 67. Эскиз установки вала при сверлении отверстия

Из рис. 67 видно, что:

1). отклонение от параллельности оси призм (УЭ) относительно плоскости основания приспособления (ОЭ) приведет к искажению положения вала относительно оси кондукторной втулки и к погрешности размера L ;

2). отклонение от перпендикулярности оси кондукторной втулки (НЭ) относительно оси призм (УЭ) так же приведет к погрешности размера L .

Разбиваем рассчитанную величину погрешности изготовления приспособления ($\varepsilon_{изг.П} = 0,1$ мм) на две части: для задания ограничения по параллельности элементов приспособления – 0,008 мм, по перпендикулярности – 0,02 мм.

Перерасчитываем установочные погрешности на 100 мм и формулируем технические требования к приспособлению.

Установленная непараллельность оси призм относительно плоскости основания приспособления на длине вала в 150 мм не должна превышать 0,08 мм (см. рис.18). Ее величину на 100 мм определяем через пропорцию:

$$\begin{array}{l} 0,08 \text{ мм} - 150 \text{ мм} \\ x - 100 \text{ мм} \end{array} \quad x = \frac{0,08 \cdot 100}{150} = 0,05 \text{ мм}$$

Округление полученного результата возможно лишь в сторону уменьшения.

Аналогично перерасчитываем установленную погрешность допустимой неперпендикулярности оси кондукторной втулки к оси призм на величине диаметра вала:

$$\begin{array}{l} 0,02 \text{ мм} - 20 \text{ мм} \\ x - 100 \text{ мм} \end{array} \quad x = \frac{0,02 \cdot 100}{20} = 0,1 \text{ мм}$$

Технические требования к приспособлению будут иметь вид:

1. Отклонение от параллельности оси призм относительно плоскости основания приспособления не более 0,05 мм на длине 100 мм.
2. Отклонение от перпендикулярности оси кондукторной втулки относительно оси призм не более 0,1 мм на длине 100 мм.

4.3. Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений

4.3.1. Силовой расчет приспособления

Исходными данными для силового расчета станочного приспособления являются: схема базирования заготовки; схема закрепления заготовки, т.е. направление и точка приложения зажимного усилия; величина, направление и место приложения сил, возникающих при обработке {сил резания (P), реакций опор (N), сил трения (T) и зажимного усилия (Q)}.

Силовой расчет приспособления состоит из двух этапов.

Во-первых, определяется величина усилия зажима заготовки, необходимая для предупреждения ее смещений и вибраций в процессе обработки под действием сил резания.

Во-вторых, рассчитываются конструктивные параметры силового механизма приспособления, обеспечивающего требуемую величину усилия закрепления.

Расчет усилия зажима Q сводится к решению задачи статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил. При расчете

зажимного устройства решается задача: по найденному усилию зажима Q заготовки устанавливаются основные размеры зажимного устройства, а для ручного устройства еще определяется сила или момент, которые должны быть приложены на его рукоятке. При сложных схемах зажимного устройства последовательно прослеживается изменение величины усилия Q , которое имеет место при прохождении через отдельные конструктивные узлы зажимного устройства. На основе этого анализа определяется исходное усилие W , которое должен создать силовой узел, чтобы с учетом потерь на трение в отдельных узлах зажимного устройства приспособления, обеспечить необходимое усилие зажима заготовки.

4.3.2. Назначение зажимных устройств приспособлений. Требования к ним.

Назначением зажимных устройств приспособлений является обеспечение надежного контакта заготовки с установочными элементами и предупреждение ее смещения и вибраций в процессе обработки.

К зажимным устройствам приспособлений предъявляются следующие требования:

1. Надежность в работе, простота конструкции, устройство в обслуживании;
2. Они не должны смещать заготовку в процессе закрепления, портить ее поверхностей, деформировать ее в процессе закрепления;
3. Закрепление и открепление заготовок должно происходить с наименьшей затратой времени и сил рабочего.

При разработке схемы приспособления рекомендуется:

1. Силы резания не должны по возможности восприниматься зажимными устройствами. Их должны воспринимать установочные элементы приспособления как более жесткие.

2. Место приложения усилия зажима заготовки выбирается по условию ее наибольшей жесткости и устойчивости. Усилие зажима должно по возможности обеспечивать прижатие заготовки ее поверхностью, контактирующей с большим количеством установочных элементов, т.е. поверхностью, служащей установочной или двойной направляющей технологической базой.

3. При выборе зажимного устройства для повышения точности обработки, предпочтение должно отдаваться устройствам, обеспечивающим постоянное усилие зажима.

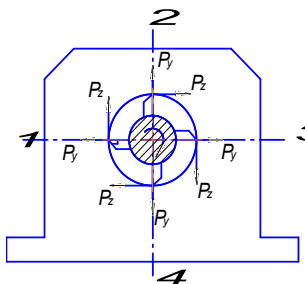
4. При использовании ручных зажимов в единичном производстве усилие руки рабочего не должно превышать 15 кгс; в серийном – оно должно находиться в пределах 6-12 кгс; в крупносерийном и массовом – в пределах 2-4 кгс.

В неавтоматизированном производстве рабочий за смену может выполнять в среднем 750 зажатий. При более высоком сменном задании приспособление следует оснастить пневматическим, гидравлическим или другим автоматизированным силовым узлом.

4.3.3. Силы, действующие на заготовку при обработке

В процессе обработки на заготовку действуют следующие силы: силы резания (P) или моменты резания ($M_{рез}$); усилие закрепления заготовки (Q); реакции опор (N); силы трения (T); объемные силы – вес заготовки (G), центробежные силы ($P_{цб}$), инерционные силы ($P_{ин}$).

Силы резания переменны по величине и направлению. Их величина меняется в момент врезания и выхода инструмента, из-за непостоянства припуска и механических свойств материала заготовки, при притуплении режущего инструмента. Направление сил резания зависит от метода и характера обработки. Например, при точении направление составляющих сил резания относительно заготовки не изменяется, а при растачивании отверстия у неподвижной корпусной детали на расточном станке расточным резцом, установленном во вращающейся оправке изменяется и



зависит от углового положения резца относительно обрабатываемой поверхности (рис.68).

В качестве расчетной схемы в этом случае выбирается наиболее неблагоприятный с точки зрения устойчивости заготовки вариант ее нагружения.

Силы резания рассчитываются по формулам теории резания металлов или выбирается по нормативам.

Рис.68. Схема нагружения корпусной

детали составляющими силы резания
при растачивании отверстия

Реакции опор возникают при при
ложении к заготовке усилия закрепления.

Они действуют перпендикулярно к установочным элементам навстречу зажимному усилию.

Силы трения учитываются, когда силы резания стремятся сдвинуть заготовку относительно установочных элементов. Они действуют в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами приспособления навстречу сдвигающим усилиям.

Вес заготовки учитывают при расчете усилия зажима, когда заготовку помещают на вертикально или наклонно расположенные установочные элементы, а также при закреплении заготовки в поворотных или кантовующихся

приспособлениях, если изменение положения заготовки создает разные условия ее закрепления.

Центробежные силы возникают при смещении центра тяжести заготовки от оси ее вращения. Например, при скоростном точении заготовок, закрепленных по наружной поверхности в патронах, центробежные силы, действующие на кулачки, вызывают ослабление усилия зажима на 15...20%.

Инерционные силы возникают и имеют существенное значение, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или имеет вращательное движение при быстром изменении его скорости (при применении тормоза для шпинделя на скоростных станках токарной группы и т.п.).

Центробежные и инерционные силы рассчитывают по формулам теоретической механики.

4.3.4. Методика расчета усилия закрепления заготовок в приспособлении

Определение величины усилия закрепления заготовки выполняется в следующей последовательности.

1. Вычерчивается упрощенная схема установки заготовки в приспособлении;
2. Выявляются силы, действующие на заготовку при обработке и места их приложения;
3. На схеме установки заготовки к ней в соответствующих местах прикладываются силы, действующие на заготовку, и составляется уравнение ее равновесия в виде уравнения статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием системы внешних сил;
4. Составленное уравнение решается относительно усилия закрепления.

Рассмотрим пример расчета силы зажима цилиндрической заготовки при фрезеровании на ней шпоночного паза дисковой фрезой. Заготовка устанавливается на призму.

Вычерчиваем упрощенную схему установки заготовки, выявляем силы, действующие на нее при обработке, и прикладываем их на схеме установки в соответствующих местах (рис.69).

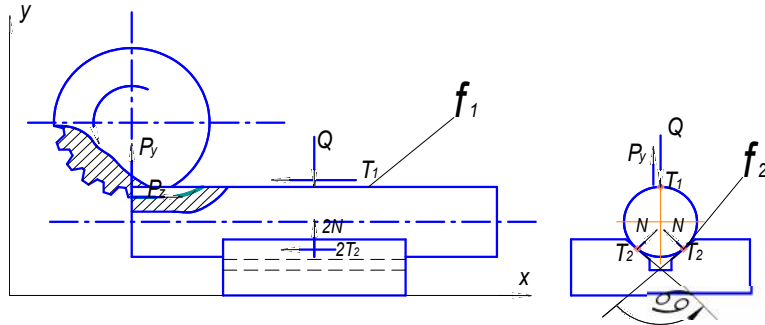


Рис. 69. Схема к расчету усилия закрепления

Из схемы приложения к заготовке сил видно, что если заготовку не закрепить и начать фрезеровать паз, то под действием силы P_z она будет перемещаться вдоль оси X, т.е. уравнением равновесия заготовки является $\sum P(x)=0$. Спроектировав на ось X силы, действующие на заготовку, получим уравнение ее равновесия - $P_z - T_1 - 2T_2 = 0$ (1)

В решении задачи оно является основным. Учитывая, что сила трения – это произведение коэффициента трения (f) на силу, вызвавшую трение, уравнение (1) можно переписать в виде - $P_z - f_1 Q - 2f_2 N = 0$ (2)

Неизвестная величина реакции опор на данном этапе решения уравнения (1) не позволяет определить Q . Выразим ее через другие силы, действующие на заготовку. Для этого составим второе уравнение равновесия заготовки: $\sum P(y)=0$: $-Q + P_y + 2N \sin \alpha / 2 = 0$

Отсюда:
$$N = \frac{Q - P_y}{2 \sin \alpha / 2} \quad (3)$$

Заменив в уравнении (2) N ее значением (3), получим основное уравнение равновесия заготовки в виде:

$$P_z - f_1 Q - 2f_2 \frac{Q - P_y}{2 \sin \alpha / 2} = 0.$$

Решив его относительно Q , получим выражение для его определения:

$$Q = \frac{P_z \cdot k - f_2 P \frac{1}{\sin \alpha / 2}}{f_1 + f_2 \frac{1}{\sin \alpha / 2}},$$

где k – коэффициент запаса.

Для расчета усилия закрепления заготовки необходимо знать: величины коэффициентов станочного трения; значение коэффициента запаса k .

Результаты исследований показывают, что для шлифованных, термообработанных установочных элементов с большой опорной поверхностью коэффициент трения не зависит от шероховатости базовых поверхностей

заготовки, ее материала, наличия следов СОЖ. Для практических расчетов в этом случае принимают $f = 0,16$.

Для опор со сферической поверхностью коэффициент трения зависит от усилия N , действующего перпендикулярно к ней и радиуса сферы r :

$$f = \frac{18,5N^2}{r^3} + 0,18.$$

Для практических расчетов f можно брать в пределах $0,20 \dots 0,25$.

Опоры с рифлениями внедряются в поверхность заготовки, в связи с чем сопротивление сдвигу возрастает. Коэффициент трения в этом случае может достигнуть значения $0,7$ и выше. Его можно рассчитать по формуле $f = 0,0005N + 0,2$, где N – нормальная сила на 1 см^2 рабочей поверхности установочного элемента в кгс.

В расчете по определению сил зажима вводится коэффициент запаса k . Величина которого определяется как произведение первичных коэффициентов, отражающих конкретные условия обработки и закрепления заготовки:

$$k = \prod_{i=0}^{i=6} k_i = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6$$

k_0 – гарантированный коэффициент запаса. Его рекомендуют брать равным $1,5$.

k_1 , k_2 и k_3 учитывают возможное изменение в процессе обработки силы резания.

k_1 учитывает изменение силы резания из-за изменения припуска на обработку. При черновой обработке $k_1 = 1,2$; при чистовой $k_1 = 1,0$.

k_2 учитывает увеличение сил резания из-за притупления режущего инструмента. При сверлении он равен $1,15$; при зенкерование – $1,2 \dots 1,4$; при точении – $1,0 \dots 1,6$; при цилиндрическом и торцовом фрезеровании – $1,2 \dots 1,8$.

k_3 учитывает увеличение сил резания при прерывистом резании. При снятии стружки непрерывной лентой (точение, сверление, зенкерование и др.) $k_3 = 1$, при прерывистом резании (фрезерование) и при обработке прерывистых поверхностей, когда имеет место ударная нагрузка на инструмент $k_3 = 1,2$.

k_4 и k_5 учитывают возможное изменение усилия закрепления.

k_4 учитывает стабильность усилия закрепления. При механизированном приводе (гидро-, пневмопривод и др.), когда зажимные усилия стабильны $k_4 = 1$. При ручном зажиме – $k_4 = 1,3$.

k_5 учитывается при зажимных механизмах с ручным приводом. При удобном расположении рукоятки $k_5 = 1,0$; при неудобном – $k_5 = 1,3$.

k_6 учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку. При определенном положении опорных точек с ограниченной

поверхностью контакта (штыри, пластины) $k_6=1$. При установке заготовки на установочные элементы с большой поверхностью контакта $k_6=1,6$.

Дифференцированный выбор значения коэффициента запаса k позволяет более точно учесть условия выполнения операции. Усредненное значение k может оказаться недостаточным, что снизит надежность зажимного устройства. Преувеличенное значение k приводит к завышению усилия закрепления заготовки, что влечет за собой увеличение размеров зажимного устройства и приспособления в целом, а значит и его себестоимости.

4.3.5. Влияние упругих свойств зажимных устройств приспособлений на величину усилия закрепления

При воздействии на заготовку изменяющейся по величине силы резания в процессе обработки разные по конструкции зажимные устройства ведут себя по разному в зависимости от их упругих свойств. Поэтому при расчете усилия закрепления необходимо учитывать упругие свойства зажимного устройства. Применяемые в приспособлениях зажимные устройства по их упругим свойствам разбиты на две группы.

В первую группу включены зажимные устройства обладающие свойством самоторможения. Это винтовые, клиновые, эксцентриковые и др. устройства. Их упругие отжимы прямопропорциональны приложенным к ним силам. Если в процессе обработки сила резания окажется больше усилия закрепления, такое устройство в силу свойства самоторможения продолжает удерживать заготовку, получая дополнительные упругие деформации.

Во вторую группу включены пневматические, гидравлические механизмы прямого действия, электромагнитные, вакуумные и т.п. устройства. Если на зажимной элемент таких механизмов (например, шток пневмоцилиндра) будет действовать сила резания большая, чем усилие зажима, развиваемое механизмом (противодействующая сила от давления сжатого воздуха на поршень), зажимной элемент (шток) сразу же переместится на большую величину. Произойдет полное раскрепление заготовки.

Отсюда видно, что зажимные устройства первой группы в критических ситуациях оказываются более надежными. Их целесообразно включать в зажимную систему приспособлений на черновых операциях, когда имеет место изменение глубины резания, а значит и силы резания.

В приспособлении (рис.70,а) усилие закрепления воспринимается всеми звеньями системы, состоящей из установочных элементов 1, заготовки 2, зажимного устройства 3 и корпуса 4 приспособления. Корпус является звеном, через которое происходит силовое замыкание системы. Если сила обработки P

направлена против зажимного устройства, то зависимость смещения заготовки y от силы P будет определяться упругой характеристикой этого устройства.

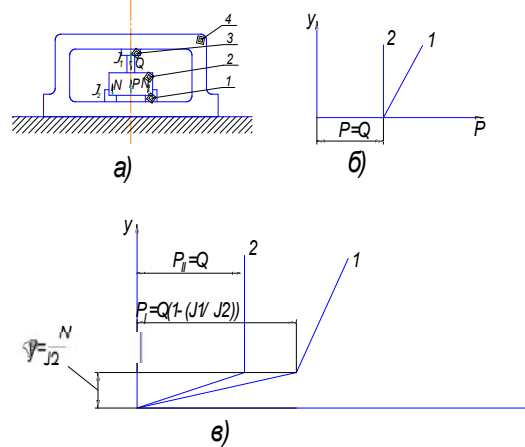


Рис. 70. Характеристика упругих свойств зажимных устройств

На рис. 70, б прямые 1 и 2 выражают смещение заготовки при наличии зажимных устройств соответственно первой и второй группы, при условии, что все звенья системы, кроме зажимного устройства, абсолютно жесткие. Если принять во внимание, что не только зажимные элементы, но и остальные звенья системы обладают конечной жесткостью, то график смещения заготовки под действием силы резания имеет вид, представленный на рис. 56, в. Физика этого процесса сводится к следующему. К установленной в приспособление заготовке 2 (см. рис. 56, а) прикладываем усилие зажима Q . Опоры 1 оказываются под нагрузкой $N = \frac{Q}{n}$, где n – количество опор, воспринимающих усилие Q , и получают упругие деформации $\Delta y = \frac{N}{I_2}$. Начинаем обработку детали. Возникает сила резания P , направленная навстречу усилию Q . Она нейтрализует действие усилия зажима Q , и установочные элементы 1 приспособления начинают воспринимать меньшую нагрузку, равную $N = \frac{Q-P}{n}$. В результате происходит их упругой восстановления. Отрезок Δy на (рис. 56, в) соответствует полному упругому восстановлению установочных элементов. Дальнейшее увеличение силы P приведет к отрыву заготовки от установочных элементов. Этот момент наступит раньше в приспособлении с зажимным устройством второй группы. Он произойдет когда $P_{II} = Q$.

Величину силы обработки P_I , при которой произойдет отрыв заготовки от установочных элементов в приспособлении с зажимным устройством первой группы можно найти из рис. 71, где по оси абсцисс отложены силы, а по оси

ординат – перемещения. Линия 2 характеризует упругие отжатия установочных элементов, а линия 1 – упругие отжатия зажимных элементов под действием сил.

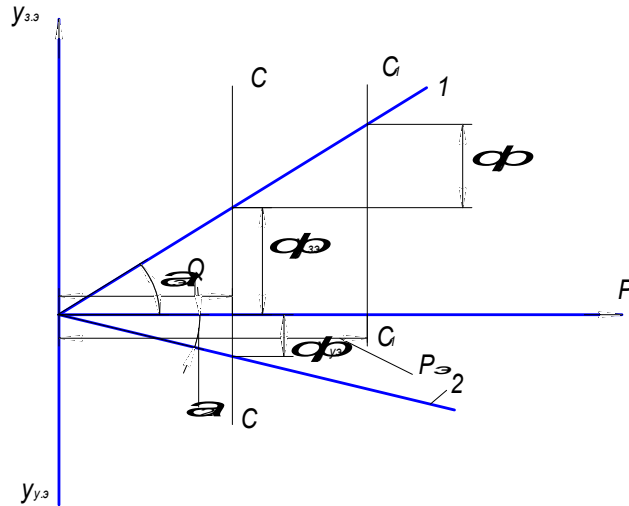


Рис.71. Расчетная схема для определения силы P_1

Вертикальная линия С-С соответствует состоянию системы при приложении к ней усилия закрепления Q . При этом зажимные элементы приспособления получают упругие деформации $\Delta z_{э.}$, а установочные $\Delta y_{у.э.}$. Учитывая, что жесткость системы определяется отношением силы, действующей на нее, к ее отжатию, вызванному этой силой: $I = \frac{P}{y}$, тангенс угла наклона прямой 1 можно представить в виде $\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{\Delta z_{э.}}{Q} = \frac{1}{I_1}$, и, по аналогии $\operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{1}{I_2}$, где I_1 и I_2 – жесткости зажимных и установочных элементов приспособления соответственно.

Из рис.71 видно, что $\Delta y_{у.э.} = Q \cdot \operatorname{tg} \alpha_2 = Q \frac{1}{I_2}$.

При увеличении силы обработки до P_1 состояние системы соответствует линии С₁-С₁. В этот момент происходит полное упругое восстановление установочных элементов приспособления на величину $\Delta y_{у.э.}$. На такую же величину происходит смещение заготовки в направлении зажимного устройства, которое при этом получает дополнительную упругую деформацию $\Delta y = \Delta y_{у.э.}$.

Из рис. следует, что

$$P_1 = Q + \frac{\Delta y_{у.э.}}{\operatorname{tg} \alpha_1} = Q + \Delta y_{у.э.} \cdot I_1 = Q + Q \frac{I_1}{I_2} = Q \left(1 + \frac{I_1}{I_2} \right) = Q \frac{I_1 + I_2}{I_2}$$

Отсюда можно определить величину усилия закрепления заготовки для удержания ее под действием силы обработки P в приспособлении с зажимным устройством первой группы

$$Q^I = P \frac{I_2}{I_1 + I_2}$$

сопоставляя ее с величиной усилия закрепления заготовки для удержания ее под действием такой же силы обработки P в приспособлении с зажимным устройством второй группы $Q^{II}=P$, видим, что при использовании зажимных устройств, обладающих свойством самоторможения, для закрепления заготовки требуется меньшее по величине усилие Q . Это уменьшает размеры зажимного устройства, а следовательно, позволяет спроектировать более компактное приспособление, с меньшими размерами, меньшей трудоемкостью и себестоимостью его изготовления.

4.3.6. Типовые расчетные схемы к определению усилий закрепления заготовок

Рассмотрим примеры расчета сил крепления заготовки применительно к разным схемам их установки и закрепления. Расчеты выполняются из условия обеспечения надежного контакта заготовки с установочными элементами приспособления и предупреждения ее смещения и вибраций в процессе обработки.

Рассмотрим схемы с зажимными устройствами, предупреждающие смещение заготовки от действия сил.

Схема 1. Силы обработки P и зажима Q прижимают заготовку к опорам приспособления (рис.72).

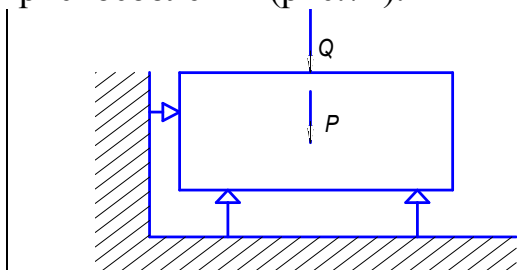


Рис.72. Схема к расчету силы зажима

При постоянном значении P усилие $Q=0$, т.к. сила P сама предупреждает смещение заготовки. Этой схеме соответствуют операции запрессовки, протягивание отверстий и др.

Если в процессе обработки сила P нестабильна, в процессе резания могут возникнуть вибрации. В этом случае в приспособлении необходимо предусмотреть зажимное устройство, обеспечивающее усилие закрепления Q достаточное для выбора зазоров в системе и повысить ее жесткость для предотвращения вибраций. Величина усилия Q в этом случае подбирается опытным путем.

Схема 2. Сила обработки P направлена против зажимного устройства (рис.73).

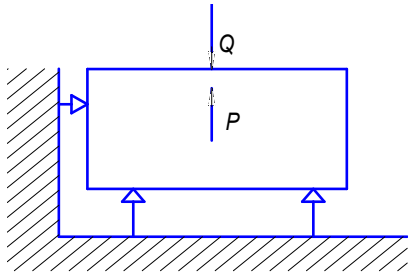


Рис. 73. Схема к расчету силы зажима

Этой схеме соответствует операция строгания. Для зажимного устройства второй группы (несамотормозящие) усилие Q должно несколько превышать силу P .

$$Q^{\text{II}} = kP, \text{ где } k > 1$$

При определении Q при наличии зажимного устройства первой группы (обладающего свойством самоторможения) должны быть учтены жесткости зажимного и установочных элементов приспособления.

$$Q^{\text{I}} = kP \frac{I_2}{I_1 + I_2}, \text{ где } k < 1.$$

Схема 3. Силы обработки стремятся сдвинуть заготовку по опорам (рис.74).

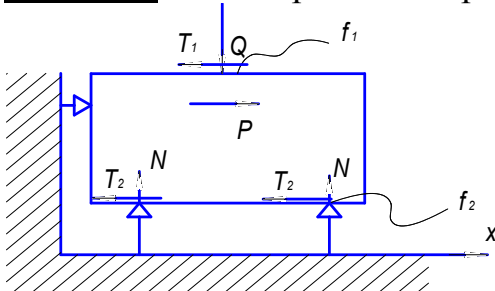


Рис.74.Схема к расчету усилия зажима

Этой схеме соответствуют операции строгания, фрезерования шпоночных пазов и др. Поскольку в ней нет составляющей силы резания, направленная против зажимного устройства, то при расчете жесткости I_1 и I_2 не учитываются

После приложения усилия Q от опор перпендикулярно к ним возникают реакции $N = \frac{Q}{n}$, где n – количество опор, воспринимающих усилие закрепления.

Смещение заготовки предупреждается силами трения, возникающими в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами $T_1 = f_1 Q$ и $T_2 = f_2 N$.

Условием равновесия заготовки является $\sum P(x) = 0$: $-T_1 - nT_2 + P = 0$;

$$-f_1 Q - nf_2 \frac{Q}{n} + P = 0; \quad Pk = Q(f_1 + f_2);$$

$$Q = \frac{P \cdot k}{f_1 + f_2} - \text{формула для расчета усилия закрепления для механизмов первой и}$$

второй групп.

Схема 4. Силы обработки направлены на установочные элементы (сила P_1) и одновременно стремятся сдвинуть заготовку (сила P_2) (рис.75).

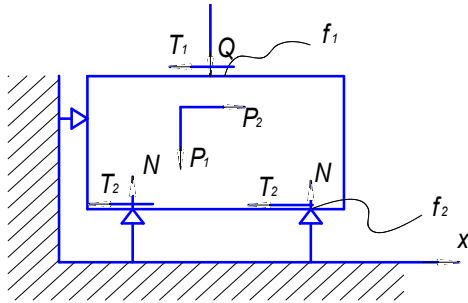


Рис. 75. Схема к расчету усилия закрепления

Этой схеме соответствует операция фрезерования.

Условием равновесия заготовки является $\sum P(x)=0$. $-T_1-nT_2+P_2=0$.

В приспособлении используется зажимное устройство второй группы. В этом случае $T_1=f_1Q$; $T_2=f_2N$; $N = \frac{Q+P_1}{n}$

После подстановки и решения уравнения получаем

$$Q'' = \frac{kP_2 - f_2P_1}{f_1 + f_2}$$

Для зажимного устройства первой группы для этой схемы должны быть учтены I_1 и I_2 . Из-за действия силы P_1 происходит перераспределение нагрузки на установочные и зажимные элементы приспособления. Опоры во время обработки получают дополнительно к усилию закрепления Q силу резания P_1 . Действительная нагрузка на опоры во время резания составляет

$$F_2 = Q + P_1 \frac{I_2}{I_1 + I_2}$$

Под действием этого усилия опоры получают дополнительные упругие деформации. На их величину заготовка перемещается в направлении действия силы P_1 . Это уменьшает величину нагрузки на заготовку со стороны зажимного элемента, которая будет равна

$$F_1 = Q - P_1 \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

Условие равновесия заготовки: $\sum P(x)=0$: $T_1-nT_2+P_2=0$

$$T_1=f_1F_1; \quad T_2=f_2N; \quad N = \frac{F_2}{n}$$

После подстановки и решения уравнения получаем

$$Q^I = \frac{k \cdot P_2 + f_1P_1 \frac{I_1}{I_1 + I_2} - f_2P_1 \frac{I_2}{I_1 + I_2}}{f_1 + f_2}$$

Схема 5. Силы обработки направлены против зажимного устройства (сила P_1) и одновременно стремятся сдвинуть заготовку (сила P_2) (рис. 76).

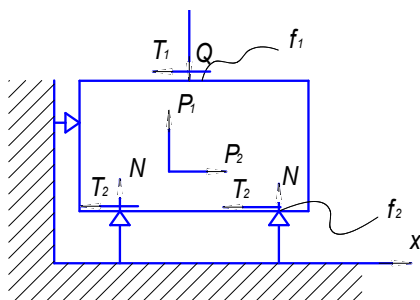


Рис.76. Схема к расчету усилия закрепления

Этой схеме соответствует операция фрезерования.

Усилие закрепления заготовки должно быть достаточным для предотвращения

- а) смещение заготовки по опорам;
- б) отрыва заготовки от опор.

Рассмотрим случай, когда в приспособлении используется *зажимное устройство с упругой характеристикой второй группы*.

1-ое условие – предотвращение сдвига заготовки от силы P_2 обеспечивается, если $\sum P(x)=0$: $-T_1-nT_2+P_2=0$

$$T_1=f_1Q; \quad T_2=f_2N; \quad N=\frac{Q-P_1}{n}$$

После подстановки и решения уравнения получаем: $Q^{II} = \frac{kP_2 + P_1f_2}{f_1 + f_2}$

2-ое условие – предотвращение отрыва заготовки от опор силой P_1 обеспечивается при $Q^I = kP_1$.

Из двух значений Q выбирается большее и принимается за расчетную величину усилия закрепления заготовки.

Рассмотрим случай, когда в приспособлении используется *зажимное устройство с упругой характеристикой первой группы*.

Из-за действия силы P_1 в установочных и зажимных элементах приспособления происходит перераспределение нагрузки на них. Зажимное устройство во время обработки воспринимает нагрузку Q от силового узла с одной стороны, и от силы P_1 – с другой стороны:

$$F_1 = Q + P_1 \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

Величина этого усилия определяет упругие деформации зажимного устройства. На величину этой деформации заготовка перемещается в направлении действия силы P_1 . Это уменьшает нагрузку на опоры, которая будет равна:

$$F_2 = Q - P_1 \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

1-ое условие – предотвращение сдвига заготовки от силы P_2 обеспечивается, если $\sum P(x)=0$: $-T_1-nT_2+P_2=0$

$$T_1=f_1F_1; \quad T_2=f_2N; \quad N=\frac{F_2}{n}$$

После подстановки и решения уравнения получаем:

$$Q^I = \frac{kP_2 - P_1 f_1 \frac{I_1}{I_1 + I_2} + P_1 f_2 \frac{I_2}{I_1 + I_2}}{f_1 + f_2}$$

2-ое условие – предотвращение отрыва заготовки от опор силой P_1 обеспечивается при $Q^I = kP_1 \frac{I_2}{I_1 + I_2}$.

За расчетную величину усилия Q принимается большее его значение.

Рассмотрим схемы с зажимными устройствами, предотвращающие проворачивание заготовки от действия момента.

Схема 1. Заготовка, установленная в трехкулачковом патроне, находится под действием момента $M_{рез.}$ и осевой силы P (рис.77).

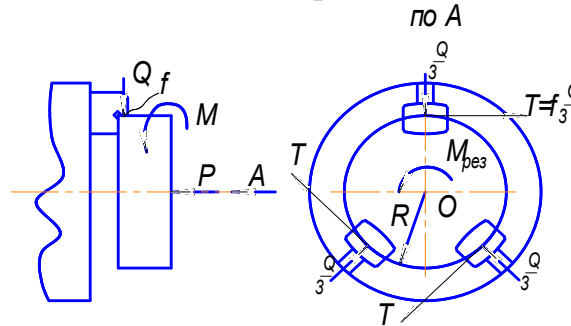


Рис. 77. Схема к расчету усилия закрепления

а) Если осевая сила P небольшая по величине, то заготовка от проворота удерживается моментом трения между кулачками и заготовкой. Условием равновесия заготовки является $\sum M(0)=0$:

$$M_{рез} = 3T \cdot R = 3f \frac{Q}{3} R = fQR,$$

где f – коэффициент трения на поверхности кулачков.

Отсюда
$$Q = \frac{M_{рез} \cdot k}{fR}.$$

б) Если осевая сила велика, могут возникнуть дополнительные силы трения между торцом заготовки и уступами кулачков. Тогда момент резания будет уравниваться суммой моментов трения между кулачками и заготовкой ($M_{тр.кул.}$) и между торцом заготовки и уступами кулачков ($M_{тр.уст.кул.}$) (рис. 78).

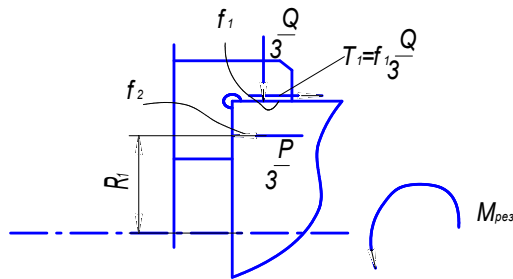


Рис. 78. Схема к расчету усилия закрепления

$$M_{рез} = Mmp_{кул} + Mmp_{уст.кул.}$$

$$Mmp_{кул} = fQR$$

$$Mmp_{уст.кул.} = 3f_2FR_1, \text{ где } F - \text{ сила, действующая на уступ кулачка}$$

$$F = \frac{P}{3} - T_1 = \frac{P}{3} - f_1 \frac{Q}{3} = \frac{P - f_1Q}{3}$$

$$M_{рез} = fQR + 3f_2 \frac{P - f_1Q}{3} R_1 = fQR + f_2(P - f_1Q)R_1,$$

где f_1 – коэффициент трения при сдвиге заготовки вдоль кулачков; f_2 – коэффициент трения в местах контакта заготовки с уступами кулачков; R_1 – средний радиус расположения площадки контакта.

Схема 2. Заготовка центрируется по отверстию и прижимается к трем опорам несколькими прихватами. Заготовка находится под действием момента $M_{рез}$ и осевой силы P (рис.79).

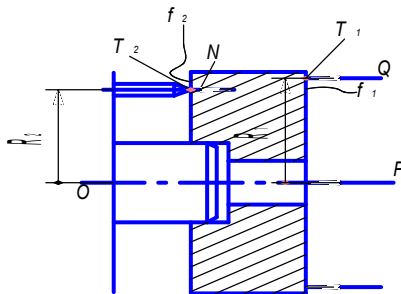


Рис.79. Схема к расчету усилия закрепления

Условием равновесия заготовки является $\sum M(0)=0$

$M_{рез} = Mmp_{3.э.} + Mmp_{он.}$, где $Mmp_{3.э.}$ – момент трения, возникающий над зажимными элементами (прихваты), $Mmp_{он.}$ – момент трения, возникающий на опорах.

Если в приспособлении используется *зажимное устройство второй группы*, то

$$Mmp_{3.э.} = T_1 R_1 = f_1 Q R_1; \quad Mmp_{он.} = T_2 R_1 = f_2 N R_1; \quad N = Q + P/$$

После подстановки значений $Mmp_{3.э.}$ и $Mmp_{он.}$ в основное уравнение равновесия заготовки и его решения получим

$$Q_{II} = \frac{kM_{рез} - f_2 P R_2}{f_1 R_1 + f_2 R_2}$$

Если в приспособлении используется *зажимное устройство первой группы*, осевая сила P вызывает изменение нагрузки на опоры и зажимной элемент. На опоры во время обработки заготовки фактически действует сила

$$F_2 = Q + P \frac{I_2}{I_1 + I_2};$$

а на зажимной элемент сила

$$F_1 = Q - P \frac{I_1}{I_1 + I_2}.$$

В этом случае $Mmp_{3.э} = T_1 R_1 = f_1 F_1 R_1$, $Mmp_{он} = T_2 R_2 = f_2 F_2 R$

После подстановки этих выражений в основное уравнение равновесия и его

решения получим:

$$Q^I = \frac{kM_{рез} + f_1 R_1 P \frac{I_1}{I_1 + I_2} - f_2 R_2 P \frac{I_2}{I_1 + I_2}}{f_1 R_1 + f_2 R_2}$$

Схема 3. Заготовка устанавливается на торцовую кольцевую поверхность, прижимается прихватами и находится под действием момента резания $M_{рез}$ и осевой силы P (рис. 80).

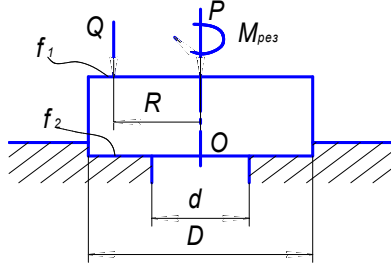


Рис. 80. Схема к расчету усилия закрепления

Условием равновесия заготовки является $\sum M(0) = 0$.

$$M_{рез} = Mmp_{3.э} + Mmp_{он}$$

Если в приспособлении использовано зажимное устройство второй группы, то $Mmp_{3.э} = T_1 R = f_1 Q R$;

$$Mmp_{y.э.} = \frac{1}{3} f N \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad (\text{момент трения на кольцевой поверхности})$$

$$N = Q + P$$

В результате решения уравнения равновесия получим

$$Q^{II} = \frac{kM_{рез} - \frac{1}{3} P f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{f_1 R + \frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$$

Если в приспособлении используется зажимное устройство первой группы, осевая сила P вызовет изменение нагрузки на опору и зажимной элемент. Во время обработки на опору фактически будет действовать сила

$$F_2 = Q + P \frac{I_2}{I_1 + I_2},$$

а на зажимной элемент сила

$$F_1 = Q - P \frac{I_1}{I_1 + I_2}$$

Отсюда уравнение равновесия примет вид

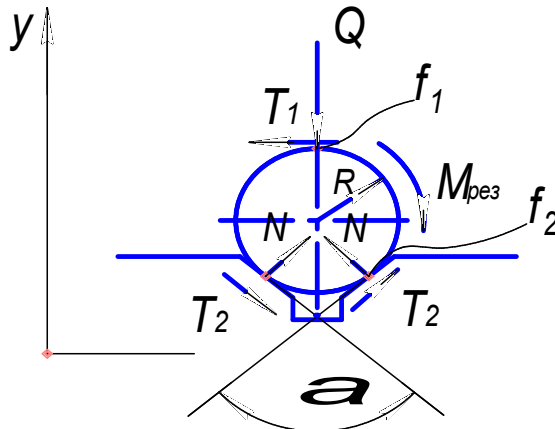
$$kM_{рез} = f_1 F_1 R + \frac{1}{3} f_2 F_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$$

Решив его относительно Q , получим

$$Q^I = \frac{kM_{рез} + f_1 P \frac{I_1}{I_1 + I_2} R - \frac{1}{3} f_2 P \frac{I_2}{I_1 + I_2} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{f_1 R + \frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}$$

Схема 4. Цилиндрическая заготовка установлена и закреплена в призме с углом α .

а) В процессе обработки на заготовку действует момент $M_{рез}$ (рис.81).



Уравнением равновесия заготовки является

$$M_{рез} = T_1 R + 2T_2 R = f_1 Q R + 2f_2 N R$$

Из уравнения $\sum P(y) = 0$:

$$-Q + 2N \sin \alpha / 2 = 0, \text{ находим}$$

$$N = \frac{Q}{2 \sin \alpha / 2}$$

$$\text{Тогда } M_{рез} = f_1 Q R + 2f_2 \frac{Q}{2 \sin \alpha / 2} R$$

Рис.81. Схема к расчету усилия закрепления

и

$$Q^M = \frac{kM_{рез}}{f_1 R + f_2 R \frac{1}{\sin \alpha / 2}} - \text{усилие закрепления, удерживающее заготовку от}$$

провертывания моментом $M_{рез}$.

б) Если на заготовку, установленную и закрепленную в призме, действует сдвигающая осевая сила вдоль призмы, то схема приложения к ней сил имеет вид представленный на рис.82.

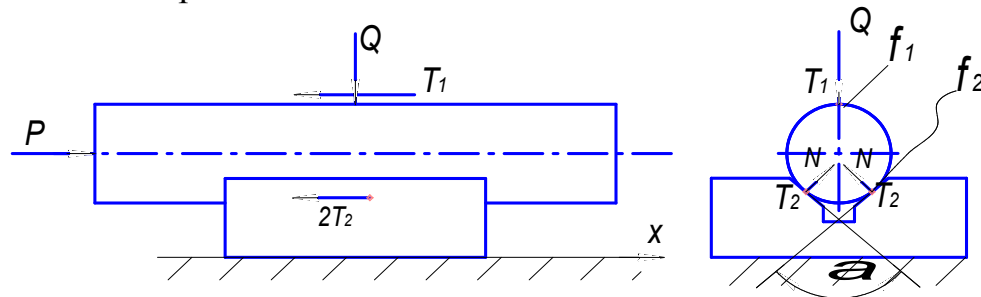


Рис. 82. Схема к расчету усилия закрепления

Уравнением равновесия заготовки является $\sum P(x) = 0$:

$$P - T_1 - 2T_2 = 0$$

$$T_1 = f'_1 = 0; \quad T_2 = f'_2 N = f'_2 \frac{Q}{2 \sin \alpha / 2}$$

$$P - f'_1 Q - f'_2 Q \frac{1}{\sin \alpha / 2} = 0$$

Отсюда

$$Q^P = \frac{kP}{f'_1 + f'_2 \frac{1}{\sin \alpha / 2}} - \text{усилие закрепления, удерживающее заготовку от смещения}$$

силой P .

в) Если на заготовку одновременно действуют и момент и осевая сила, то усилие закрепления определяется как

$$Q = Q^M + Q^P.$$

Рассмотрим схемы с зажимными устройствами, предотвращающими смещение заготовки при многоинструментной обработке.

Схема 1. В заготовке одновременно обрабатывают несколько отверстий мерными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, цековками) с параллельно расположенными осями (рис.83).

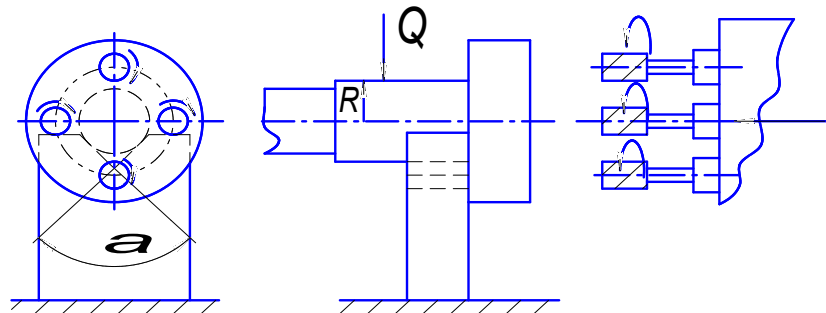


Рис.83. Схема к расчету усилия закрепления

Такая схема обработки характерна для многошпиндельных агрегатных станков и многошпиндельных сверлильных головок. Инструменты крепятся на удлиненных оправках и имеют малую радиальную жесткость. Из-за колебания размеров режущего инструмента и размеров предварительно обработанных отверстий припуск на обработку у разных отверстий не одинаков. Неравномерный припуск и неравномерная твердость обрабатываемого материала приводят к разной степени затупления режущего инструмента. В результате этого на разных обрабатываемых отверстиях имеет место разный момент резания, а заготовка под

действием суммарного момента от отдельных инструментов стремится повернуться вокруг той оси, где момент трения наименьший.

Расчетную схему к определению усилия закрепления определяет схема установок заготовки. При установке заготовки в призму она соответствует типовой схеме, показанной на рис.67, и усилие закрепления определяется по выражению

$$Q = \frac{k \cdot \sum_{i=0}^k M_i}{f_1 R + f_2 R \frac{1}{\sin \alpha / 2}}$$

Схема 2. В заготовке одновременно растачивается несколько параллельно расположенных отверстий.

При использовании однорезцовой оправки (рис.84) в зависимости от взаимного углового положения резцов при его самом невыгодном сочетании может возникнуть максимальная Суммарная сдвигающая сила $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ (рис.84,а) или наибольший суммарный момент $M = P_1 l_1 + P_2 l_2 + P_3 l_3 + P_4 l_4$ (рис.84 ,б) Расчет силы зажима заготовки должен вестись по наиболее неблагоприятному из этих условий в зависимости от схемы установки заготовки

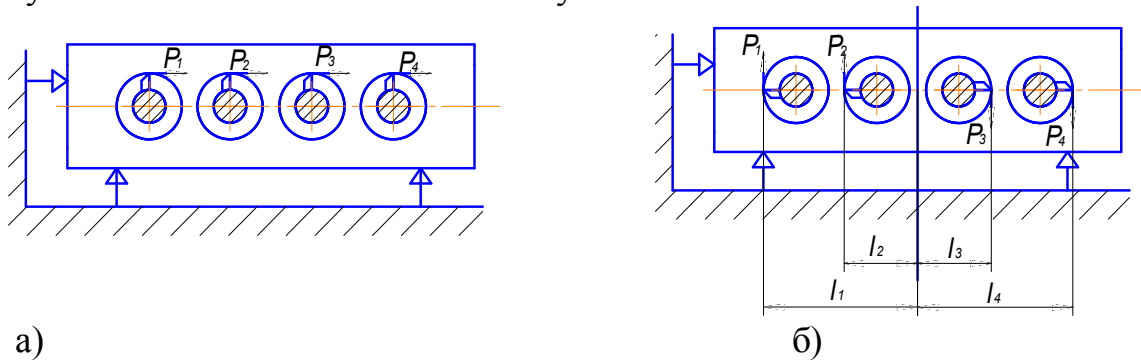


Рис .84. Схема к расчету усилия закрепления

При растачивании многорезцовыми головками, создающими момент резания на каждом отверстии, расчет усилия закрепления ведется по сумме моментов от отдельных инструментов. Расчетную схему определяет схема установки заготовки.

4.4. Зажимные устройства приспособлений

4.4.1. Элементарные зажимные устройства

Элементарные зажимные устройства – это простейшие механизмы, служащие непосредственно для закрепления заготовок или выполняющие роль промежуточных звеньев в более сложных зажимных системах.

К ним относятся: винтовые, клиновые, клиноплунжерные, эксцентриковые, рычажные и другие устройства.

В действие элементарные зажимные устройства приводят либо вручную за счет мускульной силы рабочего (ручные), либо от силового привода (механизированные), либо перемещающимися частями станков (автоматизированные).

При расчете элементарных зажимных устройств решается задача – по известному усилию закрепления заготовки устанавливают основные размеры зажимного устройства и определяют исходную силу (момент) на рукоятке или силовом приводе приспособления.

4.4.1.1. Винтовые зажимные устройства

Винтовые механизмы *применяют* в приспособлениях как с ручным закреплением заготовок, так и с механизированным приводом.

Достоинством их являются: простота конструкции, надежность в работе, невысокая стоимость.

Конструктивное оформление: винтовой механизм осуществляет закрепление либо винтом при неподвижной резьбовой втулке, либо гайкой при неподвижной шпильке (рис.85).

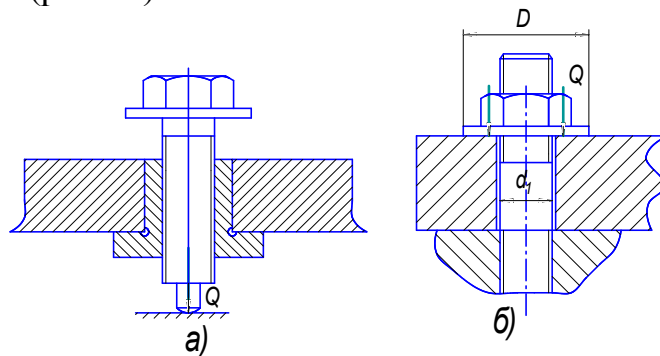


Рис. 85. Схемы винтовых зажимов

Расчетным параметром винта является его номинальный (наружный) диаметр $d = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}}$ мм, где $C=1,4$ – для основной метрической резьбы; σ – напряжение растяжения; для винтов из стали 45 можно брать с учетом износа резьбы в пределах 80-10 МПа.

Величина расчетного диаметра округляется до ближайшего большего значения. В приспособлениях применяют резьбы от М6 до М48.

Момент, развиваемый на рукоятке, для получения заданной силы зажима Q : $M =$

$$Mmp_{винт} + Mmp_{тор},$$

где $Mmp_{винт}$ – момент трения на витках винта; $Mmp_{тор}$ – момент трения на опорном торце винта (гайки).

$$Mmp_{винт} = r_{cp} Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi),$$

где r_{ch} – средний радиус резьбы, ($r_{cp} = 0,45d$); α – угол подъема резьбы ($\alpha \approx 2^\circ 30'$); φ – угол трения в резьбе ($\varphi = 10^\circ 30'$).

После подстановки значений получим $Mmp_{винт} \approx 0,1dQ$.

Момент трения на торце винта зависит от его конструктивного оформления (рис.86).

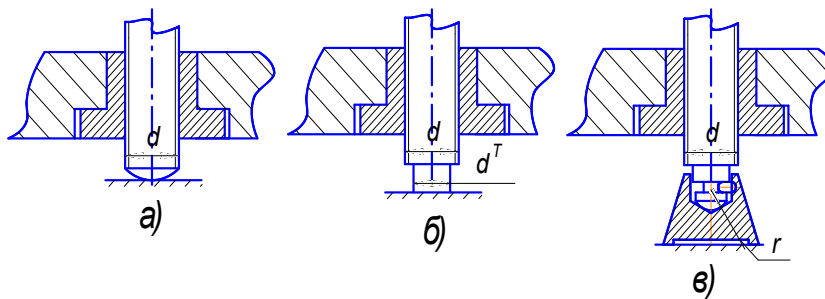


Рис.86. Конструктивное оформление торца винта

Для винта со сферическим торцом (рис.86,а) $Mmp_{тор} = 0$. Для винтов с плоским торцом (рис.86,б) $Mmp_{тор} = \frac{1}{3} f Q d'$. Для винтов с башмаком (рис.86,в),

предупреждающим порчу поверхности заготовки, $Mmp_{тор} = Q r f \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2}$. Момент

трения на опорном торце гайки (см. рис. 74 ,б) $Mmp = \frac{1}{3} Q f \frac{D^3 - d_1^2}{D^2 - d_1^2}$.

Учитывая, что момент на рукоятке представляет собой $M = W \cdot l$, где W – величина исходного усилия на рукоятке, l – длина рукоятки, можно определить длину рукоятки $l = \frac{Mmp_{винт} + Mmp_{тор}}{W}$.

Требования к винтам: винты рекомендуется выполнять из стали 45; конец винта подкаливают до твердости HRC 30...35.

Резьба выполняется с точностью: для винтов – по квалитетам 6д...8д, для гаек – 6н, 7н.

Основной недостаток винтового зажима:

- требуется относительно большое время для закрепления и открепления детали.

Чтобы ускорить эти операции используют быстросменные шайбы и специальные конструкции быстродействующих винтовых зажимов. Для небольших усилий – байонетные (рис.87,а), для больших – плунжерные (рис.87,б) или дифференциальные.

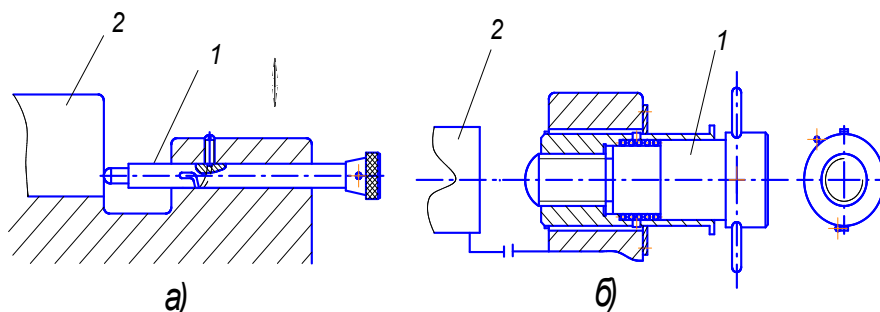


Рис.87. Байонетный (а) и плунжерный (б) винтовые зажимы

4.4.1.2. Механизм с плоским односкосым клином (рис. 77)

Применение: 1) для изменения направления действия исходной силы. Угол клина обычно берут равным 45° .

2) для создания силы зажима. Угол клина берут в пределах $6^\circ \dots 15^\circ$ (углы самоторможения).

Достоинства: простота конструкции, малые габариты, надежность в работе.

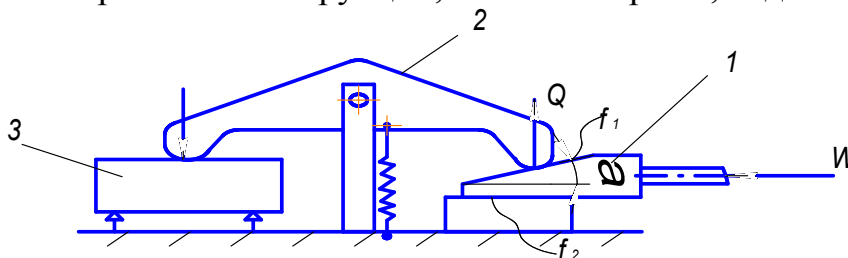


Рис. 88. Схема механизма с плоским односкосым клином

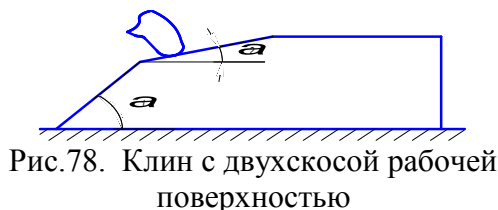
При движении клина 1 (см. рис.88) влево под действием исходного усилия W на плечо рычага 3, контактирующее с клином 1 передается усилие Q .

Цель расчета: определить величину исходного усилия W , чтобы с учетом потерь на трение обеспечить передачу с клина усилия Q .

При расчете используем формулу клина $W = Q[(\operatorname{tg} \alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$, где α – угол клина; φ_1 и φ_2 – углы трения на рабочей и опорной поверхностях клина: $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$; $\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2$.

Требования к клину: клин рекомендуется изготавливать из стали 45 или 40Х; калий до поверхности HRC40...50. Шероховатость рабочей и опорной поверхностей должна соответствовать 8 классу ($Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм).

Для ускорения процесса закрепления рабочую поверхность клина рекомендуют выполнять двухскосой (рис.89). При перемещении по первому скосу

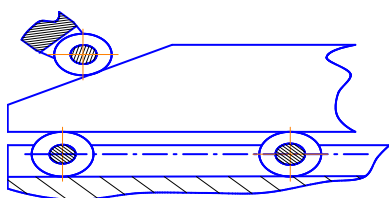


с углом α_1 зажимной элемент приспособления быстро подводится к закрепляемой заготовке, на втором скосе (α_2) осуществляется ее закрепление.

Основной недостаток клинового механизма – большие потери на трение. Например, на клине с углом 5°

потери на трение составляют 70%, с углом 20° – 37%, с углом 45° – 25%.

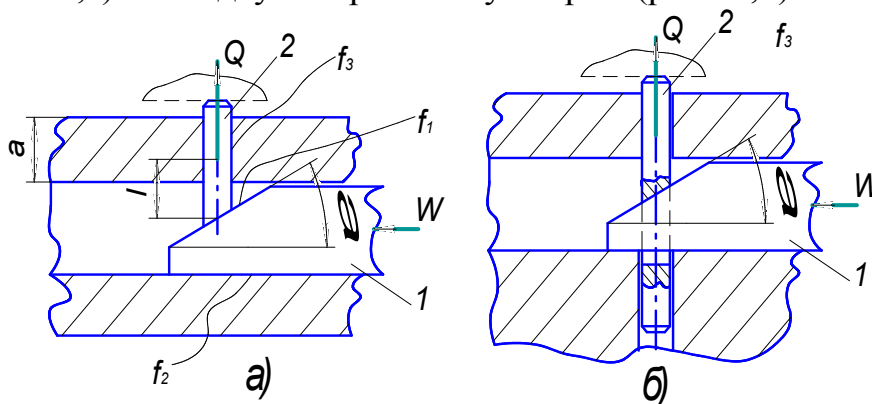
Для повышения КПД клинового механизма на поверхностях клина трение скольжения заменяют трением качения, применяя опорные ролики (рис.79). В конструкциях с роликами потери на трение снижаются, а сила возрастает



на 30-50% по сравнению с клином без роликов. Для расчета этого механизма может быть использована та же формула, что и для клина без роликов, заменив углы трения φ_1 и φ_2 на приведенные углы трения качения $\varphi_{1пр}$ и $\varphi_{2пр}$.

4.4.1.3. Клиноплунжерные механизмы

Конструктивно клиноплунжерные механизмы выполняются с консольным плунжером (рис.90,а) или с двухопорным плунжером (рис.90,б).



Цель расчета: определить величину исходного усилия W , чтобы с учетом потерь на трение обеспечить требуемую величину усилия закрепления Q заготовки.

Расчетные выражения получают решением уравнения равновесия клина 1 и плунжера 2 для каждого механизма.

Для механизма с консольным плунжером -
$$W = Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}.$$

Для механизма с двухопорным плунжером $W = Q \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) \cdot \operatorname{tg} \varphi_2}$, где $\operatorname{tg} \varphi_1 = f_1$; $\operatorname{tg} \varphi_2 = f_2$; $\operatorname{tg} \varphi_3 = f_3$.

Сопоставляя эти выражения видим, что для механизма с двухопорным плунжером требуется меньшее исходное усилие W , чтобы обеспечить такую же величину усилия Q . Это объясняется тем, что двухопорный плунжер не перекашивается в пределах зазора в его направляющем отверстии, а прижимается к одной стороне направляющего отверстия. В результате условия трения двухопорного плунжера иные, чем консольного и он находится в более благоприятных условиях для работы.

Повысить КПД клиноплунжерных механизмов можно так же заменив трение скольжения трением качения, применив опорные ролики (рис.91).

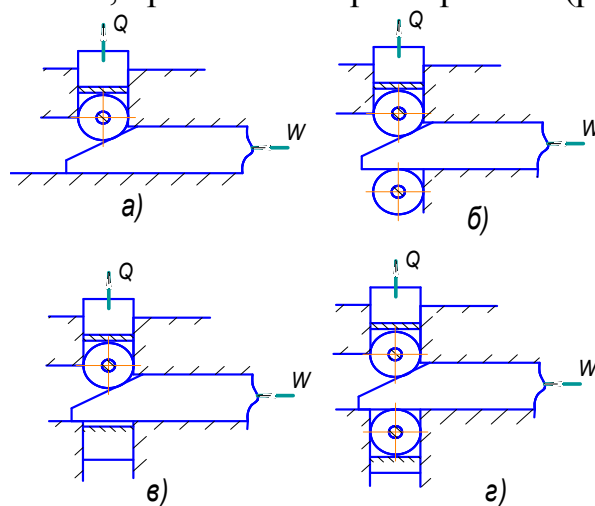


Рис. 91. Схемы клиноплунжерных механизмов:
а, б – с консольным плунжером; в, г – с двухопорным плунжером

4.4.1.4. Эксцентриковые механизмы

Применение: широко используются в кондукторах, в основном, в мелкосерийном и серийном производствах.

Достоинства: самые быстродействующие из всех ручных зажимных механизмов. По быстродействию они сравнимы с пневмозажимами.

Конструктивно эксцентрики выполняют с круглой и криволинейной рабочей поверхностью.

Круглый эксцентрик представляет собой соединение в одной детали двух элементов – круглого диска радиусом r и плоского односкового клина (рис. 92).

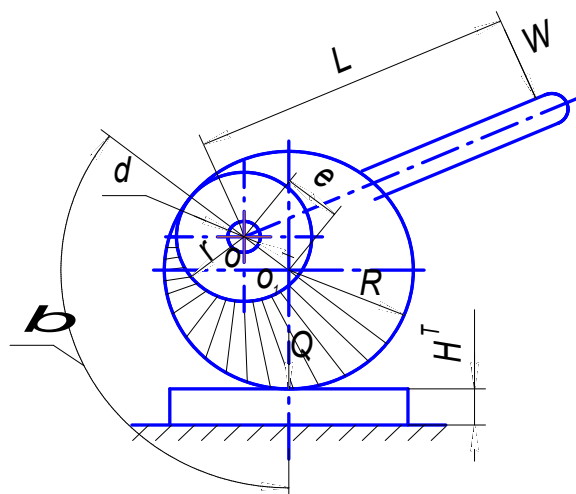


Рис. 92. Схема круглого эксцентрика

При повороте эксцентрика круглого диска () O клин входит в зазор между диском и заготовкой и осуществляет закрепление заготовки усилием Q .

У круглых эксцентриков рабочей поверхностью является окружность.

Они просты в изготовлении, но имеют следующие недостатки:

- 1) предельный рабочий угол их поворота β приближается к 180° ;
- 2) с изменением угла поворота эксцентрика β , изменяются его самотормозящие свойства. Это связано с тем, что в развертке круглого эксцентрика клин имеет криволинейную рабочую поверхность с переменным углом α (рис.93)

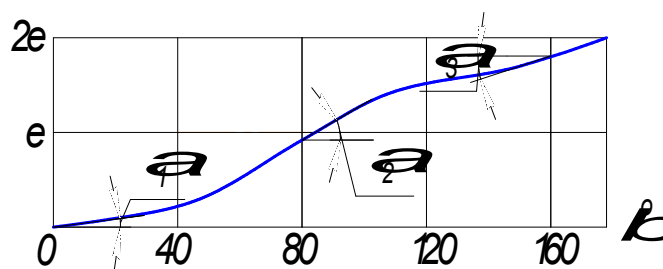


Рис.93. Форма клина круглого эксцентрика в развертке

Эти недостатки иногда принуждают конструктора применять криволинейные эксцентрики. Их рабочая поверхность обычно выполняется по эвольвенте или спирали Архимеда, так как из криволинейных поверхностей они наиболее просты в изготовлении. Самотормозящие свойства та-

ких эксцентриков повышаются с увеличением угла их поворота, а сам угол поворота может быть больше 180° .

Требования к эксцентрикам: эксцентрики изготавливают из стали 20Х с цементацией рабочей поверхности на глубину 0,8...1,2 мм и последующей закалкой до HRC 55-60.

Расчет эксцентрика: целью расчета является по требуемому для закрепления заготовки усилию Q определить конструктивные параметры эксцентрика.

Исходными данными для расчета являются: T_H – допуск на размер H заготовки от базы до точки приложения усилия зажима; β – рабочий угол поворота эксцентрика от начального положения; Q – требуемое для закрепления заготовки усилие.

В результате расчета должны получить: e – эксцентриситет эксцентрика; d – диаметр цапфы эксцентрика; R – радиус рабочей поверхности эксцентрика; B – ширину рабочей поверхности эксцентрика; L – длину рукоятки.

$$e = \frac{S_I + T_H + \frac{Q}{I}}{1 - \cos\beta} \text{ мм},$$

где S_I – зазор, обеспечивающий свободу установки заготовки под эксцентрик; $S_I = 0,2 \dots 0,4$ мм; I – жесткость зажимного устройства приспособления. $I \approx 120 \text{ нН} \cdot \text{м}$ ($I \approx 1200 \text{ кгс/см}$). Отношение $\frac{Q}{I}$ учитывает увеличение расстояния между заготовкой и эксцентриком за счет упругой деформации деталей узла зажима, воспринимающего усилие Q .

$$d = \sqrt{\frac{Q}{[\sigma_{см}]}} \text{ мм},$$

где $\sigma_{см}$ – допустимое напряжение на смятие; $\sigma_{см} = 15\text{-}20 \text{ МПа}$ ($\sigma_{см} = 1,5\text{-}2 \text{ кгс/мм}^2$).

Радиус наружной поверхности эксцентрика R определяется из условия самоторможения.

$$R = e \left(\frac{\cos\beta}{\tan\alpha} - \sin\beta \right), \text{ мм}$$

где α – угол подъема клина. Он должен быть меньше 16° .

Ширину рабочей части эксцентрика B определяют учитывая напряжение смятия в месте контакта его с заготовкой.

$$B = 0,0175 \frac{Q \cdot E}{R \cdot \sigma_{см}^2} \text{ мм};$$

где Q в H ; $\sigma_{см} = 600 \text{ МПа}$ (60 кгс/мм^2); E – модуль упругости материала эксцентрика, $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ($E = 2 \cdot 10^4 \text{ кгс/мм}^2$).

В конце закрепления заготовки на рукоятке эксцентрика необходимо приложить момент

$$W \cdot L = [1 + \sin(\alpha' + \varphi)] e Q$$

где $\alpha' = 180 - \beta$; $\varphi \approx 6^\circ$ – угол трения.

Длина рукоятки определяется

$$L = \frac{[1 + \sin(\alpha' + \varphi)]eQ}{W}$$

Недостатками эксцентриковых зажимов являются: развивают меньшую силу зажима, чем винтовые; малая величина рабочего хода, ограниченная величиной эксцентриситета; ненадежность зажима при работе инструмента с ударами или вибрациями из-за опасности самооткрепления.

4.4.1.5. Торцовый кулачок

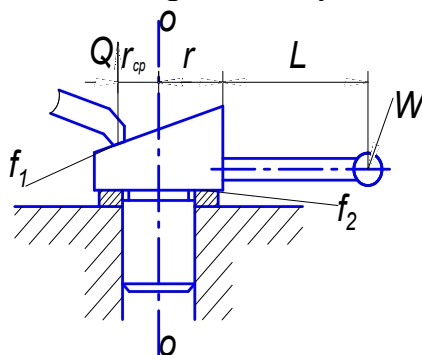


Рис.94. Схема зажимного механизма с торцовым кулачком

Торцовый кулачок (рис.94) является разновидностью клинового механизма, у которого плоский односторонний клин свернут, вокруг оси O-O в цилиндр с радиусом r. Рабочей поверхностью кулачка является его торец, выполненный в виде винтовой плоскости, закручивающейся вокруг оси O-O как фрагмент винтовой лестницы. С ней контактирует толкатель (рычаг или плунжер). При повороте кулачка вокруг его оси O-O исходным усилием W, приложенным на рукоятке длиной L, через толкатель на заготовку передается усилие зажима Q. Момент развиваемый исходной силой уравнивается моментом трения на клиновом механизме.

$$W(L + r) = Qr_{cp} [\operatorname{tg}(\alpha + \iota_1) + \operatorname{tg} \varphi_2]$$

Задаваясь W, r и r_{cp} можно определить длину рукоятки L торцового кулачка.

4.4.1.6. Рычажные зажимные устройства

Рычажные зажимные устройства представляют собой двуплечий рычаг в сочетании с различными зажимными устройствами.

Применение: 1) для изменения направления действия и величины исходной силы; 2) для осуществления закрепления заготовки в двух местах или одновременно двух заготовок.

Достоинства: простота конструкции, надежность в работе, небольшие габариты, можно встраивать в труднодоступные места.

Конструктивные разновидности рычажных зажимных устройств могут быть сведены к трем основным схемам (рис.95).

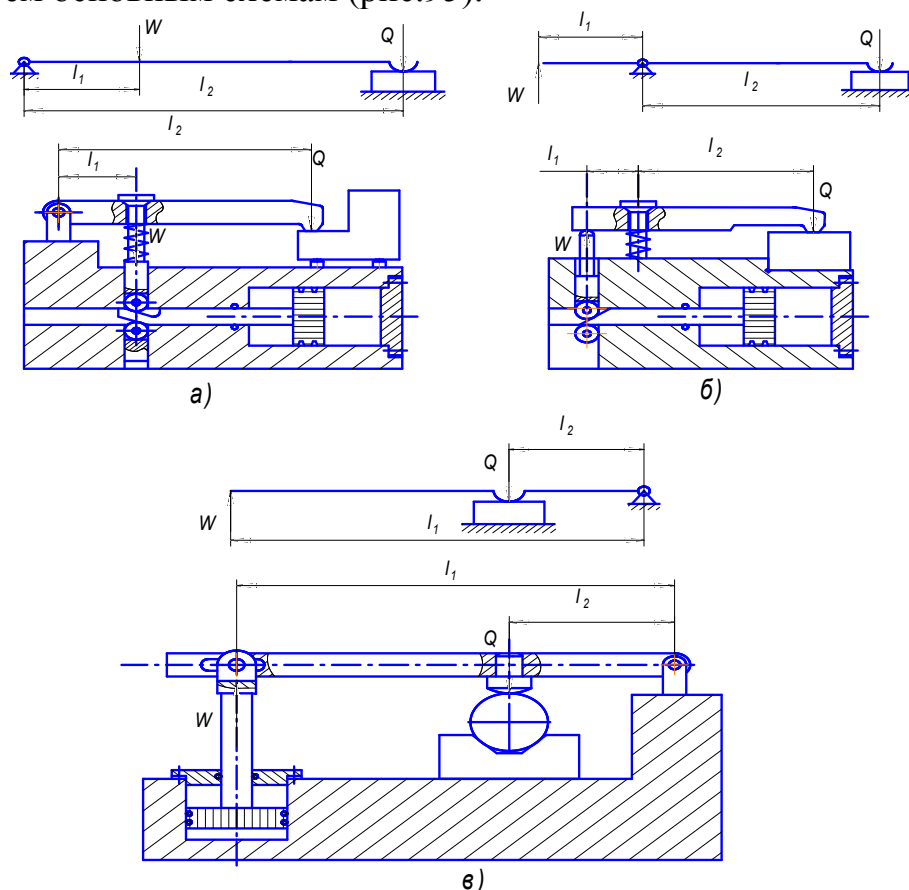


Рис.95. Схемы рычажных механизмов

Уравнением равновесия рычажного механизма является $\sum M(0)=0$. Для идеального рычага оно имеет вид $Wl_1 = Ql_2$, откуда $W = Q \frac{l_2}{l_1}$.

У реального рычажного механизма на поверхностях контакта рычага со штоком привода и заготовкой возникают силы трения, а в цапфе – момент трения. Потери на трение в таком механизме составляют 1,5...6%. С их учетом при расчете рычажного механизма допустимо использовать приближенное выражение для определения исходной силы $W = 1,06Q \frac{l_2}{l_1}$.

4.4.2. Зажимные устройства с упругодеформируемыми элементами

4.4.2.1. Цанги

Цанги – это разрезные пружинящие втулки.

Применяют для центрирования и закрепления как пруткового материала разного профиля, так и штучных заготовок. Центрирование и закрепление может выполняться как по наружной, так и по внутренней поверхностям.

Конструктивно цанговые механизмы выполняют:

- с тянущей цангой (рис.96,а). Применяют для закрепления штучных заготовок. Ориентация заготовок в осевом направлении выполняется либо упором в уступ заготовки, либо ее торцом в упор, установленный внутри цанги;
- с толкающей цангой (рис.96,б). Применяют для закрепления пруткового материала. Ориентация прутка в осевом направлении выполняется с помощью упора, установленного впереди цанги.

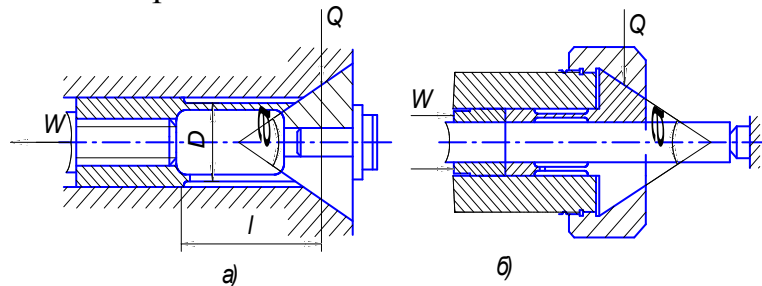


Рис.96. Типы цанговых зажимных устройств

Средний участок цанги выполнен тонкостенным. Вдоль цанги делают несколько открытых с одной стороны продольных прорезей, образующих у нее несколько лепестков. При продольном перемещении цанги лепестки за счет взаимодействия ее конуса и конуса корпуса получают одновременное и с одинаковой скоростью перемещение в радиальном направлении. В результате осуществляется центрирование и закрепление заготовки.

Число лепестков цанги зависит от ее рабочего диаметра d и профиля зажимаемых заготовок (рис.97). При $d \leq 30$ мм цанга имеет три лепестка, при $30 < d < 80$ мм – четыре, при $d \geq 80$ мм – шесть.

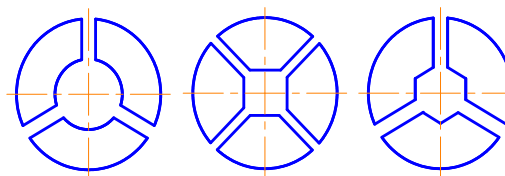


Рис. 97. Схемы расположения прорезей у цанг

Для сохранения работоспособности цанги деформация ее лепестков не должна выходить за пределы упругой зоны. Это определяет повышенные требования к точности базового диаметра заготовки, который должен быть выполнен не грубее 9 квалитета.

Погрешность центрирования определяется неточностью изготовления цанговых патронов и не превышает 0,05-0,1 мм.

Каждый лепесток цанги представляет собой плоский односкосый клин. Поэтому при расчете исходного усилия W можно использовать формулу клина с учетом дополнительного усилия Q' необходимого на сжатие лепестков цанги $W = (Q + Q')[tg(\alpha + \varphi_1) + tg\varphi_2]$, где $\alpha = 30^\circ \dots 40^\circ$ – угол конуса цанги; $\varphi = 6^\circ \dots 8^\circ$ – угол трения между конической поверхностью цанги и корпусом ($tg\varphi = 0,1 \dots 0,15$); φ_1 – угол трения на осевом упоре ($tg\varphi_1 = 0,2 \dots 0,3$).

Усилие закрепления заготовки $Q = \frac{k\sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2}}{f}$, где $k = 1,2-1,5$ – коэффициент запаса; $f = 0,25-0,5$ – коэффициент трения между цангой и обрабатываемой заготовкой; M – момент, передаваемый цангой, Н·м (кгс/см); r – радиус базовой поверхности заготовки, (мм); P_x – составляющая силы резания, Н (кгс).

Усилие Q' сжатия лепестков цанги находят рассматривая лепесток как консольно закрепленную балку $Q' = \frac{3EI}{l^3} y \cdot n$, где E – модуль упругости материала цанги; I – момент инерции сектора тонкого кольца в заделе лепестка цанги; l – длина лепестка от места задела до середины конуса; y – стрела прогиба лепестка, равная радиальному зазору между цангой и заготовкой. Подставив значения E и I после преобразования получено: для трехлепестковой цанги $Q' = 600 \frac{yD^3S}{l^3}$; для четырехлепестковой цанги $Q' = 200 \frac{yD^3S}{l^3}$, где D – наружный диаметр тонкостенной части лепестка, S – толщина стенки лепестка.

Рекомендуется принимать $\frac{S}{D/2} = 0,03 \dots 0,06$; $\frac{L}{D/2} = 0,5 \dots 4,0$.

Требования к цанге: цанги изготавливают из стали У10А или 65Г, крупные цанги – из стали 15ХА или 12ХН3А и термически обрабатывают до твердости HRC 55...62. Хвостовую часть отпускают до твердости HRC 30...40.

4.4.2.2. Мембранные патроны

Применяются мембранные патроны для центрирования и зажима по наружной или внутренней цилиндрической поверхности деталей типа дисков, колец, втулок и т.п. Они состоят (рис.98) из круглой, привертываемой к планшайбе станка пластины (мембраны) 1 с симметрично расположенными выс-

тупами – кулачками 2. Число кулачков берется в пределах 6-12. Внутри шпинделя проходит шток 3 пневмоцилиндра. При перемещении

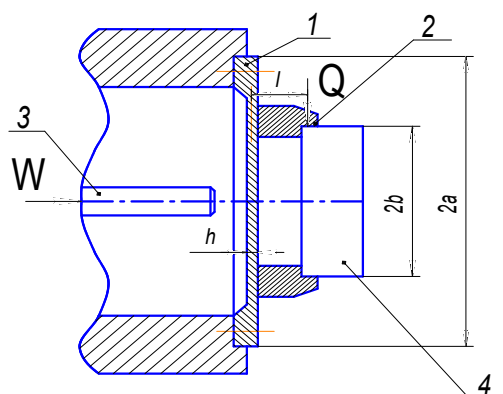


Рис. 98. Схема мембранного патрона

Мембранные патроны обеспечивают точность центрирования порядка 0,003-0,005 мм. Для повышения точности необходимо мембрану выполнять возможно более равностенной, а кулачки патрона шлифовать на месте.

При расчете мембранного патрона определяют усилие на штоке W , необходимое для раскрытия кулачков на угол, достаточный для смены заготовки.

Исходными данными для расчета являются:

- момент резания $M_{рез}$, стремящийся провернуть заготовку в кулачках патрона;
- диаметр базовой поверхности заготовки $2b$;
- расстояние l от середины кулачков до средней плоскости мембраны.
- количество кулачков n патрона (конструктивный параметр);
- диаметр мембраны a (конструктивный параметр).

Расчет выполняется в следующем порядке:

1. Определяется радиальная сила на одном кулачке $Q = \frac{kM_{рез}}{nf}$,

где $f = 0,15 \dots 0,18$ – коэффициент трения между заготовкой и кулачками.

2. Определяется момент, изгибающий мембрану действием силы Q

$$M = \frac{Qnl}{2\pi b}$$

3. Находится отношение $m = \frac{a}{b}$.

4. Определяется момент M_z , действующий в сечении, соответствующим положению кулачков: $M_z = k \cdot M$, где k – коэффициент, зависящий от отношения m , приведен в [1, стр. 116, табл. 15], например,

m	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
k	0,21	0,355	0,44	0,49	0,52	0,545	0,56	0,58

штока вправо мембрана прогибается и кулачки раздвигаются.

В этой позиции выполняется смена заготовки 4. При отходе штока назад пластина под действием упругими силами выпрямляется и сжимает своими кулачками заготовку.

5. Определяется коэффициент, учитывающий характеристики материала мембраны: $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$, где E – модуль упругости материала мембраны, $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа; μ – коэффициент Пуассона, $\mu = 0,3$.

6. Определяется угол раскрытия кулачков, необходимый для смены заготовки в радианах $\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2$, где $\varphi = \frac{m \cdot M_3 \cdot \epsilon}{D(1-\mu)}$ – угол разжима кулачков, соответствующий закреплению заготовке с наименьшим предельным размером; $\varphi_1 = \frac{T}{2l}$ – угол, учитывающий разжим кулачков, учитывающий допуск на диаметр базовой поверхности заготовки T ; $\varphi_2 = \frac{\Delta}{2l}$ – угол разжима кулачков, учитывающий зазор $\Delta = (0,008\epsilon + 0,02)$ мм для свободного закладывания заготовок в кулачки патрона.

7. Определяется усилие на штоке для разжима кулачков мембраны на угол φ' : $W = \frac{4\pi D \varphi'}{2,3lg \frac{a}{\epsilon}}$.

Требования к мембране: мембраны выполняют из сталей 65Г, 30ХГС или У7А и закаливают до твердости HRC 40...45.

4.4.2.3. Гидропластовые патроны

Применяются гидропластовые патроны для центрирования и зажима заготовок по цилиндрическим наружным и внутренним поверхностям.

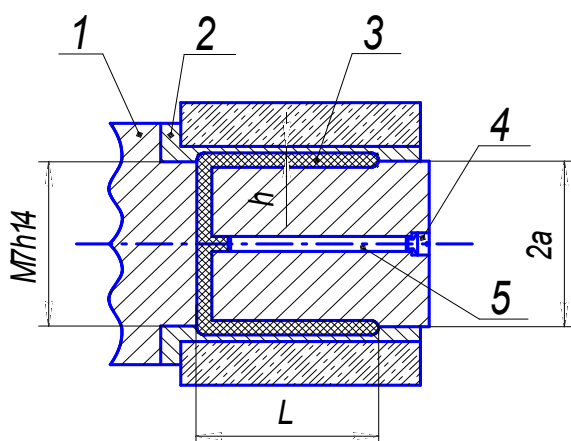


Рис.99. Схема гидропластового патрона

На корпус 1 патрона (рис.99) напрессована тонкостенная втулка 2. Между корпусом и втулкой расточена кольцевая замкнутая полость, заполненная гидропластмассой 3. Винтом 4 через плунжер 5 на гидропластмассу создается давление P . Это давление деформирует тонкостенную часть втулки, которая центрирует и зажимает заготовку. Толщину втулки берут в пределах

$$\frac{h}{a} = 0,03 \dots 0,06, \quad a \frac{L}{a} = 0,5 \dots 4,0.$$

Давление гидропластмассы, необходимое для прочного удержания заготовки на втулке: $P = P_1 + P_2$,

P_1 – давление, необходимое для передачи момента или силы:

$$P_1 = \frac{Q}{2\pi a L \psi},$$

где Q – сила, на поверхностях сопряжения втулка-базовое отверстие заготовки:

$Q = \frac{kP}{f}$ или $Q = \frac{kM}{af}$, P – осевая сила, M – передаваемый момент, k – коэффициент запаса; f – коэффициент трения на поверхностях сопряжения; ψ – коэффициент, зависящий от отношений $\frac{h}{a}$ и $\frac{L}{a}$ (табл.1) [1, стр. 109, табл. 13].

Таблица 1

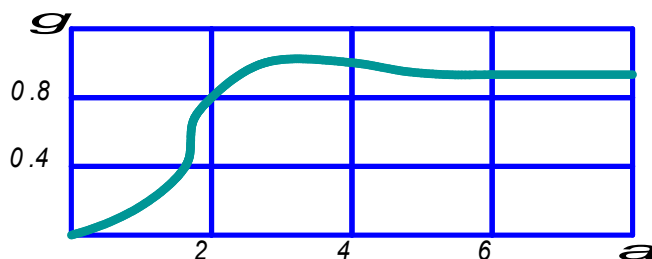
Значения коэффициента Ψ

h/a	L/a								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,003	0,54	0,6	0,69	0,82	0,87	0,89	0,91	0,92	0,93
0,04	0,53	0,57	0,63	0,78	0,85	0,88	0,90	0,91	0,93
0,05	0,56	0,58	0,60	0,73	0,83	0,86	0,88	0,90	0,91
0,06	0,53	0,55	0,59	0,71	0,81	0,85	0,87	0,89	0,90

P_2 – давление, необходимое для деформирования втулки: $P_2 = \frac{\Delta E h I}{a^2 \gamma}$,

где Δ – наибольший радиальный зазор между втулкой и заготовкой. Втулка должна быть выполнена по 6-7 качеству, а отверстие – по 7-9;

E – модуль упругости материала втулки; $I \approx 1,06$ – коэффициент; γ – коэффициент, определяемый по кривой на графике [1, стр. 108] (рис.100).



$$\alpha = \frac{1,28 \cdot L}{2\sqrt{ah}}$$

Рис. 100. График $\gamma = f(\alpha)$

Величина исходного усилия W на

плунжере определяется: $W = P \frac{\pi d^2}{4}$,

где d – диаметр плунжера, он принимается из конструктивных соображений.

Требования к втулкам: втулки изготавливают из стали У7А или 30ХГС с термообработкой до твердости HRC35-40.

4.5. Силовые приводы приспособлений

4.5.1. Назначение силовых приводов приспособлений

Назначение силового привода – создание исходной силы тяги W для приведения в действие зажимного устройства приспособления.

Силовой привод представляет собой преобразователь какого-либо вида энергии в механическую, необходимую для работы зажимного механизма. Приводы классифицируют по виду преобразуемой энергии. Различают пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, электромагнитные, вакуумные, центробежно-инерционные и др.

4.5.2. Пневматические приводы

Исходная энергия в пневматических приводах — энергия сжатого воздуха.

Достоинства привода: быстроедействие; простота конструкции; легкость и простота управления; надежность и стабильность в работе.

Недостатки привода: неплавное перемещение штока; большие габаритные размеры силовых агрегатов; дополнительный источник шума в цеху.

Пневмопривод включает в себя: источник сжатого воздуха – компрессорная установка; силовой агрегат – пневмодвигатель, преобразующий энергию сжатого воздуха в усилие W на штоке; пневмоаппаратуру — контролирующие, распределительные, предохранительные и другие устройства; воздухопроводы. В одну конструкцию с приспособлением komponуют пневмодвигатель. Остальные устройства размещают вне приспособления и соединяют их с приспособлением воздухопроводами.

В приспособлениях в основном используют пневмодвигатели двух видов: пневмоцилиндры (рис.101) и пневмокамеры (рис.102).

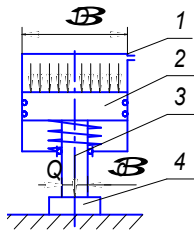
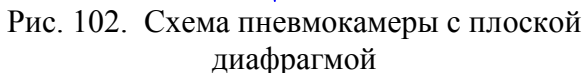


Рис. 101. Схема пневмоцилиндра

Пневмоцилиндр представляет собой цилиндрический корпус 1, в котором перемещается поршень 2 со штоком 3. При подаче воздуха под давлением в верхнюю полость цилиндра поршень перемещается вниз, осуществляя закрепление заготовки 4 через шток.

Рекомендуют следующий ряд соотношения D/d ; 50/16; 60/16; 75/20; 100/25; 125/30; 150/30; 200/40; 250/50; 300/55.

Пневмокамера представляет собой сборный из двух чашек корпус 1 (см. рис.102).



Рабочий ход штока пневмокамеры ограничен величиной возможной упругой деформации диафрагмы. У пневмоцилиндра он может быть любым. По источнику энергии обратного хода различают приводы: одностороннего действия, когда рабочий ход выполняется сжатым воздухом, а холостой – усилием пружины (см. рис. 92); двухстороннего действия, когда и рабочий и холостой ход выполняются сжатым воздухом. Приводы одностороннего действия применяют, когда не требуется большой ход штока и когда на обратном ходе не требуется большая сила для отвода зажимных элементов в исходной положение. В противном случае используют приводы двухстороннего действия.

Для герметизации рабочей полости пневмоцилиндра требуются уплотнения на поршне и штоке. Чаще используют две разновидности уплотнений – манжеты V-образного сечения (ГОСТ 6969-73) и кольца круглого сечения (ГОСТ 9833-73). Уплотнения выполняют из маслостойкой резины. При выборе уплотнения следует отдавать предпочтение кольцам круглого сечения. Они упрощают изготовление поршня и сокращают его линейные размеры. Для поршней, имеющих ход более 100 мм или диаметр свыше 200 мм применяют V-образные манжеты. При больших ходах поршня манжеты меньше изнашиваются, чем кольца круглого сечения, а при значительных диаметрах разрешают иметь больший зазор между поршнем и цилиндром, благодаря чему уменьшается возможность заедания поршня из-за перекосов штока. Уплотнения являются ответственными конструктивными элементами пневмодвигателей. Они быстро изнашиваются. Срок их службы не превышает 10 тысяч циклов. Диафрагмы более долговечны – до 600 тысяч циклов.

Расчет пневмоцилиндров:

- у пневмоцилиндра одностороннего действия сила на штоке и диаметр поршня связаны выражением: $W = p \cdot \frac{\pi D^2}{4} \eta - q$, где p – давление воздуха в сети – 0,4...0,6 МПа (4...6 кг/см²); D – диаметр поршня; η – К.П.Д. цилиндра – 0,90-0,95; q – сила сопротивления предельно сжатой пружины обратного хода, н.

Размеры пружины подбираются по табл.2. Исходя из данных двигателя, выбираются d_{np} и D_H пружины, по конструктивным соображениям – величина рабочего хода P_2 .

1. Предельно допустимая осадка пружины $f_{max} = (q_{max} h) / (q_{max} - q_n)$.
2. Число рабочих витков пружины $n = f_{max} / f$.
3. Длина пружины $H = tn + d$. Окончательно H выбирается из нормального ряда: 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45 и далее через 5 мм.
4. Высота пружины под нагрузкой q_{max} равна $H_q = H - f_{max}$

Т а б л и ц а 2

Характеристики и размеры пружин для пневмодвигателей одностороннего действия

Диаметры, мм			d_{np}	D_H	t	q_{max}	q_n	f	t_{pmax}
поршня	диафрагмы	штока	мм			Н		мм	
50	-	16	2,5	28	10,5	154	80	6,5	4,0
60	125	16	3,0	32	11,0	217	120	6,5	4,5
75	160	20	4,0	40	12,0	385	150	7,0	5,0
100	200	25	5,0	50	14,0	540	200	7,8	6,2
125	250	30	5,0	45	12,0	590	230	6,0	6,0

Примечания: 1. Для двигателей, имеющих большие размеры, следует применять две пружины, встроенные одна в другую.

2. d_{np} – диаметр проволоки, мм; D_H – наружный диаметр пружины, мм; t – шаг пружины в свободном состоянии, мм; q_{max} – максимальная рабочая нагрузка для пружины, Н; q_n – начальная нагрузка для пружины, Н; f – осадка одного витка при нагрузке P_{max} , мм.

- у пневмоцилиндра двухстороннего действия сжатый воздух поочередно поступает в правую и левую полость. Сила на штоке и диаметр поршня связаны выражением: при прямом ходе $|\vec{W}| = P \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta$; при обратном ходе $|\vec{W}| = P \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \eta$, где d – диаметр штока, мм.

Проектирование пневмокамеры:

1) Работоспособность пневмокамер определяется правильностью выбора размеров диафрагмы, материала, из которого она изготовлена, и способа ее крепления. Диафрагмы выполняют плоскими и тарельчатыми (рис.103).

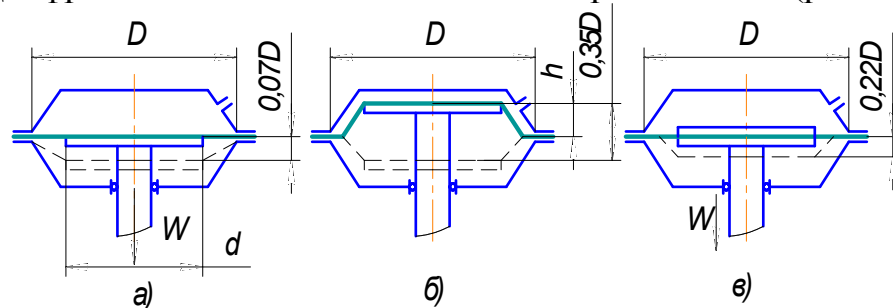


Рис. 103. Типы пневмокамер: а) с плоской диафрагмой; б) с тарельчатой диафрагмой; в) с плоской, защемленной шайбами диафрагмой

Плоские диафрагмы применяют при малом ходе штока. Их изготавливают как из резиноканевого, так и резинового материала, тарельчатые диафрагмы – из резиноканного. Соединение диафрагмы с опорным диском зависит от условий работы камеры. В двигателях одностороннего действия при расположении рабочей полости не со стороны штока диафрагму с опорным диском не соединяют, чтобы обеспечить ей лучшие условия на растяжение (равномерно растягивается вся ее площадь). При расположении рабочей полости со стороны штока диафрагму закрепляют на опорном диске центральной гайкой. В двигателях двухстороннего действия диафрагма закрепляется между двумя опорными шайбами. При этом зажим диафрагмы производится не всей поверхностью шайбы, а ее кольцевым пояском, расположенным в центральной части шайбы, выступающим на 1...1,5 мм и имеющим неглубокие (0,5...0,8 мм) кольцевые канавки треугольной формы с шагом 1,5...2,5 мм. Связь диафрагмы и опорных шайб осуществляют центральной гайкой.

2) Основными величинами, определяющими работу пневмокамеры, являются усилие на штоке W и длина рабочего хода штока L .

Усилие на штоке диафрагменной камеры непостоянно – по мере увеличения хода штока и прогиба диафрагмы оно резко снижается (рис.104). Это объясняется тем, что часть полезной мощности тратится на прогиб диафрагмы, сопротивление

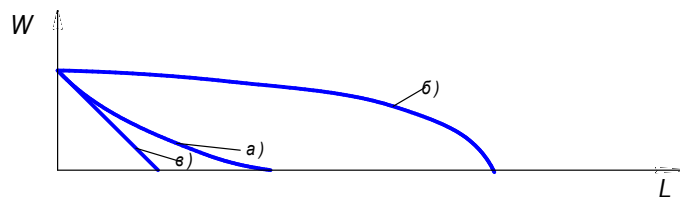


Рис.104. Силовая характеристика пневмокамер разного типа: а) с плоской диафрагмой, б) с тарельчатой диафрагмой, в) с плоской, защемленной шайбами диафрагмой

растяжению которой возрастает с увеличением хода штока. Поэтому используют не всю длину рабочего хода штока, а только часть ее, чтобы сила на штоке в конце хода составляла 80...85% от силы при исходном положении штока. Этого достигают при выдерживании соотношения между диаметром D диафрагмы и ходом штока: для тарельчатых диафрагм – $(0,25...0,35)D$ (см. рис.103, б), для плоских диафрагм из прорезиненной ткани – $(0,05...0,07) D$ (см. рис.103,а), для плоских резиновых диафрагм – $(0,1...0,22) D$ (см. рис.103 ,в).

Расчет пневмокамеры выполняется в следующей последовательности:

1. Исходя из известной величины усилия на штоке W , необходимого для закрепления заготовки, пользуясь выражением, связывающим W с диаметром диафрагмы D определяется D ;

2. Рассчитывается толщина диафрагмы S ;

3. Определяется фактический ход штока L .

Расчетные формулы этих параметров для разных конструктивных вариантов решения пневмокамер сведен в табл.3.

Для увеличения силы зажима без увеличения диаметра цилиндра применяют сдвоенные и строенные пневмокамеры и цилиндры. Силу на штоке определяют по формулам, аналогичным указанным выше.

По способам компоновки с приспособлением приводы могут быть прикрепляемыми, встроенными или агрегатируемыми.

Прикрепляемый привод – самостоятельный нормализованный агрегат, который прикрепляется к корпусу приспособления. При износе привода он может быть легко заменен новым. Если изделие снимают с производства, он может быть использован для другого приспособления. Такие приводы применяют в серийном и массовом производствах. Прикрепляемые приводы выполняют трех типов: неподвижные, качающиеся и вращающиеся. Неподвижные крепятся к корпусу приспособления с помощью ножек или фланца (рис.105,а). Качающиеся применяют когда шток привода связан с качающимся рычагом и надо предотвратить изгиб штока (рис.105,б), вращающиеся применяются для закрепления заготовок на токарных, круглошлифовальных, зубообрабатывающих станках, а также в поворотных приспособлениях (рис.105 ,в). На токарных и круглошлифовальных станках их укрепляют на левом конце шпинделя с помощью планшайбы. Пневмодвигатель вращается вместе со шпинделем станка, а подача сжатого воздуха в его полости обеспечивается через неподвижную муфту, выполненную в виде валика с двумя осевыми каналами для подвода воздуха. Конструкции прикрепляемых двигателей нормализованы и стандартизованы (ГОСТ 15608-81, ГОСТ 16683-71).

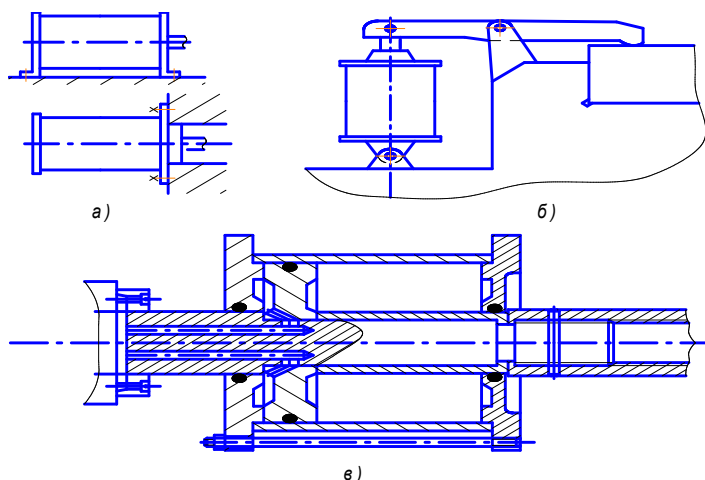


Рис.105. Схемы прикрепляемых пневмодвигателей

Встроенные пневмодвигатели размещаются в корпусе приспособления (рис. 106).

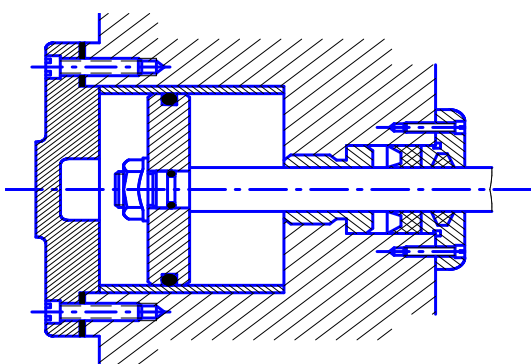


Рис.106. Типовая компоновка встроенного пневмоцилиндра

Полость под поршень или диафрагму растачивают непосредственно в корпусе. Поршни, штоки и уплотнители используют стандартные. Встроенные пневмодвигатели используют в серийном и массовом производстве. Они компактны, но поворотного использования не допускают.

Агрегатируемый

пневмодвигатель представляет собой самостоятельный механизм, закрепляемый на

станке отдельно от приспособления. Часто в его конструкцию вводят рычажный усилитель. Таким пневмодвигателем можно приводить в действие несколько последовательно установленных на станок приспособлений для крепления различных заготовок. Такие приводы используют в серийном производстве.

4.5.3. Гидравлические приводы

Исходной энергией в гидроприводах является энергия давления рабочей жидкости, в качестве которой используются маловязкие машинные масла.

Достоинства привода: высокое давление масла (6-10 МПа) на поршень гидроцилиндра создает большую осевую силу на штоке поршня, что позволяет

резко уменьшить габаритные размеры и вес силового агрегата; возможность бесступенчатого регулирования сил зажима и скоростей движения поршня с штоком; работает плавно и бесшумно; рабочая жидкость одновременно выполняет функции смазки.

Недостатки привода: высокая первоначальная стоимость; повышенные требования к эксплуатации в целях предупреждения утечки масла; менее быстроходные по сравнению с пневмоприводом.

Гидропривод включает в себя: масляную ванну, гидронасос, управляющую аппаратуру (гидрораспределитель), силового аппарата (гидроцилиндр), контрольно-регулирующей аппаратуры (предохранительный и обратный клапаны, гидроаккумуляторы, редукционные клапаны, дроссели, манометры и т.п.) и трубопроводы. В зависимости от назначения и мощности гидравлический привод может обслуживать одно приспособление, группу из трех-пяти приспособлений на нескольких станках или группу из 25-35 приспособлений, установленных на различных станках. По конструктивному решению различают гидроцилиндры стационарные и вращающиеся. Стационарные представляют собой нормализованные гидроцилиндры двух видов: встраиваемые и агрегатированные. Гидроцилиндры выполняют одностороннего действия с возвратной пружиной и двустороннего действия. Вращающиеся гидроцилиндры по конструкции подразделяют на лопастные и поршневые. На рис.107 показана схема работы гидропривода с лопастным гидроцилиндром. При перемещении рукоятки 5 в крайнее положение

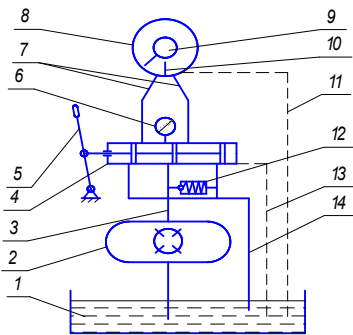


Рис. 107. Схема работы гидропривода

переключается золотник 4 и включается электродвигатель насоса 2. Масло из бака 1 по трубопроводу через лопастной насос 2 и трубопроводу 3 под давлением 6,5 МПа (65 кгс/см^2) подается в золотник 4. Из него масло по трубопроводам 7 поступает в правую или левую полость лопастного цилиндра 8. При подаче масла в правую полость цилиндра лопасть с ротором 9 поворачивается до упора 10 и вытесняет масло из левой по-

лости. Масло через левый трубопровод 7, золотник 4 по трубопроводу 14 стекает в бак 1. При переключении рукоятки 5 золотника 4 в другую сторону масло поступает в левую полость цилиндра 8, а из его правой полости и золотника 4 по трубопроводу 14 сливается в бак 1. Масло, которое просочилось из золотника 4, отводится по трубопроводу 13 в бак. Лопастной гидроцилиндр устанавливается на левом конце шпинделя токарного станка и вращается вместе с ним. Лопасть

закреплена на центральной гайке, связанной с центральным винтом, в правый конец которого ввинчена тяга. Тяга через промежуточные звенья перемещает кулачки патрона при зажиме и разжиме детали. Гидроагрегат с электродвигателем и насосом включают только во время остановки станка, а усилие зажима детали кулачками патрона сохраняется при обработке детали вследствие самоторможения винтовой пары.

Гидроприводы с вращающимися поршневыми гидроцилиндрами в сравнении с лопастными обеспечивают большую длину хода тяги и кулачков патрона, проще в изготовлении и стоят дешевле. Поэтому они имеют большее применение в гидроприводах. Недостатком вращающихся поршневых гидроцилиндров является невозможность использовать их при большой частоте вращения ($n > 1200$ об/мин), так как вследствие трения в маслораспределительной муфте привода повышается износ трущихся деталей, начинается утечка масла и гидропривод нагревается.

Определение диаметра поршневого гидроцилиндра выполняется по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi P \cdot \eta}}$$
, где W – сила тяги, которую должен развивать гидроцилиндр, Н; P – давление масла в гидросистеме, 6...10 МПа; η – 0,85...0,9 – КПД гидроцилиндра.

4.5.4. Электромагнитные и магнитные приводы

Электромагнитные и магнитные устройства применяют обычно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базовой поверхностью, обрабатываемых шлифованием, чистовым фрезерованием и точением.

Достоинства таких приводов: равномерное распределение силы притяжения по всей опорной поверхности заготовки, что резко снижает погрешность закрепления; высокая жесткость приспособления; свободный доступ к обрабатываемым поверхностям заготовки; удобство управления приводом.

Недостаток – имеет место намагничивание заготовок.

У электромагнитных приспособлений (рис.108) в корпусе 1 находятся электромагниты 6 с полюсниками 3. От крышки 2 полюсники изолированы немагнитным материалом 4.

Заготовку 5 устанавливают на крышку 2. Она перекрывает полюсники. Являясь проводником магнитного потока, заготовка замыкает магнитный поток между двумя полюсниками, что прижимает ее к зеркалу крышки 2 (магнитный поток показан тонкими

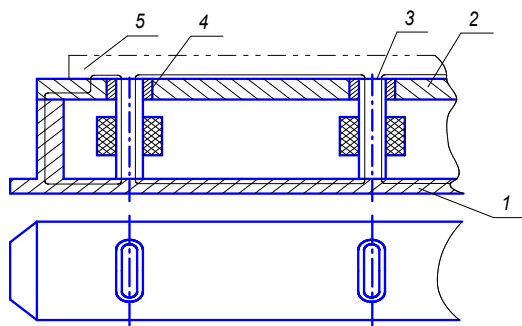


Рис.108. Схема электромагнитной плиты

линиями). Сила притяжения заготовки зависит от материала, толщины, габаритных размеров и шероховатости опорной поверхности заготовки и от характеристики магнитной плиты. С увеличением толщины заготовки сила притяжения увеличивается, а при толщинах больше ширины полюсников – стабилизируется. С увеличением микронеровностей базовой

поверхности заготовки увеличивается воздушный зазор между заготовкой и полюсниками и сила притяжения уменьшается.

Электромагнитные приспособления стандартизированы (ГОСТ 17519-72). Их выпускают на специализированных заводах. Расчет их носит поверочный характер – сила притяжения при закреплении магнитным полем Q_1 должна быть больше или равна силе зажима, найденной из условий обработки Q : $Q_1 \geq Q$.

$Q_1 = 4,06 \frac{\Phi^2}{S}$, где Φ – величина магнитного потока, пересекающего опорную поверхность заготовки, Вб (вебер); S – площадь, на которую этот поток распределяется (активная площадь полюсников), см²

$\Phi = B_{пол} \cdot \frac{S}{n}$, где $B_{пол}$ – магнитная индукция по сечению полюса, $B = 16000 \dots 18000$ б/м², n – количество полюсов.

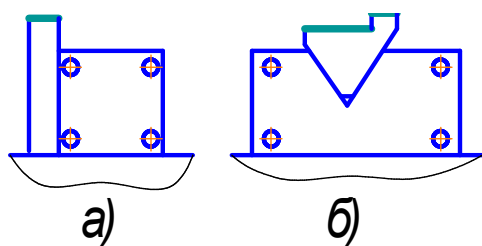


Рис.109. Схемы наставок для электромагнитных плит

Значительное расширение технологических возможностей применения электромагнитных плит дают устанавливаемые на их поверхности наставки (рис.109). Например, на рис.109,а полосовой материал прижимается к вертикальной плоскости наставки для обработки верхней (узкой) грани заготовки

Магнитные зажимные устройства имеют постоянные магниты 1 (рис.110),

изолированные немагнитными прокладками 2 и скрепленные с проставками 3 немагнитными заклепками 6 в общий блок. Удерживаемая заготовка 4 является якорем, через который замыкается

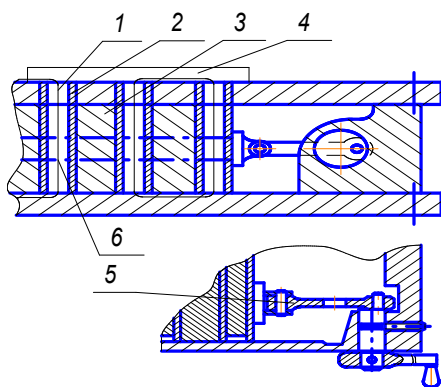


Рис.110. Плита с постоянными магнитами

Высота и масса магнитных плит меньше, чем электромагнитных. Их преимущество – отсутствие питания током, а отсюда большая безопасность в работе и меньшие затраты на эксплуатацию. Однако их включение и выключение менее удобно в автоматическом цикле работы.

Требования к электромагнитным и магнитным приспособлениям:

- материал изготовления: корпуса – СЧ12-28; крышки, сердечники – сталь 10, 15; изоляции – латунь, бронза, прочие немагнитные материалы;
- крышка должна иметь высокую плоскостность и параллельность основанию (меньше 0,01 мм) и высоту шероховатости $Ra = 0,63 \dots 0,32$ мкм. Эти требования обеспечивают шлифовкой крышки и приспособления на месте его работы.

4.6. Методика проектирования станочных приспособлений

Исходные данные:

- чертежи заготовки и детали с техническими требованиями к ним;
- технологический процесс изготовления данной детали, из которого конструктор получает сведения о последовательности и содержании операций, о принятом базировании, используемом оборудовании и инструменте, о запланированной производительности обработки;
- стандарты и нормали на детали и узлы станочных приспособлений, альбомы нормализованных приспособлений.

Этапы проектирования:

1. Уточняется схема установки заготовки: проверяется соблюдение в ней правила «шести точек» и оценивается величина погрешности базирования. Зная точность и шероховатость базовых поверхностей заготовки выбираются тип и размеры установочных элементов, их материал и степень закалки.

2. Выполняется силовой расчет приспособления: из условия равновесия заготовки под действием всех сил, действующих на нее при обработке,

определяют потребную величину усилия зажима заготовки. На основании этого выбирают тип зажимного устройства и рассчитывают его основные размеры.

3. Исходя из требуемых точности и производительности обработки устанавливают тип и размеры деталей для направления и контроля положения режущего инструмента.

4. Выявляют необходимые вспомогательные устройства, выбирают их конструкции и размеры исходя из веса заготовки, выполняемой операции и необходимой точности обработки.

5. Выполняется разработка общего вида приспособления. Она начинается с нанесения на лист контуров заготовки сплошными тонкими или штрихпунктирными с двумя точками тонкими линиями. Изображенная заготовка считается прозрачной. Разработка общего вида приспособления ведется методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контуров заготовки. Сначала вычерчиваются установочные элементы, затем детали для направления режущего элемента, далее – зажимное устройство и вспомогательные устройства. Заканчивается разработка общего вида приспособления определением контуров его корпуса, который должен объединить все перечисленные выше элементы, выбором деталей ориентирующих приспособление на станке и способа его крепления на станке. Общий вид приспособления вычерчивается в масштабе 1:1. Исключения составляют приспособления для особо крупных или мелких деталей. На общем виде приспособления должны быть указаны его габаритные размеры; размеры, от которых зависит точность обработки на данной операции; присоединительные и эксплуатационные размеры и технические условия на его изготовление.

К размерам, от которых зависит точность обработки относятся, например, расстояние между осями кондукторных втулок сверлильного приспособления. Неточность этого размера непосредственно влияет на расстояние между осями просверленных в заготовке отверстий. Допуск на размеры этой группы берут в 2...4 раза меньше допусков, выдерживаемых при обработке. К этой же группе размеров относятся размеры установочных элементов, от точности выполнения которых зависит положение заготовки в приспособлении, например, высота головки сменного опорного штыря или диаметра установочных пальцев. Допуски на их размеры назначают в соответствии с ГОСТами на них.

К присоединительным размерам относят размеры тех сопряжений, от погрешности которых точность обработки не зависит, они определяют надежность работы приспособления. Это сопряжения зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных механизмов. Допуски на размеры этих сопряжений назначают в зависимости от характера и условий работы рассматриваемого механизма. Обычно их берут по 7...9 квалитетам.

6. Выполняется расчет приспособления на точность. Исходя из величины допустимой погрешности установки заготовки $\varepsilon_{\text{доп}}$ определяют погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{\text{изг.пр.}}$ и на ее основе формулируют технические требования к конструкции приспособления. В технических требованиях регламентируется точность взаимного расположения установочных, направляющих и ориентирующих элементов приспособления. Формулировка требований должна соответствовать следующей форме: «Отклонение от параллельности (перпендикулярности) поверхности... относительно поверхности... не более...мм на длине 100 мм», т.е. полученная в результате расчета погрешность изготовления приспособления $\varepsilon_{\text{изг.пр.}}$ по усмотрению конструктора разбивается на части, регламентирующие точность взаимного расположения установочных и ориентирующих элементов, направляющих и установочных (ориентирующих) элементов на размерах заготовки и приспособления. Поскольку по ГОСТу требуется эти отклонения задавать на 100 мм, то выполняется их перерасчет на 100 мм через пропорцию.

7. На сборочном чертеже (общем виде) приспособления указывают технические требования к нему, необходимая регулировка и отладка приспособления, методы проверки при его установке на станок и другие условия изготовления и эксплуатации приспособления.

8. Выполняют экономическое обоснование конструкции приспособления, сопоставляя его с другим конструктивным вариантом приспособления для выполнения той же самой технологической операции. Поскольку расходы на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию одинаковы, то себестоимость обработки детали C , зависящая от конструкции приспособления может быть определена из выражения:
$$C = L \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S}{N} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) + \frac{S'}{n'}$$
,

где L – штучная заработная плата при использовании этого приспособления, руб.; z – цеховые накладные расходы на заработную плату, %; q – расходы связанные с эксплуатацией приспособления (ремонт, содержание, регулирование), %, $q = 20^0 h$; i – срок амортизации приспособления, годы; S – себестоимость изготовления приспособления, руб.; N – годовая программа выпуска деталей, шт.; S' – расходы на проектирование и отладку приспособления, руб.; n' – количество деталей, обрабатываемых в период отладки приспособления, шт.;

При ориентировочном расчете $S = Ck$, где C – коэффициент, зависящий от сложности приспособления. Для простых приспособлений $C = 1,5$; для приспособлений средней сложности – $C = 3,0$ и для сложных – $C = 4,0$; k – количество деталей в приспособлении.

Срок амортизации приспособления i берут равным сроку его использования для выпуска продукции. Если производимая продукция стабильна и сроки

прекращения ее выпуска неизвестны, то *i* рекомендуют брать для простых приспособлений равным одному году, приспособлений средней сложности – 2...3 года; для сложных – 4...5 лет.

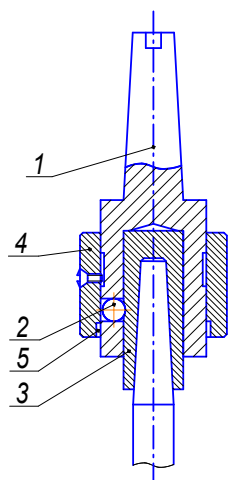
9. Выполняют детализовку специальных деталей приспособления и оформляют спецификацию его деталей.

При разработке конструкции приспособления следует максимально использовать нормализованные и стандартизированные детали и узлы. Приспособление должно быть достаточно жестким, особенно в направлении действия сил зажима и резания. Для этого следует применять конструкции с малым количеством стыков. Предпочтительны цельные и сварные конструкции деталей, менее желательны конструкции сборные.

Модуль 5. Приспособления для крепления режущего инструмента

Обработку на настроенных станках ведут предварительно точно выставив режущий инструмент относительно установочных элементов станочного приспособления. Для установки инструмента на станке применяют соответствующие приспособления. К ним относятся переходные втулки для установки и крепления инструмента на сверлильных станках, оправки для цилиндрических, дисковых, червячных фрез, расточные скалки, державки для инструмента к револьверным станкам и др. Значительная часть из них нормализована и стандартизирована. Для крепления режущего инструмента используют и специальные приспособления. Так, при выполнении последовательных переходов на сверлильном станке применяют специальные патроны для смены инструментов без остановки шпинделя (рис.111). Вращение от шпинделя станка инструменту передается через конус 1, шарик 2 и тугопосаженную втулку 3, имеющую зацентровку под шарик. Для смены инструмента рабочий поднимает левой рукой втулку 4; под

действием центробежной силы шарик выпадает в выточку 5. Инструмент разъединяется с корпусом патрона, и рабочий легко вынимает его правой рукой. После установки нового инструмента втулка 4 опускается, и шарик западает в новую лунку. Этот патрон считают безопасным при частоте вращения шпинделя до 250...300 в



минуту.

Значительное
производительности
применяя

повышение
достигают,

Рис.111. Быстросменный патрон для сверлильного станка

многошпиндельные сверлильные, резьбонарезные или фрезерные головки, устанавливаемые на универсальные одношпиндельные сверлильные или фрезерные станки, а также применением многорезцовых державок на универсальных токарных станках.

Схема многошпиндельной сверлильной головки с постоянным расположением осей показана на рис.112,а. Вращение от шпинделя станка через конус 1

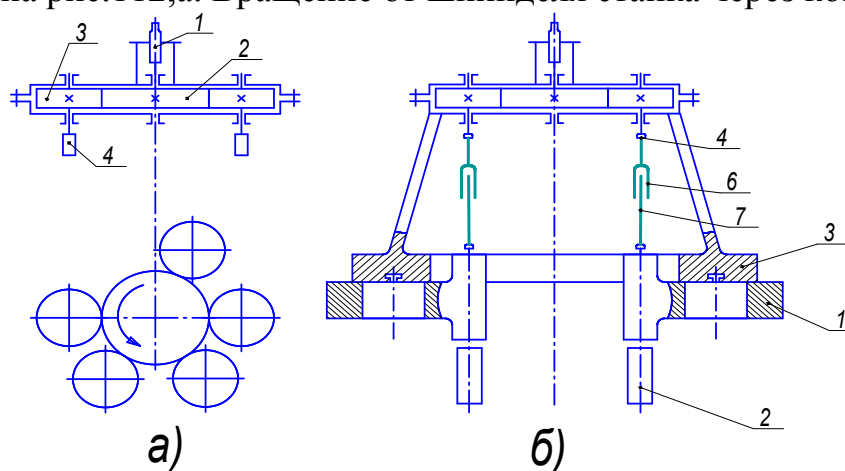


Рис.112. Схемы многошпиндельных сверлильных головок: а – с постоянным расположением осей; б – с переставными шпинделями

и центральное зубчатое колесо 2 передается на зубчатые колеса 3 шпинделей 4 головки. Корпус головки для удобства сборки обычно выполняют из двух половин. Верхняя половина имеет раструб, при помощи которого она крепится на шпиндельной трубе станка. На рис.112,б показана схема многошпиндельной головки с переставными шпинделями. Державки 1 рабочих шпинделей 2 можно выдвигать в радиальном направлении или перемещать по окружности нижней опорной плоскости корпуса 3 головки. Компенсация изменения расстояния между

шарнирами 4 и 5 осуществляется телескопическим соединением 6 со скользящей шпонкой.

На рис.113 показана схема поворотной головки к горизонтально-фрезерному станку. Корпус I головки закреплен на вертикальных направляющих станины

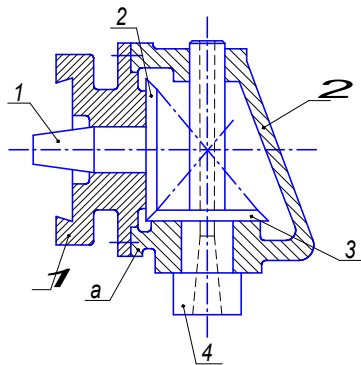


Рис.113. Схема поворотной фрезерной головки

при помощи клина и винтов. Вращение от шпинделя станка через конический хвостовик 1, конические зубчатые колеса 2 и 3 передается на шпиндель 4 головки. Поворотную часть II головки можно устанавливать под любым углом к горизонтальной плоскости, пользуясь градуировкой на цилиндрическом пояске а.

Инструментная оснастка для станков с ЧПУ имеет свою специфику. В шпинделе станка она крепится в основном с помощью конических хвостовиков с конусом 7:24. для получения размеров деталей без пробных проходов по программе в конструкцию инструментной оснастки вводятся устройства, обеспечивающие регулирование положения режущих кромок. Например, в расточные оправки вставляются вставки с микрометрической регулировкой. Кроме этого предусматриваются разнообразные переходники (адаптеры) у которых хвостовик сконструирован для конкретного станка, а передняя часть – для установки и зажима стандартного инструмента. Она имеет призматическую, цилиндрическую или коническую форму и стандартные размеры. таким образом создается комплект инструментной оснастки, состоящий из резцедержателей, оправок, втулок различных конструкций, предназначенных для крепления режущего инструмента на данной станке. Например, комплект инструментной оснастки для станков с ЧПУ сверлильно-расточной и фрезерной группы включает в себя:

- оправки для насадных фрез, предназначенные для крепления торцовых, трехсторонних, цилиндрических, и других фрез с торцовыми и продольными шпонками;
- цанговые патроны, предназначенные для крепления режущего инструмента с цилиндрическими хвостовиками, как то – стандартных сверл, зенкеров, разверток, фрез $\varnothing$ до 20 мм, специальных фрез $\varnothing$ 20...40 мм. Достоинством цанговых патронов является возможность крепления инструмента с минимальным вылетом;
- широкую номенклатуру расточных оправок, головок.

В системе инструментной оснастки для станков определенной группы используется принцип ее агрегатирования: сборные конструкции образуются соединением базовых агрегатов с регулируемыми втулками, оправками, патронами. Это обеспечивает:

- универсальность инструментной оснастки и ее взаимозаменяемость в различных по конструкции станках, включая как станки с ЧПУ, так и агрегатные и автоматические линии для массового и крупносерийного производств;
- позволяет повысить серийность выпускаемого инструмента за счет увеличения ее номенклатуры и, как следствие, снизить себестоимость оснастки.

Модуль 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ. СБОРОЧНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Содержание темы

Контрольные приспособления: выбор метода и средств контроля; разработка принципиальной схемы контроля; расчет и оценка погрешности измерения, создаваемой приспособлением; требования к оформлению сборочного чертежа приспособления.

Сборочные приспособления: характерные виды сборочных приспособлений; особенности проектирования.

6.1. Проектирование и расчет контрольных приспособлений

6.1.1. Назначение контрольных приспособлений

Контрольные приспособления применяют для контроля заготовок, межоперационного и окончательного контроля обрабатываемых деталей, для проверки собранных узлов и изделий. Они должны обеспечивать: заданную точность и производительность контроля; быть удобными и надежными в эксплуатации; быть технологичными. При их разработке решаются следующие задачи:

1. Выбор метода и средств контроля;
2. Разработка принципиальной схемы контроля;
3. Расчет погрешности измерения приспособления.
4. Разработка конструкции приспособления.

Исходными данными для решения этих задач являются: точность контролируемого параметра; назначенный технологом вид контроля (100%-ный или выборочный); объем партии контролируемых деталей.

6.1.2. Выбор метода и средств контроля

Различают прямой и косвенный методы измерения.

К прямому относят абсолютный метод и метод сравнения.

При абсолютном методе измеряется вся величина контролируемого параметра: диаметра, длины, биения и т.п. Он используется при контроле малой партии деталей и при выборочном контроле. Выполняется с помощью универсальных мерителей и приборов: штангенциркулей, микрометров, нутромеров и т.п.

При методе сравнения оценивается отклонение измеряемого параметра от установочной меры, на которую настроено приспособление. Например, контроль размера H у детали (рис.114) выполняется путем подведения ее под инди-

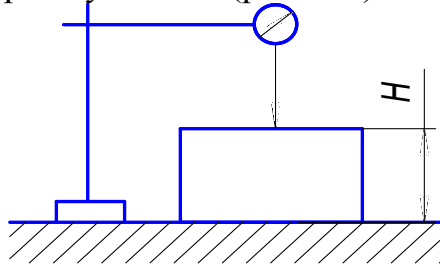


Рис. 114. Схема контроля по методу сравнения

катор, предварительно настроенный по эталону или с помощью концевых мер. Индикатор фактически показывает отклонение размера H у реальной детали от этого размера у эталона, и позволяет установить находится ли размер H в пределах допуска на него.

Используется метод сравнения в серийном и массовом производствах, когда нет необходимости в частых переналадках измерительного прибора на новое значение измеряемой величины. Выполняется с помощью контрольных приспособлений как скомпонованных из универсальных средств измерения, так и с помощью специально спроектированных и изготовленных приспособлений. В этом случае используются средства измерения, у которых диапазон показаний значительно меньше измеряемой величины (индикаторы, датчики), что позволяет создать компактные контрольные приспособления.

При косвенном методе измерения искомую величину находят расчетом по известной зависимости между этой величиной и величинами, полученными прямыми измерениями.

Прямой метод контроля не вносит погрешности в измерение. При косвенном методе контроля округление результатов расчета приводит к искажению фактического размера пропорционально величине округления.

Средства измерения, используемые в контрольных приспособлениях, делят на предельные (безшкальные) и отсчетные (шкальные).

Предельные средства в простейших случаях представляют собой встроенные в контрольное приспособление подвижные или неподвижные предельные элементы (скобы, щупы, пробки) (рис.115). Эти устройства используют для

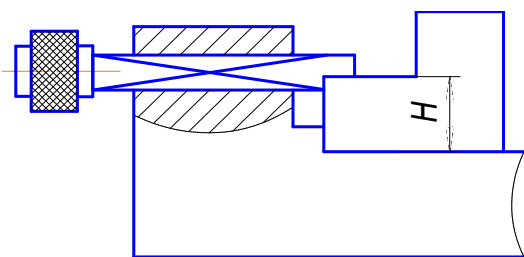


Рис.115. Схема контроля выдвижным предельным элементом

контроля размеров со сравнительно грубыми допусками: при жестком элементе не выше 8-9-го квалитета, при выдвижном – 11-го квалитета.

В качестве отсчетных средств измерения в контрольных приспособлениях часто используются индикаторы. Их выпускают трех классов точности: нулевого, 1-го и 2-го с погреш-

ностью показаний соответственно 0,01; 0,015 и 0,02 мм за один оборот стрелки (1 мм). Выбор индикатора: цена деления индикатора должна быть в три и более раз меньше допуска на контролируемый параметр. Для более точных измерений используют микроиндикаторы (цена деления 2 мкм, погрешность показаний 0,5 мкм) и минимитры (цена деления 1 мкм, погрешность показаний – 0,2 мкм).

В контрольных приспособлениях нашли широкое распространение электроконтактные датчики. Они обеспечивают точность измерения 1 мкм (1-й класс точности) и ± 3 мкм (2-й класс точности). Они могут использоваться как отсчетные, так и предельные, одномерные и многомерные. У предельного одномерного приспособления (рис.116) лампы 1 и 2 не загораются, если размер H находится в поле допуска.

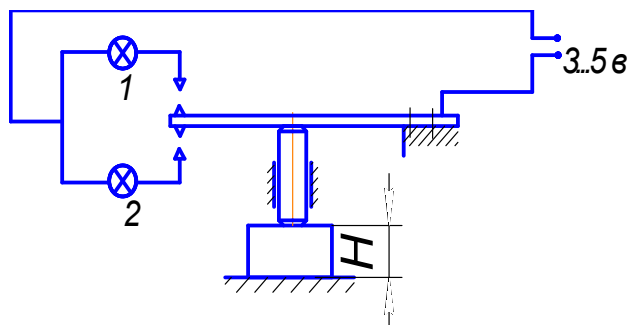


Рис.116. Схема приспособления с электроконтактным датчиком

Если размер выходит за пределы допуска, то замыкаются верхние или нижние контакты и загорается 1 или 2 лампа, сигнализируя о наличии брачной детали. Электроконтактные датчики удобны для многомерных контрольных приспособлений «светофорного» типа. Они обеспечивают значительное повышение производительности труда контролеров и облегчают их работу.

Пневматические приборы (рис.117) обеспечивают высокую производительность и точность измерения от 0,2 до 0,5 мкм. Сжатый воздух

поступает к вертикальной расширяющейся прозрачной колбе, в которой находится легкий

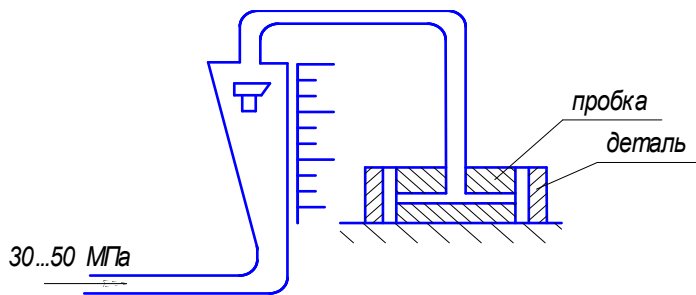


Рис.117. Схема пневматического микрометра

поплавок. Возле колбы расположена шкала. Чем больше зазор между измеряемой деталью и пробкой измерительного устройства, тем больше скорость воздуха и высота подъема поплавка в колбе. Каждому размеру детали соответствует своя высота положения поплавка в колбе.

6.1.3. Разработка принципиальной схемы контроля

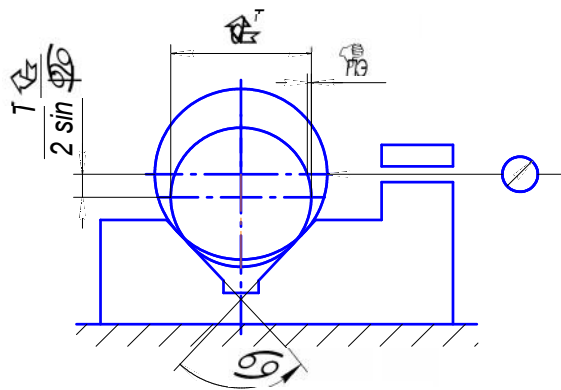
Разработку принципиальной схемы контроля выполняют в следующей последовательности:

1. Выбирают схему установки детали;
2. Решают вопрос о необходимости закрепления детали;
3. Выбирают точку приложения к детали измерительного элемента средства измерения;
4. Выбирают схему снятия измерения;
5. Устанавливают способ настройки приспособления.

Контролируемая деталь имеет две измерительные базы, между которыми на ее чертеже проставлен измеряемый размер.

При выборе схемы установки необходимо стремиться совместить технологическую и одну из 2-х измерительных баз контролируемого размера. Другая измерительная база должна контактировать с измерительным элементом средства измерения в установленном сечении детали. Это обеспечит отсутствие погрешности базирования Δ_b и погрешности положения измерительного элемента $\Delta_{пэ}$ и позволит значительно повысить точность измерения контролируемого параметра. Например, при несоблюдении этих требований при контроле диаметра валиков, устанавливаемых в призму (рис. 118), изменение

диаметра контролируемого валика приводит к смещению его диаметрального сечения на величину $\frac{T_d}{2\sin\alpha/2}$, а измерительная база



контролируемого параметра ($\varnothing d$) при этом сместиться на величину

$$\Delta_{\text{пэ}} = d - \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - \frac{T^2}{\sin^2 \alpha / 2}}$$

Рис. 118. Схема формирования погрешности $\Delta_{\text{пэ}}$ при контроле диаметра валика

Зажимные устройства в контрольных приспособлениях предупреждают смещение установленной для проверки детали относительно измерительного устройства и обеспечивают плотный контакт ее технологических баз с опорами приспособления. Величина усилия закрепления в этом случае требуется небольшая $Q \approx 3G$, где G – вес детали. Расчет погрешности закрепления Δ_3 выполняется также, как в станочных приспособлениях. Если деталь занимает вполне устойчивое положение на опорах приспособления, необходимость в ее закреплении отпадает.

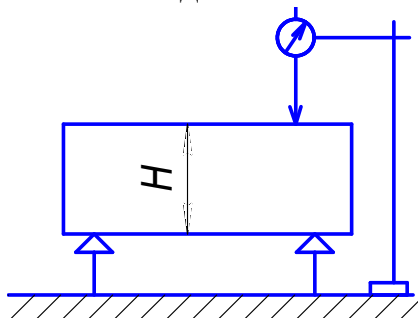


Рис.119. Снятие измерения при контроле размера H

Снятие измерения в соответствии с принципом Абба должно выполняться на продолжение размерной линии контролируемого параметра (рис.119). Несоблюдение этого требования, например, при контроле глубины H зенкерowanego отверстия (рис.120,а) приводит к искажению зна-

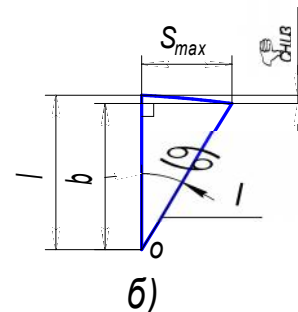
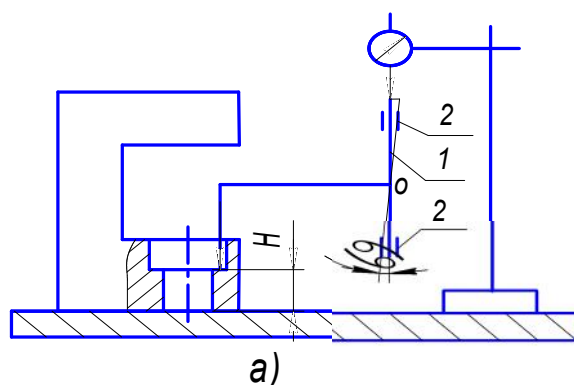


Рис. 120. Схема формирования погрешности снятия измерения

чения фактической величины H из-за того, что стержень 1 из-за зазоров в его направляющих 2 может разворачиваться на угол α . Это приведет к появлению погрешности снятия измерения (рис.125,б) $\Delta_{\text{сн.изм}} = l(1 - \cos\alpha)$, где l – длина участка стержня от точки 0 его поворота; $\sin\alpha = \frac{S_{\text{max}}}{l}$, где $S_{\text{max}} = R_{\text{отв}}^{\text{max}} - r_{\text{стержня}}^{\text{min}}$ – максимальный радиальный зазор между отверстием в направляющие 2 и стержнем 1.

Настройка на работу, контрольных приспособлений чаще всего выполняется с помощью эталона и ее погрешность зависит от точности его изготовления – $\Delta_H \approx 5$ мкм.

6.1.4. Расчет погрешности измерения, создаваемой приспособлением

Основными исходными данными для расчета погрешности измерения являются:

- метод контроля;
- схема установки и закрепления детали;
- используемое средство измерения;
- способ настройки приспособления.

Каждая из характеристик контрольного приспособления вносит в измерение свою погрешность. Некоторые из них носят случайный характер. Это погрешность базирования $\Delta_б$, погрешность закрепления $\Delta_з$, погрешность положения измерительного элемента средства измерения $\Delta_{п.э.}$, погрешность снятия измерения $\Delta_{\text{сн.изм.}}$, погрешность средства измерения $\Delta_{\text{ср.изм.}}$. Другие погрешности носят закономерно изменяющийся характер. Это погрешность, связанная с износом деталей приспособления $\Delta_{\text{изн.}}$, с колебаниями температуры Δ_t . Погрешность изготовления приспособления $\Delta_{\text{изг.п.}}$ и погрешность метода контроля $\Delta_{\text{м.к.}}$ остаются постоянными при контроле всей партии деталей. Погрешность настройки приспособления Δ_H в зависимости от условий контроля меняет свой характер. При контроле при одной настройке прибора Δ_H остается постоянной, при контроле большой партии деталей с несколькими поднастройками прибора $\Delta_{\text{НС}}$ становится случайной погрешностью.

При расчете погрешности измерения приспособления случайные и закономерно изменяющиеся погрешности суммируются вероятностным способом, постоянные – алгебраически:

$$\Delta_{\text{изм}} = \sqrt{\Delta_б^2 + \Delta_з^2 + \Delta_{п.э.}^2 + \Delta_{\text{сн.изм.}}^2 + \Delta_{\text{ср.изм.}}^2 + \Delta_H^2 + 3\Delta_{\text{изн.}}^2 + 3\Delta_t^2 + \Delta_{\text{изг.п.}} + \Delta_{\text{МК}}}$$

Величина погрешности измерения считается допустимой, если она не превышает 8%...30% от допуска на контролируемый параметр. Для ответственных изделий (авиационная техника) погрешность измерения принимают 8%, для менее ответственных 12,5 и 20%, для неответственных – 30% поля допуска.

6.1.5. Разработка конструкции приспособления

Контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных в корпусе приспособления. Разработку общего вида приспособления выполняют методом последовательного нанесения вокруг контуров детали отдельных элементов приспособления.

Вид установочных элементов, служащих для установки и правильной ориентации детали в приспособлении, зависит от формы ее базовых поверхностей. При установке на плоские технологические базы применяют опорные штыри и пластины, а так же специальные детали (секторы, кольца) в зависимости от конфигурации базовой поверхности. Для установки на внешние цилиндрические поверхности используют призмы.

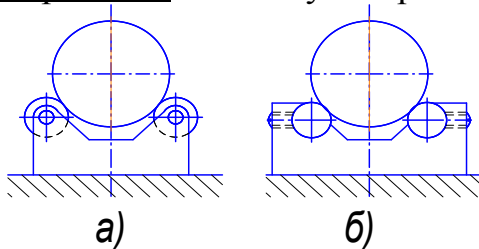


Рис.121. Призмы с роликами (а) и с переставными валиками (б)

Из-за малого контакта детали с призмой, ее рабочие поверхности быстро изнашиваются. Для продления срока их службы применяют призмы с роликами (рис.121,а) или переставными валиками (рис.121,б), а также напаивают на них твердосплавные пластины. При установке

на призмы проверяют отклонение цилиндричности вала. Конусность обнаруживается по разности показаний измерительного прибора в двух различных поперечных сечениях детали. Для установки детали на отверстие используют гладкую цилиндрическую оправку или палец. В этом случае возникает погрешность измерения из-за радиального зазора между базовым отверстием и оправкой. Чтобы устранить зазор применяют конические или разжимные оправки и пальцы. В качестве разжимных элементов применяют шарики (рис.122),

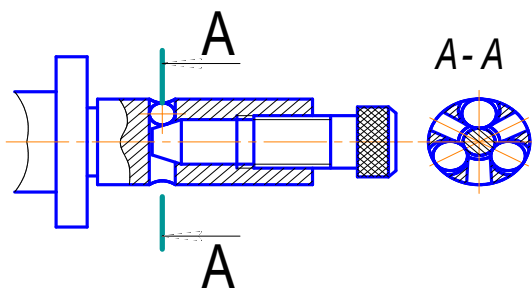


Рис.122. Устройство с разжимными шариками для выбора зазора

планки и разрезные втулки, а так же втулки с гидропластмассой, гофрированные втулки и устройства мембранного типа. Часто вместо одной цилиндрической оправки применяют их набор, в котором одна оправка отличается от другой на очень малую величину (5...10 мкм). Для уста-

новки узких деталей применяют также ступенчатые оправки с небольшим перепадом диаметров ступеней. Влияние зазора на точность измерения при этом значительно уменьшается. Контрольные оправки должны иметь гладкую рабочую поверхность ($Ra=0,4...0,1$ мкм), погрешность ее формы – не более 5 мкм. При проверке деталей на биение оправки устанавливают в центры или в призмы. Установку деталей отверстиями на оправки и пальцы применяют для проверки соосности отверстия и наружной поверхности вращения детали; проверки перпендикулярности ее торцов оси отверстия; проверки соосности отверстий, межосевых расстояний, а также расстояний от оси отверстия до параллельно расположенных плоскостей.

6.2. Сборочные приспособления

6.2.1. Типы сборочных приспособлений

Сборочные приспособления используют при узловой и общей сборке изделий. Они являются эффективными средствами механизации сборки, обеспечивают удобство и высокую производительность сборки; точную установку сопрягаемых элементов и их закрепление.

По степени специализации сборочные приспособления делят на универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производствах. Это плиты и сборочные балки, призмы и угольники, струбцины, домкраты, различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые прихваты).

Плиты и балки служат для установки, выверки и закрепления собираемых изделий или их узлов, изготавливаются из чугуна; на их установочной поверхности выполняются Т-образные пазы. Плиты и балки устанавливают на фундамент на 50 – 100 мм выше пола и тщательно выверяют в горизонтальном положении по уровню.

Призмы и угольники служат для установки и закрепления узлов или базовых деталей. Их установочные поверхности имеют продолговатые окна для крепежных болтов.

Струбцины применяют для временного скрепления деталей и узлов собираемых изделий, а также при выполнении некоторых вспомогательных работ (правки, запрессовки, распрессовки).

Домкраты служат для выверки и поддержки громоздких и тяжелых деталей и узлов.

Специальные приспособления применяют в крупносерийном и массовом производствах для выполнения определенных сборочных операций. Различают следующие типы специальных приспособлений.

К первому типу приспособлений относят приспособления для установки, придания нужной ориентации и закрепления базовых деталей и узлов собираемого изделия (рис.123). К ним не предъявляют высоких требований точности

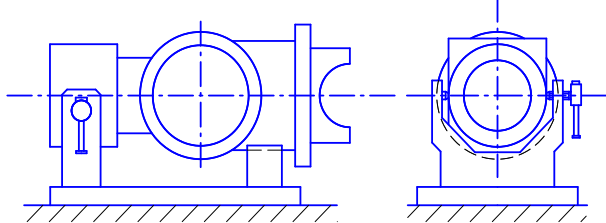


Рис.123. Схема приспособления для ориентации, установки и крепления картера заднего моста автомобиля

установки деталей, а усилие закрепления должно быть достаточным для предотвращения их смещения от действия сил и моментов, возникающих при выполнении сборочных операций. Эти приспособления могут быть одно- и многоместными, стационарными и передвижными.

Стационарные приспособления устанавливают на верстаках или сборочных стендах, передвижные на тележках или плитах конвейеров.

Ко второму типу приспособлений относят приспособления, обеспечивающие точность взаимного расположения сопрягаемых деталей или узлов. При их использовании рабочий освобождается от выверки взаимного положения сопрягаемых элементов, так как оно обеспечивается автоматическим их доведением до соприкосновения с опорами приспособления (рис.124).

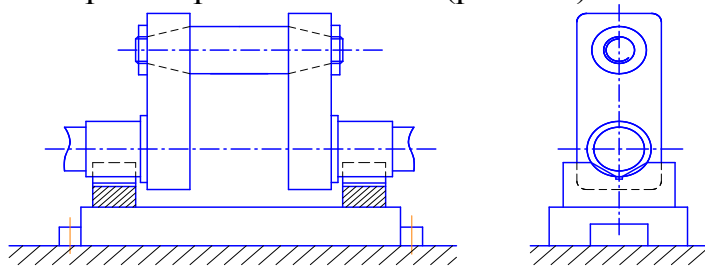


Рис.124. Схема приспособления для сборки составного коленчатого вала

Такие приспособления применяют для сварки, клепки, склеивания, развальцовки и других сборочных работ. Приспособления этого типа могут быть одно- и многоступенчатыми, стационарными и подвижными, обеспечивают значительное повышение производительности, необходимы при автоматизации процесса сборки. Подвижные приспособления применяют при большой программе выпуска мелких и средних изделий в условиях конвейерной сборки. Они характерны, в частности, для сборки методом пайки или склеивания.

К третьему типу приспособлений относят приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, разрезных колец и т.д.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил (рис.125).

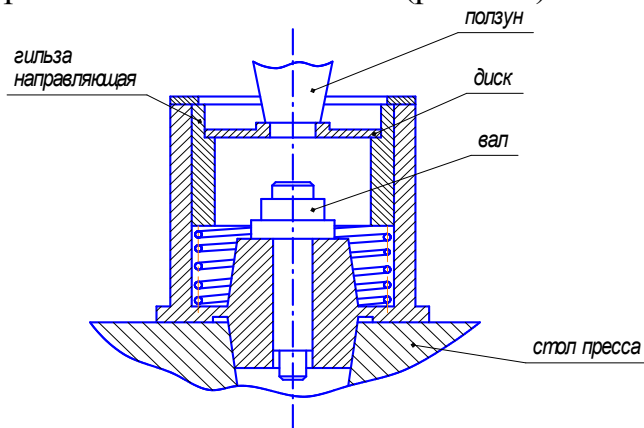


Рис.125. Схема приспособления для запрессовки тонких дисков на вал

6.2.2. Элементы сборочных приспособлений

Сборочные приспособления включают в себя следующие элементы: корпус, установочные, зажимные, установочно-направляющие, вспомогательные.

Установочные элементы обеспечивают деталям и узлам собираемого изделия требуемое положение без выверки. В качестве установочных элементов используют призмы и угольники, пальцы установочные, опорные штыри и пластины и т.д. Их вид зависит от формы технологических баз. Поскольку в качестве технологических баз при сборке используют окончательно обработанные поверхности деталей собираемого узла, то установочные элементы должны иметь достаточно большие опорные поверхности, которые часто облицовывают твердой резиной или пластмассами, чтобы предупредить порчу поверхностей этих деталей.

Зажимные элементы обеспечивают фиксирование положения собираемых деталей (узлов) и предупреждение их смещения в процессе выполнения сборочной операции. Зажимные устройства не должны деформировать собираемые детали и портить их обработанные поверхности. С этой целью в зажимных элементах

применяют мягкие вставки. В сборочных приспособлениях используют те же разновидности зажимных механизмов, что и в станочных. Если рабочая зона приспособления ограничена направлением подачи сопрягаемых деталей, зажимное устройство должно быть по возможности малогабаритными и не мешать выполнению сборки. Этому требованию отвечают низко расположенные прихваты и Г-образные прихваты. В качестве привода зажимных устройств целесообразно использовать пневмо- и гидроцилиндры, что повышает производительность приспособления. При небольших усилиях зажима удобны и быстродейственны вакуумные зажимные устройства (рис.126), а для больших усилий – пружинные. Последние часто применяют в приспособлениях для пайки и склеивания деталей. Они не препятствуют тепловым

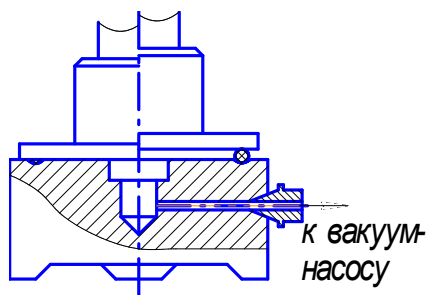


Рис. 126. Схема специального приспособления – зажима с вакуумным креплением (правая часть – до закрепления, левая – после)

расширениям деталей при нагреве и их сокращению при охлаждении. При использовании вакуумных приспособлений-зажимов (см. рис.126) монтируемая сборочная единица устанавливается на плиту, в выточке которой посредством вакуумного насоса создается разрежение. Для уплотнения применяется резиновая прокладка–кольцо, укладываемая в канавку соответствующей формы.

Установочно-направляющие элементы служат для правильной ориентации и направления перемещения собираемых деталей в процессе сборки. Выполняются в виде пальцев, втулок, направляющих гильз.

К вспомогательным элементам относят поворотные и делительные механизмы, фиксаторы, выталкиватели и другие элементы. Их функциональное назначение и конструктивное оформление такие же, как и у станочных приспособлений.

6.2.3. Конструирование сборочных приспособлений

Исходными данными для проектирования сборочного приспособления являются: чертежи собираемой сборочной единицы; производственное задание (программа); требуемая точность сборки; технологический процесс сборки, из которого конструктор узнает последовательность сборки, применяемое оборудование и инструменты и режимы работ.

До начала проектирования приспособления необходимо самое тщательное ознакомление с посадками, точностью сборки и условиями взаимозаменяемости деталей собираемой сборочной единицы.

Задача конструктора сводится к созданию приспособления надежного и точного в работе, производительного, удобного и безопасного в обслуживании, экономичного в производстве.

Порядок проектирования приспособления:

1. По сборочному чертежу сборочной единицы устанавливают базовые поверхности; поверхности которые могут быть использованы для крепления или фиксации сборочной единицы в приспособлении при выполнении данной операции. Уточняют схемы установки базовой и сопрягаемых деталей изделия. Выбирают тип и размеры установочных элементов.

2. Выявляют силы, которые будут действовать на приспособление в процессе его использования; места их приложения и определяют величину усилий для закрепления базовых деталей. Исходя из этого, а также из требуемой производительности, выбирают конструкцию зажимного устройства и его размеры.

Для определения сил закрепления необходимо знать условия выполнения сборочных процессов. Так при склеивании (клеем БФ2 и др.) необходимо прижатие соединяемых деталей давлением 15...20 МПа. При расчете вакуумных зажимов надо учитывать, что наибольшая удельная сила прижима не превышает 0,8...0,85 кгс/см². При пайке силу прижатия устанавливают из условия прочной фиксации собираемых изделий. При выполнении резьбовых соединений базовая деталь изделия воспринимает реактивный момент от затяжки этих соединений, поэтому их необходимо прочно удерживать от проворачивания. Зная внешнюю силу или момент, схему установки и закрепления собираемого изделия, реакции опор, находят необходимую силу закрепления. Методика расчета усилия закрепления такая же, как и в станочных приспособлениях.

3. Выявляют элементы для направления собираемых деталей. Выбирают их конструкцию и размеры.

4. Устанавливают необходимые вспомогательные элементы. Выбирают их конструкцию и размеры.

5. Разрабатывают конструктивную схему приспособления; важно при этом исходить из принципа всемерной экономии движений сборщика при пользовании этим приспособлением.

6. Разрабатывают конструктивную схему приспособления (эскизная компоновка) и путем расчета на прочность определяют размеры его основных деталей.

7. Окончательно оформляют конструкцию приспособления.

8. Выполняют детализовку. Рабочие чертежи составляют только на специальные детали.