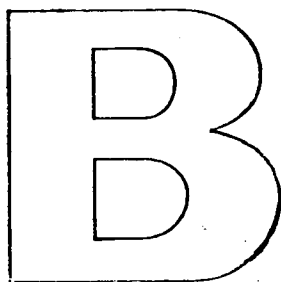


В.С. Корсаков



ДЛЯ ВУЗОВ

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Второе издание, переработанное и дополненное

Допущено

*Министерством высшего и среднего специального образования СССР
в качестве учебника для студентов ВТУЗов,
обучающихся по специальности «Технология машиностроения,
металлорежущие станки и инструменты»*



МОСКВА
МАШИНОСТРОЕНИЕ
1983

ББК 34.5
КВ6
УДК 621.753.4 (075.8)

Редактор: *С. И. Булатов*

Рецензенты: кафедра «Технология машиностроения» Пермского политехнического института; инж. *В. А. Горелов*

Корсаков В. С.

К66 Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1983. — 277 с., ил.

В пер. 95 к.

Первое издание учебника выпущено в 1971 г. Второе издание дополнено материалами по унификации и стандартизации приспособлений, а также по переналаживаемым приспособлениям, приспособлениям для групповой обработки и для станков с ЧПУ.

К 2703000000-096 96-83
038(01)-83

ББК 34.5
6П4.6.08

© Издательство «Машиностроение», 1983 г.

Курс «Основы конструирования приспособлений» читается в машиностроительных и политехнических вузах для специальности 0501 «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». В учебнике большое внимание уделяется основам расчета и конструирования приспособлений, описание их конструкций приводится лишь в качестве примеров современных прогрессивных решений, а также для иллюстрации основных положений. Материал учебника отражает направления дальнейшего развития приспособлений и вопросы автоматизации их конструирования.

Материал рассчитан на студентов, освоивших курсы «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение», «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения», прошедших профилирующие дисциплины по специальности («Теория резания и режущие инструменты», «Металлорежущие станки», «Технология машиностроения») и технологическую практику. При проработке этого курса обращается внимание на изучение методики конструирования и расчета приспособлений, развиваются и синтезируются основные положения курса «Основы технологии машиностроения» применительно к задачам конструирования приспособлений, к выбору и обоснованию принятых решений. Широко используются общинженерные дисциплины: теоретическая механика, сопротивление материалов, теория механизмов и машин, гидравлика, электротехника и др. Зная принципы и методику конструирования, студент может творчески подойти к созданию работоспособного, высокопроизводительного и экономичного приспособления, без слепого копирования существующих конструкций.

Учебник может быть использован при курсовом и дипломном проектировании; дополнительными материалами могут служить соответствующие стандарты, справочники, альбомы и монографии. При изложении курса необходимо показать, что задача конструирования приспособлений вытекает из более общей задачи проектирования технологического процесса изготовления изделия. Все исходные данные и принципиальные решения конструктор получает от технолога.

Опыт преподавания курса «Основы конструирования приспособлений» в МВТУ им. Н. Э. Баумана и других вузах показал, что материал лучше усваивается при выполнении домашних заданий

и лабораторных работ. Последние должны подтверждать основные положения курса и иметь преимущественно исследовательский характер.

Научные основы курса начали формироваться в конце 20-х гг. в связи с задачей индустриализации нашей страны. Первые методические указания по их построению были даны проф. В. М. Кованом, А. П. Соколовским, М. Е. Егоровым и другими советскими учеными. В отечественной и зарубежной литературе все чаще освещаются результаты конкретных исследований в этой области.

Нормали и стандарты на приспособления, разработанные многими передовыми заводами, проектно-технологическими и исследовательскими организациями, способствуют развитию отечественного машиностроения. Продолжается дальнейшее формирование курса, имеющего прикладной характер, совершенствуется методика расчета и конструирования приспособлений, расширяются работы по нормализации и стандартизации их элементов, совершенствуются системы переналаживаемых приспособлений и приспособлений для автоматизированного производства, обобщается опыт промышленности по созданию, эксплуатации и организации централизованного производства прогрессивных конструкций приспособлений, ведутся работы по созданию прецизионных приспособлений, а также по автоматизации конструирования приспособлений, что будет способствовать сокращению сроков технологической подготовки производства новых машин.

Машиностроение — ведущий комплекс отраслей в промышленности. Его уровень определяет дальнейшее развитие всего народного хозяйства. Партия и правительство постоянно уделяют большое внимание развитию машиностроения, подготовке для него инженерно-технических и научно-педагогических кадров. По сравнению с другими отраслями машиностроение развивается опережающими темпами. Важное место отводится машиностроению и в перспективных планах развития народного хозяйства на ближайшее будущее.

В СССР создана мощная машиностроительная индустрия. Наиболее важной отраслью машиностроения является станкостроительное производство, выпускающее технологическое оборудование, приспособления, инструменты для машиностроительных заводов.

Технологами-машиностроителями выполнена большая работа по развитию производства машин, а советскими учеными внесен значительный вклад в развитие и формирование научных основ технологии.

Строительство материально-технической базы коммунистического общества и необходимость непрерывного повышения производительности труда на основе современных средств производства ставит перед машиностроением весьма ответственные задачи. К их числу относятся повышение качества машин, снижение их материалоемкости, трудоемкости и себестоимости изготовления, нормализация и унификация их элементов, внедрение поточных методов производства, его механизация и автоматизация, а также сокращение сроков подготовки производства новых объектов. Решение указанных задач обеспечивается улучшением конструкции машин, совершенствованием технологии их изготовления, применением прогрессивных средств и методов производства. Большое значение в совершенствовании производства машин имеют различного рода приспособления.

Приспособлениями в машиностроении называют *вспомогательные устройства*, используемые при механической обработке, сборке и контроле изделий. Приспособления, рабочие и контрольные инструменты вместе взятые называют *технологической оснасткой*, причем приспособления являются наиболее сложной и трудоемкой ее частью. Современные механосборочные цехи располагают большим парком приспособлений, в крупносерийном и

массовом производстве на каждую обрабатываемую деталь приходится в среднем десять приспособлений. Наиболее значительную их долю (80—90 % общего парка приспособлений) составляют станочные приспособления, применяемые для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Сложность построения технологических процессов в машиностроении обуславливает большое разнообразие конструкций приспособлений и высокий уровень предъявляемых к ним требований. Недостаточно продуманные технологические и конструкционные решения при создании приспособлений приводят к удлинению сроков подготовки производства, к снижению его эффективности.

Использование приспособлений способствует повышению производительности и точности обработки, сборки и контроля; облегчению условий труда, сокращению количества и снижению необходимой квалификации рабочих; строгой регламентации длительности выполняемых операций; расширению технологических возможностей оборудования; повышению безопасности работы и снижению аварийности.

Производительность при использовании приспособлений повышается устранением разметки заготовок и сокращением штучного времени по всем остальным технологическим операциям. Анализируя формулу штучного времени

$$t_{ш} = t_0 + t_v + t_r + t_{об} + t_n.$$

можно установить, что при использовании приспособлений сокращаются все его составляющие. Основное время t_0 уменьшают, применяя многоинструментальную обработку и многоместные приспособления, а также повышая режимы резания в результате увеличения жесткости технологической системы. Вспомогательное время t_v уменьшают, используя установку заготовок без выверки, быстродействующие устройства для закрепления, поворота и съема заготовок, а также путем перекрытия (частичного или полного) вспомогательного времени основным. Время технического обслуживания t_r сокращают, применяя устройства для быстрой смены инструмента и его наладки. Устройства для отвода стружки уменьшают время организационного обслуживания $t_{об}$, а облегчение условий труда — время перерывов в работе t_n . Использование приспособлений способствует также уменьшению подготовительно-заключительного времени при выпуске изделий партиями.

Применение приспособлений снижает трудоемкость T и себестоимость C обработки деталей. На рис. 1, а показана зависимость трудоемкости T от коэффициента оснащенности K (под которым понимается отношение числа приспособлений к числу операций обработки данной детали), а на рис. 1, б — зависимость себестоимости обработки C от допуска δ на изготовление. Линии 1 характеризуют одноместные приспособления ручного типа, а линии 2 — приспособления механизированные и многоместные.

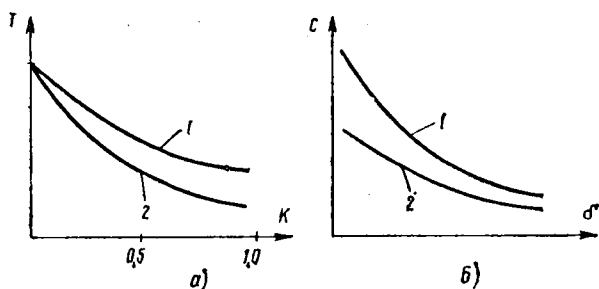


Рис. 1. Зависимости трудоемкости T от коэффициента оснащённости K и себестоимости обработки C от допуска на изготовление δ

Применение приспособлений расширяет использование универсальных станков. Так, одношпиндельные сверлильные станки, оснащенные многошпиндельными головками, заменяют многошпиндельные станки. На расточном станке обычной точности можно обрабатывать точные отверстия, обеспечивая требуемое направление расточной скалки кондукторными втулками приспособления. При невозможности быстрой замены малопроизводительного оборудования его производительность повышают применением более эффективных приспособлений.

Использование приспособлений снижает себестоимость продукции. Однако в каждом конкретном случае целесообразность применения приспособлений должна подтверждаться экономическими расчетами.

Применение быстродействующих и автоматизированных приспособлений совместно с управляющими и транспортирующими устройствами является одним из эффективных направлений автоматизации универсального технологического оборудования, способствующих внедрению многостаночного обслуживания и высвобождению рабочих.

По целевому назначению приспособления делят на следующие группы.

1. Станочные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок. Эти приспособления подразделяют на сверлильные, фрезерные, расточные, токарные и др. К ним относят также приспособления специального назначения (для гибки, рихтовки и других операций).

2. Станочные для установки и закрепления рабочего инструмента. К ним относятся патроны для сверл, разверток, метчиков, многошпиндельные сверлильные и фрезерные головки, инструментальные державки для токарно-револьверных станков и автоматов и другие устройства.

С помощью приспособлений 1-й и 2-й групп осуществляется наладка технологической системы станок—заготовка—инстру-

мент. Эти приспособления, называемые также вспомогательным инструментом, характеризуются большим числом нормализованных конструкций.

3. Сборочные, используемые для соединения деталей в изделия. Применяют следующие типы сборочных приспособлений: для крепления базовых деталей собираемого изделия, для обеспечения правильной установки соединяемых элементов изделия, для предварительного деформирования устанавливаемых упругих элементов (пружин, разрезных колец), а также для запрессовки, клепки, развальцовывания и других операций, когда при сборке требуются большие силы.

4. Контрольные, применяемые для проверки заготовок, при промежуточном и окончательном контроле деталей, а также при сборке машин.

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

По степени специализации приспособления делят на универсальные, переналаживаемые и специальные.

1. Универсальные приспособления (УП), применяемые в единичном и мелкосерийном производстве, подразделяют на стандартные и специальные. Первые изготовляют централизованным порядком. К ним относят машинные тиски, патроны, делительные головки, поворотные столы, планшайбы и др. Их используют для обработки деталей широкой номенклатуры и различных размеров. Вторые выполняют для деталей определенного типа, но разных размеров. УП могут быть безналадочные (трехкулачковые патроны) и наладочные (делительные головки).

2. Переналаживаемые приспособления применяют в мелко- и среднесерийном производстве. К ним относят: а) универсально-сборные (УСП) и сборно-разборные (СРП), собираемые из набора нормализованных деталей и узлов, допускающего многократную перекомпоновку собираемых конструкций; б) универсально-наладочные (УНП), со сменными наладками, позволяющими обрабатывать детали различных наименований; в) групповые переналаживаемые для обработки определенной группы деталей. Особенности конструирования, разновидности и применение этих приспособлений рассмотрены в гл. V.

3. Специальные приспособления (СП) предназначены для выполнения определенных технологических операций и представляют собой переналаживаемые приспособления одностороннего назначения. Их используют в массовом производстве при постоянном закреплении операций на рабочих местах. В серийном производстве часто применяют групповые переналаживаемые СП для единовременной обработки группы прикрепленных деталей. СП трудоемки и дорогостоящи в исполнении, так как ввиду широкого разнообразия конструкций их изготовляют методами единичного производства. При освоении нового изделия ранее использовав-

шиеся СП уже не пригодны и их необходимо конструировать и изготавливать вновь, что занимает до 80 % длительности цикла технологической подготовки производства. СП высокопроизводительны в результате применения быстродействующих установочных и зажимных устройств и выполнения многоместной и многоинструментальной обработки. Их нередко частично и полностью автоматизируют.

По степени механизации и автоматизации приспособления делят на ручные, механизированные, полуавтоматические и автоматические. В автоматизированном производстве приспособление является элементом сложного транспортирующего, грузочного-разгрузочного комплекса.

При разработке приспособлений имеются широкие возможности для проявления творческой инициативы по созданию конструкций, обеспечивающих наибольшую эффективность и рентабельность производства, по снижению стоимости приспособлений и сокращению сроков их изготовления. Приспособления должны быть удобными и безопасными в работе, быстродействующими, достаточно жесткими для обеспечения заданной точности обработки, удобными для быстрой установки на станок, что особенно важно при периодической смене приспособлений в серийном производстве, простыми и дешевыми в изготовлении, доступными для ремонта и замены изношенных деталей.

глава 1 УСТАНОВКА ЗАГОТОВОК И УСТАНОВОЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Приспособления являются важным элементом технологической системы, от них во многом зависят точность, производительность и себестоимость механической обработки, сборки и технического контроля изделий. Точность обработки (сборки), в свою очередь, зависит от точности установки в приспособление заготовки (детали, узла). Ниже рассмотрены общие принципы установки и возникающие при этом погрешности применительно к механической обработке, в гл. VII и VIII приведен анализ погрешностей установки применительно к сборочным и контрольным приспособлениям.

§ 1. ПРИНЦИПЫ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Требуемая точность обработки обеспечивается определенным положением заготовки относительно режущего инструмента. Положение заготовки при обработке, как и любого твердого тела в пространстве, характеризуется шестью степенями свободы, определяющими возможность перемещения и поворота заготовки относительно трех координатных осей. При полном ориентировании заготовка лишается всех степеней свободы; при неполном — числа степеней свободы меньше шести.

В единичном и мелкосерийном производстве применяют установку заготовки с выверкой по рискам разметки, по обработанным или необработанным поверхностям, в массовом и крупносерийном производстве — установку с доведением базовых поверхностей заготовки до соприкосновения с установочными элементами (опорами) специальных приспособлений.

В зависимости от условий обработки осуществляют полную или частичную ориентацию заготовки в пространстве относительно режущего инструмента. В первом случае заготовке придают точное положение в приспособлении, во втором — точная установка в определенных направлениях не требуется, допускается произвольное положение (поворот) заготовки относительно какой-либо координатной оси (например, установка кольца в кулачки патрона при токарной обработке).

Установку заготовок выполняют, осуществляя плотный контакт базовых поверхностей с установочными элементами приспособления, жестко закрепленными в его корпусе. Это обеспечи-

вается приложением к заготовке соответствующих сил закрепления. Для полной ориентации заготовки число и расположение опор должно быть таким, чтобы при соблюдении условия неотрывности баз от опор (т. е. при сохранении плотного и неподвижного контакта между ними) заготовка не могла сдвигаться и поворачиваться относительно координатных осей. При выполнении условия неотрывности заготовка лишается всех степеней свободы.

Число опор (точек), на которые устанавливают заготовку, не должно быть больше шести (правило шести точек). Для обеспечения устойчивого положения заготовки в приспособлении расстояние между опорами следует выбирать возможно бóльшим; при установке заготовки на опоры не должен возникать опрокидывающий момент. С увеличением расстояния между опорами уменьшается влияние погрешностей формы базовых поверхностей на положение заготовки в приспособлении.

На рис. 2 показаны примеры установки заготовок с их полной и неполной ориентацией в пространстве. Схема установки прямоугольной заготовки с тремя взаимно перпендикулярными базовыми плоскостями для выдерживания размеров h , l и b при обработке прямоугольного паза показана на рис. 2, а. Опоры (точки) расположены на трех координатных плоскостях; стрелками показаны силы Q_1 , Q_2 и Q_3 , прижимающие заготовку к опорам. Закрепление заготовки осуществляют одной силой, например Q_1 , вызывающей возникновение силы трения между нижней базой и опорами, что препятствует смещению заготовки в остальных направлениях. Изменяя направление и точку приложения силы Q_1 , можно прижать заготовку ко всем опорам одновременно. При соблюдении условия неотрывности заготовки от всех шести опор (они показаны жирными точками) она не может быть сдвинута вдоль координатных осей и повернута вокруг них, т. е. лишается всех шести степеней свободы. На рис. 2, б показана практическая реализация предыдущей схемы. Опоры имеют ограниченную поверхность контакта и жестко закреплены в корпусе приспособления. После закрепления заготовки образуется замкнутая система заготовка—опоры—корпус приспособления—зажимное устройство. Сила Q воспринимается элементами этой системы.

На рис. 2, в приведена схема установки с базированием на плоскую и криволинейную поверхности; при выполнении условия неотрывности заготовка и здесь лишается всех степеней свободы. На рис. 2, г дан пример частичной (неполной) ориентации заготовки. Плоским торцом она опирается на три точки, а цилиндрической поверхностью соприкасается с двумя остальными. Поскольку площадку (показана жирной линией) можно выполнить в произвольном месте, то для установки заготовки достаточно пяти опор. На рис. 2, д показана схема установки сферической заготовки для сверления в ней сквозного отверстия. Для данных условий (сверление отверстия в произвольном месте) необходимо и достаточно трех опор, к которым заготовка прижимается планкой l .

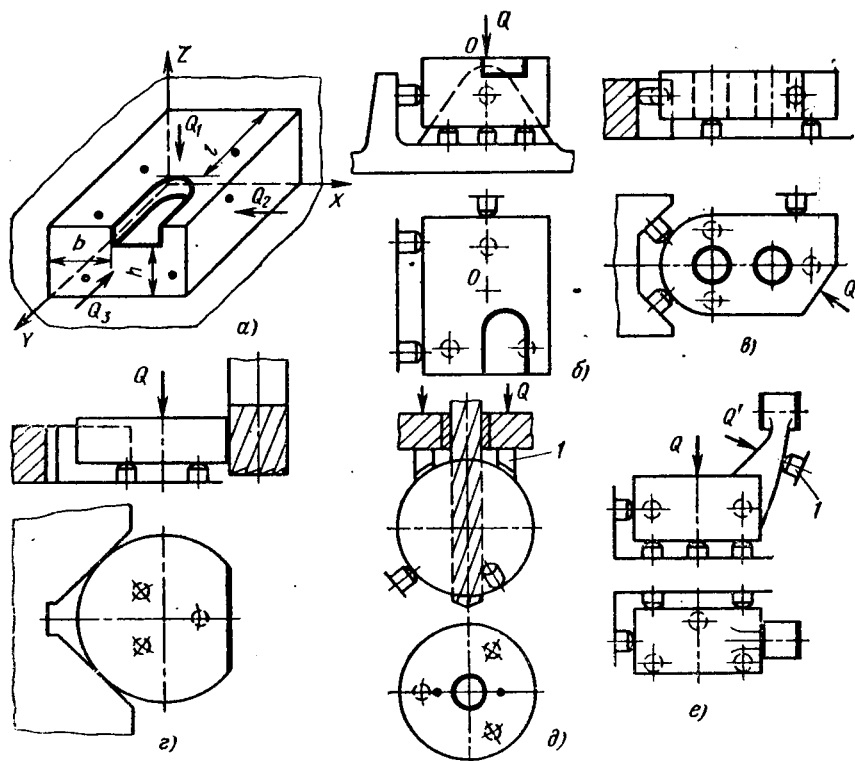


Рис. 2. Примеры установки заготовок с полной и неполной ориентацией

При обработке недостаточно жестких заготовок возникает необходимость увеличения числа опорных точек сверх шести. На рис. 2, е показана установка прямоугольной заготовки с длинным кронштейном, у которого обрабатываются торцы бобышки. Помимо основных шести опор, на которые ставят заготовку базовыми плоскостями, применена дополнительная индивидуально подводимая опора I ; к ней заготовка прижимается силой Q' . Это существенно повышает жесткость технологической системы, позволяя использовать более производительные режимы резания.

Основные опоры жестко связаны с корпусом приспособления. Несмотря на наличие погрешностей формы и размеров базовых поверхностей заготовок, они всегда имеют контакт с опорами в шести точках в одних и тех же местах, поэтому установка всей партии заготовок получается одинаково устойчивой. Если, например, нижняя базовая плоскость в заготовках (см. рис. 2, е) имеет погрешность формы в виде выпуклости, то ее контакт с опорами приспособления у всех заготовок происходит в определенных местах.

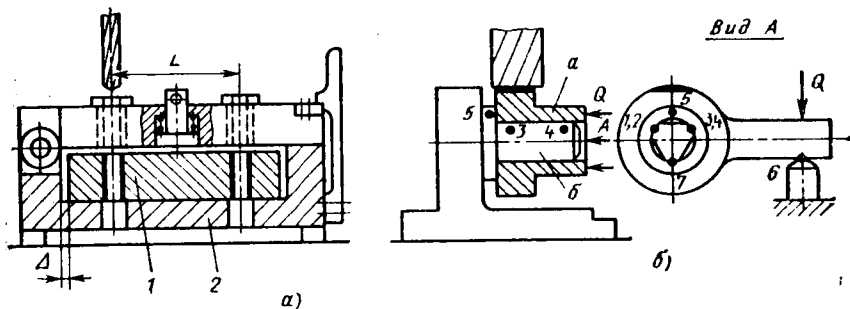


Рис. 3. Схемы установок заготовки:
а — по внешнему контуру; б — комбинированной

Дополнительные опоры выполняют только регулируемые или самоустанавливающимися. При установке заготовки опоры индивидуально подводятся (самоустанавливаются) к поверхности заготовки, а затем стопорятся, превращаясь на время выполнения данной операции в жесткие опоры. Число дополнительных опор не ограничено, однако для упрощения конструкции приспособления это число следует брать минимальным.

Точечные опоры приспособлений конструктивно оформляют в виде установочных элементов с малой поверхностью контакта. К ним относятся постоянные опоры, призмы для установки цилиндрических заготовок и другие детали. Они обеспечивают достаточную устойчивость заготовок независимо от погрешностей их размеров и формы. К недостаткам установки на точечные опоры относятся возможность повреждения базовых поверхностей заготовок при большой силе закрепления и смещение (осадка) заготовок в результате контактных деформаций в местах соприкосновения опор с базами. При малой шероховатости поверхности баз несущую поверхность опор увеличивают, и малые погрешности формы баз не оказывают заметного влияния на устойчивость системы установки. При установке на плоские базы используют опорные пластины. Чем ниже точность и больше шероховатость базовых поверхностей заготовок, тем в большей степени локализуют места их контакта с опорами приспособления. Возможна установка заготовок одной базой на опоры с большой поверхностью контакта, а остальными базами — на точечные опоры.

Из изложенного следует, что правило шести точек наиболее полно отвечает установке заготовок на точечные опоры при их полной ориентации в пространстве.

Кроме установки заготовок с полным прижатием их базовых поверхностей к опорам приспособления применяют установку по охватывающим или охватываемым базовым поверхностям. При этом заготовку надевают на установочный элемент или вставляют в него с некоторым гарантированным зазором. Пример установки

по внешнему контуру прямоугольной заготовки 1 показан на рис. 3, а. Заготовка лишена всех степеней свободы, не считая малых сдвигов в пределах зазоров Δ для вхождения в контурную полость приспособления 2. Установка вала в центрах на конические поверхности центровых гнезд является примером оставления одной степени свободы — возможности установки вала в любом месте по углу его поворота. На рис. 3, б показана схема комбинированной установки. Заготовку а насаживают базовым отверстием с зазором на жесткий палец б и плотно прижимают торцом к его борту. Для лишения заготовки всех степеней свободы применяют и другие комбинированные способы, например установку на два отверстия с параллельными осями и перпендикулярную им плоскость.

Для схем установки по охватывающим или охватываемым поверхностям с полной ориентацией заготовки в пространстве также применимо правило шести точек. Для схемы установки, показанной на рис. 3, б, эти точки определяются следующим образом¹. Поверхность базового отверстия может быть представлена четырьмя точками, две из которых (1 и 2) лежат на левой верхней образующей, а две (3 и 4) — на правой. Точка 7 (палец имеет вырезы, уменьшающие поверхность сопряжения) не является установочной, она ограничивает перемещение заготовки пределами посадочного зазора. Точка 5 ориентирует заготовку в осевом направлении, а точка 6 (конец рычага) определяет ее угловое положение. Правило шести точек наглядно прослеживается при использовании опор с ограниченной поверхностью контакта.

Для устранения влияния зазора на положение заготовки в приспособлении применяют разжимные или самоцентрирующие установочные (установочно-зажимные) устройства. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанги, разжимные оправки, гидропластовые втулки, центры и др.

Если в качестве одной из баз служит поверхность, подлежащая обработке на данной операции, и при этом необходимо обеспечить съём симметричного припуска, то используются схемы установки, показанные на рис. 4. Пружинные центрирующие пальцы 1 (рис. 4, а), опускаемые борштангами 2, используют в приспособлении для растачивания головок шатуна 3; выравнивающую скалку 4 (рис. 4, б) применяют в приспособлении для растачивания отверстий в бобышках поршня 5. После выравнивания и закрепления поршня силой Q скалку удаляют и отверстия растачивают (нижняя проекция).

Правильное положение заготовки в приспособлении обеспечивается несколькими способами. В простейшем случае базовые по-

¹ В этом примере правило шести точек рассматривается формально, путем выделения на сплошных установочных элементах условных точечных опор,

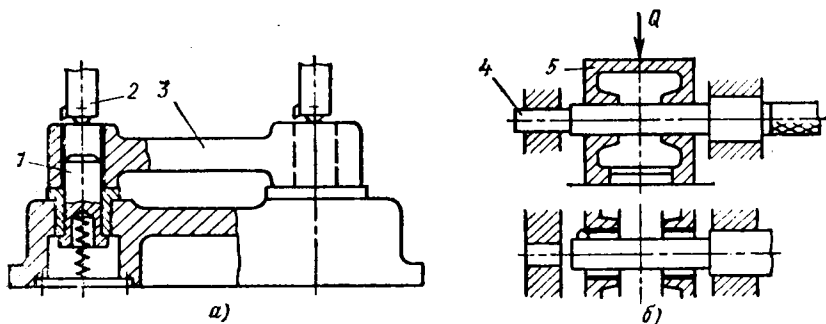


Рис. 4. Схемы установки заготовок по обрабатываемым поверхностям

поверхности заготовки вручную доводят до соприкосновения с опорами приспособления. Одновременное прижатие заготовки ко всем опорам обеспечивается зажимными устройствами. В автоматических приспособлениях применяют вспомогательные зажимы-досылатели, обеспечивающие гарантированное прижатие заготовки к опорам. В отдельных конструкциях приспособлений для контроля положения заготовки используют электроконтактные датчики и светофорные устройства.

Учитывая рассмотренные общие принципы установки заготовок, к установочным элементам можно предъявить следующие требования. Число и расположение элементов должно обеспечить ориентацию заготовки согласно принятой в технологическом процессе схеме базирования и достаточную ее устойчивость в приспособлении. При использовании необходимых баз с параметром шероховатости поверхности $Ra > 20$ мкм установочные элементы следует выполнять с ограниченной опорной поверхностью для уменьшения влияния неровностей этих баз на устойчивость заготовки. Установочные элементы не должны портить базовые поверхности, особенно те, которые не подвергаются повторной обработке. Установочные элементы должны быть жесткими. Их жесткость повышают, улучшая качество сопряжения элементов с корпусом приспособления, применяя шабрение или шлифование поверхностей стыков, а также сильно прижимая элементы к корпусу приспособления крепежными деталями.

Износостойкость опор повышают, изготавливая их из сталей (У8А, 45, 20, 20Х) с последующей термической обработкой до твердости $HRC\ 55-60$. Изнашивание опор можно уменьшить хромированием их несущих поверхностей и наплавкой твердым сплавом, а также шлифованием поверхностей до получения $Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм. Для ускорения ремонта приспособления установочные элементы выполняют легкосменными, что особенно важно при массовом производстве.

Погрешность установки ϵ , как одна из составляющих общей погрешности выполняемого размера, суммируется из погрешностей базирования ϵ_b , закрепления ϵ_z и погрешности положения заготовки, вызываемой неточностью приспособления $\epsilon_{пр}$. По своему физическому смыслу величина ϵ выражает погрешность положения заготовки.

Погрешностью базирования называют отклонение фактического положения заготовки от требуемого. Оно возникает при несовмещении измерительной и технологической баз заготовки: положение измерительных баз отдельных заготовок в партии будет различным относительно обрабатываемой поверхности. Погрешность базирования представляет собой расстояние между предельными положениями проекций измерительной базы на направление выполняемого размера. Величина ϵ не является абстрактной, она относится к выполняемому размеру при данной схеме установки и поэтому должна иметь индекс соответствующего размера.

На рис. 5, а показана схема установки, для которой погрешность базирования по отношению к размеру A равна нулю: $\epsilon_{bA} = 0$ (технологическая и измерительная базы совмещены в плоскости 1), а по отношению к размеру B равна допуску на размер C заготовки: $\epsilon_{bB} = \delta$ (технологическая база 1 не совмещена с измерительной базой 2).

При установке в охватывающую или на охватываемую поверхность к погрешности базирования, определяемой предыдущим способом, добавляется величина проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера; смещение обусловлено зазором между технологической базой и установочным элементом. На рис. 5, б показана установка заготовки 3 базовым отверстием на палец 4 приспособления. При посадке без зазора (разжимной палец) погрешность базирования для размера A равна половине допуска на диаметр D заготовки. При наличии зазора (жесткий палец) погрешность базирования для этого же размера возрастает на величину диаметрального зазора Δ :

$$\epsilon_{bA} = \frac{\delta}{2} + \Delta.$$

Погрешность базирования влияет на точность выполнения размеров (кроме диаметральных и размеров, связывающих поверхности, одновременно обрабатываемые одним инструментом или одной инструментальной наладкой), на точность взаимного положения поверхностей и не влияет на точность формы последних. Для уменьшения погрешности базирования следует совмещать технологические и измерительные базы, выбирать рациональные размеры и расположения установочных элементов,

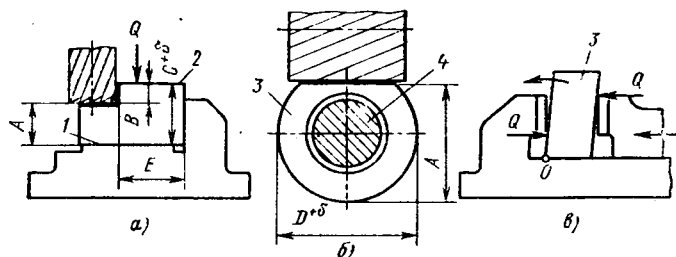


Рис. 5. Схемы для определения погрешностей базирования и закрепления заготовок

устранять или уменьшать зазоры при посадке заготовки на охватываемые или охватывающие установочные элементы.

Погрешность закрепления заготовки e_z представляет собой разность наибольшей и наименьшей проекций смещения измерительной базы на направление выполняемого размера при приложении к заготовке силы закрепления. Для партии заготовок погрешность закрепления равна нулю, если величина смещения постоянна; при этом поле допуска выполняемого размера не изменится, его положение корректируют настройкой станка. Согласно определению

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

где α — угол между направлением выполняемого размера и направлением смещения измерительной базы.

Выражение в скобках представляет собой расстояние между предельными положениями измерительной базы. Умножая его на $\cos \alpha$, получаем погрешность закрепления для выполняемого размера. Погрешность закрепления e_z для размеров A и B (см. рис. 5, а) не равна нулю ($\alpha = 0$), а для размера E $e_z = 0$, так как боковая (измерительная) база перемещается при зажиме заготовки в собственной плоскости ($\alpha = 90^\circ$).

Сила закрепления должна надежно прижимать заготовку к опорам приспособления. При неправильной схеме закрепления, когда это условие не обеспечивается, часто происходит поворот или смещение заготовки на значительную величину от исходного положения. Такое смещение вызывается неправильной схемой установки. Так, при закреплении в тисках (рис. 5, в) заготовка 3 может повернуться вокруг точки O с нарушением контакта ее нижней базы с опорой тисков.

Смещение измерительной базы заготовки происходит в результате деформации звеньев цепи, через которую передается сила закрепления (заготовка—установочные элементы—корпус приспособления). Из всего баланса перемещений в этой цепи наибольшую величину имеют перемещения в стыке заготовка—установочные элементы. Контактные деформации в постоянных сопряжениях

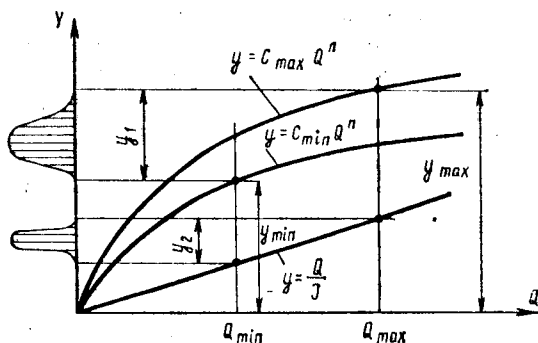


Рис. 6. График для определения погрешности закрепления

приспособления, деформации сжатия заготовки и деталей приспособления малы.

Зависимость контактных деформаций для стыков заготовка — опоры приспособления выражается нелинейным законом

$$y = CQ^n,$$

где Q — сила, приходящаяся на опору ($n < 1$); C — коэффициент, характеризующий вид контакта, материал, шероховатость поверхности и верхний слой заготовки.

Для типовых случаев C и n находят экспериментально. Аналитическое решение контактной задачи затруднительно, так как на поверхностях заготовки имеются микро- и макронеровности, при соприкосновении которых с установочными элементами возникают неправильные и случайно расположенные места контакта. Наличие на этих поверхностях литейной корки или обезуглероженного слоя (у поковок), механические свойства которых отличны от глубинных слоев металла, создает особые условия возникновения контактных деформаций. Величина их обычно меньше глубины поверхностного слоя.

При обработке партии заготовок сила Q колеблется от $Q_{\max}$ до $Q_{\min}$, а коэффициент C — от $C_{\max}$ до $C_{\min}$. На рис. 6 показан график с двумя предельными кривыми y . При $Q_{\max}$ и $Q_{\min}$.

$$y_1 = y_{\max} - y_{\min} = C_{\max} Q_{\max}^n - C_{\min} Q_{\min}^n,$$

что характеризует поле рассеяния перемещений заготовки в результате ее деформации при контакте с опорами приспособления. При распределении величин Q и C по нормальному закону (подтверждается экспериментально) распределение величины y_1 отклоняется от этого закона незначительно.

На рис. 6 показано также поле рассеяния положения заготовки y_2 в результате упругих деформаций элементов приспособления, через которые передается сила зажима:

$$y_2 = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{J},$$

где J — жесткость системы этих элементов.

Поскольку y_1 и y_2 представляют собой поля рассеяния случайных величин, то, принимая распределение в обоих случаях по нормальному закону, получим их сумму:

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(C_{\max}Q_{\max}^n - C_{\min}Q_{\min}^n)^2 + \frac{(Q_{\max} - Q_{\min})^2}{J^2}} \cos \alpha.$$

Обычно $y_1 > y_2$. В этом случае

$$\varepsilon_3 \approx \left[0,96 (C_{\max}Q_{\max}^n - C_{\min}Q_{\min}^n) + 0,4 \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{J} \right] \cos \alpha.$$

При $y_1 \geq 4y_2$ (наличие жесткого по конструкции приспособления)

$$\varepsilon_3 \approx (C_{\max}Q_{\max}^n - C_{\min}Q_{\min}^n) \cos \alpha.$$

Из приведенных зависимостей следует, что $\varepsilon_3 = 0$ при постоянной силе закрепления заготовок ($Q = \text{const}$) и одинаковом качестве их базовых поверхностей ($C = \text{const}$), а также при смещении заготовок перпендикулярно выдерживаемому размеру ($\alpha = 90^\circ$). Величину ε_3 уменьшают, стабилизируя силу закрепления (применение пневматических и гидравлических зажимов вместо ручных), повышая жесткость стыка опоры приспособления (базовая поверхность заготовки), улучшая качество базовых поверхностей, а также увеличивая жесткость приспособления в направлении передачи силы закрепления.

Погрешность закрепления, как и погрешность базирования, не влияет на точность диаметров и размеров, связывающих обрабатываемые при данном установе поверхности, а также на точность формы обрабатываемых поверхностей.

Погрешность положения заготовки $\varepsilon_{\text{пр}}$, вызываемая неточностью приспособления, определяется погрешностями при изготовлении и сборке его установочных элементов $\varepsilon_{\text{ус}}$, износом последних $\varepsilon_{\text{и}}$ и ошибками установки приспособления на станке $\varepsilon_{\text{с}}$.

Составляющая $\varepsilon_{\text{ус}}$ характеризует неточность положения установочных элементов приспособления. При использовании одного приспособления это — систематическая постоянная погрешность, которую частично или полностью устраняют настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (приспособлений-дублеров, приспособлений-спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью входит в состав $\varepsilon_{\text{пр}}$. Технологические возможности изготовления приспособлений обеспечивают $\varepsilon_{\text{ус}}$ в пределах 0—15 мкм, а для прецизионных приспособлений — 0—10 мкм.

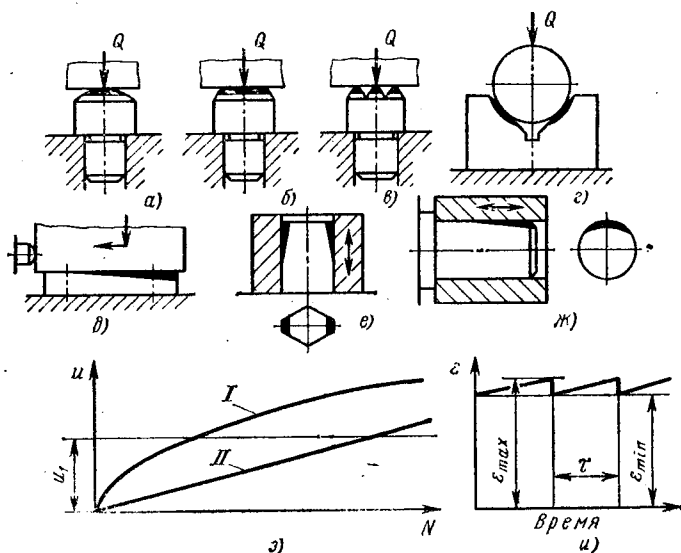


Рис. 7. Эпюры износа опор приспособлений равномерного (б, д, е, ж) и неравномерного (а, в, г) во времени; з — характер износа; и — влияние износа на погрешность установки

Составляющая ε_n характеризует износ установочных элементов приспособления. Величина износа зависит от программы выпуска изделий (времени работы приспособления), их конструкции и размеров, материала и массы заготовки, состояния ее базовой поверхности, а также условий установки заготовки в приспособление и снятия ее. Больше всего изнашиваются постоянные (ГОСТ 13440—68 и 13441—68) и регулируемые опоры, у которых контакт с заготовкой осуществляется по малым площадкам. Сильно изнашиваются боковые поверхности призм, контактирующие с заготовкой по узкой площадке. Менее интенсивно изнашиваются опорные пластины (ГОСТ 4743—68) и круглые пальцы. При контакте с необработанными поверхностями заготовок со следами окалины и формовочного песка опоры приспособлений изнашиваются сильнее, чем при контакте с обработанными поверхностями. Скорость изнашивания возрастает с увеличением массы заготовки и сдвига по опорам при ее установке в приспособлении. Изнашивание неравномерно во времени и носит местный характер. Опорные пластины больше изнашиваются в середине и с одного края, а пальцы — со стороны установки заготовки. Эпюры износа различных опор приведены на рис. 7, а—ж (стрелками показано движение заготовки при ее установке в приспособлении). Изнашивание опор с малой площадью контакта с заготовкой протекает сначала быстро, а затем замедляется (кривая I на рис. 7, з). Изнашивание опор с развитой

1. Значения коэффициентов β_1 и β_2

Вид опор	Рис. 7	β_1	Вид опор	Рис. 7	β_2
Со сферической головкой	<i>a</i>	0,5—2,0	С плоской головкой	<i>б</i>	0,4—0,8
С рифленой головкой	<i>в</i>	0,6—2,5	Пластины опорные	<i>д</i>	0,002—0,004
Призмы	<i>г</i>	0,3—0,8	Пальцы цилиндрические	<i>ж</i>	0,001—0,002
Пальцы ромбические	<i>e</i>	0,2—0,6			

несущей поверхностью протекает более равномерно (кривая II на рис. 7, з). Величина износа, мкм,

для кривой I $u = \beta_1 N^n$;

для кривой II $u = \beta_2 N$,

где N — число контактов заготовки с опорой; β_1, β_2 — постоянные (см. табл. 1); $n = 0,4 \div 0,6$, приближенно $n = 0,5$. Большие значения β_1 и β_2 выбирают для тяжелых условий работы опор по нагрузке, пути сдвига, времени неподвижного контакта и абразивному воздействию заготовки.

Приведенные данные относятся к опорам из стали 20, 20X, 45. Износ опор из стали У8А уменьшается на 10—15 %, хромированных — в 2—3 раза и наплавленных твердым сплавом — в 7—10 раз.

Износ опор ограничивают расчетной величиной u_1 (рис. 7, з) и контролируют при плановой периодической проверке приспособлений. Если износ достигает предельно допустимой величины, производят смену опор.

Составляющая ϵ_c выражает погрешность установки приспособления на станке, обусловленную смещением корпуса приспособления на столе станка. В массовом производстве при неизменяемом закреплении приспособления на станке ϵ_c доводится выверкой до определенного минимума и постоянна во времени. Она может быть компенсирована настройкой станка. В серийном производстве периодически сменяют приспособления на станках, величина ϵ_c становится при этом некомпенсируемой случайной. То же происходит на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников. На величину ϵ_c дополнительно влияет износ поверхностей сопряжения при регулярной смене приспособлений. Смещения приспособлений на станке уменьшают применением направляющих элементов (шпонка для пазов стола, центрирующие пояски, фиксаторы), правильным выбором зазоров в сопряжениях, а также равномерной затяжкой крепежных деталей. Величина ϵ_c составляет 10—20 мкм.

Величины ϵ_{yc} , ϵ_n и ϵ_c это расстояния между предельными проекциями измерительной базы обрабатываемых заготовок на направление выполняемого размера. Они представляют собой поля рассеяния случайных величин. При использовании приспособлений в серийном производстве

$$\epsilon_{np} = t \sqrt{\lambda_1 \epsilon_n^2 + \lambda_2 \epsilon_c^2} + \epsilon_{yc},$$

где t — коэффициент, определяющий долю возможного брака, %; рекомендуется принимать $t = 3$; λ_1 и λ_2 — коэффициенты, зависящие от кривой распределения; для кривой равной вероятности $\lambda_1 = 1/3$, для кривой Гаусса $\lambda_2 = 1/9$.

Величина ϵ_{yc} рассматривается как постоянная, учитываемая и компенсируемая настройкой станка. Для указанных значений величин

$$\epsilon_{np} = \sqrt{3\epsilon_n^2 + \epsilon_c^2} + \epsilon_{yc}.$$

При использовании приспособления в массовом производстве (операции закреплены за каждым рабочим местом и ϵ_{yc} , ϵ_c компенсируются настройкой станка)

$$\epsilon_{np} = \epsilon_n.$$

Если используется многоместное приспособление, то

$$\epsilon_{np} = \sqrt{\epsilon_{yc}^2 + 3\epsilon_n^2}.$$

При использовании приспособлений-спутников на автоматической линии

$$\epsilon_{np} = \sqrt{\epsilon_{yc}^2 + 3\epsilon_n^2 + \epsilon_c^2}.$$

Погрешность установки как суммарное поле случайных величин ($t = 3$, $\lambda = 1/9$)

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{np}^2}.$$

Величина ϵ является временной функцией, отражающей износ установочных элементов приспособления (рис. 7, и). Регламентируя износ и межремонтный период τ , можно сократить отношение $\epsilon_{max}/\epsilon_{min}$ до 1,03—1,05. При этом условие ϵ можно считать величиной постоянной. Величины ϵ_6 , ϵ_3 и ϵ_{np} сопоставимы по своим значениям. Их анализ позволяет обосновать схему приспособления и технические условия на его изготовление, что важно для точной обработки.

Выбор схем установки производят, сопоставляя полученную погрешность установки ϵ' с допустимой ϵ . Последнюю находят

из выражения для технологического допуска на выполняемый размер

$$\delta = \sqrt{(\Delta y)^2 + (\Delta n)^2 + \varepsilon^2 + 3(\Delta u)^2 + 3(\Delta t)^2} + \sum \Delta \phi,$$

где Δy — погрешность, вызываемая упругими отжатыми технологической системы под влиянием сил резания; Δn — погрешность настройки станка; Δu — погрешность от размерного износа инструмента; Δt — погрешность обработки, вызываемая тепловыми деформациями технологической системы; $\sum \Delta \phi$ — суммарная погрешность формы обрабатываемой поверхности в результате геометрических погрешностей станка и деформаций заготовки при ее закреплении. Эта величина входит в выражение δ , так как погрешность формы поверхности является частью поля допуска на ее размер.

Отсюда

$$\varepsilon = \sqrt{(\delta - \sum \Delta \phi)^2 - (\Delta y)^2 - (\Delta n)^2 - 3(\Delta u)^2 - 3(\Delta t)^2}.$$

Для принятой схемы установки должно выполняться условие $\varepsilon' \leq \varepsilon$. В противном случае следует изменить построение операции обработки или схему установки заготовки.

§ 3. ТИПОВЫЕ СХЕМЫ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Установка на плоскости. При установке заготовок на необработанные базовые поверхности используют постоянные опоры с рифленой и сферической головками (рис. 8, а, в)

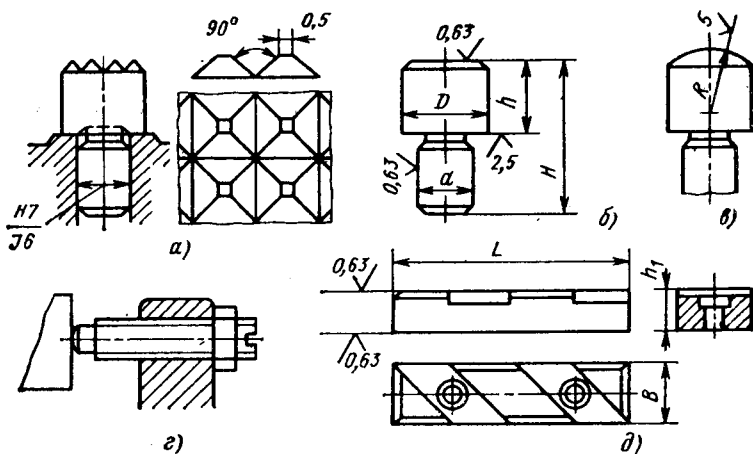


Рис. 8. Опоры для установки на плоские поверхности (размеры, мм):
 $D = 6 \pm 40$, $d = 4 \pm 25$, $H = 10 \pm 76$, $h = 6 \pm 40$, $R = 4 \pm 40$, $L = 60 \pm 220$, $B = 16 \pm 35$, $h_1 = 10 \pm 25$

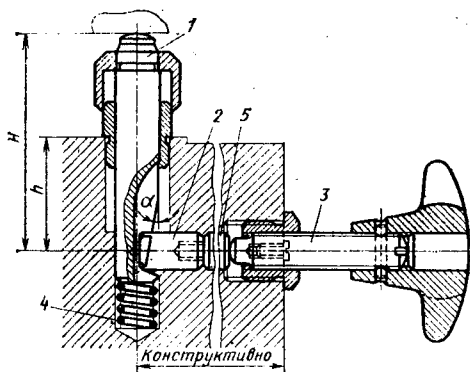


Рис. 9. Схема самоустанавливающейся опоры ($h = 12 \div 45$ мм, $H = 40 \div 100$ мм)

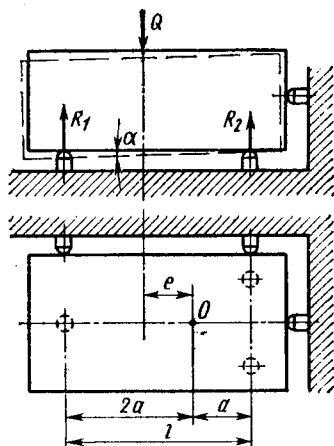


Рис. 10. Схема определения перегиба заготовки при внецентренном приложении силы закрепления

(ГОСТ 13442—68); а также регулируемые опоры (ГОСТ 4084—68—ГОСТ 4086—68). Первые запрессовывают в корпусе приспособления и при износе меняют. Вторые ввертывают в корпус на резьбе и стопорят в нужном положении контргайкой (рис. 8, з). Их регулируют для компенсации износа и при переналадке приспособления. Установку заготовок обработанными базами осуществляют на опоры с плоской головкой (рис. 8, б) и опорные пластины (рис. 8, д) по ГОСТ 4743—68.

При конструировании приспособлений рекомендуются следующие предельные нагрузки P на опоры со сферической головкой диаметром D :

D , мм	10	16	25	40
P , кН	2	5	12	30

Данные относятся к заготовкам из стали и чугуна. Для заготовок из цветных сплавов нагрузки на опоры следует уменьшать на 30—40 %. Опоры с рифленой головкой имеют нагрузку:

D , мм	10	16	25	40
P , кН	4	10	25	60

Для опор с гладкой поверхностью и опорных пластин допустимая нагрузка 5 МПа.

Пример конструкции самоустанавливающейся опоры показан на рис. 9. Вертикальный штырь 1 под действием слабой пружины 4 выдвигается вверх до соприкосновения с заготовкой, не вызывая ее смещения. Затягивая винт 3, опору стопорят. Сухарь 2 ограничивает выдвижение штыря при отвертывании винта. При угле скоса $\alpha \leq 10^\circ$ система обладает свойством самоторможения. Промежу-

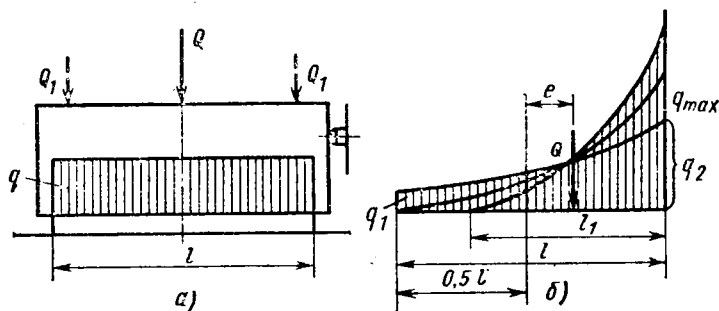


Рис. 11. Эпюры давлений при различных смещениях точки приложения силы закрепления

точным стержнем 5 изменяют расстояние от маховичка до оси штыря. Для тяжелых заготовок применяют также подводимые вручную клиновые опоры.

Примеры расположения жестких опор при установке заготовок показаны на рис. 2—4.

Погрешности базирования для типичных схем установки на базовые плоскости приведены в табл. 2. В табл. 3 даны зависимости между нормальной силой и осадкой заготовки на различных опорах; они могут быть использованы для расчета погрешностей закрепления. При внецентренном приложении силы закрепления происходит неравномерная осадка заготовки и базовая плоскость располагается под некоторым углом α к ее исходному положению. Этот угол легко определить при установке заготовки на точечные опоры. Зная смещение e точки приложения силы Q от центра тяжести O опорного треугольника (рис. 10), можно вычислить опорные реакции R_1 и R_2 и соответствующие им величины осадки заготовки, используя зависимости, приведенные в табл. 3. Угол α найдем из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C (R_1^n - R_2^n)}{l}.$$

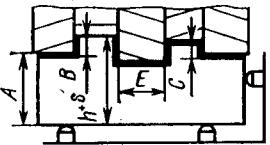
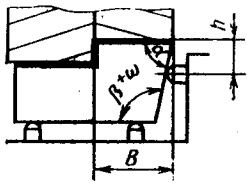
При установке жесткой заготовки на опорные пластины внецентровое приложение силы вызывает неравномерную осадку заготовки по длине пластин. Осадку найдем, рассматривая заготовку как твердое тело на упругом основании:

$$y = Cq^n,$$

где q — давление.

Смещение e точки приложения силы от середины пластины видоизменяет эпюру давлений: центральному приложению силы ($e = 0$) соответствует прямоугольная эпюра (рис. 11, а), при смещении точки приложения силы давление распределяется по закону параболы. С увеличением e возрастает разность значений q

2. Погрешности базирования при установке на плоскости

Схема установки	Выдерживаемый размер	Погрешность базирования
	A B C E	$e_{\delta A} = 0$ $e_{\delta B} = \delta$ $e_{\delta C} = 0$ $e_{\delta E} = 0$
	B Угол α	$e_{\delta B} = h \operatorname{tg} \omega$ $e_{\delta \alpha} = \omega$

3. Эмпирические зависимости перемещения y (мкм) от силы Q (Н)

Установка	Зависимость ¹
На опоры со сферической поверхностью (рис. 7, а)	$y = \left(0,67 + 0,003 HB + \frac{6,23}{R} \right) \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,8}$ $y = \left(2,7 - 0,008 HB + \frac{9,23}{R} \right) \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,8}$
На опоры с рифленой поверхностью (рис. 7, в)	$y = (0,38 - 0,004 HB + 0,0034 D) \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,6}$ $y = (1,76 - 0,0008 HB - 0,03 D) \left(\frac{Q}{10} \right)^{0,6}$
На гладкие опоры и на опорные пластины (рис. 7, б и д)	$y = (0,4 + 0,012 F + 0,004 R_z - 0,0016 HB) \left(\frac{q}{10} \right)^{0,7}$ $y = (0,776 + 0,53 F + 0,016 R_z - 0,0045 HB) \left(\frac{q}{10} \right)^{0,6}$

¹ Верхние строки — для стальных заготовок, нижние — для чугуновых.

Примечание. R — радиус сферической поверхности опоры, мм; D — диаметр рифленой опоры, мм; F — площадь опоры, см²; R_z — параметр шероховатости поверхности заготовки, мкм; q — давление на поверхность опоры.

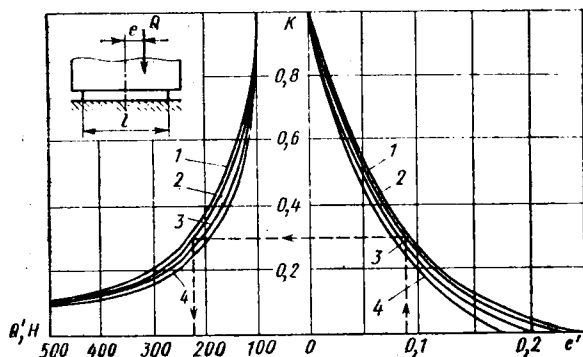


Рис. 12. График для определения давления при эксцентричном приложении силы закрепления:

1 — $n = 0,5$; 2 — $n = 0,6$; 3 — $n = 0,7$; 4 — $n = 1$

на концах пластины. На рис. 11, б показаны эпюры распределения q при различных e . Расстояние e от центра тяжести эпюры (т. е. точки приложения силы Q) до середины пластины зависит от показателя n . С увеличением e точка, где $q_1 = 0$, смещается вправо (размер l_1):

n	0,5	0,6	0,7	1
e	0,25 l	0,23 l	0,2 l	0,17 l

здесь l — длина пластины.

Угол наклона базовой плоскости заготовки к ее первоначальному положению до приложения силы

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{C(q_2^n - q_1^n)}{1000l},$$

где q_2, q_1 — наибольшее и наименьшее значения давления по длине пластины l , выраженной в мм (см. рис. 11, б).

Расчет q_2 и q_1 по заданным значениям Q, e и l сложен. На рис. 12 показаны зависимости для приближенного решения. По оси абсцисс вправо от начала координат отложены значения e' смещения точки приложения силы в долях длины пластины ($e' = e/l$), по оси ординат — величины $K = q_1/q_2$, а по оси абсцисс влево от начала координат — значения силы Q' , вычисленные при длине пластины 100 мм и силе давлений на 1 см ее длины $q'_1 = 10$ Н/см. От заданного значения e' проводят вертикальную линию до пересечения с кривой, соответствующей данному показателю n . На вертикальной оси находим значение K . Продолжаем горизонтальную линию до пересечения с кривой, имеющей тот же индекс на левых ветвях, и на оси абсцисс находим величину Q' .

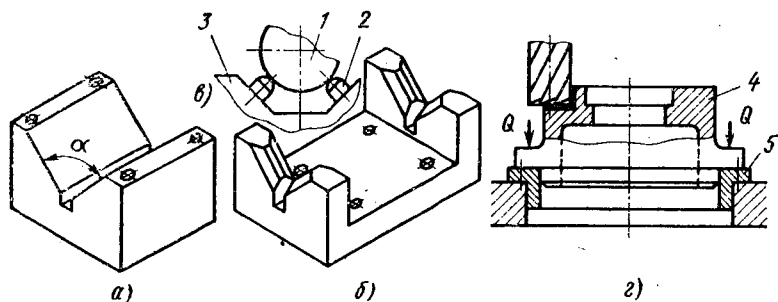


Рис. 13. Типы призм и схема установки заготовки во втулку

Для пластины шириной b

$$q_1 = \frac{Q}{Q'} \frac{100}{lb}.$$

Вертикальное перемещение точки приложения силы

$$\dot{y} = C [q_2^n (0,5 + e') + q_1^n (0,5 - e')].$$

С увеличением e' растут значения α и y . При больших значениях e' противоположный конец заготовки может подняться, образуя зазор в виде клиновой щели между базовой плоскостью заготовки и установочной поверхностью пластины. В частности, при $e' = 3/8$ и $n = 0,5$ зазор и величина стыковой деформации равны и симметричны относительно средней плоскости заготовки. Для устранения зазора величина e' не должна превышать $1/4$. Возникновение зазора снижает жесткость установки и ухудшает условия закрепления заготовки, если сила закрепления поворачивает ее на базовой плоскости.

Если по условиям обработки для закрепления заготовки недостаточно силы Q , приложенной по центру, то закрепление производят с одновременным приложением двух сил Q_1 (см. рис. 11, а), равнодействующая которых должна совпадать с силой Q .

Установка заготовок на внешнюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную к ее оси плоскость производится в опорные призмы и самоцентрирующие патроны с упором в торец или уступ ступени. Для заготовок диаметром 5—150 мм с обработанной поверхностью применяют широкие опорные призмы (ГОСТ 12195—66—ГОСТ 12197—66) (рис. 13, а), для заготовок с необработанной поверхностью узкие призмы (рис. 13, б); при этом в результате локализации контакта уменьшается влияние макрогеометрических погрешностей баз заготовок на их устойчивость в призме. Другой способ локализации контакта показан на рис. 13, в. Заготовку 1 устанавливают на четыре опоры 2, запрессованные в боковые поверхности призмы 3. В таких призмах заготовки занимают вполне устойчивое положение даже при на-

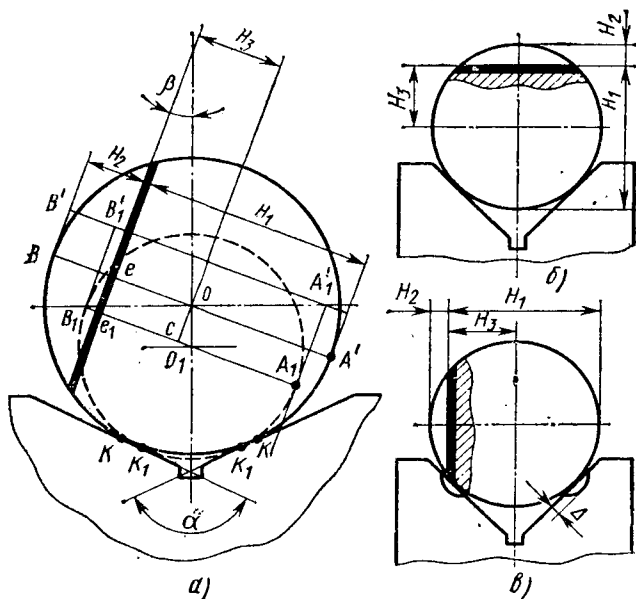


Рис. 14. Схемы определения погрешности базирования

личии искривленности, бочкообразности и других погрешностей формы. Если базовые шейки заготовки выполнены по 7—9-му качеству точности, применяют установку во втулку. Пример установки корпусной детали 4 во втулку 5 с базированием по цилиндрическому пояску и торцу фланца показан на рис. 13, г.

В приспособлениях находят применение, главным образом, призмы с углом $\alpha = 90^\circ$. При обработке консольных частей заготовки используют подводимые и самоустанавливающиеся опоры в виде плоских или призматических элементов. Призмы и втулки изготавливают из стали 20Х, применяя цементацию на глубину 0,8—1,2 мм и закалку рабочих поверхностей (HRC 55—60). Призмы больших размеров выполняют из серого чугуна с привернутыми стальными калеными щеками. Недостаток такой конструкции — пониженная жесткость из-за наличия дополнительных стыков. Призмы крепят к корпусу приспособления винтами и фиксируют контрольными штифтами. Нижнюю и боковые (рабочие) поверхности призм шлифуют до $Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм.

Предельно допустимую нагрузку (Н) на призму из условий контактной прочности можно определить по формуле (заготовки из стали или чугуна, $\alpha = 90^\circ$)

$$Q = 7bD,$$

где b — длина линии контакта заготовки с призмой, мм; D — диаметр заготовки, мм.

Погрешности базирования при установке в призму являются функцией допуска на диаметр цилиндрической поверхности заготовки и зависят от погрешностей ее формы. Общий случай погрешности базирования можно представить из схемы установки, приведенной на рис. 14, а. Сплошной окружностью показана заготовка, выполненная по наибольшему предельному размеру, штриховой — по наименьшему размеру. При выдерживании размера H_1 установочными базами служат образующие K (K_1), а измерительной базой — образующая A (A_1). Проектируя предельные положения этой базы на направление выполняемого размера, получим точки A' и A_1' . Расстояние между ними есть погрешность базирования, отнесенная к размеру H_1 :

$$A'A_1' = \frac{\delta}{2} - CO_1,$$

где δ — допуск на диаметр заготовки;

$$CO_1 = OB_1 \sin \beta = \frac{\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \sin \beta.$$

Для диапазонов изменения β от 0 до $\alpha/2$ и от $\alpha/2$ до 90° соответственно

$$e_{\delta H_1} = \frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right);$$

$$e_{\delta H_1} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right).$$

При $\beta = 90^\circ$ (рис. 14, б)

$$e_{\delta H_1} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right).$$

При $\beta = \alpha/2$ погрешность базирования $e_{\delta H_1} = 0$, а при $\beta = 0$ (рис. 14, в) $e_{\delta H_1} = \delta/2$.

Аналогично получим погрешность базирования для размеров H_2 и H_3 (см. рис. 14, а):

$$e_{\delta H_2} = Be - B_1 e_1 = CO_1 + \frac{\delta}{2}.$$

Заменив CO_1 выведенным ранее выражением, получим

$$e_{\delta H_2} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right).$$

Для размера H_3 погрешность базирования

$$e_{\delta H_3} = \frac{\delta}{2} \frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}}.$$

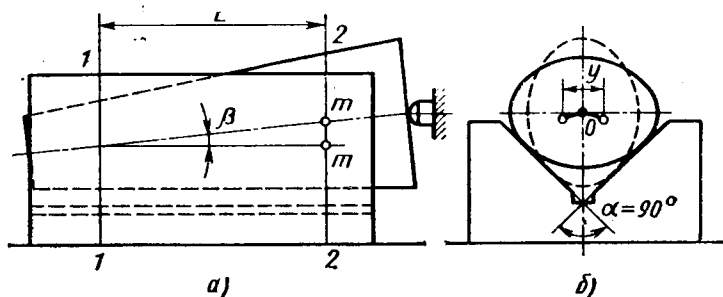


Рис. 15. Схемы для расчета погрешности базирования при погрешностях формы базовой поверхности заготовки (конусность и эллиптичность)

При $\beta = 90^\circ$ (см. рис. 14, б)

$$\epsilon_{\delta H_2} = \frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right).$$

При $\beta = \alpha/2$ $\epsilon_{\delta H_2} = \delta$ и при $\beta = 0$ (см. рис. 14, в) $\epsilon_{\delta H_2} = \delta/2$.

При $\beta = 90^\circ$ (см. рис. 14, б) $\epsilon_{\delta H_2} = \frac{\delta}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}$. При $\beta = \alpha/2$ $\epsilon_{\delta H_2} = \delta/2$, а при $\beta = 0$ (см. рис. 14, в) $\epsilon_{\delta H_2} = 0$.

В табл. 4 приведены типовые схемы установки цилиндрических заготовок в призму и соответствующие погрешности выполняемых размеров в функции допуска на диаметр базовой поверхности.

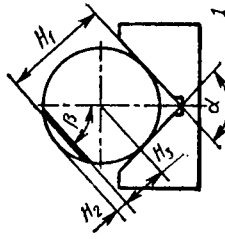
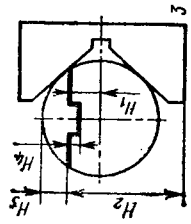
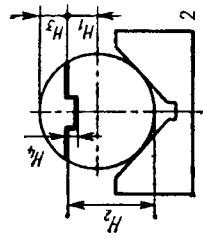
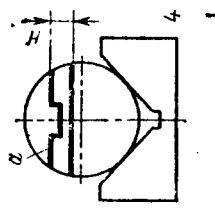
При износе призм на их боковых поверхностях образуются лунки (см. рис. 14, в), которые вызывают смещение оси заготовок вниз на величину $\Delta / \left(\sin \frac{\alpha}{2} \right)$, где Δ — глубина лунок.

Рассмотрим влияние погрешностей формы базовой поверхности заготовки на погрешность ее положения в призме. При погрешности формы в виде конусности ось заготовки располагается наклонно (рис. 15, а). Обозначим угол призмы α и конусность заготовки i . Искомый угол наклона ее оси β найдем приближенно (при $i < 0,01$ погрешность менее $1'$), для чего выделим два поперечных сечения призмы 1—1 и 2—2 на расстоянии L друг от друга. В сечении 1—1 диаметр заготовки D_1 (эллиптичностью ее сечения пренебрегаем); в сечении 2—2 диаметр заготовки $D_2 = D_1 + iL$. Следовательно, $D_2 - D_1 = iL$.

Расстояние между положениями оси заготовки в сечениях 2—2 и 1—1 (отрезок mm) найдем по формуле

$$mm = \frac{D_2 - D_1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{iL}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (1)$$

§ 4. Погрешности базирования при установке в призму

Схема	Заданный размер	Погрешность базирования	Схема	Заданный размер	Погрешность базирования
	H_1	$\frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\cos \alpha/2} - 1 \right) \text{ при } \beta = \frac{\alpha}{2} \div 90^\circ$		H_1	0
	H_2	$\frac{\delta}{2} \left(1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha/2} \right) \text{ при } \beta = 0 \div \frac{\alpha}{2}$		H_2	$\frac{\delta}{2}$
	H_3	$\frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \alpha/2} + 1 \right)$		H_3	$\frac{\delta}{2}$
	H_4	$\frac{\delta \sin \beta}{2 \sin \alpha/2}$		H_4	0
	H_1	$\frac{\delta}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2}$		H	Плоскость a обработана по схеме 2 $\frac{\delta}{2} \frac{1}{\sin \alpha/2}$ То же, по схеме 3 $\frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right)$ То же, по схеме 4
	H_2	$\frac{\delta}{2} \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right)$			
	H_3	$\frac{\delta}{2} \left(1 + \frac{1}{\sin \alpha/2} \right)$			
	H_4	0			

Примечание. δ — допуск на диаметр цилиндрической поверхности. Ступенчатую поверхность по схемам 2 и 3 обрабатывают набором фрез.

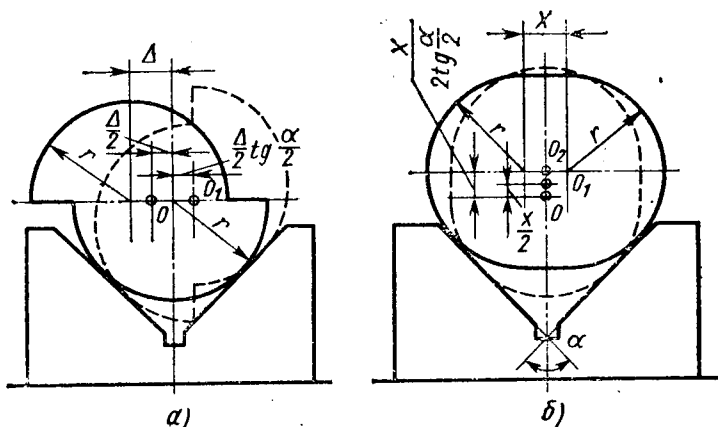


Рис. 16. Влияние погрешности формы штампованных заготовок на их положение в призме

Угол β найдем из равенства $\operatorname{tg} \beta = mm/L$. Подставляя значение mm из формулы (1), получим

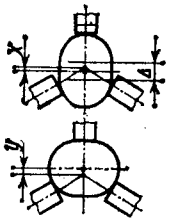
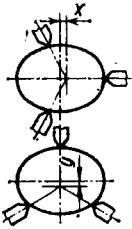
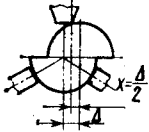
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{i}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

При $\alpha = 90^\circ \operatorname{tg} \beta = 0,7i$.

Если поперечное сечение заготовки имеет погрешность формы в виде эллиптичности, то ее ось занимает разное положение по высоте и в горизонтальном направлении для различных угловых положений заготовки. На рис. 15, б жирной линией показана траектория движения оси заготовки, если последнюю вращать в призме с углом $\alpha = 90^\circ$. Для двух показанных положений ось заготовки лежит в точке O . Премещение оси в горизонтальном направлении $y = \sqrt{2}(a - b)$, где a и b — большая и малая полуоси эллипса. Смещение по вертикали в несколько раз меньше величины y .

У заготовок, полученных штамповкой на молотах, могут быть погрешности формы, вызванные сдвигом штампов на величину Δ (рис. 16, а). Если плоскость разреза штампов у заготовки в призме расположена горизонтально, то ее ось O имеет боковое смещение на величину $\Delta/2$ (заготовка показана сплошной линией). При вертикальном положении этой плоскости ось заготовки O_1 , сохраняя прежнее положение по высоте, смещается в сторону от плоскости симметрии призмы (заготовка показана штриховой линией) на величину $\frac{\Delta}{2} \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$. Приняв допустимую величину смещения штампов $0,4\delta$, где δ — допуск на диаметр заготовки, получим при $\alpha = 90^\circ$ вертикальное и боковое смещение оси заготовки $0,2\delta$.

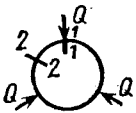
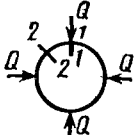
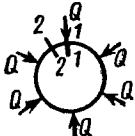
5. Смещение оси заготовки в самоцентрирующих патронах в зависимости от погрешности формы базовой поверхности

Патрон	Погрешность формы	Схема установки	Смещение оси
Трехкулачковый с широкими кулачками	Отклонение от круглости из-за недоштамповки		$x = 0,17\Delta; y = 0,29\Delta$, где Δ — недоштамповка
Трехкулачковый с узкими кулачками	Эллиптичность		$x = \frac{a(a^2 - b^2)}{3b^2 + a^2};$ $y = \frac{b(a^2 - b^2)}{3a^2 + b^2};$ где a, b — большая и малая полуоси эллипса
Трехкулачковый с широкими кулачками	Отклонение от круглости из-за сдвига штампов		Наибольшее смещение для различных углов поворота заготовки $x = \Delta_1/2$, где Δ_1 — сдвиг штампов
С двумя самоцентрирующими призмами	Отклонение от круглости из-за недоштамповки		Наибольшее смещение $OO_1 = 0,7\Delta$, где Δ — недоштамповка

Недоштамповка заготовки, вызывающая увеличение ее размера, перпендикулярного к плоскости разреза штампов, смещает заготовку по оси симметрии призмы (рис. 16, б). Для положения заготовки, показанного штриховой линией, смещение ее оси O_1 равно половине величины недоштамповки x , а для положения, показанного сплошной линией $x / \left(2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right)$ (ось O относится к круглой заготовке с $x = 0$). При $\alpha = 90^\circ$ точки O_1 и O_2 совпадают.

При закреплении цилиндрической заготовки в самоцентрирующих патронах возможно смещение ее оси из-за наличия погрешностей формы базовой поверхности. В табл. 5 приведены значения

6. Коэффициенты прогиба, выпучивания и соответствующих им погрешностей формы колец (в долях c) *

Схема закрепления заготовки	Наибольший прогиб δ_{1-1}	Наибольшее выпучивание δ_{2-2}	Погрешность формы Δ_Φ
	$\frac{0,016}{0,011}$	$\frac{-0,014}{-0,009}$	$\frac{0,06}{0,04}$
	$\frac{0,006}{0,003}$	$\frac{-0,005}{-0,003}$	$\frac{0,023}{0,011}$
	$\frac{0,0017}{0,0006}$	$\frac{-0,0016}{-0,0005}$	$\frac{0,006}{0,0022}$

* В числителе — значение при $Q = \text{const}$, в знаменателе — при $M_{кр} = \text{const}$ ($M_{кр}$ — крутящий момент, передаваемый патроном на заготовку).

Примечание. $C = QR^3/EJ$; $\Delta_\Phi = 2(|\delta_1| + |\delta_2|)$, где R — радиус нейтральной окружности кольца; E — модуль упругости материала кольца; J — момент инерции поперечного сечения кольца относительно нейтральной оси.

этих смещений для заготовок, закрепляемых в трехлачковом самоцентрирующем патроне и патроне с двумя самоцентрирующими призмами с углом $\alpha = 90^\circ$.

При установке заготовки во втулку (см. рис. 13, *г*) она закрепляется приложением осевой или поперечной силы. Радиальный зазор определяет возможность смещения заготовки от ее среднего положения. Наибольшее радиальное смещение

$$y_{\max} = \frac{\delta}{2} + \frac{\delta_1}{2} + \Delta + \frac{\delta_n}{2}, \quad (2)$$

где δ , δ_1 , δ_n — допуски соответственно на диаметр заготовки, на диаметр отверстия установочной втулки и на износ втулки по диаметру; Δ — минимальный радиальный зазор.

Наименьшее радиальное смещение

$$y_{\min} = \Delta. \quad (3)$$

Выполнение многих операций обработки связано с односторонним отжимом заготовки. Погрешности базирования в этом

7. Значения перемещений и погрешностей формы концевых заготовок, закрепленных в самоцентрирующих патронах

Угол призмы $\alpha,^\circ$	Перемещения, см, при $C = 1$ см			Погрешность формы $\Delta\phi$, см
	δ_{2-1}	δ_{3-1}	δ_{4-1}	
Двухкулачковый патрон				
0	0,149	0,149	—0,137	0,285
10	0,143	0,141	—0,132	0,277
20	0,133	0,123	—0,124	0,262
30	0,118	0,102	—0,112	0,238
40	0,099	0,077	—0,101	0,213
50	0,078	0,053	—0,081	0,175
60	0,054	0,032	—0,061	0,133
70	0,030	0,015	—0,039	0,084
80	0,005	0,001	—0,015	0,027
Трехкулачковый патрон				
0	0,032	0,032	—0,028	0,060
10	0,030	0,029	—0,027	0,057
20	0,026	0,022	—0,024	0,050
30	0,019	0,014	—0,019	0,010
40	0,012	0,007	—0,014	0,028
50	0,004	0,003	—0,007	0,012

случае определяются условиями (2) и (3). Для размера A (см. рис. 13, *г*) погрешность базирования $\epsilon_{6A} = \delta_1/2$. При отжиме заготовки в стороны погрешность базирования для той же схемы $\epsilon_{6A} = \delta + \delta_1 + 2\Delta$.

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

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

где D — диаметр заготовки, мм; P — сила закрепления на 1 см длины образующей, по которой осуществляется контакт заготовки с призмой, Н; Rz — параметр шероховатости поверхности заготовки, мкм; HB — твердость по Бринеллю материала заготовки.

Условия применения формулы: $D = 15 \div 100$ мм, $Rz = 5 \div 0,32$ мкм, HB 120—250, величина P не должна превышать ранее указанные предельные значения.

При закреплении кольцевых заготовок в самоцентрирующих патронах возникают погрешности формы цилиндрической поверхности заготовки. В табл. 6 приведены значения наибольших прогибов, выпучиваний и рассчитанных на их основе погрешностей формы при закреплении тонкостенных колец в трех-, четырех-

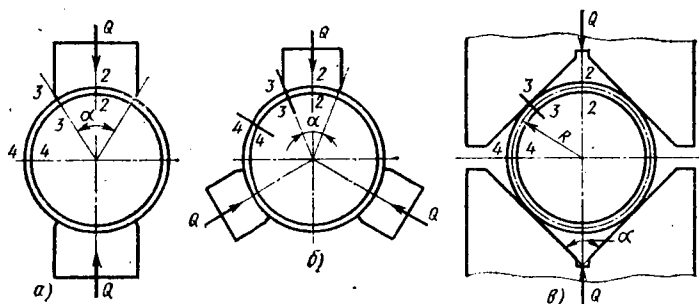


Рис. 17. Закрепление кольцевых заготовок в патронах с широкими кулачками и призмами

и шестикулачковых самоцентрирующих патронов. При обычных (узких) кулачках наибольшие прогибы кольца возникают в местах приложения сил закрепления, а наибольшие выпучивания — в сечениях симметрии между кулачками. При широких кулачках деформация колец снижается. Для ее уменьшения радиус растачивания кулачков R_1 должен быть равен радиусу наружной поверхности кольца R_2 . Допустимо условие $R_2 \geq R_1$; условие $R_2 < R_1$ приводит к увеличению деформации, так как в первоначальный момент силы закрепления прилагаются в точках. Трение между кулачками и кольцом уменьшает деформацию последнего, при узких кулачках роль трения снижается.

В табл. 7 приведены значения перемещений в характерных сечениях и погрешностей формы кольцевых заготовок, закрепленных в двух- и трехкулачковых самоцентрирующих патронах (рис. 17, а и б), в зависимости от ширины кулачков при коэффициенте трения между кулачками и кольцом $f = 0,2$. При закреплении тонкостенных колец двумя самоцентрирующими призмами (рис. 17, в) с углом $\alpha = 90^\circ$ и при коэффициенте трения $f = 0,17$ перемещения в сечениях 2—2, 3—3 и 4—4

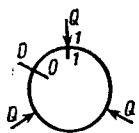
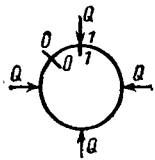
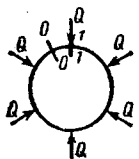
$$\delta_2 = 0,005 \frac{QR^3}{EJ}; \quad \delta_3 = 0,004 \frac{QR^3}{EJ}; \quad \delta_4 = -0,012 \frac{QR^3}{EJ}$$

Погрешность формы заготовки

$$\Delta_\phi = 2 \left[0,005 \frac{QR^3}{EJ} + 0,012 \frac{QR^3}{EJ} \right] = 0,034 \frac{QR^3}{EJ}.$$

В табл. 8 приведены значения наибольших прогибов и выпучиваний толстостенных заготовок колец, закрепляемых в трех-, четырех- и шестикулачковых патронах. Перемещения вычислены с учетом изгибающих моментов, поперечных и нормальных сил закрепления для заготовок колец с прямоугольной формой поперечного сечения. Деформации тонкостенных гильз, закрепляемых

8. Деформация толстостенных кольцевых заготовок при закреплении в трех-, четырех- и шестиклачковых патронах

Схема закрепления кольца	Наибольший прогиб кольца (перемещение в сечении 1-1), см	Наибольшее выпучивание (перемещение в сечении 0-0), см
	$\delta_{1-1} = \frac{QR}{EF} \times \left(0,192 \frac{R^2}{h^2} + 1,324 \right)$	$\delta_{0-0} = -\frac{QR}{EF} \times \left(0,1716 \frac{R^2}{h^2} + 0,011 \right)$
	$\delta_{1-1} = \frac{QR}{EF} \times \left(0,072 \frac{R^2}{h^2} + 1,212 \right)$	$\delta_{0-0} = -\frac{QR}{EF} \times \left(0,06 \frac{R^2}{h^2} - 0,321 \right)$
	$\delta_{1-1} = \frac{QR}{EF} \times \left(0,0204 \frac{R^2}{h^2} + 1,313 \right)$	$\delta_{0-0} = -\frac{QR}{EF} \times \left(0,0108 \frac{R^2}{h^2} - 0,551 \right)$

Примечание. F — площадь поперечного сечения кольца, см²; h — высота поперечного сечения кольца, см; R — радиус нейтральной оси поперечного сечения кольца, см.

в трехклачковом патроне (рис. 18), вычисляют по формулам

$$\delta = A \frac{QR^2}{EJ}; \quad \delta' = -0,89\delta; \quad \delta_1 = K\delta; \quad \delta'_1 = 0,89\delta_1.$$

l/R	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
A	—	0,963	0,556	0,445	0,397	0,368	0,346	0,326
K	1,0	0,876	0,618	0,348	0,134	-0,021	-0,132	-0,211
l/R	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
A	0,307	0,290	0,274	0,258	0,244	0,231	0,217	0,209
K	-0,268	-0,311	-0,343	-0,367	-0,387	-0,402	-0,415	-0,426

В рассмотренных схемах установки заготовка не лишается одной степени свободы — поворота вокруг ее оси. Если при установке необходимо лишить заготовку всех степеней свободы, предусматривают дополнительную

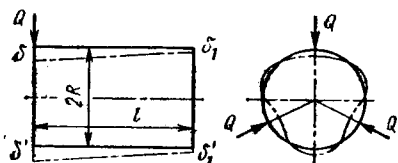


Рис. 18. Схема для расчета деформации тонкостенных гильз

точку (опору). Ее роль могут выполнять различные элементы. Для фрезерования базовой площадки на щеке кривошипа (рис. 19, а) используют призму 1, в которую устанавливают корен-

ную шейку заготовки. Призма 2 определяет угловое положение шатунной шейки. При обтачивании последней (рис. 19, б) заготовку устанавливают коренной шейкой в цангу 3 и прижимают фрезеруемой площадкой к упору 4. Поскольку на предыдущей операции размер от оси шатунной шейки до фрезеруемой площадки выполнялся без погрешности базирования, то при обтачивании этой шейки снимается равномерный припуск на обработку. На рис. 19, в показана схема угловой ориентации установленной в призму заготовки с помощью жесткого или выдвижного пальца 5.

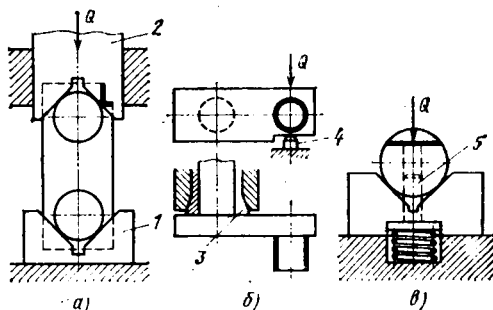


Рис. 19. Примеры установки заготовок на цилиндрические поверхности

Установка на внешние цилиндрические поверхности с пересекающимися осями характерна для заготовок деталей типа тройников и крестовин. В деталях первого типа (тройники-фитинги, краны) обрабатывают обычно отверстия и торцы. Установку заготовок производят в три узкие призмы (рис. 20, а) при необработанных базовых поверхностях на шесть точек, чем обеспечивается ее полная ориентация в пространстве. Закрепляют заготовку вертикально приложенной силой. Обработку заготовки с использованием необработанных баз стремятся выполнять за одну установку, применяя поворотные приспособления (при последовательной обработке) или агрегатные многошпиндельные станки (при параллельной и параллельно-последовательной обработке).

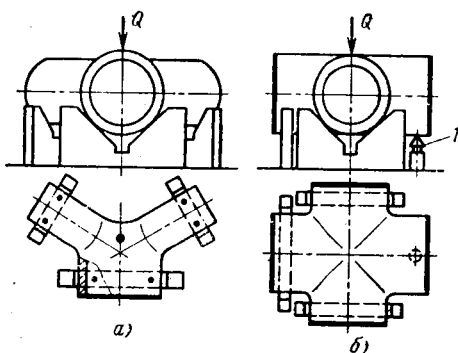


Рис. 20. Схема установки заготовок на наружные цилиндрические поверхности с пересекающимися осями

Обработку деталей типа крестовин нередко ведут в приспособлениях с четырьмя призмами. Такая схема установки теоретически неправильна, так как обеспечить контакт одновременно по восьми точкам (для узких призм) или по длине всех образующих (для широких призм) невозможно. Следует применять схему установки на три призмы; вместо четвертой призмы используют (если необходимо) самоустанавливающуюся опору 1 (рис. 20, б).

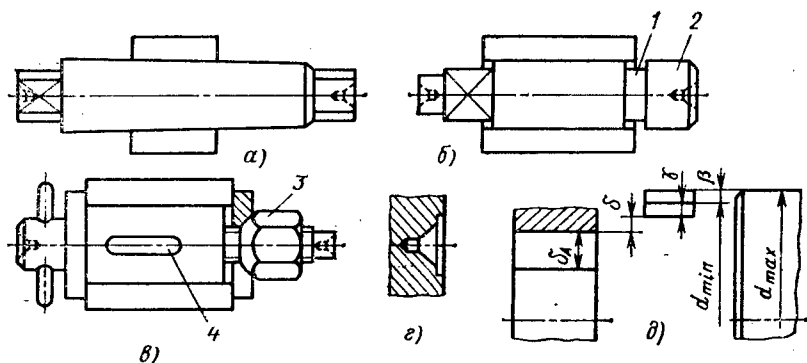


Рис. 21. Жесткие оправки

Установка заготовок на внутреннюю цилиндрическую поверхность и перпендикулярную к ее оси плоскость. Такую установку производят на пальцы и оправки. Торец заготовки координирует ее положение по длине, а различные элементы (шпоночная канавка, радиальное отверстие и др.) определяют ее угловое положение.

С повышением точности и быстроходности машин возрастают требования к концентричности поверхностей деталей вращения. Во многих случаях отклонение от соосности поверхности не должно превышать 0,01 мм. Это достигается обработкой поверхностей с одного установа и применением точных центрирующе-зажимных приспособлений (оправок и патронов). Ниже приведены их конструкции и значения достигаемой точности центрирования. Под этим термином понимается получаемое смещение оси базовой поверхности детали относительно оси вращения центрирующе-зажимного устройства. Погрешность центрирования может быть определена измерением биения эталонной детали, установленной на это устройство.

Типы жестких оправок приведены на рис. 21. На рис. 21, а показана коническая оправка (конусность $\frac{1}{2000} - \frac{1}{4000}$), на которую заготовка насаживается цилиндрическим отверстием, обработанным с точностью H6—H7. Вследствие расклинивающего действия она прочно удерживается от проворачивания при обработке. Точность центрирования 0,005—0,010 мм. Недостаток оправки — отсутствие точной фиксации заготовки по длине. Оправка применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

На рис. 21, б показана оправка, на которую заготовка насаживается с натягом. Используя подкладные кольца при запрессовке, заготовку точно ориентируют по длине оправки. Наличие канавки 1 позволяет подрезать торцы заготовки, шейка 2 служит для направления заготовки. Точность центрирования 0,005—0,010 мм.

Оправка, на которую заготовка насаживается с зазором, показана на рис. 21, в. Положение заготовки по длине определяется буртом оправки; ее проворачивание предупреждается затяжкой гайки 3 или шпонкой 4 (при наличии в заготовке шпоночной канавки). Для этих оправок базовые отверстия заготовок рекомендуются обрабатывать по 7-му качеству. Точность центрирования зависит от зазора и обычно составляет 0,02—0,03 мм.

Оправки изготавливают из стали 20Х, цементуют на глубину 1,2—1,5 мм и закаливают до твердости HRC 55—60. Рабочие поверхности шеек шлифуют до $Ra = 0,63 \pm 0,32$ мкм. На центровых гнездах делают фаски или поднутрения (рис. 21, г) для защиты от повреждений. Для передачи момента на конце оправки предусматривают квадрат, лыски или поводковый палец. Оправки диаметром более 80 мм для облегчения выполняют полыми.

При конструировании оправки с запрессовкой обрабатываемой заготовки определяют диаметр ее рабочей шейки. Исходные данные для расчета: номинальный диаметр d ; длина базы (отверстия) l , наружный диаметр заготовки d_1 , модули упругости E_1 и E_2 и коэффициенты Пуассона μ_1 и μ_2 материалов оправки и заготовки; момент M и осевая сила P , возникающие при обработке и стремящиеся повернуть или сдвинуть заготовку на оправке; коэффициент трения между заготовкой и оправкой $f = 0,08 \div 0,12$.

Задаваясь коэффициентом запаса $k = 1,5 \div 2,0$, определим момент $M_{тр}$ или осевую силу $P_{тр}$, удерживающие заготовку на оправке:

$$M_{тр} = kM = fp \frac{\pi d^2 l}{2}; \quad (4)$$

$$P_{тр} = kP = f p \pi d l, \quad (5)$$

где p — давление на поверхностях сопряжения, МПа;

$$p = \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) d}, \quad (6)$$

здесь δ — натяг, мкм.

Для сплошной оправки

$$C_1 = 1 - \mu_1; C_2 = \frac{d_1^2 + d^2}{d_1^2 - d^2} + \mu_2.$$

Для определения наименьшего диаметра оправки находим натяг δ (мкм) из формулы (6), предварительно определив p из выражений (4) и (5),

$$\delta = \frac{2M_{тр} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}{10^{-3} \pi d l f}; \quad \delta = \frac{P_{тр} \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}{10^{-3} \pi l f}.$$

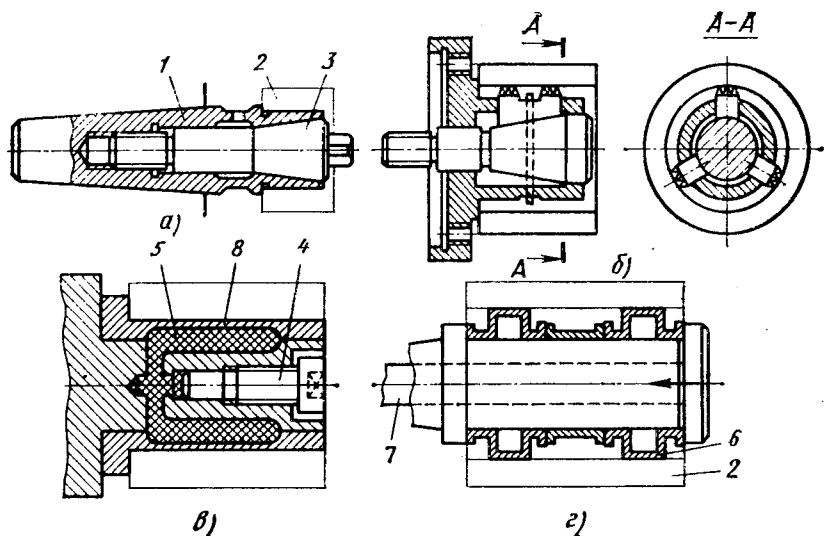


Рис. 22. Разжимные оправки

Поля допусков на изготовление β и износ γ оправки, а также ее наименьший и наибольший диаметры показаны на рис. 21, д. Для оправок диаметром до 80 мм значение β можно брать равным 0,01 мм и $\gamma = 0,010 \div 0,015$ мм. Усилие пресса выбирают по наибольшему натягу $\delta_{\max} = \delta_A + \delta + \beta + \gamma$.

Типы разжимных оправок показаны на рис. 22. Консольная оправка с прорезями на рабочей шейке 1 (рис. 22, а) служит для закрепления заготовки 2 затяжкой внутреннего конуса 3. Оправки этого типа допускают использование баз в виде отверстий, обработанных с точностью $H8-H12$. Консольная оправка с тремя сухарями (рис. 22, б), разжимаемыми внутренним конусом, используется для закрепления толстостенных заготовок с обработанным или необработанным отверстием. Точность центрирования оправки 0,05—0,10 мм, а оправки, показанной на рис. 22, а, — 0,02—0,4 мм. Схема оправки с упругой гильзой, разжимаемой изнутри гидропластмассой (ТУ МХП 2742—53), показана на рис. 22, в. Затягивая винт 4, сжимают гидропластмассу 5, которая, разжимая тонкостенную гильзу 8, закрепляет заготовку (расчет см. в гл. II). Оправки с гидропластмассой обеспечивают точность центрирования 0,005—0,01 мм. Базовые отверстия заготовки обрабатывают с точностью $H7-H8$.

На рис. 22, г показана оправка с гофрированными втулками 6, обеспечивающая точность центрирования (0,002—0,003 мм). При приложении осевой силы от штока 7 цилиндрическая часть втулок выпучивается и прочно закрепляет заготовку 2. Втулки выполняют из стали 38Х, У10А или 65Г с термической обработ-

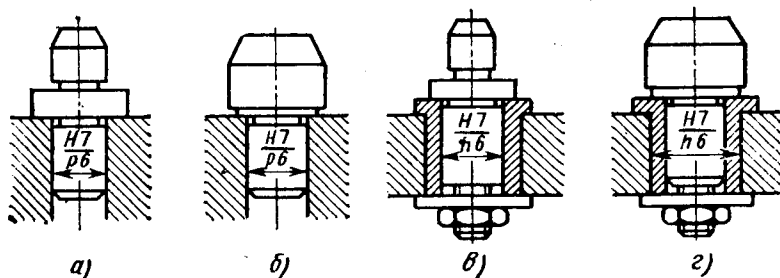


Рис. 23. Установочные пальцы:
а, б — постоянные; в, г — сменные

кой до твердости $HRC\ 45-50$. Разностенность втулки допускается до $0,05\text{ мм}$ и биение торца до $0,005\text{ мм}$. Точность обработки базовых отверстий — в пределах $H6-H7$.

Установку заготовок базовыми отверстиями в стационарные приспособления производят на консольные цилиндрические пальцы (ГОСТ 12209—66, 12210—66). На рис. 23, а, в приведены пальцы с буртами; для облегчения надевания заготовок на пальцах снимается фаска. Пальцы диаметром до 16 мм изготовляют из стали У7А, а диаметром более 16 мм — из стали 20Х с цементацией на глубину $0,8-1,2\text{ мм}$ и закалкой до твердости $HRC\ 50-55$.

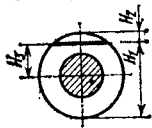
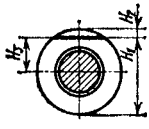
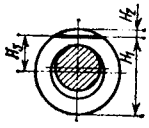
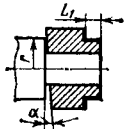
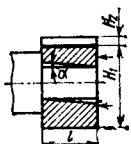
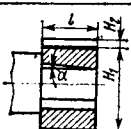
Рабочую поверхность пальцев обрабатывают по посадкам $\frac{H7}{g6}$ или $\frac{H9}{f8}$ и шлифуют до $Ra = 0,63 \div 0,32\text{ мкм}$.

Погрешности установки на пальцы характеризуются смещениями заготовки на величину диаметрального зазора между поверхностями сопряжения. Если базовый торец заготовки неперпендикулярен к оси отверстия, возможно отклонение оси отверстия от оси пальца. В табл. 9 приведены погрешности базирования для типовых случаев установки заготовок на пальцы и оправки.

Полную ориентацию заготовки получают базированием по торцу и различным элементам (шпоночная канавка, радиальное отверстие, выступы), обеспечивающим ее угловую координацию. При закреплении заготовок тонко- и толстостенных колец по внутренней поверхности в трех-, четырех- и шестикулачковых патронах прогибы, выпучивания и погрешности формы находят по табл. 6 и 8, изменив знаки перемещений.

Установка заготовки на два цилиндрических отверстия с параллельными осями и перпендикулярную к ним плоскость используется при обработке деталей типа корпусов, плит и картеров. Ее преимущества: простота конструкции приспособления, возможность соблюдения постоянства баз на большинстве операций технологического процесса и относительно простая передача и фиксация заготовок на поточных и автоматических линиях. По сравнению с установкой на шесть точек эта схема обеспечивает

9. Погрешности базирования для типовых схем установки заготовок на пальцы и оправки

Установка	Схема установки	Выполняемый размер	Погрешность базирования
С натягом		H_1 H_2 H_3 H_4	$\delta/2 + 2e$ $\delta/2 + 2e$ $2e$ 0
С зазором		H_1 H_2 H_3 H_4	$\delta/2 + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ $\delta/2 + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ $2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$ $\delta_1 + \delta_2 + 2\Delta$
С зазором и односторонним отжимом заготовки		H_1 H_2 H_3 H_4	$\delta/2 + 2e + \delta_1/2 + \delta_2/2$ $\delta/2 + 2e + \delta_1/2 + \delta_2/2$ $\delta_1/2 + \delta_2/2 + 2e$ $\delta_1/2 + \delta_2/2$
Без зазора. Торец заготовки перпендикулярен к оси отверстия		L_1	$\delta' + 2r \operatorname{tg} \alpha$
То же, установка с зазором		H_1 H_2	$\delta/2 + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta + 2l \operatorname{tg} \alpha$ $\delta/2 + 2e + \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta + 2l \operatorname{tg} \alpha$
То же, с односторонним отжимом заготовки		H_1 H_2	$\delta/2 + 2e + \delta_2/2 + \delta_1/2 + l \operatorname{tg} \alpha$

Примечание. e — эксцентриситет наружной поверхности относительно отверстия; H_2 — размер от оси наружной поверхности; H_4 — размер от оси отверстия; δ_1 и δ_2 — допуски на диаметр отверстия и пальца; Δ — минимальный радиальный зазор; δ — допуск на наружный диаметр заготовки; δ' — допуск на длину заготовки. В e_0 условно включена величина $e_{пр}$.

большую доступность режущего инструмента к обрабатываемой заготовке. Заготовка закрепляется приложением силы, перпендикулярной к ее базовой плоскости. Такая установка наиболее пригодна для заготовок, имеющих размеры базовой плоскости, большие или сопоставимые с их высотой. Базовую плоскость заготовки подвергают чистовой обработке, а отверстия развертывают с точ-

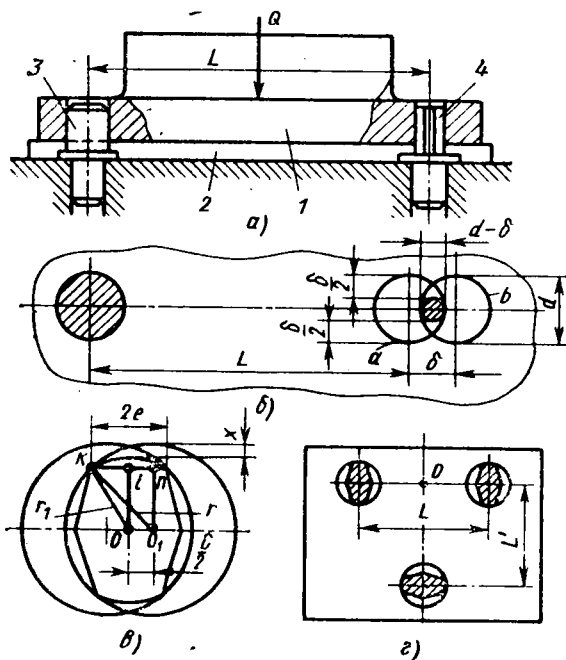


Рис. 24. Схема установки заготовки базовыми отверстиями на пальцы

ностью $H7$. Установочными элементами служат опорные пластины (ГОСТ 4743—68) и два жестких или выдвижных пальца (посадка $\frac{H7}{f7}$ или $\frac{H7}{d8}$). Последние применяют при автоматизированной обработке.

Схема установки показана на рис. 24, а. Заготовку 1 ставят на пластины 2. Палец 3 выполняют цилиндрической, а палец 4 — срезанной (ромбической) формы. Ввиду наличия допуска δ на расстояние L между осями базовых отверстий одно из них (рис. 24, б) может занимать при установке партии заготовок два предельных положения. Очевидно, что область, образованная пересечением двух окружностей a и b , относится ко всем заготовкам данной партии. Если правый палец выполнить цилиндрическим, то его диаметр должен быть $d - \delta$; в этом случае возможно покачивание заготовки на левом пальце от среднего положения на величину $\pm \delta/2$. Более целесообразна ромбическая (срезанная) форма пальца (рис. 24, в); конструктивно ее выполняют с цилиндрической ленточкой шириной $2e$. Величина покачивания заготовки при этом $x = r - r_1$, где r_1 , r — радиусы ленточки и отверстия соответственно.

Из треугольника IKO

$$r_1 = \sqrt{a^2 + e^2}.$$

Величину a , равную отрезку O_1n , находим из треугольника O_1nK :

$$a = \sqrt{r^2 - \left(\frac{\delta}{2} - e\right)^2}.$$

После преобразований и отбрасывания величин второго порядка малости получим значение x , значительно меньшее $\delta/2$:

$$x = r - \sqrt{r^2 - \delta e}.$$

Из треугольников Okn и Omn (рис. 25, а) найдем ширину ленточки

$$r^2 - (c + e)^2 = (r - \Delta)^2 - e^2,$$

где Δ — зазор между ромбическим пальцем и отверстием.

Отсюда

$$e = \frac{2r\Delta - \Delta^2 - c^2}{2c}.$$

Подставляя d вместо $2r$ и принимая по малости $\Delta^2 = 0$, получим

$$2e = \frac{d\Delta'}{2c} - c,$$

где $\Delta' = 2\Delta$ — диаметральный зазор; $2c = \delta + \delta' - 2\Delta_1$; δ, δ' — допуски на размер L соответственно заготовки и приспособления; $2\Delta_1$ — диаметральный зазор при посадке заготовки на цилиндрический палец.

При отрицательной величине $2c$ ромбический палец делают цилиндрическим.

Срезанные пальцы выполняются постоянными и сменными. Конструкция и основные размеры их приведены в ГОСТ 12210—66,

материал и твердость те же, что и для цилиндрических пальцев. При массе заготовки до 5 кг диаметр пальца не превышает 6 мм, при 15 кг — 10 мм, при 45 кг — 12 мм, при 120 кг — 16 мм и при большей массе — 20 мм.

Смещения заготовки от ее среднего положения в направлениях, перпендикулярных к оси цилиндрического пальца, определяются минимальным радиальным зазо-

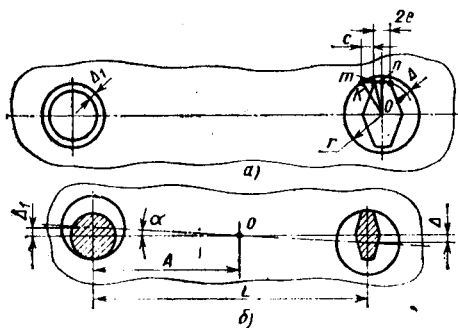


Рис. 25. Схема для расчета ширины ленточки ромбического пальца (а) и погрешности (б)

ром Δ_1 , допуском δ_1 на диаметр базового отверстия, допуском δ'_1 на диаметр пальца и допуском на его износ $\delta_{1н}$. Наименьшее смещение равно Δ_1 , а наибольшее $\Delta_1 = \frac{\delta_1}{2} + \frac{\delta'_1}{2} + \frac{\delta_{1н}}{2}$.

По величинам смещений находят погрешность установки для выполняемых размеров (погрешность закрепления равна нулю).

Наибольший угол поворота α заготовки (рис. 25, б) от ее среднего положения можно найти по формуле

$$\sin \alpha \approx \frac{\Delta_1 + \frac{\delta_1}{2} + \frac{\delta'_1}{2} + \Delta + \frac{\delta_2}{2} + \frac{\delta'_2}{2} + \frac{\delta_{1н}}{2} + \frac{\delta_{2н}}{2}}{L},$$

где L — расстояние между осями базовых отверстий; Δ — минимальный радиальный зазор при посадке на срезанный палец (определяется зазором x на рис. 25, в); δ_2 — допуск на диаметр отверстия под срезанный палец; δ'_2 — допуск на диаметр ленточки срезанного пальца; $\delta_{2н}$ — допуск на износ срезанного пальца.

Расстояние центра поворота от оси цилиндрического пальца

$$A = \frac{\Delta_1 + \frac{\delta_1}{2} + \frac{\delta'_1}{2} + \frac{\delta_{1н}}{2}}{\Delta_1 + \frac{\delta_1}{2} + \frac{\delta'_1}{2} + \frac{\delta_{1н}}{2} + \Delta + \frac{\delta_2}{2} + \frac{\delta'_2}{2} + \frac{\delta_{2н}}{2}} L.$$

Для уменьшения угла α (см. рис. 25, б) расстояние L следует брать наибольшим. При прямоугольной в плане базовой плоскости базовые отверстия располагают на концах ее диагоналей.

Такая схема используется и для базирования по необработанным поверхностям заготовки при изменении конструкции опор. На рис. 26 показана схема установки отливки блока цилиндров автомобильного двигателя на два крайних отверстия под цилиндры и торцовую плоскость для фрезерования базовых площадок 1. Заготовку насаживают на две консольные оправки с выдвижными центрирующе-зажимными опорами. Правая оправка имеет шесть опор, одновременно раздвигаемых в радиальных направлениях. Опоры расположены в двух параллельных плоскостях, перпендикулярных к оси оправки. Левая оправка несет две вертикально раздвигаемые опоры. Базирование по длине обеспечивается упором блока в неподвижную опору 2 приспособления. Схема установки полностью ориентирует блок в пространстве. Применяя эту схему при выполнении первой технологической операции, создают постоянные базы для последующей обработки.

Установка заготовки на три параллельных отверстия и перпендикулярную к ним плоскость (см. рис. 24, г)

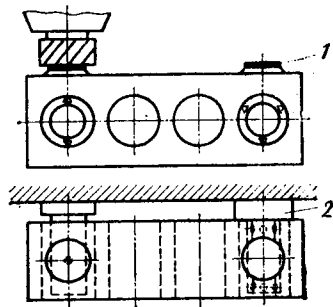


Рис. 26. Схема установки корпусной детали на два необработанных отверстия с параллельными осями

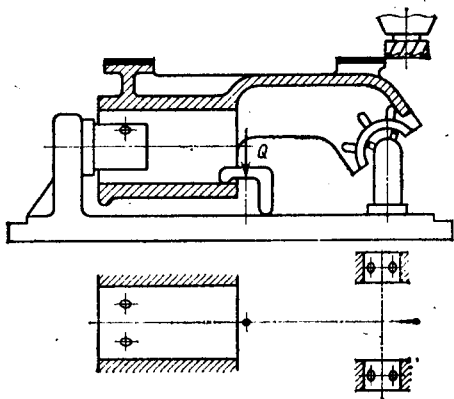


Рис. 27. Схема установки рамы на отверстия с пересекающимися осями

применяется при обработке корпусных деталей на автоматических линиях. В качестве установочных элементов используются три ромбических пальца. Базовые отверстия обрабатывают с точностью $H7$. Преимущества этой схемы по сравнению с установкой на два пальца — несколько меньший угол поворота заготовки и более легкая посадка заготовки на пальцы, что позволяет уменьшить посадочный зазор и повысить точность установки. Центр поворота заготовки при $L' \leq L/2$ находится в точке O . При $L' > L/2$ центр поворота

смещается вниз по вертикали. Угол поворота в этом случае уменьшается. Недостаток схемы — быстрое изнашивание ромбических пальцев и снижение точности установки.

Применяют также установку на два отверстия (из трех) при выполнении черновых операций и на три отверстия при последующей отделочной обработке.

Установка заготовки на внутренние цилиндрические поверхности с пересекающимися (перекрещивающимися) осями применяется для баз с обработанной и необработанной поверхностями. Если базовые поверхности сплошные, то при установке и снятии заготовки с приспособления необходимо применять выдвижные установочные элементы. При установке заготовки на частичные (неполные) базовые поверхности установочные элементы могут быть выполнены неподвижными.

На рис. 27 показана схема установки заготовки рамы горизонтальной поршневой машины на необработанные базы коренных подшипников и поверхность для направляющих ползуна. Всего используются шесть неподвижных точек, поэтому заготовка рамы лишена всех степеней свободы и занимает в пространстве полностью ориентированное положение. При установке в данном приспособлении у рамы фрезеруют плоскости установочных лап. При последующем растачивании гнезд коренных подшипников и направляющих ползуна с базированием на плоскости лап (и на два базовые отверстия) обеспечивается равномерное снятие припуска.

При сплошных базовых поверхностях опоры под коренные подшипники выполняют выдвижными в осевом направлении (одна опора может быть жесткой). Заготовку закрепляют прихватом или раздвигаемыми в радиальных направлениях опорными элементами (штифтами), встроенными в выдвижные оправки.

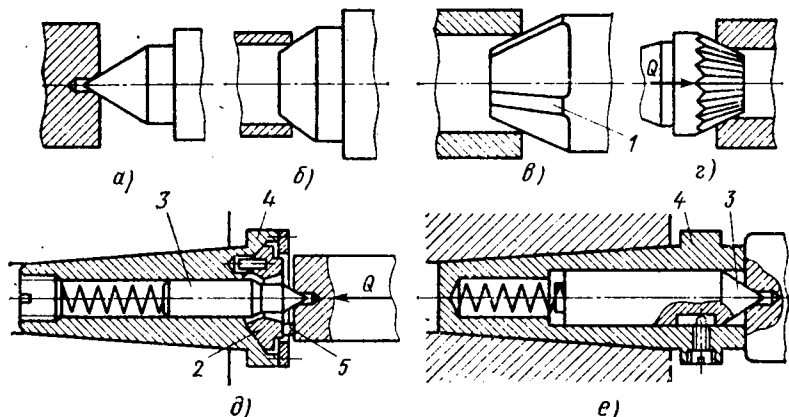


Рис. 28. Центры

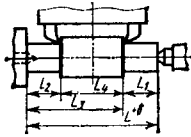
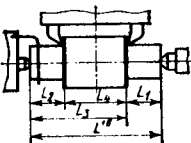
Установка заготовки на центровые гнезда и конические фаски применяется при обработке деталей класса валов. В качестве установочных элементов используют центры с углом 60° . Их конструктивные разновидности показаны на рис. 28. Схема установки на жесткий центр приведена на рис. 28, а; на рис. 28, б дана схема установки конической фаской на срезанный центр, характерная для деталей типа гильз; на рис. 28, в показана схема установки на специальный центр с тремя узкими ленточками 1 на кромки отверстия заготовки. На рис. 28, г приведена конструкция поводкового центра, передающего крутящий момент от вдавливания рифлений в поверхность конической фаски при приложении к центру осевой силы. Этот центр обеспечивает передачу момента, необходимого при чистовой обработке, но ухудшает поверхность базовой фаски.

На рис. 28, д показана конструкция поводкового центра, передающего момент через рифления, вдавливаемые в торцовую плоскость заготовки. Рифления 5 выполнены на трех участках сферической самоустанавливающейся шайбы 2. Центр 3 плавающей конструкции смонтирован в промежуточной втулке 4. Центры выполняют из сталей 45, У6А, У8А и подвергают термической обработке до твердости HRC 55—60, износостойкость повышают наплавкой твердого сплава. Форму заднего центрового гнезда при токарной обработке сохраняют применением вращающихся центров.

При установке на жесткий центр погрешность базирования для осевых размеров зависит от точности выполнения центровых гнезд. Если глубина гнезда оговорена допуском, то погрешность базирования для размера от левого (от передней бабки) торца до любого уступа, подрезаемого на станке, равна этому допуску.

Для точной установки по длине применяют плавающий передний центр 3 (рис. 28, е); переменная глубина центрового гнезда

10. Погрешности базирования для осевых размеров заготовки

Установка	Схема установки	Выполняемый размер	Погрешность базирования
На жесткий передний и выдвижной задний центры		L_1 L_2 L_3 L_4	$\delta + \delta_{\text{ц}}$ $\delta_{\text{ц}}$ $\delta_{\text{ц}}$ 0
На плавающий передний и выдвижной задний центры		L_1 L_2 L_3 L_4	δ 0 0 0

Примечание. δ — допуск на длину L заготовки; $\delta_{\text{ц}}$ — допуск на глубину левого центрального гнезда.

не влияет при этом на осевое положение заготовки. При упоре последней в торец промежуточной втулки 4 совмещаются технологическая и измерительная базы, т. е. соблюдается условие $\varepsilon_6 = 0$. В табл. 10 приведены значения погрешностей базирования для осевых размеров заготовки.

При отклонении от соосности центровых гнезд возникает кромочное касание центров с гнездами (рис. 29, а). То же происходит при несовпадении углов гнезд и центров. Под действием радиальной силы заготовка смещается в поперечном и продольном направлениях в результате смятия и износа кромок. При отклонении от соосности с центровых гнезд угол перекоса заготовки длиной l

$$\operatorname{tg} \alpha \approx c/l.$$

Поперечное смещение заготовки за время от начала смятия кромок до образования контакта по всей поверхности центровых гнезд

$$y = a \frac{\sin \alpha}{\sin 60^\circ},$$

где a — длина образующей конуса центрального гнезда.

При малых углах $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha$; тогда $y = 1,15 a \frac{c}{l}$.

Смещение заготовки в осевом направлении

$$x = \frac{y}{\operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{1,15}{\operatorname{tg} 30^\circ} a \frac{c}{l} = 2a.$$

Это смещение заметно при обычных условиях обработки. Так, при отклонении от соосности центровых гнезд 1 мм, длине заготовки 200 мм и длине образующей гнезда 5 мм смещение равно 0,05 мм.

Если осевая сила сдвигает заготовку к шпинделю станка, то у переднего центра отсутствует смещение в поперечном направлении; у заднего центра оно равно $2y$. Ось заготовки поворачивается на угол β от начального положения:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2y}{l} = \frac{2,3ac}{l^2}.$$

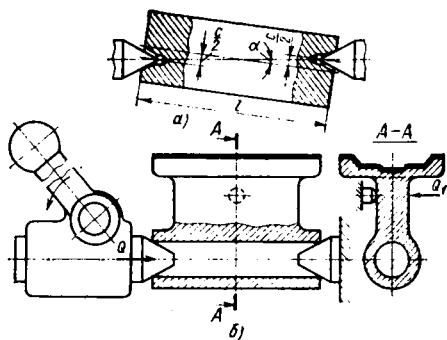


Рис. 29. Схема установки на два центра

Погрешность формы центровых гнезд в поперечном сечении вызывает отклонение от круглости обрабатываемых шеек. Ее можно уменьшить шлифованием, притиркой или обжатием гнезд эталонным центром. При установке на два центра заготовка сохраняет одну степень свободы — возможность вращения вокруг своей оси. В ряде случаев (фрезерование квадратов или шпоночных пазов) необходимо дополнительное базирование заготовки, осуществляемое с помощью упоров или других устройств. На рис. 29, б показана схема установки в центрах корпусной детали с использованием боковых упоров и прижима.

Полную ориентацию заготовки в пространстве можно обеспечить установкой ее на три центра (рис. 30, а), из которых два жесткие и один подвижный, выполняющий роль зажимного элемента приспособления. Преимущества этой схемы — устойчивость установки и возможность соблюдения постоянства баз, так как после подготовки центровых гнезд все технологические операции выполняются при одном базировании. Недостаток схемы — необходимость выдерживать точную глубину центровых гнезд; при большой глубине правого гнезда между ним и центром возникает зазор и заготовка может покачиваться относительно оси двух других центров. При малой глубине этого гнезда контакт центров происходит не по всей поверхности конуса, а по образующим. Если допуск на глубину правого гнезда равен δ , то угол γ качания заготовки относительно оси $O-O$ определяется из соотношения

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\delta}{\operatorname{tg} 30^\circ l} = 1,73 \frac{\delta}{l},$$

где l — расстояние между осями левого и правого центров.

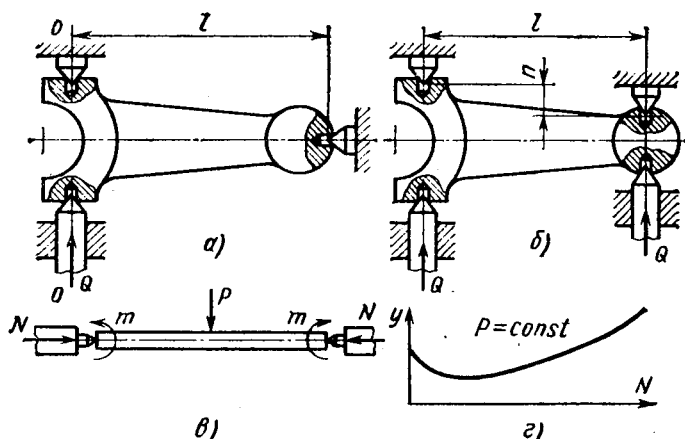


Рис. 30. Схема установки на центры

Если глубина левого гнезда переменна, возможны перекося заготовки и кромочное касание гнезд с центрами, что снижает жесткость системы установки.

Несколько лучше установка на четыре центра (рис. 30, б), из которых два жесткие и два выдвижные. Она менее чувствительна к изменению глубины центровых гнезд, так как зазор во всех случаях выбирается поджимом нижних центров, что обеспечивает более жесткое крепление заготовки. Однако, как и в предыдущей схеме, при переменной глубине гнезд возможно их кромочное касание с центрами.

Из анализа этой схемы следует, что взаимное положение поверхностей деталей, обработанных на разных операциях, может быть искажено, если приспособления, используемые на этих операциях, не вполне идентичны. Непостоянство расстояния l между осями центров (см. рис. 30, б) влечет за собой нестабильность положения заготовки по длине при ее закреплении нижними центрами. Непостоянство размера l в приспособлениях вызывает перекося заготовки на различных операциях. Поэтому к точности изготовления приспособлений предъявляются повышенные требования.

При установке заготовки в центрах имеют место контактные деформации в местах сопряжения центровых гнезд с центрами. Осадка заготовки в поперечном и осевом направлениях выражается параболической зависимостью от величины приложенной радиальной или осевой силы. Поперечное смещение заготовки (мкм) определяется по эмпирической формуле

$$y_1 = C_1 P_p^{0,5},$$

где C_1 — постоянная, зависящая от наружного диаметра гнезда; P_p — радиальная сила, Н.

Осевое смещение заготовки (мкм)

$$y_2 = C_2 P_0^{0,5},$$

где P_0 — осевая сила, Н.

Коэффициенты C_1 и C_2 для заготовок из сталей 40 и 45, широко применяемых для деталей класса валов при давлении на поверхности контакта до 800 МПа имеют следующие значения:

Наруж- ный диа- метр D центро- вого гне- зда, мм	1	2	2,5	4	5	6	7,5	10	12,5	15	20	30
C_1	5	3,7	2,7	1,8	1,2	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2
C_2	3,8	2,7	2,1	1,3	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,25	0,17

Установку вала на два центра можно рассматривать как балку, свободно лежащую на двух опорах. Ее прогибы от поперечной силы близки к получаемым по формулам сопротивления материалов. Изменение угла центров в пределах 30—90° не оказывает существенного влияния на величину прогиба. Если вал устанавливается на центры с приложением осевой силы N (враспор), то прогиб от поперечной силы P уменьшается на 30—35 %. В этом случае установку можно рассматривать как балку, к концам которой кроме осевых сил N приложены реактивные моменты m (см. рис. 29, в), противодействующие поперечному прогибу. С увеличением силы N прогибы y уменьшаются (см. рис. 29, г), так как вначале влияние реактивных моментов невелико. При дальнейшем увеличении силы N прогибы постепенно возрастают.

Прогиб f заготовки при нагружении ее поперечной силой и реактивными моментами, величина которых прямо пропорциональна углу θ наклона касательной к упругой линии ($m = A\theta$),

$$f = \frac{Pl^3}{48EJ} - \frac{A\theta l^2}{8EJ}, \quad (7)$$

здесь

$$\theta = \frac{Pl^2}{16EJ} - \frac{A\theta l}{3EJ} - \frac{A\theta l}{6EJ}.$$

Найдя отсюда θ и подставив его в выражение (7), получим

$$f = \frac{Pl^3}{48EJ} - \frac{Pl^3}{64 \left(\frac{2EJ}{Al} + 1 \right)}.$$

При $A = 0$ имеем балку, свободно лежащую на двух опорах; при $A = \infty$ — балку с заделанными концами. Приближенно

$$A = 250 \sqrt{D^3 N},$$

где D — наружный диаметр центрального гнезда, мм.

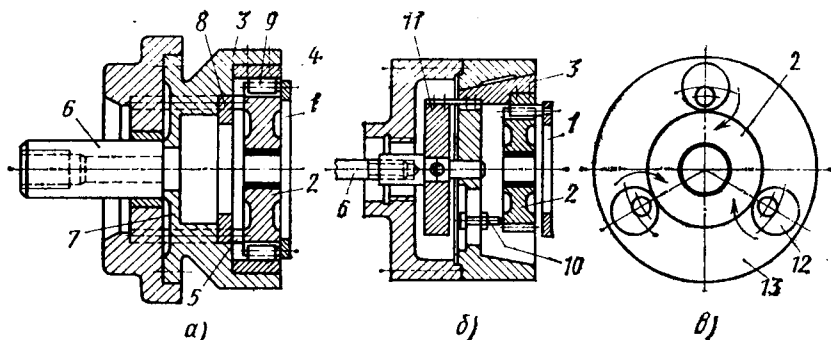


Рис. 31. Патроны для установки зубчатых колес

Условия применения формулы: $D = 2 \div 15$ мм, $N = 100 \div 400$ Н, материал вала — сталь 40, диаметр вала — до 60 мм.

Уменьшение прогиба заготовки достигается уменьшением осевых сил, увеличением диаметра гнезд, уменьшением угла и увеличением глубины конуса. Последнее повышает эффект распора из-за расклинивающего действия центров.

Установка заготовки по зубчатым поверхностям применяется при шлифовании осевых отверстий цилиндрических и конических зубчатых колес. Принимая за базу рабочие (эвольвентные) поверхности зубьев, достигают точной соосности отверстия и зубчатого венца. Устанавливают и закрепляют шлифуемые зубчатые колеса в специальные патроны. 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 зубчатого венца для контакта их с эвольвентными участками зубьев обрабатываемого колеса. Роликов берут три, а шариков шесть (по два в каждую впадину). При использовании роликов и шариков применяют самоцентрирующие патроны мембранного и клинового типов. В этих патронах установочные элементы крепятся в обойме, допускающей возможность их самоустановки по впадинам колеса в пределах оставляемых зазоров.

В мембранных патронах (рис. 31, а) точное центрирование колеса обеспечивается кулачками 3 упругой мембраны с привернутыми сухарями 4. Осевую установку колеса производят по упорам 5. При закладывании колеса шток 6 прогибает мембрану 7, и кулачки расходятся. При его отводе мембрана выпрямляется и колесо закрепляется. Колесо 2 закладывают в патрон с надетой на него обоймой, несущей ролики 9. Для устранения биения сухарей их шлифуют на месте, закладывая в уступы кулачков распорное кольцо 8. В клиновых патронах (рис. 31, б) центрирование ко-

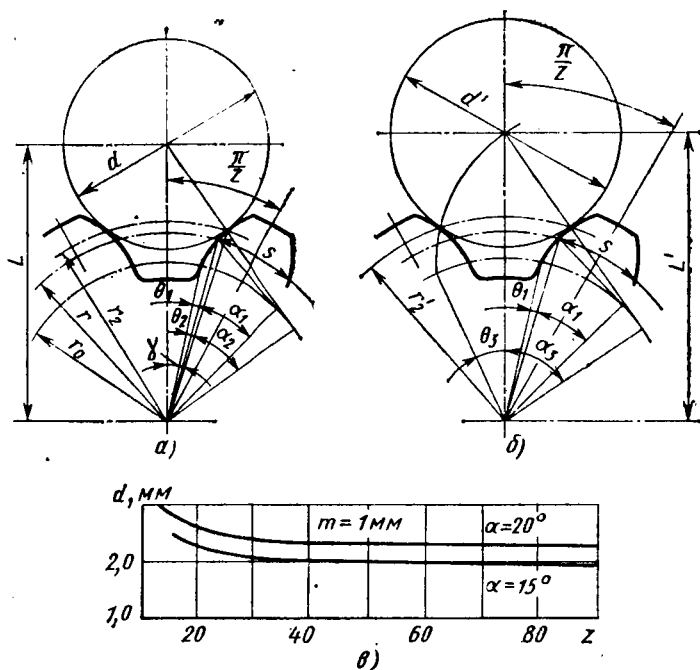


Рис. 32. Схемы для расчета основных размеров патрона

леса 2 с обоймой 1 обеспечивается кулачками 3, перемещаемыми по наклонным пазам корпуса патрона. Для установки заготовки в осевом направлении служат регулируемые упоры 10. При закреплении колеса сила от штока 6 передается через гибкие пластинки 11 на кулачки. Практика эксплуатации показала, что клиновые патроны менее точны и надежны в работе, чем мембранные. В патронах (рис. 31, в) зубчатое колесо 2 закладывают между тремя эксцентричными секторами 12 со шлифованными зубьями. Посредством зубчатого механизма внутри патрона 13 секторы одновременно поворачиваются, центрируя и закрепляя обрабатываемое колесо.

При конструировании мембранных и клиновых патронов определяют диаметр ролика (или шарика) d и расстояние L между осями ролика и патрона (рис. 32, а):

$$d = 2[r_0 \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_2) - r_2 \sin \alpha_2], \quad (8)$$

где r_0 — радиус основной окружности, мм; r_2 — расстояние точки контакта ролика от оси патрона, мм.

Расстояние r_2 берут меньше радиуса выступов на 0,2—0,5 высоты головки зуба, а другие величины — из соотношений

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2}; \quad \gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{s}{2r_d} + \theta_1 \right) + \theta_2,$$

где z — число зубьев колеса; s — толщина зуба по дуге делительной окружности; r_d — радиус делительной окружности.

Углы θ_1 и θ_2 выбирают по таблицам эвольвентных функций: $\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1$ и $\theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2$, где α_1 — угол зацепления.

Расстояние

$$L = \frac{r_0}{\cos(\gamma + \alpha_2)}. \quad (9)$$

При округлении величины d до целого числа d' производят повторный расчет значения L' и проверку радиуса расположения точки контакта с зубом r'_2 (рис. 32, б):

$$L' = r_0 / \cos \alpha_3. \quad (10)$$

Угол α_3 определяется из равенства

$$\theta_3 = \operatorname{tg} \alpha_3 - \alpha_3,$$

где

$$\theta_3 = \frac{s}{2r_d} + \theta_1 + \frac{d'}{2r_0} + \frac{\pi}{z}; \quad r'_2 = \sqrt{\left(L' \sin \alpha_3 - \frac{d'}{2} \right)^2 + r_0^2}. \quad (11)$$

Диаметр ролика d в зависимости от числа зубьев z для углов зацепления 20 и 15° можно приближенно найти по кривым на рис. 32, в. После округления величины диаметра ролика проверяют величину r'_2 и определяют значение L' .

Значения d и L для цилиндрических колес со спиральными зубьями найдем из сечения колеса по нормали к зубу. Радиус кривизны получаемого в этом сечении эллипса у вершины малой оси приближенно определим, разделив радиус окружности зубчатого колеса на $\cos^2 \beta$, где β — угол наклона зуба к оси колеса. Используя формулу (8) для этого случая, имеем

$$d = 2 \left[\frac{r_0}{\cos^2 \beta} \operatorname{tg}(\gamma' + \alpha_2) - \frac{r_2}{\cos^2 \beta} \sin \alpha_2 \right],$$

где $r_0 / \cos^2 \beta$ — радиус основной окружности воображаемого колеса; $r_2 / \cos^2 \beta$ — радиус расположения точки контакта шарика с зубом этого колеса;

$$\gamma' = \frac{\pi}{z'} - \left(\frac{s_n \cos^2 \beta}{2r_0} + \theta_{1n} \right) + \theta_2;$$

здесь $z' = \frac{2\pi r_d}{\cos^2 \beta t_n}$ — число зубьев воображаемого колеса; s_n ,

t_n — толщина и шаг зубьев в нормальном сечении по делительной окружности;

$$\theta_{1n} = \operatorname{tg} \alpha_{1n} - \alpha_{1n},$$

где α_{1n} — угол зацепления в нормальном сечении.

По аналогии с формулой (9) получим расстояние от оси колеса до центра шарика

$$L' = \frac{r_0}{\cos(\gamma' + \alpha_2)}.$$

Установку конических зубчатых колес производят на шаровые опоры, применяя специальные устройства, прижимающие деталь по торцу ступицы (рис. 33). Исходными данными для расчета диаметра шарика d и расстояния L' являются: число зубьев z , половина угла начального конуса φ , радиус начальной окружности r , угол зацепления α_1 , толщина зуба s по дуге начальной окружности, модуль зуба m .

Длина образующей начального конуса

$$H = r / \sin \varphi.$$

Для выбранного сечения, в котором устанавливают шарик,

$$r' = (H - h) \operatorname{tg} \varphi. \text{ Принимаем } h = (1 \div 1,5) m.$$

Диаметр шарика находим по формуле (8), подставив значение радиуса основной окружности:

$$r_0 = (H - h) \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha_1;$$

$$r_2 = (H - h) \operatorname{tg} \varphi + m \frac{H - h}{H} a,$$

где $a = (0,3 \div 0,5) m$.

Для определения угла γ величину z заменяют фиктивной $z' = z / \cos \varphi$, а $s = \pi r' / z$ для каждого конкретного сечения.

Расстояние L определяем по формуле (9), а расстояние от центра шарика до оси колеса $L' = L \cos \varphi_1$.

Пример. Определить диаметр роликов для установки прямозубого колеса в самоцентрирующий патрон и расстояние между осями роликов и патрона. Дано: $z = 40$, $m = 5$ мм, $\alpha_1 = 20^\circ$, $r_d = 100$ мм, радиус окружности выступов $r_g = 105$ мм.

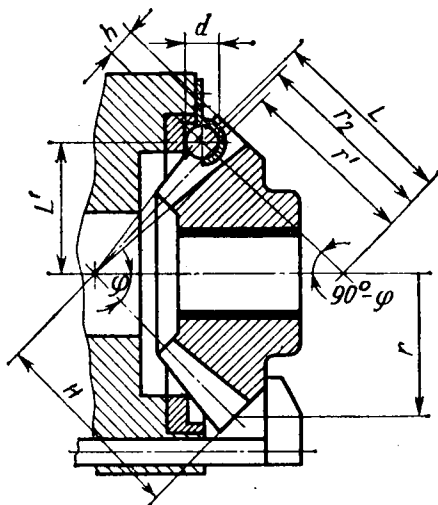


Рис. 33. Установка конического зубчатого колеса

Решение. Диаметр ролика d найдем по формуле (8), предварительно рассчитав следующие величины:

$$r_0 = r_d \cos \alpha_1 = 100 \cos 20^\circ = 93,96 \text{ мм};$$

$$r_2 = r_e - 0,3m = 103,5 \text{ мм};$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{r_0}{r_2} = \frac{93,96}{103,5} = 0,90782; \quad \alpha_2 = 24^\circ 48';$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 = 0,0149; \quad \theta_2 = \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2 = 0,02922;$$

$$\gamma = \frac{\pi}{z} - \left(\frac{s}{2r_d} + \theta_1 \right) + \theta_2 = \frac{3,14}{40} - \left(\frac{\pi \cdot 100}{z \cdot 2 \cdot 100} + 0,0149 \right) + 0,02922 =$$

$$= 0,05357; \quad \gamma = 3^\circ 4' 18'';$$

$$d = 2 [93,96 \operatorname{tg} (3^\circ 4' 48'' + 24^\circ 48') - 103,5 \sin 24^\circ 18'] = 12,59 \text{ мм}.$$

Полученное значение диаметра ролика округляем до 13 мм. Такой же результат получим по кривым на рис. 32, в.

Для округленного размера $d' = 13$ мм найдем расстояние между осями роликов и патрона, а также радиус r'_2 расположения точки контакта ролика с зубом (проверка на отсутствие кромочного касания). Расчет ведем по формулам (10) и (11), предварительно найдя угол α_3 :

$$\theta_3 = \frac{s}{2r_d} + \theta_1 + \frac{d'}{2r_0} - \frac{\pi}{z} = \frac{\pi \cdot 100}{z \cdot 2 \cdot 100} + 0,0149 + \frac{13}{2 \cdot 93,96} -$$

$$- \frac{3,14}{40} = 0,03925 + 0,0149 - 0,0692 + 0,0785 = 0,04485.$$

$$\text{Из равенства } \theta_3 = \operatorname{tg} \alpha_3 - \alpha_3 \quad \alpha_3 = 28^\circ 21'.$$

$$L' = \frac{r_0}{\cos \alpha_3} = \frac{93,96}{\cos 28^\circ 21'} = 106,76 \text{ мм};$$

$$r'_2 = \sqrt{\left(L' \sin \alpha_3 - \frac{d'}{2} \right)^2 + r_0^2} =$$

$$= \sqrt{\left(106,76 \sin 28^\circ 21' - \frac{13}{2} \right)^2 + 93,96^2} = 103,8 \text{ мм}.$$

Полученная величина r'_2 меньше радиуса окружности выступов; точка касания роликов с зубом лежит на ее эвольвенте, и кромочного контакта нет.

Дополнительные схемы установки заготовки и их анализ. Рассмотренные схемы установки заготовок являются типичными. Кроме них имеется много других, реже применяемых. В качестве технологических баз часто используют различное сочетание элементарных поверхностей заготовки. На рис. 34 показаны примеры установок специальных деталей. Жирными линиями обозначены обрабатываемые поверхности; цифрами — поверхности, используемые в качестве технологических баз; стрелками — места приложения силы зажима Q ; $A^{+\delta}$ — выдерживаемые при обработке

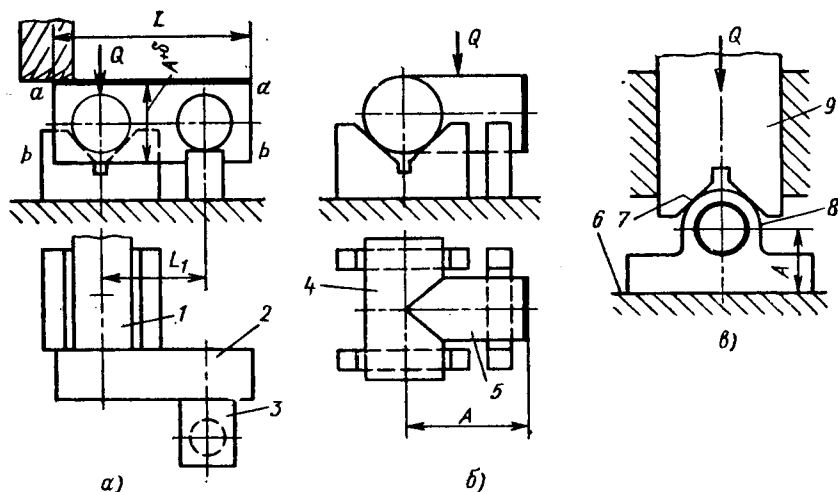


Рис. 34. Схема установки на цилиндрические и плоские поверхности

размеры с допуском δ . Дополнительные условия установки и выполнения операций обработки даны в приводимом анализе. При анализе уточняют технологические и измерительные базы, их размеры и точность выполнения, схему закрепления, место приложения, направление, величину и нестабильность силы закрепления. Если технологическая и измерительная базы не совмещены, то на основе геометрических связей проводят расчет погрешностей базирования, предварительно установив размеры, точность и взаимное положение установочных элементов приспособления. После определения погрешности закрепления и погрешности, вызываемой неточностью приспособления, находят погрешность установки. При анализе схемы установки выявляются и другие варианты ее выполнения, целесообразные с точки зрения повышения точности обработки и упрощения конструкции приспособления.

Рассмотрим схемы установки кривошипа. Его установку при последовательной обработке противоположных плоскостей щеek $a-a$ и $b-b$ (рис. 34, а) производят по цилиндрической поверхности коренной шейки 1, торцовой плоскости 2 и цилиндрической поверхности мотылевой шейки 3 (плоскость $b-b$ обрабатывают после переустановки кривошипа в аналогичное приспособление). При обработке нужно выдержать параллельность плоскостей щеek в пределах допуска δ на размер A и симметричность их относительно средней плоскости детали.

При наличии допуска δ_1 на диаметры коренной и мотылевой щеek их оси не занимают определенного положения по высоте. Пределы изменения положения по высоте осей щеek: коренной $\Delta h_1 = \delta_1 / (2 \sin \frac{\alpha}{2})$, мотылевой $\Delta h_2 = \delta_1 / 2$.

Угол наклона осевой плоскости к горизонтальной изменяется в пределах $\pm\beta$. Значение β находим из соотношения

$$\sin \beta \approx \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2}{2L_1} = \frac{\delta_1}{4L_1} \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right).$$

Угол между обработанными плоскостями щек изменяется от 0 до 2β , причем вершина угла может находиться на разных сторонах детали. Значение β возрастает при учете контактных деформаций и износа опор приспособления. Пригодность этой схемы установки определяется выполнением условия $2\beta \leq \gamma$, где угол γ определяют из отношения $\sin \gamma \approx \delta/L$. При малых размерах кривошипа его коренную шейку можно закреплять в самоцентрирующем устройстве, а мотылевую шейку поджимать боковой призмой в горизонтальной плоскости. В этом случае независимо от допуска на диаметр шеек $\beta = 0$.

Установка тройника (рис. 34, б) при подрезке торца и растачивании отверстия осуществляется по наружным цилиндрическим поверхностям 4 и 5 в призмы. Согласно схеме погрешность базирования и погрешность закрепления для размера A равны нулю. Если растачиваемое отверстие должно быть соосно внешней поверхности заготовки, то эта схема не пригодна. Величина наибольшего отклонения от соосности

$$e_1 = \delta/2 \sin \frac{\alpha}{2}.$$

Если допустимое смещение равно e , то условие пригодности схемы выразится неравенством $e_1 \leq e$.

Установку заготовки подшипника (рис. 34, в) при растачивании отверстия производят по нижней 6 и торцовой 7 плоскостям с центровкой по наружной цилиндрической поверхности 8 призматическим зажимающим элементом 9. Эта схема позволяет точно выдерживать размер A , но не обеспечивает равенственности детали в вертикальной плоскости, так как оси отверстия и внешнего контура могут не совпадать. Требование равенственности удовлетворяется базированием детали по внешней цилиндрической поверхности при растачивании с последующей обработкой плоскости 6 от отверстия для выдерживания размера A .

Приведенные примеры показывают, что сочетание элементарных поверхностей (плоскостей, наружных и внутренних цилиндрических, сферических и других поверхностей), используемых в качестве технологических баз, может быть различным. Количество этих сочетаний, т. е. число возможных частных установочных схем, весьма велико. В каждом случае необходим анализ соответствия принятой схемы установки заданным требованиям точности обработки.

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ

Основное назначение зажимных устройств приспособлений — обеспечение надежного контакта заготовки с установочными элементами, предупреждение ее смещения и вибраций в процессе обработки (рис. 35, а). Введением дополнительных зажимных устройств увеличивают жесткость технологической системы, что повышает точность и производительность обработки. На рис. 35, б показана схема установки заготовки *a* на опоры 1—6; помимо основного зажима Q_1 дополнительное устройство Q_2 сообщает системе большую жесткость. Опора 7 выполняется самоустанавливающейся. Зажимные устройства используются также для обеспечения правильной установки и центрирования заготовки, выполняя функцию установочно-зажимных устройств. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и другие устройства, показанные на рис. 35, в и г.

Необходимость закрепления заготовки отпадает, если ее масса велика, а силы резания малы (например, при сверлении мелких отверстий в тяжелой станине), а также в том случае, когда силы, возникающие при обработке, прижимают заготовку к установочным элементам. Примеры обработки заготовок и сборки без закрепления показаны на рис. 36, а, б.

При обработке на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы второстепенного и случайного характера, предопределяя возможное смещение заготовки. По величине, направлению и месту приложения силы резания являются переменными факторами. При неустановившемся режиме (врезании инструмента) сила резания возрастает от нуля до максимума и уменьшается от максимума до нуля (сход инструмента). При установившемся режиме она также не постоянна и изменяется в определенных пределах. Амплитуда колебаний силы резания в этом случае достигает 0,1 ее номинальной величины. Точка приложения силы резания в процессе обработки непрерывно перемещается по обрабатываемой поверхности, поэтому сила резания имеет не статический, а динамический характер. При обработке прерывистых поверхностей динамичность резания еще более возрастает. С затуплением инструмента сила резания увеличивается на 10—30 % и более.

На рис. 37, а показаны эпюры осевых сил P_o и крутящих моментов $M_{кр}$ при сверлении сквозного отверстия. При выходе

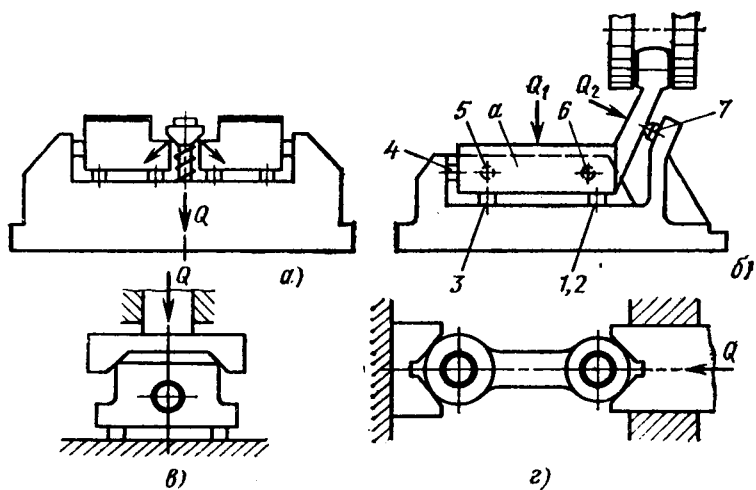


Рис. 35. Зажимные устройства

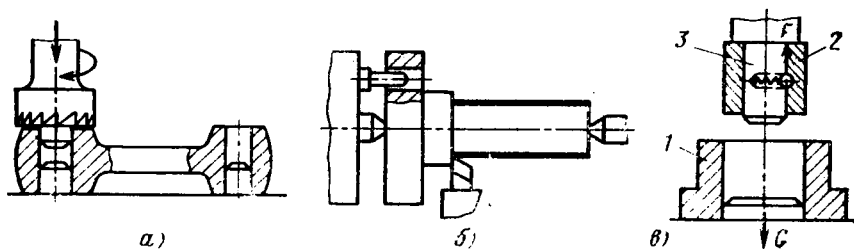


Рис. 36. Обработка (сборка) заготовок без закрепления

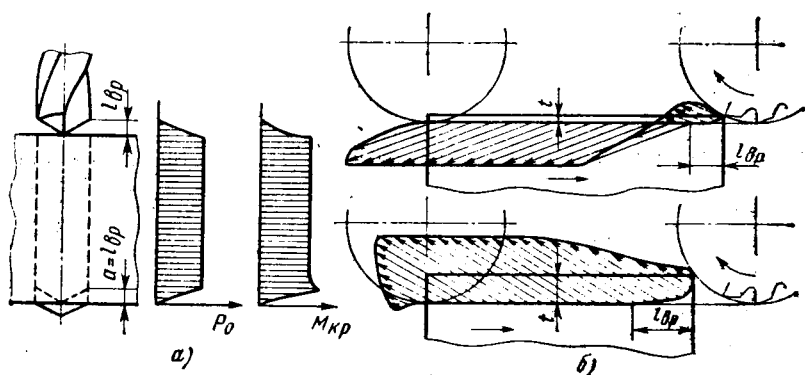


Рис. 37. Эпюры:

a — осевых сил и моментов при сверлении сквозного отверстия; b — равнодействующей силы при фрезеровании; $l_{вр}$ — путь врезания сверла; t — глубина резания

сверла $M_{кр}$ несколько увеличивается. Сила закрепления должна определяться по этой стадии обработки. При сверлении отверстий глубиной более пяти диаметров увеличиваются $M_{кр}$ и P_o , возрастает вероятность пакетирования стружки в канавках сверла и его полочки. Расчетные значения $M_{кр}$ и P_o в этом случае следует повышать в 1,5—2 раза. На рис. 37, б показаны эпюры равнодействующей сил резания при фрезеровании. При малой глубине резания (менее 2,5 мм) заготовка прижимается этой силой вниз, при большей глубине — отжимается вверх.

Объемные силы — сила тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы — возникают при определенных условиях обработки. Сила тяжести заготовки действует и учитывается при ее установке на вертикальные или наклонно расположенные элементы; она создает различные условия закрепления, если обработка осуществляется в поворотных приспособлениях. В процессе обработки резанием масса заготовки непрерывно уменьшается и изменяется положение ее центра тяжести.

Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно ее оси вращения. Величина действующих на заготовку центробежных сил и моментов (при динамическом дисбалансе) сопоставима с силами резания при чистовой обработке.

Инерционные силы (моменты) возникают и имеют значение тогда, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большими угловыми ускорениями (например, при торможении шпинделя). При возвратно-поступательном движении сила инерции, действующая на заготовку,

$$P = am = \frac{d^2L}{dt^2} m,$$

где a — ускорение; m — масса заготовки.

При изменении угловой скорости момент, действующий на заготовку,

$$M = \frac{d^2\varphi}{dt^2} J,$$

где J — момент инерции заготовки; $\frac{d^2\varphi}{dt^2}$ — угловое ускорение заготовки.

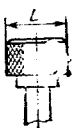
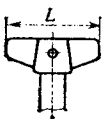
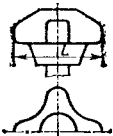
При постоянном угловом ускорении

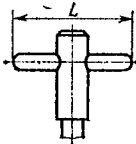
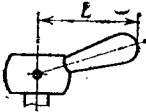
$$M = \frac{\omega}{t} J.$$

Величины P и M обычно малы по сравнению с силами и моментами резания. Лишь в случае чистовой обработки заготовок большой массы и момента инерции их значения возрастают.

К второстепенным относятся силы, возникающие при отводе режущего инструмента (сверла, метчика, развертки).

11. Предельные моменты, получаемые при различных конструктивных формах головок и рукояток винтов

					
$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н·см}$	$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н·см}$	$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н·см}$
20	70—150	30	120—250	40	400—650
24	90—180	35	250—500	50	500—700
30	100—220	45	400—650	60	600—800
36	120—250	50	500—750	80	800—950
—	—	70	700—850	—	—

			
$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н·см}$	$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н·см}$
80	700—850	75	850—1300
100	800—950	94	920—1400
120	900—1100	117	1000—1500
140	1000—1300	150	1100—1600
—	—	—	—

Смещение заготовки 1 (см. рис. 3, а) при выводе сверла из отверстия предупреждается пружинным зажимом в откидной крышке кондуктора 2. В результате этого обеспечивается заданная точность межосевого расстояния L . Необходимость закрепления базовой детали 1 (см. рис. 3б, в), в которую запрессовывается втулка 2, определяется условием $G > F$, где G — сила тяжести детали 1; F — сила трения на поверхности штока 3, удерживающего втулку от падения при сборке.

При чистовом точении наблюдается ослабление силы затяжки кулачков под действием центробежной силы, достигающее 10 %. При черновой обработке влиянием этого фактора можно пренебречь.

Требования, предъявляемые к зажимным устройствам. Эти устройства должны быть надежными в работе, просты по конструкции и удобны в обслуживании; не должны деформировать закрепляемые заготовки и портить их поверхности; закрепление и открепление заготовок должно быть с минимальной затратой

сил и времени; они должны обеспечивать равномерный зажим заготовок, особенно в многоместных приспособлениях; зажимные устройства не должны сдвигать заготовку при ее закреплении и по возможности воспринимать силы резания. Последним следует противопоставлять жесткие установочные элементы приспособления. Место приложения сил закрепления выбирают по условию наибольшей жесткости и устойчивости крепления и минимальной деформации заготовки. Для повышения точности обработки предпочтительны устройства, обеспечивающие постоянную силу закрепления.

В ручных зажимных устройствах сила на рукоятке не должна превышать 150 Н. Значения моментов, развиваемых рукой на маховичках и рукоятках различных конструкций и размеров, приведены в табл. 11. Средняя продолжительность закрепления заготовок различными зажимными устройствами: в трехкулачковом патроне ключом — 4 с; одним винтовым зажимом (ключом) — 4,5 с; штурвалом — 2,5 с; поворотом рычага — 2,5 с; маховичком или звездочкой — 2 с, поворотом рукоятки пневмо- и гидрокрана — 1,5 с. При необходимости увеличить число зажатий применяют приспособления с силовыми (пневматическими, гидравлическими) узлами.

§ 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Расчет сил закрепления производят при конструировании новых приспособлений и при использовании имеющихся универсальных (и переналаживаемых) приспособлений. Для расчета сил закрепления в первом, наиболее общем случае необходимо знать условия проектируемой обработки — величину, направление и место приложения сил, сдвигающих заготовку, а также схему ее установки и закрепления. Расчет сил закрепления в первом приближении может быть сведен к задаче статики на равновесие заготовки под действием приложенных к ней внешних сил.

К обрабатываемой заготовке приложены силы, возникающие в процессе обработки, искомые силы закрепления и реакции опор. Под действием этих сил заготовка находится в равновесии. Сила закрепления Q должна быть достаточной для предупреждения смещения установленной в приспособлении заготовки. Если величина Q оказывается больше Q' , найденной из условий точности выполнения операции, то необходимо внести коррективы в ее построение (изменение схемы установки и закрепления заготовки, режима резания, условий выполнения операции), вследствие чего возможно уменьшение первоначальных значений погрешностей закрепления ϵ_a и формы Δ_{ϕ} . При повторной проверке должно соблюдаться условие $Q \leq Q'$.

Во втором (более частом) случае расчет силы закрепления носит поверочный характер. Найденная из условий обработки необходимая сила закрепления должна быть меньше силы, которую развивает зажимное устройство используемого приспособления,

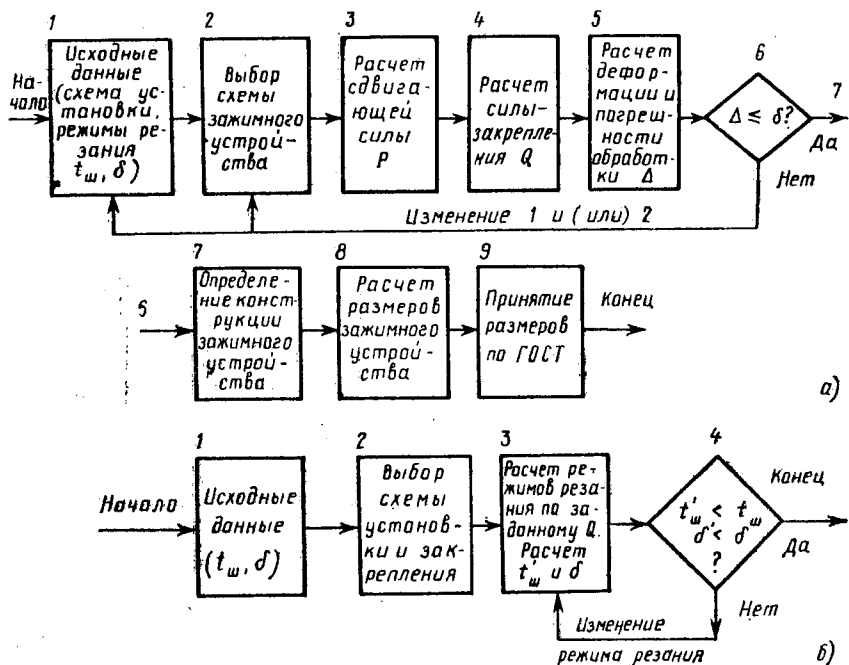


Рис. 38. Укрупненные алгоритмы расчета зажимных устройств

или равна ей. Если этого нет, то изменяют условия обработки в целях уменьшения необходимой силы закрепления с последующим поверочным расчетом. Может решаться и обратная задача — по силе закрепления находят режимы резания, число рабочих ходов (проходов) и другие условия обработки.

Укрупненные алгоритмы расчета силы закрепления и зажимного устройства показаны на рис. 38. Алгоритм для первого случая расчета дан на рис. 38, а, для второго случая — на рис. 38, б.

Рассчитывая силы закрепления, необходимо учитывать упругую характеристику зажимного устройства. В приспособлениях применяют зажимные устройства двух типов. У устройств первого типа величины упругого отжима прямо пропорциональны приложенным силам. К этим устройствам относятся самотормозящие зажимные механизмы (винтовые, клиновые, эксцентриковые и др.) независимо от вида привода (ручной, пневматический, гидравлический). Если к зажимному элементу этих механизмов приложить дополнительную силу, то величина упругого отжима элемента в направлении приложенной силы будет изменяться по линейному (или близкому к нему) закону в зависимости от величины этой силы.

К устройствам второго типа относятся пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия.

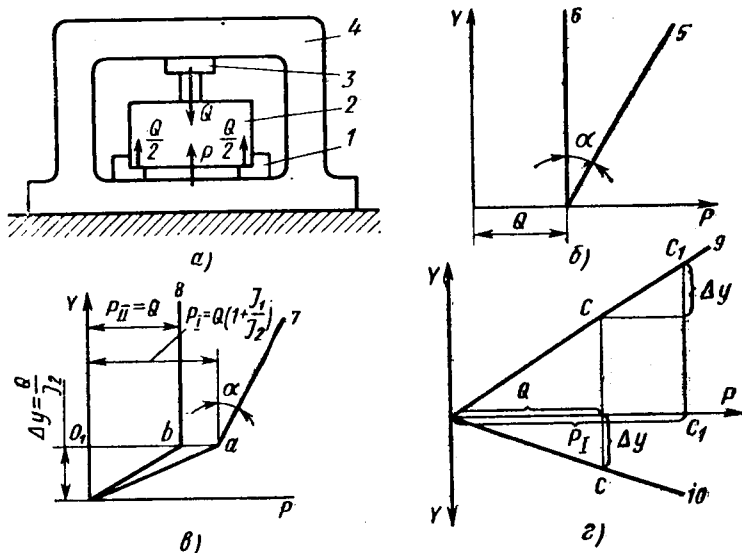


Рис. 39. Упругие характеристики зажимных устройств

Если к зажимному элементу этих устройств (например, штоку пневмоцилиндра) приложить возрастающую по величине силу, то перемещения элемента штока не произойдет до тех пор, пока приложенная сила не превысит противодействующую силу (от давления сжатого воздуха на поршень). У устройств этого типа с промежуточными звеньями без самоторможения величина отжима зажимного элемента сначала изменяется по линейному закону из-за упругих деформаций звеньев, а затем при определенном значении прилагаемой силы элемент перемещается на большую величину.

Рассматривая закрепленную в приспособлении заготовку (рис. 39, а), можно установить, что сила закрепления Q 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. Сила закрепления и реакции установочных элементов показаны стрелками. Если сила P , возникающая при обработке, направлена против силы закрепления, то зависимость смещения заготовки y от силы P будет определяться упругой характеристикой этого устройства.

На рис. 39, б прямые 5 и 6 выражают смещения заготовки при наличии зажимных устройств первой и второй групп при условии, что все звенья системы, кроме зажимного устройства, абсолютно жесткие. Если эти звенья имеют характеристику первого типа, то под влиянием силы P их упругие деформации перераспределяются. Соответствующее перемещение заготовки показано на

рис. 39, *в*. Отрезок Δy соответствует полному упругому восстановлению предварительно деформированных звеньев системы, связанных с установочными элементами. Дальнейшее увеличение силы приводит к отрыву заготовки от установочных элементов. Сопоставляя характеристики 7 и 8, можно установить, что при одинаковых упругих свойствах системы этот момент наступает раньше в приспособлении, оборудованном зажимным устройством второго типа.

Силу P_I , соответствующую моменту отрыва заготовки от опор приспособления с зажимным устройством первого типа, можно найти из схем, показанных на рис. 39, *г*, где по оси абсцисс отложены силы, а по оси ординат — перемещения. Линия 10 выражает зависимость между этими величинами для системы установочных элементов, а линия 9 — для зажимного устройства. Тангенс угла наклона этих прямых к оси абсцисс равен соответственно $1/J_2$ и $1/J_1$, где J_2 , J_1 — жесткости установочных и зажимных элементов.

Состояние системы при наличии силы закрепления Q характеризуется вертикальной линией $c - c$, а состояние в момент отрыва заготовки от опор — линией $c_1 - c_1$. Смещение заготовки, соответствующее полному упругому восстановлению системы установочных элементов,

$$\Delta y = Q \frac{1}{J_2}. \quad (12)$$

На эту же величину возрастает упругая деформация зажимного устройства. Из рисунка следует, что $P_I = Q + \Delta y J_1$, а из условия (12) —

$$P_I = Q \left(1 + \frac{J_1}{J_2} \right). \quad (13)$$

Значение силы P_I характеризуется отрезком O_1a (рис. 39, *в*). При зажимном устройстве второго типа сила P_{II} , при которой заготовка отрывается от опор приспособления, равна силе закрепления Q . На рис. 39, *в* сила P_{II} характеризуется отрезком O_1b . Из выражения (13) следует, что

$$\frac{P_I}{P_{II}} = 1 + \frac{J_1}{J_2}.$$

Ниже рассмотрены примеры расчета сил закрепления применительно к схемам установки на рис. 40 и 41. Расчеты выполнены с учетом условия обеспечения плотного контакта заготовки с установочными элементами приспособления в процессе обработки.

Зажимное устройство, предупреждающее смещение заготовки от действия силы. 1. Сила P , возникающая при обработке деталей, и сила закрепления Q прижимают заготовку к опорам приспособления (рис. 40, *а*). При постоянном значении силы P сила $Q = 0$. Этой схеме соответствуют операции обтачивания в центрах,

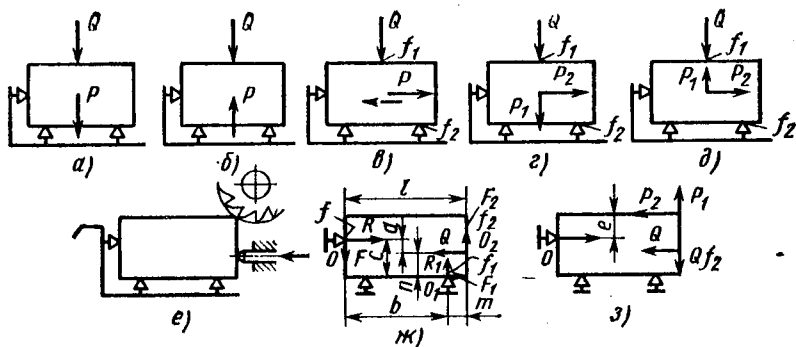


Рис. 40. Схемы для расчета сил закрепления заготовки от смещения

протягивания отверстий, цекования бобышек (см. рис. 36, а). Если возникают дополнительные сдвигающие силы N , направленные против силы закрепления, то

$$Q = kN,$$

где k — коэффициент запаса ($k > 1$).

При нестабильной силе P (например, при фрезеровании) должно быть $Q > 0$ для предупреждения вибраций, зазоров в системе и для повышения ее жесткости.

2. Сила P направлена против зажимного устройства (рис. 40, б). Для зажимного устройства второго типа $Q = kP$. Силу Q при наличии зажимного устройства первого типа найдем по формуле (13)

$$Q = kP \frac{J_2}{J_1 + J_2}.$$

3. Силы, возникающие при обработке, стремятся отодвинуть заготовку от опор (рис. 40, в). Эта схема характерна для случаев, когда направление подачи инструмента меняется (маятниковое фрезерование, фрезерование замкнутых контуров). Смещение заготовки предупреждается силами трения, возникающими в местах контакта заготовки с опорами и зажимными элементами. Согласно этому условию должно соблюдаться неравенство

$$P < Qf_1 + Qf_2,$$

где f_1, f_2 — коэффициенты трения заготовки с установочными и зажимными элементами.

Вводя коэффициент запаса $k > 1$, получим окончательно

$$Q = \frac{kP}{f_1 + f_2}.$$

Эта расчетная схема применима также для случая установки на два пальца и перпендикулярную к ним плоскость (см. рис. 24).

Из условий точности обработки и предохранения базового отверстия от вмятин ромбического пальца сила резания должна восприниматься силой трения на базовой плоскости заготовки, т. е. пальцы должны быть полностью разгружены.

4. Силы, возникающие при обработке (рис. 40, з), направлены против опор (сила P_1) и одновременно стремятся сдвинуть заготовку в боковом направлении (сила P_2). При достаточной жесткости опор и наличии зажимного устройства второго типа силу Q находим по аналогии с предыдущим случаем:

$$P_2 < (Q + P_1)f_2 + Qf_1 \text{ или}$$

$$Q = \frac{kP_2 - P_1f_2}{f_1 + f_2}.$$

Если $kP_2 < P_1f_2$ и вибраций при обработке нет, то $Q = 0$.

В приспособлениях с зажимами первого типа действие силы P_1 может вызвать изменение установившихся реакций опорных и зажимных элементов. По аналогии с п. 2

$$R_2 = Q + P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2} \text{ и } R_1 = Q + P_1 \frac{J_1}{J_1 + J_2}. \quad (14)$$

Силы трения, препятствующие сдвигу заготовки,

$$F = f_1R_1 + f_2R_2.$$

Из условий закрепления $F = kP_2$; подставляя вместо F его значение из формулы (11), а вместо R_1 и R_2 их значения из уравнений (14), получим

$$Q = \frac{kP_2 + f_1P_1 \frac{J_1}{J_1 + J_2} - f_2P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2}}{f_1 + f_2}.$$

При $J_1 = J_2$

$$Q = \frac{kP_2 + \frac{P_1}{2}(f_1 + f_2)}{f_1 + f_2}.$$

Если $f_1 = f_2 = f$, то

$$Q = \frac{kP_2}{f_1 + f_2}.$$

5. Сила P_1 направлена навстречу силе закрепления (рис. 40, д). Сила закрепления Q должна быть достаточной для обеспечения контакта заготовки с опорами приспособления и предупреждения ее сдвига в направлении действия силы P_2 . При зажимном устройстве второго типа первому условию отвечает равенство $Q' = k_1P_1$, а второму — равенство $k_2P_2 = Q'' + (Q' - P_1)f_2$; отсюда

$$Q'' = \frac{P_1f_2 + k_2P_2}{f_1 + f_2}.$$

Из найденных значений Q' и Q'' выбирают большее.

При использовании зажимного устройства первого типа первому условию удовлетворяет равенство

$$Q' = k_1 P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2}.$$

Второму условию должно отвечать равенство

$$k_2 P_2 = f_1 \left(Q'' + P_1 \frac{J_1}{J_1 + J_2} \right) + f_2 \left(Q'' - P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2} \right).$$

откуда

$$Q'' = \frac{k_2 P_2 - f_1 P_1 \frac{J_1}{J_1 + J_2} + f_2 P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2}}{f_1 + f_2}.$$

Силу закрепления Q принимают по большему из значений Q' и Q'' .

При выборе схем установки нужно обеспечивать три условия: заготовка должна занимать устойчивое положение до приложения сил закрепления; в процессе закрепления заготовки не должно быть нарушено приданное ей при установке положение; силы, возникающие при обработке, не должны смещать заготовку. Первое условие обеспечивают правильной расстановкой элементов относительно центра тяжести заготовки, второе — выбором направления и места приложения силы закрепления, выполнение третьего условия рассмотрено в приведенных выше примерах расчета.

На рис. 40, *е* показана схема обработки заготовки, закрепленной горизонтально приложением силы Q . Рассмотрим на примере этой схемы два последних условия расчета силы закрепления. Плечо a силы Q (рис. 40, *ж*) должно быть выбрано таким, чтобы заготовка была плотно прижата к установочным элементам приспособления. До начала обработки на заготовку кроме силы закрепления Q действуют реакции опор R и R_1 , а также силы трения F , F_1 и F_2 (массу заготовки не учитываем). Последние четыре силы препятствуют повороту заготовки по часовой стрелке от действия силы Q . Приравняв сумму моментов сил относительно точки O нулю, получим

$$Q = \frac{R_1 (b + f_1 c)}{a - f_2 l}. \quad (15)$$

Из суммы моментов сил относительно точки O_1 , равной нулю, находим

$$Q (n + f_2 m) = R \cdot (c - f b),$$

где f , f_1 , f_2 — коэффициенты трения в местах касания заготовки опор приспособления и зажимных элементов.

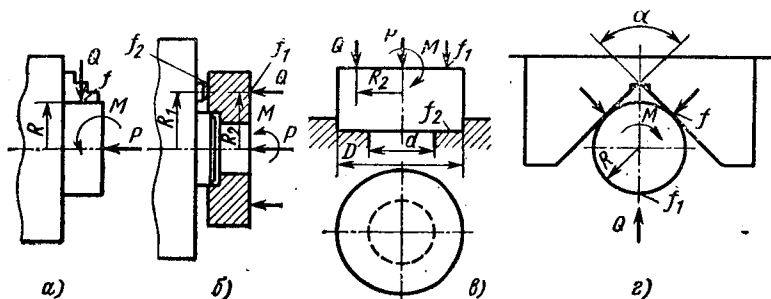


Рис. 41. Схемы для расчета сил закрепления заготовки от проворачивания

Подставляя в последнюю формулу значение силы Q из выражения (15), получим

$$\frac{R_1(b + f_1c)(n + f_2m)}{a - f_2l} = R(c - fb), \quad (16)$$

но $R_1 = Rf - Qf_2$.

Отсюда

$$R = R_1 \left[1 + \frac{(b + f_1c)f_2}{a + f_2l} \right] \frac{1}{f}. \quad (17)$$

Подставляя выражение (16) в формулу (17), после преобразований получим, что при любом значении силы Q

$$a \ll \frac{(b + f_1c)(n + f_2m)f}{c - fb} = (b + f_1c) + f_2l.$$

При установившемся процессе на заготовку действуют силы P_1 и P_2 (рис. 40, з). Из условия равновесия

$$Qa + Qf_2l - kP_2e - kPl = 0;$$

$$Q = \frac{k(P_2e + P_1l)}{a + f_2l},$$

где k — коэффициент запаса.

Зажимное устройство, предотвращающее проворачивание заготовки от действия момента. 1. Заготовка, установленная в трехкулачковом патроне, находится под действием момента M и осевой силы P (рис. 41, а). Силу закрепления можно найти из равенства

$$Q = \frac{kM}{3fR}, \quad (18)$$

где R — радиус заготовки; f — коэффициент трения ее поверхности в кулачках.

При больших значениях P могут возникнуть дополнительные силы трения между торцом заготовки и уступами кулачков. Если $\frac{P}{3} > f_1 Q$ (где f_1 — коэффициент трения при сдвиге заготовки вдоль кулачков), то расчет Q следует вести из условия

$$kM = 3fRQ + 3f_2R_1 \left(\frac{P_3}{3} - f_1Q \right),$$

откуда

$$Q = \frac{kM - f_2R_1P}{3fR - 3f_1f_2R_1},$$

где f_2 — коэффициент трения заготовки с уступами кулачков; R_1 — средний радиус расположения площадки контакта.

При противоположном направлении силы P следует пользоваться формулой (18). Значение Q проверяют на невозможность осевого сдвига заготовки по формуле $kP = 3f_1Q$.

2. Заготовка, центрируемая по выточке (рис. 41, б), прижимается к трем опорам прихватами. В процессе обработки возникают сдвигающий момент M и осевая сила P . При равных реакциях опор возможны следующие схемы расчета. При жесткой установке, зажимном устройстве второго типа и достаточной жесткости закрепления в тангенциальном направлении сила Q находится из равенства

$$kM = f_1 QR_2 + f_2 QR_1 + f_2 PR_1,$$

откуда

$$Q = \frac{kM - f_2 PR_1}{f_1 R_2 + f_2 R_1}.$$

Величины R_1 , R_2 и места, где учитываются коэффициенты трения f_1 и f_2 , показаны на рис. 41, б. При тех же условиях, но при малой тангенциальной жесткости зажима, трение между заготовкой и прихватами не учитывают:

$$kM = f_2 QR_1 + f_2 PR_1$$

или

$$Q = \frac{kM - f_2 PR}{f_2 R_1}.$$

При условиях, приведенных в п. 1, и зажиме первого типа сила P вызывает изменение реакций опор и зажимного устройства

$$T_2 = Q + P \frac{J_2}{J_1 + J_2}; \quad T_1 = Q - P \frac{J_1}{J_1 + J_2},$$

отсюда

$$kM = f_1 T_1 R_2 + f_2 T_2 R_1.$$

После преобразования получим

$$Q = \frac{kM - f_2 R_1 P \frac{J_2}{J_1 + J_2} + f_1 R_2 P \frac{J_1}{J_1 + J_2}}{f_1 R_2 + f_2 R_1}. \quad (19)$$

Если в предыдущем случае тангенциальная жесткость зажима невелика, то формула (19) примет вид

$$Q = \frac{kM - f_2 R_1 P \frac{J_2}{J_1 + J_2}}{f_2 R_1}.$$

3. В отличие от схемы, показанной на рис. 41, б, заготовка устанавливается на кольцевую поверхность (рис. 41, в). При равномерном давлении на поверхность имеем аналогичные четыре случая расчета:

$$Q = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 R_1};$$

$$Q = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}};$$

$$Q = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \frac{J_2}{J_1 + J_2} + f_1 R_2 P \frac{J_1}{J_1 + J_2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 R_2};$$

$$Q = \frac{kM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \frac{J_2}{J_1 + J_2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}.$$

4. Цилиндрическая заготовка закреплена в призме с углом α (рис. 41, г). Без учета трения на торце имеем

$$k\bar{M} = f_1 RQ + f_2 RQ \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}},$$

откуда

$$Q = \frac{kM}{f_1 R + \frac{f_2 R}{\sin \frac{\alpha}{2}}}.$$

Если заготовка сдвигается под действием осевой силы P вдоль призмы, то

$$Q = \frac{kP}{f_1' + f_2' \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}.$$

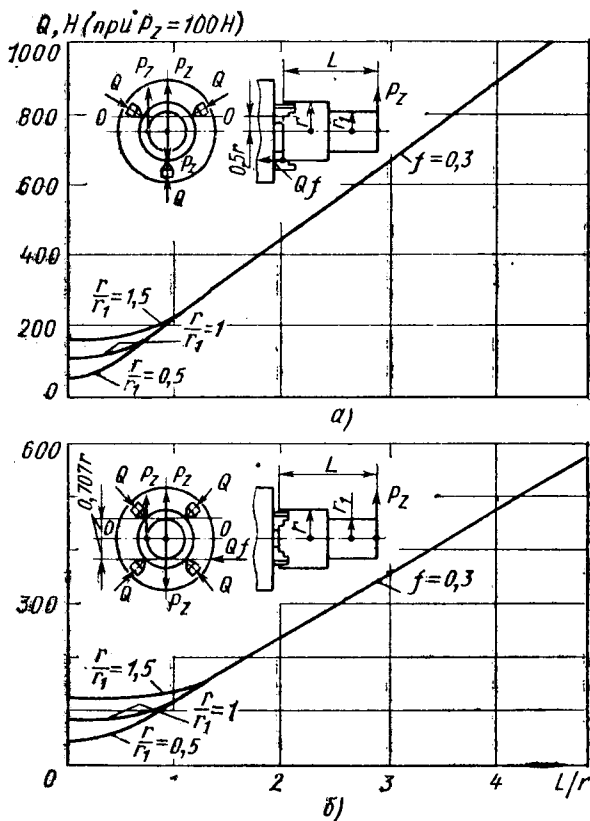


Рис. 42. Графики для определения сил закрепления заготовок в трех- и четырехкулачковых патронах

При обтачивании длинной заготовки, консольно зажатой в трехкулачковом патроне, сила закрепления должна надежно удерживать ее в кулачках. Для коротких кулачков (рис. 42, а) условие равновесия для наименее выгодного приложения силы P_z (выворачивание заготовки вокруг линии $O—O$) будет

$$kP_z L = 1,5Qfr,$$

откуда

$$Q = \frac{kP_z L}{1,5rf}.$$

Значения Q можно найти по кривым на рис. 42, а при $k = 1,0$; $P_z = 100$ кН и $f = 0,3$. Найденную величину Q умножают на коэффициент запаса и на поправку $P'_z/10$, где P'_z — сила резания при одном резе или равнодействующая составляющих силы резания при нескольких одновременно работающих резцах. Ве-

личина L характеризует расстояние от места закрепления заготовки до равнодействующей.

Левая разветвляющаяся часть кривой соответствует условиям закрепления короткой заготовки, для которой момент от силы P_z мал. Для этого случая расчет произведен по моменту трения заготовки в кулачках патрона $Q = kP_z/3f$. Если $f = 0,45$, то полученное значение Q делят на 1,5, а при $f = 0,6$ — на 2. Рекомендуемые значения f : при гладких губках 0,16—0,18, при губках с кольцевыми канавками 0,3—0,4, при губках с взаимно перпендикулярными канавками 0,4—0,5, при губках с острыми рифлениями 0,7—1,0.

При закреплении заготовки в четырехкулачковом патроне (рис. 42, б) силу на одном кулачке можно определить из условия равновесия моментов относительно одного из кулачков:

$$kP_z L = Q(2rf + 2rf),$$

откуда

$$Q = \frac{kP_z L}{4rf}.$$

Аналогичная кривая для определения Q показана на рис. 42, б. Сила Q определяется при тех же условиях, что и в предыдущем случае.

Зажимное устройство, предотвращающее смещение заготовки от действия нескольких одновременно действующих моментов.

1. В заготовке одновременно обрабатывают n отверстий мерными инструментами (зенкерами, развертками, цековками) с параллельно расположенными осями. При малой радиальной жесткости инструментов (закрепление их на удлиненных оправках и работа без кондукторных втулок) на заготовку действует суммарный

момент $\sum_{i=1}^n M_i$ от инструментов. Силу закрепления и место ее приложения выбирают так, чтобы момент трения, удерживающий заготовку, $M_{тр} = k \sum_{i=1}^n M_i$. Если заготовка крепится в призме

(рис. 43, а), то для расчета силы закрепления применима формула схемы, показанной на рис. 41, с:

При большой радиальной жесткости инструментов (обработка по кондукторным втулкам, растачивание многолезцовыми головками) силу закрепления можно уменьшить, так как проворачиванию заготовки от суммарного момента препятствуют сами инструменты. Этот случай, однако, характерен для обработки отверстий по широким допускам ввиду большого бокового давления стенки отверстия на инструмент. Силу закрепления можно уменьшить, применяя упоры, штыри и другие элементы для восприятия суммарного момента. Последний можно привести к нулю или значительно снизить, если половину обрабатывающих инструментов выполнить левого вращения.

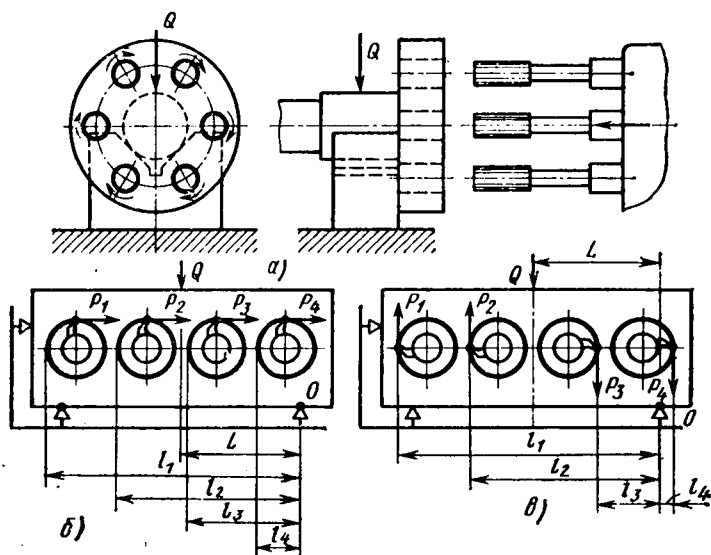


Рис. 43. Схемы для расчета сил закрепления заготовок при многоинструментной обработке

2. В заготовке одновременно растачивается несколько параллельно расположенных отверстий однорезцовыми скалками. При самом невыгодном угловом расположении резцов возникает максимальная суммарная сила сдвига $P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$ (рис. 43, б). Сила закрепления

$$Q = \frac{kP}{f_1 + f_2}, \quad (a)$$

где f_1 и f_2 — коэффициенты трения соответственно между заготовкой и зажимным элементом, между заготовкой и опорами.

Момент относительно точки O от силы P $M = PH$. Он должен быть уравновешен моментом от силы Q $M_1 = QL$. Вводя коэффициент запаса k , получим силу закрепления по условию приложенных моментов:

$$Q = \frac{kPH}{L} \quad (б) \quad \text{и} \quad Q = \frac{k(P_1l_1 + P_2l_2 + \dots + P_nl_n)}{L}. \quad (в)$$

Определяя силу Q по условиям (а), (б) и (в), выбираем ее наибольшее значение для данного конкретного случая.

При синхронном вращении шпинделей можно установить такое расположение резцов (рис. 43, в), при котором условие (а) отпадает, а условие (в) получает вид

$$Q = \frac{k[(P_4l_4 + P_3l_3) - (P_2l_2 - P_1l_1)]}{L}.$$

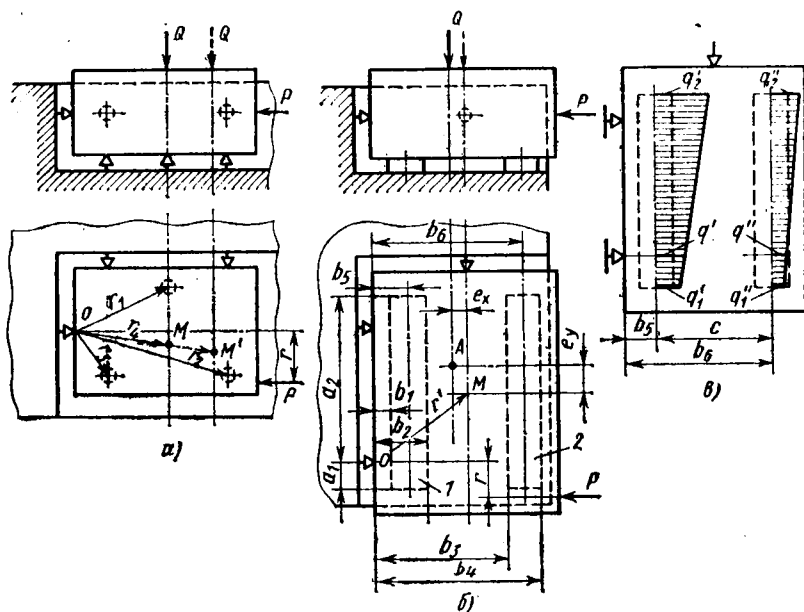


Рис. 44. Схемы для расчета сил закрепления заготовок

Силу закрепления в этом случае можно значительно уменьшить. В общем случае при расчете силы закрепления заготовки, подвергаемой многоинструментной обработке, следует ориентироваться на самую неблагоприятную фазу изменения сил резания в процессе данной операции. Это требует анализа структуры и операций по всем ее элементам.

Зажимное устройство, предотвращающее проворачивание заготовки на базовой плоскости от действия боковых сил. 1. Заготовка установлена на три опоры и базируется боковыми плоскостями (рис. 44, а). Сила резания P стремится повернуть заготовку вокруг боковой опоры O . Смещению заготовки препятствуют силы трения в местах ее контакта с опорами (коэффициент трения f_1) и с зажимным устройством (коэффициент трения f_2). Если сила закрепления Q приложена в центре тяжести M опорного треугольника, то условие равновесия имеет вид

$$kPr = Q \left[\frac{1}{3} f_1 (r_1 + r_2 + r_3) + f_2 r_4 \right],$$

откуда

$$Q = \frac{3kPr}{f_1 (r_1 + r_2 + r_3) + 3f_2 r_4}.$$

Если точка приложения силы закрепления M' не совпадает с центром тяжести M опорного треугольника, то равенство реакций опор нарушается. Для этого общего случая условие равновесия

$$kPr = f_1Q (ar_1 + br_2 + cr_3) + f_2Qr_4,$$

где коэффициенты a , b и c , в сумме составляющие единицу, находят из условий статики:

$$Q = \frac{kPr}{f_1(ar_1 + br_2 + cr_3) + f_2r_4}.$$

2. Заготовка установлена на опорные пластины и базируется боковыми плоскостями. Сила P стремится повернуть заготовку вокруг опоры O (рис. 44, б). Момент силы P уравнивается моментом сил трения на поверхностях контакта заготовки с установочными и зажимными элементами: $kPr = M_{тр}$.

Если сила закрепления Q приложена в центре тяжести опорных поверхностей пластин и давление q постоянно, то

$$M_{тр} = fq \int_{F_1} \rho_1 dF_1 + fq \int_{F_2} \rho_2 dF_2 + f'Qr', \quad (20)$$

где F_1 , F_2 — площади опорных поверхностей пластин;

$$q = \frac{Q}{F_1 + F_2};$$

$$\rho_1 = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad \text{и} \quad dF_1 = dx_1 dy_1;$$

$$\rho_2 = \sqrt{x_2^2 + y_2^2} \quad \text{и} \quad dF_2 = dx_2 dy_2.$$

После подстановки этих величин в выражение (20) получим

$$M_{тр} = fq \int_{F_1} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} dx_1 dy_1 + fq \int_{F_2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} dx_2 dy_2 + fQr'.$$

Введем пределы интегрирования согласно рис. 44, б, тогда

$$M_{тр} = fq \int_{a_1}^{a_2} \left\{ \int_{b_1}^{b_2} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} dy_1 \right\} dx_1 + fq \int_{a_1}^{a_2} \left\{ \int_{b_1}^{b_2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} dy_2 \right\} dx_2 + fQr'.$$

Точное определение $M_{тр}$ сложно для практического пользования. Приближенное решение получим, приняв

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96x + 0,4y \quad \text{при} \quad x \geq y;$$

$$\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96y + 0,4x \quad \text{при} \quad y \geq x$$

(при $x = y$ погрешность такой замены менее 4 %).

Если сила закрепления Q приложена в точке A , смещенной относительно центра тяжести M опорных пластин, то давление непостоянно. Нагрузка на пластину L

$$Q' = Q \left(\frac{e_x}{c} + 0,5 \right),$$

где e_x — смещение точки приложения силы Q ; o — расстояние между пластинами.

Соответственно нагрузка на пластину 2

$$Q'' = Q \left(0,5 - \frac{e_x}{c} \right).$$

Аналогично предыдущему случаю

$$\begin{aligned} M_{\text{тр}} &= f \iint_{F_1} \rho_1 dF_1 q' + f \iint_{F_2} \rho_2 dF_2 q'' + \\ &+ f' Q r' = f \iint_{F_1} \sqrt{x_1^2 + y_1^2} q' dx_1 dy_1 + \\ &+ f \iint_{F_2} \sqrt{x_2^2 + y_2^2} q'' dx_2 dy_2 + f' Q r', \end{aligned}$$

где q' , q'' — давления на пластинах 1 и 2.

Распределение давления вдоль пластин зависит от смещения e_y точки приложения силы Q . Приняв линейный закон распределения, получим эпюру давления в виде трапеции (рис. 42, в), что имеет место при $e_y < \frac{l}{6}$, где l — длина пластины. Изменение давления по длине пластины 1 можно выразить уравнением

$$q' = q'_1 + k(y + a_1),$$

где

$$k = \frac{q_2 - q_1}{l}; \quad q'_1 = \frac{Q'}{l} \left(1 - \frac{6e_y}{l} \right);$$

$$q'_2 = \frac{Q'}{l} \left(1 + \frac{6e_y}{l} \right).$$

После преобразований получим для пластин 1 и 2

$$q' = A' + B'y \text{ и } q'' = A'' + B''y;$$

здесь

$$A' = \frac{Q'}{l} \left(1 + \frac{6e_y}{l} + \frac{12e_y a_1}{l^2} \right) \text{ и } B' = \frac{12Q'e_y}{l^2}.$$

В выражениях для A'' и B'' вместо Q' берется Q'' .

Применив по аналогии со случаем $q = \text{const}$ замену $\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96y + 0,4x$ (при $x \leq y$) и $\sqrt{x^2 + y^2} = 0,96x + 0,4y$ (при $x > y$), получим более простое приближенное решение. Зная $M_{\text{тр}}$, найдем силу закрепления, решая приведенные уравнения относительно Q .

Расчетные факторы для определения сил закрепления. Для расчета сил закрепления необходимо знать жесткости систем установочных и зажимных элементов приспособления по нормали и в тангенциальном направлении, величины коэффициентов трения покоя f , а также значения коэффициента запаса k .

Жесткость системы установочных элементов по нормали может быть определена из уравнения

$$\frac{1}{J_2} = \frac{1}{J_1''} + \frac{1}{J_2''} + \frac{1}{J_3''} + \dots + \frac{1}{J_n''},$$

где J_1'' — жесткость стыка заготовки с ее опорами; $J_2'', \dots, J_n''$ — жесткости постоянных стыков приспособления и его элементов, передающих силу закрепления.

Жесткость системы зажимных элементов J_1 найдем из аналогичного уравнения

$$\frac{1}{J_1} = \frac{1}{J_1'} + \frac{1}{J_2'} + \frac{1}{J_3'} + \dots + \frac{1}{J_n'},$$

где J_1' — жесткость стыка заготовки с зажимом; $J_2', \dots, J_n'$ — жесткость стыков и элементов приспособления, передающих силу закрепления.

Величины J_1'' и J_1' берут из зависимостей, приведенных в гл. I, по среднему значению силы, действующей на рассматриваемый элемент. Остальные величины берут из формул сопротивления материалов.

В общем балансе величин $1/J_2$ и $1/J_1$ наибольший вес имеют составляющие $1/J_1''$ и $1/J_1'$. На основе анализа схем установки в различных приспособлениях можно рекомендовать приближенные формулы

$$J_1 = (0,4 \div 0,6) J_1' \quad \text{и} \quad J_2 = (0,6 \div 0,8) J_1''.$$

Меньшие значения коэффициентов относятся к многозвенным, нежестким системам. В большинстве случаев $J_2 > J_1$. Соотношение между ними можно выразить формулой $J_2 = (1,5 \div 2,5) J_1$. Если известны величины жесткостей J_1 и J_2 , то в приведенных ранее формулах для расчета сил закрепления можно брать приближенно

$$\frac{J_1}{J_1 + J_{21}} = 0,3 \div 0,4 \quad \text{и} \quad \frac{J_2}{J_1 + J_2} = 0,6 \div 0,7.$$

Меньшие значения в первом соотношении и большие во втором берутся для зажимных систем пониженной жесткости. Величину упругих перемещений (мкм) в касательном направлении определяют по формуле

$$y = \omega \tau,$$

где τ — касательное напряжение в стыке; ω — тангенциальная податливость.

Упругие перемещения в стыке происходят до величины тангенциальной силы, равной примерно половине силы трения покоя. Затем начинаются большие по величине пластические перемещения, переходящие в сдвиг стыка. Тангенциальная жесткость стыка заготовка — зажимной элемент обычно в 3—4 раза ниже жест-

кости стыка заготовка — опора. На нее влияют зазоры в сопряжениях зажимного механизма и консоли зажимных элементов.

При контакте обработанных поверхностей заготовок с установочными и зажимными элементами коэффициент трения покоя мало зависит от шероховатости поверхности заготовок, давления, материала заготовок и наличия следов смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). При повышении давления до предельных значений и смачивании поверхностей контакта коэффициент трения уменьшается на одну-две сотых. В расчетах коэффициент трения можно принимать равным 0,16.

Коэффициент трения (т. е. отношение силы трения к нормальной силе) при контакте необработанных заготовок (отливок, поковок) с опорами, имеющими сферическую головку (ГОСТ 13441—68), зависит от величины нормальной силы и радиуса сферы. С увеличением нормальной силы и уменьшением радиуса сферы коэффициент трения возрастает от 0,18 до 0,30 в результате сопротивления сдвигу при контактных деформациях.

При обычных нагрузках на опору коэффициент трения можно брать 0,20—0,25. При контакте заготовок с зажимными и установочными рифлеными элементами коэффициент трения зависит от нормальной силы. С ее ростом увеличивается глубина внедрения рифлений в поверхность заготовки и сопротивление сдвигу возрастает; коэффициент трения достигает 0,7—0,9.

Зависимость между коэффициентом трения и нормальной силой можно представить для заготовок из серого чугуна и конструкционной стали выражением $f = 5 \cdot 10^{-5} N + 0,2$, где N — нормальная сила на 1 см² рабочей поверхности установочного элемента, Н.

В расчетах сил закрепления вводят коэффициент запаса k . Он необходим для обеспечения надежности зажимных устройств, так как вырыв или смещение заготовки при обработке недопустимо. Коэффициент k учитывает неточность расчетов, непостоянство условий обработки и установки заготовок. Применение в расчетах среднего значения k неправильно: при малом k надежность зажимного устройства недостаточна, при большом k получают завышенные силы закрепления, что увеличивает размеры зажимных устройств и приспособления в целом. В зависимости от конкретных условий построения операции значение k следует выбирать дифференцированно, как произведение первичных коэффициентов $k_0, k_1, k_2, \dots, k_n$, отражающих поправки на различных этапах расчета.

Коэффициент k_0 учитывает неточность расчетов. При определении сил резания следует ориентироваться на самые невыгодные условия обработки — наибольшую глубину резания и наибольшую твердость обрабатываемого материала заготовки, получая при этом наибольшее значение P (рис. 45, а). Из-за неточности расчетных формул действительная сила резания может получиться большей, чем $P_{\max}$. Разброс этой силы для партии заготовок по-

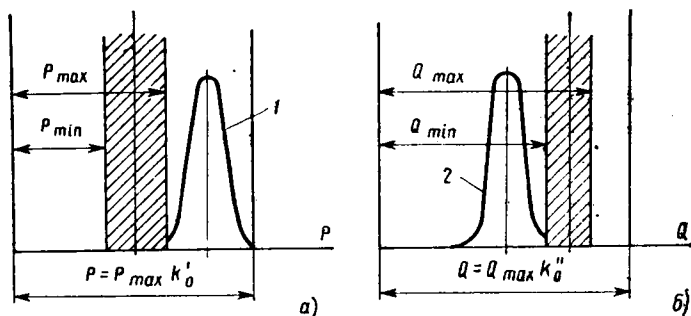


Рис. 45. Схемы для расчета коэффициента запаса

казан кривой рассеяния 1. За расчетную силу резания, следовательно, нужно брать не силу $P_{\max}$, а силу $P = P_{\max} k'_0$. Здесь k'_0 берется равным 1,1—1,3 (меньшие значения для однолезвийных и большие — для многолезвийных инструментов). При определении сил закрепления следует также ориентироваться на наименее выгодные условия, получая наибольшую силу $Q_{\max}$ (рис. 45, б). Из-за несовершенства расчетной схемы действительная величина силы закреплений в выполненном приспособлении может получиться меньшей $Q_{\max}$ (кривая распределения 2). За расчетную силу закрепления принимаем $Q = Q_{\max} k''_0$, где $k''_0 = 1,1 \div 1,2$. Большое значение k''_0 рекомендуется для сложных многозвенных зажимных систем, а также для устройств многоместных приспособлений, где необходимо обеспечивать равномерное закрепление всех заготовок.

Для обеспечения полной безотказности работы зажимного устройства, особенно в условиях автоматизированного производства, необходимо введение гарантированного коэффициента запаса $k_0''' = 1,2 \div 1,3$, который учитывает внезапные факторы (твердые включения в обрабатываемом материале, выкрашивание режущей кромки инструмента и др.). Таким образом, $k_0 = k'_0 k''_0 k_0'''$; практически $k_0 = 1,5 \div 2$.

Коэффициент k_1 учитывает наличие случайных неровностей на поверхности заготовки, что вызывает увеличение сил резания. При черновой обработке $k_1 = 1,2$; при чистовой и отделочной обработке $k_1 = 1,0$. Коэффициент k_2 учитывает увеличение сил резания от прогрессирующего затупления режущего инструмента ($k_2 = 1,0 \div 1,7$). Значения k_2 приведены в табл. 12. Коэффициент k_3 учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании. При точении и торцовом фрезеровании k_3 достигает значения 1,2.

Коэффициент k_4 характеризует зажимное устройство с точки зрения постоянства развиваемых им сил. При ручных устройствах силы закрепления непостоянны и для них можно принимать $k_4 = 1,3$. При наличии пневматических, гидравлических зажимных устройств прямого действия $k_4 = 1,0$. Если допуск на размер

12. Значения коэффициента k_2

Метод обработки	Силовые компоненты резания	Коэффициент k_2	Материал обрабатываемой заготовки
Сверление	$M_{кр}$ P_0	0,15 1,0	Чугун
Зенкерование	$M_{кр}$ P_0	1,3 1,2	»
Предварительное точение (в скобках — для чистовой обработки)	P_z	1,0	Сталь
		1,0	Чугун
	P_y	1,4 (1,1)	Сталь
		1,2 (1,4)	Чугун
	P_x	1,6 (1,0)	Сталь
		1,25 (1,3)	Чугун
Цилиндрическое и торцовое фрезерование	P_z	1,7	Сталь
		1,3	Чугун
Шлифование	P_z	1,20	—
Протягивание	P_z	1,5	—

заготовки влияет на силу закрепления, что имеет место при использовании пневмокамер, пневморычажных систем, мембранных патронов и других устройств, $k_4 = 1,2$.

Коэффициент k_5 характеризует удобство расположения рукояток в ручных зажимных устройствах. При удобном положении рукоятки и малом диапазоне угла ее поворота $k_5 = 1,0$, при большом диапазоне (более 90°) $k_5 = 1,2$. Коэффициент k_6 учитывается только при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку. Если заготовка установлена базовой плоскостью на опоры с ограниченной поверхностью контакта, $k_6 = 1,0$. Если заготовка установлена на планки или другие элементы с большой поверхностью контакта, k_6 принимается равным до 1,5. В этом случае макронеровности на базовой поверхности заготовки вызывают неопределенность положения мест контакта относительно центра поворота заготовки.

Выбирая значения коэффициентов $k_1, \dots, k_6$ соответственно условиям выполнения операции, можно получить величину k для каждого конкретного случая обработки:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6.$$

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

Решение. По характеру выполняемой операции принимаем следующие значения первичных коэффициентов: $k_0 = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 1,6$; $k_1 = 1,2$; $k_2 = 1,8$ (см. табл. 12); $k_3 = 1,0$; $k_4 = 1,3$; $k_5 = 1,2$; $k_6 = 1,5$. Общий коэффициент запаса $k = 8$.

При чистовом растачивании заготовки, закрепленной в кулачках пневматического патрона, все первичные коэффициенты равны единице. В этом случае коэффициент запаса имеет минимальное значение $k = k_0 = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 1,7$.

§ 3. ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА

К элементарным зажимным устройствам относятся простейшие механизмы, используемые для закрепления заготовок или выполняющие роль промежуточных звеньев в сложных зажимных системах. При конструировании приспособлений по требуемой силе закрепления заготовки устанавливают основные размеры зажимного устройства и определяют исходную силу (момент) на рукоятке или силовом узле привода приспособления.

Винтовые зажимы применяют в приспособлениях с ручным закреплением заготовок, в приспособлениях механизированного типа, а также на автоматических линиях при использовании приспособлений-спутников; они просты, компактны и надежны в работе.

Номинальный диаметр винта (мм)

$$d = C \sqrt{Q/\sigma}, \quad (21)$$

где $C = 1,4$ — коэффициент для основной метрической резьбы; Q — сила закрепления заготовки, Н; σ — напряжение растяжения (сжатия); для винтов из стали 45 с учетом износа резьбы $\sigma = 80 \div 100$ МПа.

Диаметр округляют до ближайшего большего значения. В приспособлениях применяют резьбы от М8 до М42.

Момент, развиваемый на рукоятке или маховичке, для получения заданной силы закрепления Q

$$M = r_{\text{ср}} Q \operatorname{tg}(\alpha + \rho) + M_{\text{тр}}, \quad (22)$$

где $r_{\text{ср}}$ — средний радиус резьбы; α — угол подъема резьбы; ρ — угол трения в резьбе; $M_{\text{тр}}$ — момент трения на опорном торце гайки или винта;

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} f Q \frac{D_{\text{н}}^3 - d_{\text{в}}^3}{D_{\text{н}}^2 - d_{\text{в}}^2}.$$

Принимая $\alpha = 2^\circ 30'$ (для резьб от М8 до М42 α меняется от $3^\circ 10'$ до $1^\circ 57'$), $\rho = 10^\circ 30'$, $r_{\text{ср}} = 0,45 d$, $D_{\text{н}} = 1,7 d$, $d_{\text{в}} = d$ и $f = 0,15$, получим приближенную формулу для момента на опорном торце гайки

$$M = 0,2dQ.$$

Момент открепления винтового зажима при $\rho > \alpha$

$$M' = r_{\text{ср}} Q \operatorname{tg}(\rho - \alpha) + M_{\text{тр}}.$$

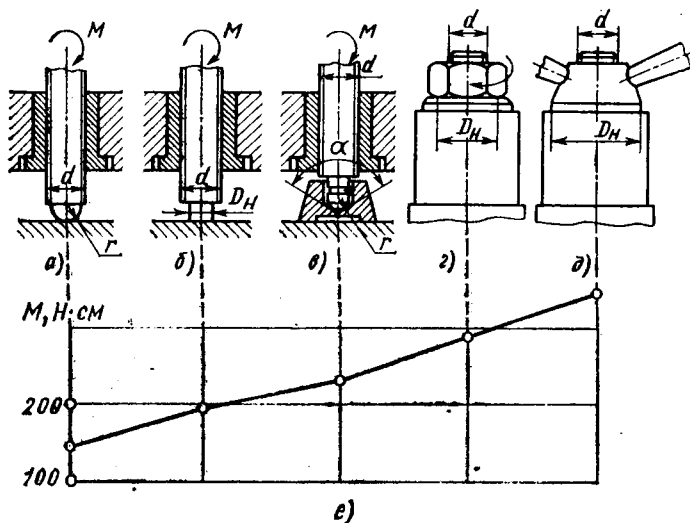


Рис. 46. Влияние трения на торце винта (гайки) на момент затяжки при постоянной силе закрепления:

$d = 14$ мм; $Q = 10$ кН

При откреплении приходится преодолевать трение покоя, и поэтому значения ρ и f нужно брать на 30—50 % большими, чем при закреплении. После преобразований получим приближенную формулу

$$M' = 0,25dQ.$$

Если заготовка в процессе обработки нагревается, то момент открепления может возрасти.

Для винтов со сферическим торцом (рис. 46, а)

$$M \approx 0,1dQ; \quad (23)$$

здесь момент трения на торце из-за своей малости не учтен ($M_{тр} < 0,03M$).

Для винтов с плоским торцом (рис. 46, б)

$$M = 0,1dQ + \frac{fQD_H}{3},$$

а для винта с башмаком (рис. 46, в), предупреждающим порчу поверхности заготовки,

$$M = 0,1dQ + rf \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} Q.$$

При $\alpha = 120^\circ$ и $f = 0,16$

$$M = 0,1Q(d + r).$$

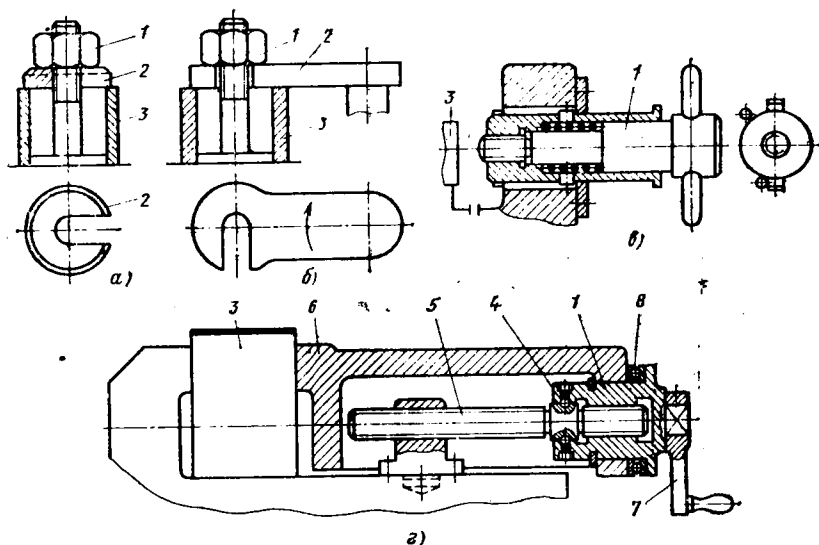


Рис. 47. Быстродействующие винтовые зажимы

На рис. 46, е показано влияние трения на опорном торце на момент, который необходимо развить при затяжке винта (гайки) с основной метрической резьбой для получения одной и той же силы закрепления. При построении принято: $r = 6$ мм (см. рис. 46, а); $D_n/d = 0,8$ (см. рис. 46, б); $r = 10$ мм; $\alpha = 118^\circ$, $f = 0,15$ (см. рис. 46, в); $D_n/d = 1,7$ (см. рис. 46, г); $D_n/d = 2,5$ (см. рис. 46, д).

Пользуясь данными табл. 12, можно обоснованно выбирать конструкцию головки по найденному значению M . Винты рекомендуются выполнять из стали 45, твердость конца винта $HRC\ 33-38$.

На рис. 47 показаны некоторые конструкции быстродействующих зажимов. Наиболее прост винтовой зажим с разрезной шайбой (рис. 47, а) или откидной разрезной планкой (рис. 47, б). После ослабления гайки 1 (или планки) шайба 2 сдвигается и заготовка 3 снимается через гайку; диаметр последней должен быть меньше диаметра отверстия в заготовке. Применяют также плунжерные устройства (рис. 47, в). Они позволяют отводить зажимной элемент 1 на большое расстояние от заготовки 3 и крепить ее поворотом стержня на малый угол.

На рис. 47, г показано быстродействующее зажимное устройство с двойным винтом применительно к машинным тискам. При вращении закрепленной на гайке 1 рукоятки 7 момент через пружинные шарики 4 передается на винт 5, имеющий с правой стороны мелкую и с левой крупную резьбы. При быстром подводе подвижной губки 6 к заготовке 3 работает левая сторона винта. С возрастанием момента шариковое устройство срабатывает и винт

останавливается. При дальнейшем вращении рукоятки начинает работать правая сторона винта, скорость перемещения губки уменьшается, а сила закрепления увеличивается. Упорный шарикоподшипник 8 уменьшает трение на торцевой поверхности гайки. При откреплении заготовки устройство работает в обратном порядке.

В этом устройстве скорости подвода и отвода подвижной губки возрастают во столько раз, во сколько шаг левой резьбы t_1 больше шага правой t_2 . Сила закрепления, как это видно из формулы (22), увеличивается не в t_1/t_2 раз, а несколько меньше. Приняв момент M постоянным и средний радиус для обоих участков резьбы одинаковым, получим, пренебрегая моментом трения на торце винта,

$$M = Q_1 r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha_1 + \rho) = Q_2 r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha_2 + \rho)$$

или

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{\operatorname{tg}(\alpha_2 + \rho)}{\operatorname{tg}(\alpha_1 + \rho)}.$$

Поскольку угол трения ρ значительно больше угла подъема нитки резьбы, то выигрыш в силе в этом устройстве получается сравнительно небольшой. Применяют устройство главным образом для ускорения подвода и отвода подвижной губки.

Пример. Определить диаметр нажимного винта и момент его затяжки для закрепления заготовки с силой $Q = 5$ кН. Установить целесообразную форму головки винта для затяжки его вручную (без ключа). Нажимной конец винта выполнен в двух вариантах: со сферической заточкой и с плоским торцом.

Решение. Номинальный диаметр винта находим по формуле (21), приняв $C = 1,4$ и $\sigma = 80$ МПа,

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}} = 1,4 \sqrt{\frac{5000}{80}} = 11,2 \text{ мм};$$

принимаем $d = 12$ мм.

Момент затяжки винта со сферической заточкой находим по формуле (23);

$$M = 0,1dQ \approx 600 \text{ Н} \cdot \text{см}.$$

Момент затяжки винта с плоским торцом ($d = 0,8$ см)

$$M = 0,1dQ + \frac{lQd_1}{3} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 5000 + \frac{0,16 \cdot 5000 \cdot 0,8}{3} = 810 \text{ Н} \cdot \text{см}.$$

По величине момента затяжки находим форму головки винта (см. табл. 11).

Эксцентрикковые зажимы рекомендуется изготовлять из стали 20Х с цементацией на глубину 0,8—1,2 мм и последующей закалкой до твердости HRC 55—60. Исходными данными для расчета основных размеров круглого эксцентрика (рис. 48) являются: δ — допуск на размер заготовки от ее установочной базы до места приложения силы закрепления, мм; α — угол поворота эксцентрика от нулевого (начального) положения; Q — сила закрепления заготовки, Н.

Если угол поворота эксцентрика не ограничен, то

$$2e = s_1 + \delta + s_2 + \frac{Q}{J},$$

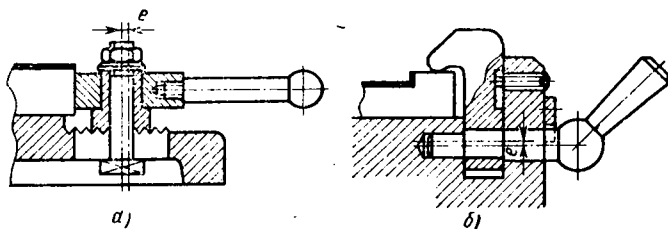


Рис. 48. Эксцентровые зажимы:

a — дисковый эксцентрик; *б* — эксцентрик с Г-образным прихватом

где s_1 — зазор для свободного ввода заготовки под эксцентрик; s_2 — запас хода эксцентрика, предохраняющий его от перехода через мертвую точку (учитывает износ эксцентрика); J — жесткость зажимного устройства, Н/мм.

Последний член формулы характеризует увеличение расстояния между эксцентриком и заготовкой в результате упругой деформации зажимной системы. При $s_1 = 0,2 \div 0,4$ мм и $s_2 = 0,4 \div 0,6$ мм

$$e = \frac{\delta}{2} + \frac{Q}{2J} + (0,3 \div 0,5) \text{ мм.}$$

Если угол поворота α значительно меньше 180° ,

$$e = \frac{s_1 + \delta + \frac{Q}{J}}{1 - \cos \alpha}. \quad (24)$$

Радиус цапфы эксцентрика (мм) найдем, принимая ширину b

$$r = Q/2b\sigma_{\text{см}}, \quad (25)$$

где $\sigma_{\text{см}}$ — допускаемое напряжение на смятие (15—20 МПа).

При $b = 2r$

$$r = \sqrt{Q/4\sigma_{\text{см}}}.$$

Радиус эксцентрика R находим из условий самоторможения. Из схемы действующих на эксцентрик сил (рис. 49, *a*) следует, что равнодействующая T реакции Q и силы трения F должна быть равна реакции со стороны цапфы, проходящей касательно кругу трения радиуса ρ , и направлено противоположно ей:

$$\frac{e - \rho}{R} = \sin \varphi,$$

где φ = угол трения покоя.

Отсюда

$$R = \frac{e - \rho}{\sin \varphi}.$$

При $e \ll \rho$ $R_{\text{min}} = e + r + \Delta$, где Δ — толщина перемычки (рис. 49, *б*).

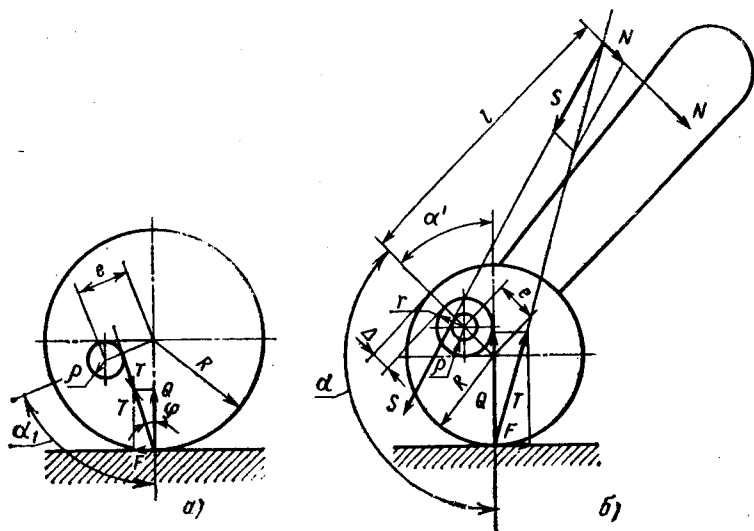


Рис. 49. Схемы для силового расчета эксцентриков

Радиус ρ круга трения определяем из равенства $\rho = f'r$, где f' — коэффициент трения покоя в цапфе. Величины φ и f' следует брать по наименьшему пределу. Для полусухих поверхностей можно принимать $\varphi = 8^\circ$ и $f' = 0,12 \div 0,15$.

Угол поворота α_1 (см. рис. 49, а) для наименее выгодного положения эксцентрика найдем по формуле $\alpha_1 = 90^\circ - \varphi$.

Ширину рабочей части эксцентрика B определим из формулы

$$\sigma = 0,565 \sqrt{\frac{Q}{RB \left(\frac{1-\mu_1^2}{E_1} + \frac{1-\mu_2^2}{E_2} \right)}},$$

где σ — допускаемое напряжение в месте контакта эксцентрика с заготовкой. Для закаленной стали можно принимать $\sigma = 800 \div 1200$ МПа; E_1, E_2 — модули упругости соответственно материалов эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента (промежуточной детали или заготовки), МПа; μ_1, μ_2 — коэффициенты Пуассона для материалов эксцентрика и соприкасающегося с ним элемента.

При $E_1 = E_2 = E$ и $\mu_1 = \mu_2 = 0,25$ получим

$$\sigma = 0,41 \sqrt{\frac{QE}{RB}},$$

откуда (при R в мм)

$$B = 0,17 \frac{QE}{\sigma^2} \text{ мм.} \quad (26)$$

Размеры эксцентрика e, r, R и B согласовывают с ГОСТ 9061—68.

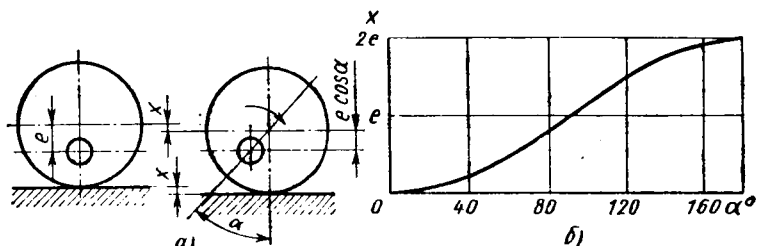


Рис. 50. Схемы для расчета перемещения точки контакта эксцентрика с плоскостью при его повороте

Для установления зависимости между силой закрепления Q и моментом на рукоятке эксцентрика в конце закрепления заготовки воспользуемся схемой, показанной на рис. 49, б. В процессе закрепления на эксцентрик действуют три силы: сила на рукоятке N , реакция заготовки T и реакция цапфы S . Под действием этих сил система находится в равновесии. Реакция T представляет собой равнодействующую силы Q и силы трения F . Сумма моментов всех действующих сил относительно оси поворота эксцентрика $Nl - Qe \sin \alpha' - fQ(R - e \cos \alpha') - Sp = 0$,

где f — коэффициент трения между эксцентриком и заготовкой.

Сила S мало отличается по величине от нормальной силы Q . Приняв $S \approx Q$, получим момент на рукоятке эксцентрика

$$Nl = Q[fR + p + e(\sin \alpha' + f \cos \alpha')].$$

Для упрощения полученного выражения примем:

- 1) $fR = \operatorname{tg} \varphi R \approx \sin \varphi R$ (при $\varphi = 6^\circ$ погрешность меньше 1 %);
- 2) выражение $\sin \alpha' + f \cos \alpha'$ заменим $\sin(\alpha' + \varphi)$ (погрешность 1 %). После подстановок получим

$$Nl = Q[R \sin \varphi + p + e \sin(\alpha' + \varphi)]. \quad (27)$$

Учитывая выражение для R , получим

$$Nl = \{1 + \sin(\alpha' + \varphi)\} eQ. \quad (28)$$

По этой формуле момент Nl находят с точностью до 10 %.

Перемещение точки касания эксцентрика с плоскостью при его повороте на угол α от начального положения (рис. 50, а)

$$x = e - c = e - e \cos \alpha = e(1 - \cos \alpha).$$

На рис. 50, б показано изменение x от α . Учитывая, что

$$x = s_1 + \delta + \frac{Q}{J},$$

имеем

$$\cos \alpha = 1 - \frac{s_1}{e} - \frac{\delta}{e} - \frac{Q}{eJ}; \quad \alpha' = 180^\circ - \alpha.$$

Подставляя найденное значение α' в формулу (28), можно выразить момент на рукоятке эксцентрика через исходные величины.

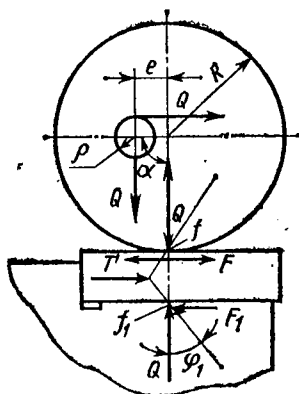


Рис. 51. Схема для расчета тангенциальной силы, воспринимаемой эксцентриком

Для определения наибольшей тангенциальной силы T' , которую может воспринять эксцентрик, рассмотрим схему, показанную на рис. 51:

$$T' = Qf' + Q \frac{\rho - e \sin \alpha}{R + e \cos \alpha}. \quad (29)$$

Первый член равенства выражает силу трения на нижней поверхности заготовки, которой она соприкасается с установочными элементами приспособления. Второй член характеризует силу трения в цапфе эксцентрика. При изменении α от 0 до 180° сила T' имеет наибольшее значение при $\alpha = 0$, а наименьшее при α , определяемом из выражения

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\rho + \sqrt{\rho^2 + R^2 + e^2}}{R + e}.$$

Если $\frac{\rho - e \sin \alpha}{R - e \cos \alpha} > f$, то $T' = Q(f_1 + f)$.

Из полученных формул видно, что размеры эксцентрика уменьшаются повышением жесткости системы и увеличением диаметра его цапфы. Рассмотрим задачу на определение размеров круглого эксцентрика.

Пример. Определить основные размеры круглого эксцентрика, используемого для закрепления заготовки с силой $Q = 10$ кН. Допуск на размер заготовки от ее установочной базы до места приложения силы закрепления $\delta = 0,85$ мм. Жесткость зажимного устройства $J = 12\,000$ Н/мм. Угол поворота α эксцентрика от его нулевого положения из условий удобства работы не должен быть больше 70° .

Решение. По формуле (24) находим величину эксцентриситета e , приняв $s_1 = 0,3$ мм:

$$e = \frac{s_1 + \delta + \frac{Q}{J}}{1 - \cos \alpha} = \frac{0,3 + 0,85 + \frac{10000}{12000}}{1 - \cos 70^\circ} = 3,0 \text{ мм.}$$

Радиус r цапфы эксцентрика определяем по формуле (25). Считая длину b цапфы равной диаметру $2r$ и принимая $\sigma_{\text{см}} = 40$ МПа, получим

$$r = \sqrt{\frac{Q}{r \sigma_{\text{см}}}} = \sqrt{\frac{10000}{4 \cdot 40}} = 7,9 \text{ мм.}$$

Принимаем $r = 8$ мм. Радиус круга трения находим по формуле $\rho = rf'$. При $f' = 0,1$ $\rho = 8 \cdot 0,1 = 0,8$ мм.

Радиус наружной поверхности эксцентрика при угле трения $\varphi = 6^\circ$ по формуле (26)

$$R = \frac{e - \rho}{\sin \varphi} = \frac{3 - 0,8}{\sin 6^\circ} = 21 \text{ мм.}$$

Приняв допустимое напряжение на смятие $\sigma = 1000$ МПа и модуль упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, определим ширину рабочей части эксцентрика по формуле (26)

$$B = 0,17 \frac{QE}{R\sigma^2} = 0,17 \frac{10000 \cdot 2 \cdot 10^5}{21 \cdot 1000^2} = 16,2 \text{ мм.}$$

Для упрощения изготовления эксцентрика принимаем его ширину равной длине цапфы ($B = b = 16$ мм). Момент на рукоятке эксцентрика находим по формуле (27) для условия, когда $\sin(\alpha' + \varphi)$ достигает максимума. При закреплении заготовки с наименьшим предельным размером угол поворота α эксцентрика от его нулевого положения будет наибольший. Так как $\alpha' = 180^\circ - \alpha$, а по условиям задачи $\alpha = 70^\circ$, то $\alpha' = 110^\circ$.

Приняв $\varphi = 6^\circ$, получим наибольший момент на рукоятке эксцентрика по формуле (28)

$$Nl = [1 + \sin(110^\circ + 6^\circ)] 3 \cdot 10\,000 = 56 \text{ кН} \cdot \text{мм.}$$

При действии силы на рукоятке $N = 160$ Н ее длина

$$l = \frac{56000}{160} = 350 \text{ мм.}$$

Если закрепляют заготовку наибольшего предельного размера, то угол поворота эксцентрика можно определить из выражения

$$s_1 + \frac{Q}{J} = e(1 - \cos \alpha).$$

Подставляя заданные величины, найдем $\alpha = 61^\circ 40'$. Для этого угла поворота эксцентрика момент на его рукоятке

$$Nl = [1 + (180^\circ - 61^\circ 40' + 6^\circ)] 3 \cdot 10\,000 = 50 \text{ кН} \cdot \text{мм.}$$

Обычные круглые эксцентрики широко используют в приспособлениях, так как они просты в изготовлении. Их недостатки: самотормозящие свойства изменяются с углом поворота, который всегда меньше 180° (на 20 — 30°). Поэтому иногда применяют криволинейные (некруглые) эксцентрики. Их самотормозящие свойства повышаются с углом поворота, который может быть больше 180° . Рабочая поверхность таких эксцентриков обычно выполняется по эвольвенте или спирали Архимеда.

Клиновые зажимы применяют в качестве промежуточного звена в сложных зажимных системах. Они просты в изготовлении, компактны, легко размещаются в приспособлении, позволяют увеличивать и изменять направление передаваемой силы. При определенных углах клиновой механизм обладает свойствами самоторможения. Для наиболее распространенного в приспособлениях односкосного клина (рис. 52, а) при действии сил под прямым углом имеем следующую зависимость, полученную из силового многоугольника:

$$P = Q \frac{\cos \varphi_3 \sin [\alpha \pm (\varphi_1 + \varphi_2)]}{\cos \varphi_1 \cos [\alpha \pm (\varphi_2 + \varphi_3)]}. \quad (30)$$

При знаке минус в формуле имеем зависимость для открепления клина. Самоторможение происходит при $\alpha < \varphi_1 + \varphi_2$. Если $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$, то зависимость упрощается:

$$P = Q \operatorname{tg}(\alpha \pm 2\varphi).$$

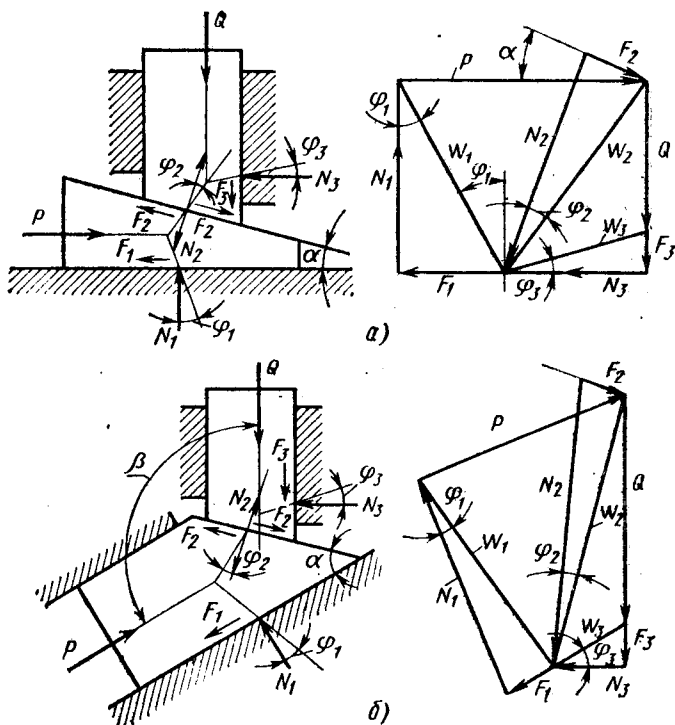


Рис. 52. Действие сил в клиновом механизме:
а — с углом 90° ; б — с углом более 90°

При передаче сил под углом $\beta > 90^\circ$ (рис. 52, б) зависимость между P и Q из силового многоугольника имеет вид (при $90^\circ + \alpha > \beta$)

$$P = Q \frac{\cos \varphi_3 \sin (\alpha + \varphi_1 + \varphi_2)}{\cos \varphi_1 \cos (90^\circ + \alpha - \beta + \varphi_1 + \varphi_2)}.$$

Если угол трения постоянен и равен φ , то

$$P = Q \frac{\sin (\alpha + 2\varphi)}{\cos (90^\circ + \alpha - \beta + 2\varphi)}.$$

Рычажные зажимы аналогично клиновым применяют в сочетании с другими элементарными зажимами, образуя более сложные зажимные системы. С помощью рычага изменяют величину и направление передаваемой силы, осуществляют одновременное и равномерное закрепление заготовки в двух местах.

Для наиболее распространенного в зажимных устройствах двуплечего рычага (рис. 53, а) отношение между силами N и Q найдем, беря сумму моментов относительно оси вращения O

$$Nl_1 = Nfl'_1 + Ql_2 + Qf_2l'_2 + Sp.$$

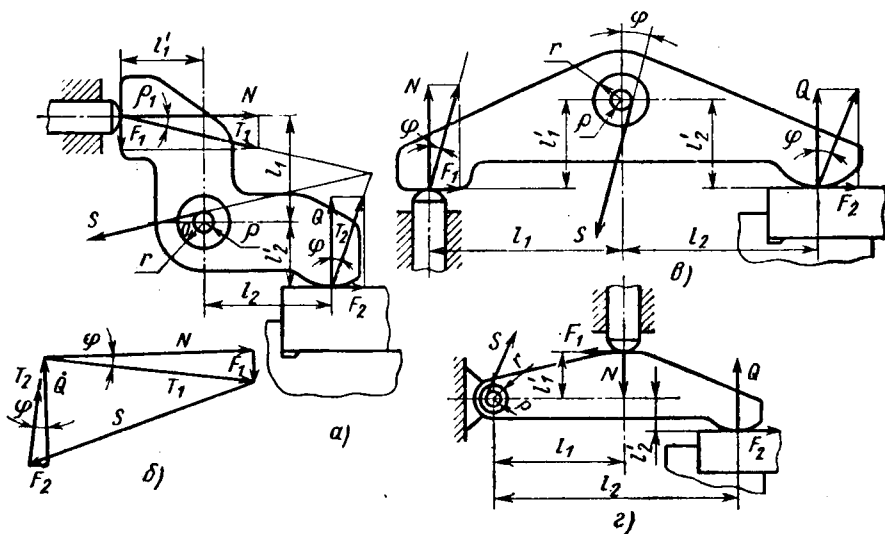


Рис. 53. Действие сил в рычажных механизмах

Из силового многоугольника (рис. 53, б) приближенно $S = \sqrt{N^2 + Q^2}$.

$$\text{при } l_1 < l_2 \quad S \approx 0,96N + 0,4Q; \quad (31)$$

$$\text{при } l_1 = l_2 = l \quad S \approx 1,41Q; \quad (32)$$

$$\text{при } l_1 > l_2 \quad S \approx 0,96Q + 0,4N. \quad (33)$$

Подставляя значения S в уравнение равновесия, получим

$$\text{для условия (31)} \quad N = Q \frac{l_2 + f_2 l_2' + 0,4\rho}{l_1 - f_1 l_1' - 0,96\rho}; \quad (34)$$

$$\text{для условия (32)} \quad N = Q \frac{l + f_2 l_2' + 1,41\rho}{l - f_1 l_1'}; \quad (35)$$

$$\text{для условия (33)} \quad N = Q \frac{l_2 + f_2 l_2' + 0,96\rho}{l_1 - f_1 l_1' - 0,4\rho}. \quad (36)$$

В этих формулах радиус круга трения $\rho = f'r$. Значение f' можно брать 0,18—0,20.

Из полученных зависимостей видно, что для уменьшения потерь на трение нужно уменьшать радиус оси и плеча l_1' и l_2' .

Для рычага, показанного на рис. 53, в, уравнение равновесия будет такое же, как и для предыдущего случая. Однако

$$S = (Q + N) \frac{1}{\cos \varphi}.$$

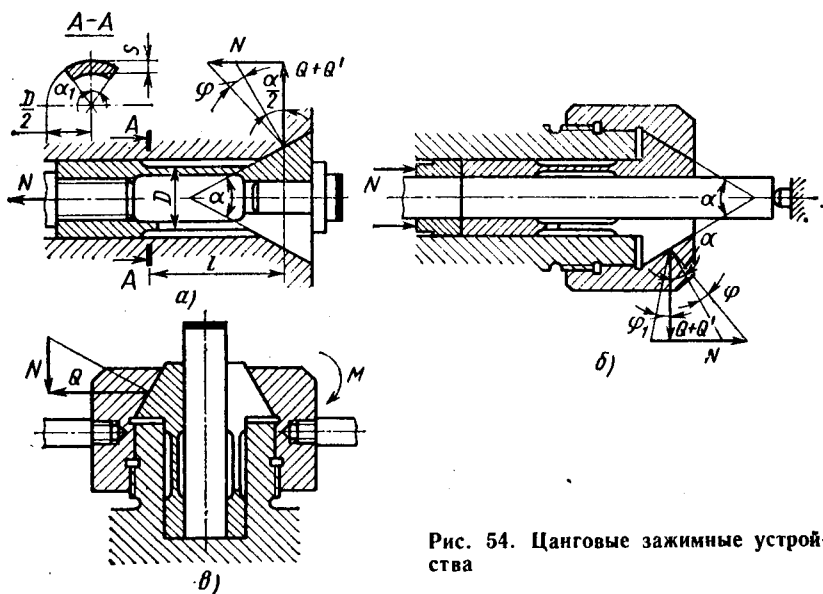


Рис. 54. Цанговые зажимные устройства

Подставляя S в уравнение равновесия, получим

$$N = Q \frac{l_2 + l'_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi}}{l_1 - l'_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi}}.$$

Для рычага, показанного на рис. 53, з, эта зависимость имеет вид

$$N = Q \frac{l_2 + l'_2 + \frac{\rho}{\cos \varphi}}{l_1 - l'_1 - \frac{\rho}{\cos \varphi}}.$$

Центрирующие зажимы применяют для установки заготовок по наружным и внутренним цилиндрическим поверхностям. К ним относят цанги, разжимные оправки, зажимные втулки с гидропластмассой, а также мембранные патроны.

Цанги представляют собой разрезные пружинящие гильзы. Конструктивные разновидности цанг показаны на рис. 54, а—в. Их выполняют из высокоуглеродистой стали У10А и термически обрабатывают до твердости $HRC\ 58—62$ в местах губок и $HRC\ 39—45$ в хвостовой части. В последнее время цанги выполняют из легированных сталей, содержащих 0,6—0,7 % С; 1 % Si; 1 % Mn и 0,5 % Cr. Марганец и хром придает цангам высокие твердость и износостойкость. Угол конуса цанги $\alpha = 30 \div 40^\circ$. При меньших углах возможно заклинивание цанги; в этом случае применяют специальный съемник. Угол конуса сжимающей втулки

делают на 1° меньше (рис. 54, а) или больше (рис. 54, б) угла конуса цанги.

Цанги обеспечивают concentricность установки 0,02—0,05 мм. Базовую поверхность заготовок для закрепления в цангах следует обрабатывать по 6—9-му квалитетам точности. При закреплении заготовка смещается по оси на величину

$$y = \Delta/2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

где Δ — зазор между цангой и заготовкой.

Для точной установки применяют упоры (см. рис. 54, б). Сила затяжки цанги при отсутствии упора (см. рис. 54, а)

$$N = (Q + Q') \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right), \quad (37)$$

где Q — сила закрепления заготовки, Н; Q' — сила сжатия лепестков цанги для выборки зазора между ее губками и заготовкой, Н; φ — угол трения между цангой и втулкой.

$$Q = \frac{k \sqrt{M^2/r^2 + P^2}}{f_1},$$

где k — коэффициент запаса; M — момент, передаваемый цангой; r — радиус базовой поверхности заготовки; P — осевая сила, сдвигающая заготовку; f_1 — коэффициент трения между заготовкой и цангой.

Силу Q' находим, рассматривая лепесток цанги как консольно закрепленную балку:

$$Q' = \frac{3EJf}{10l^3} n,$$

где E — модуль упругости материала цанги, МПа; l — длина лепестка от места задела до середины конуса, мм; n — число лепестков цанги; f — стрела прогиба лепестка, равная половине зазора по диаметру между заготовкой и цангой, мм; J — момент инерции сектора тонкого кольца в месте задела лепестка цанги, мм⁴ (сечение A — A на рис. 54, а):

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

здесь D — наружный диаметр поверхности лепестка, мм; s — толщина стенки лепестка, мм; α_1 — половина угла сектора лепестка цанги.

Приняв $E = 2,2 \cdot 10^5$ МПа и обозначив $f = \Delta/2$, получим соответственно для трех- и четырехлепестковой цанг:

$$Q' = 6 \cdot 10^3 \frac{\Delta s D^3}{l^3} \quad \text{и} \quad Q' = 2 \cdot 10^3 \frac{\Delta s D^3}{l^3}.$$

При наличии осевого упора (см рис. 54, б) возникает трение между губками цанги и заготовкой (угол трения φ_1). В этом случае

$$N = (Q + Q') \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right].$$

Изготовление цанг ведется по следующему технологическому маршруту: 1) предварительная и чистовая обработка основных поверхностей цанги с оставлением временных перемычек в шлицах, предупреждающих коробление лепестков при последующей термической обработке; 2) термическая обработка (закалка и отпуск); 3) наружное и внутреннее шлифование поверхностей цанги; 4) прорезание перемычек (узким шлифовальным кругом); 5) разжим лепестков оправкой до увеличения ширины шлицев вдвое; 6) отпуск для снятия напряжений после разжима лепестков.

Разжимные оправки различных конструкций показаны на рис. 22. Для консольной оправки (см. рис. 22, а) силу затяжки можно определить по формуле (37). Силу на штоке для оправки с выдвижными радиальными сухарями (см. рис. 22, б) определяют, используя формулу (30) для клина, приняв в ней $\varphi_1 = 0$:

$$N = (Q + W) \frac{\cos \varphi_3 \sin \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi_2 \right)}{\cos \left[\frac{\alpha}{2} + (\varphi_2 + \varphi_3) \right]},$$

где W — суммарная сила, с которой пружина оттягивает сухари к центру оправки.

Зажимные втулки с гидропластмассой (см. рис. 22 в) выполняют из углеродистой стали У7А или легированной стали 30ХГС. Для надежного закрепления заготовки гидропластмасса должна быть сжата до определенного давления. Сжатие обеспечивается плунжером от винта, пневмоцилиндра или другого силового узла. На концах втулка имеет утолщенные бурты, которыми она с натягом (посадки $\frac{H7}{r6}$ и $\frac{H7}{p6}$) насаживается на корпус оправки. Поэтому втулку можно рассматривать как жестко заделанную по краям. Толщину втулки берут от 0,03 до 0,05 ее радиуса.

Расчетная схема показана на рис. 55, а. Изнутри на втулку действует гидростатическое давление p , в местах задела — момент (отнесенный к единице длины окружности) M_0 и равномерно распределенная поперечная сила Q_0 (нагрузка на единицу длины).

Давление для прочного закрепления заготовки

$$p = \frac{Q}{2\pi a L \varphi} + \frac{\Delta E h j}{a^2 \gamma}, \quad (38)$$

где Q — приведенная сила на поверхностях сопряжения втулка — базовое отверстие заготовки; Q находят по передаваемому моменту M или осевой силе P :

$$Q = kM/af \text{ или } Q = kP/f$$

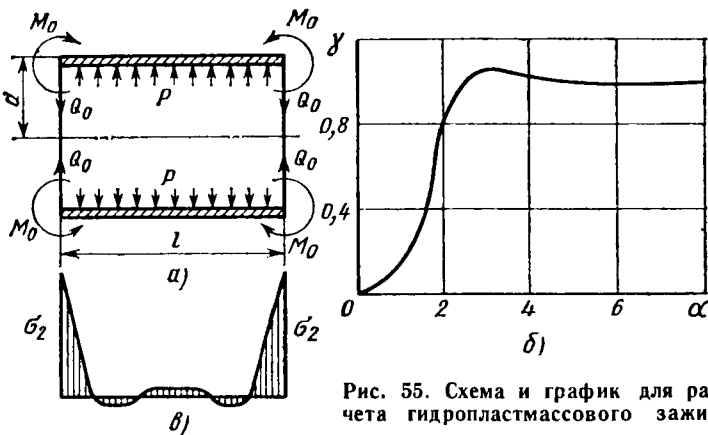


Рис. 55. Схема и график для расчета гидропластмассового зажима

(здесь k — коэффициент запаса; f — коэффициент трения на поверхностях сопряжения); a — радиус наружной поверхности втулки; L — длина тонкостенной части втулки (без буртов); E — модуль упругости материала втулки; h — толщина втулки; Δ — наибольший радиальный зазор между втулкой и деталью; ψ — коэффициент, зависящий от h/a и L/a (табл. 13); γ — коэффициент, определяемый по кривой на рис. 54, б; j — коэффициент, определяемый по формуле

$$\frac{1}{j} = 0,85 + 0,15 \frac{a_1^2}{R^2},$$

где a_1 — радиус внутренней поверхности втулки; R — радиус посадочного буртика втулки. Коэффициент j лежит в пределах 1,082—1,042 (при $a_1/R = 0,8$ $j = 1,06$). Значение α (см. на рис. 54, б) находим по формуле

$$\alpha = KL/2,$$

где $K = 1,28/\sqrt{ah}$.

Формула (38) пригодна для расчета длинных и коротких втулок. Ее первый член выражает давление, необходимое для передачи момента M или осевой силы P , а второй — давление, требуемое на деформацию втулки для выборки радиального зазора Δ .

13. Значения коэффициента ψ

Относительная толщина оболочки h/a	Относительная длина оболочки L/a								
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,03	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

Если втулка используется только для центрирования (в контрольных приспособлениях), то при определении p учитывается только второй член формулы.

Сила на плунжере диаметром d определяется по формуле

$$N = p \frac{\pi d^2}{4}.$$

Втулку по принятым размерам проверяют на прочность. Нормальные напряжения в осевом сечении определяют по формуле $\sigma_1 = \Delta E/a$.

Напряжение в месте задела оболочек от действия момента M_0 (эпюра моментов по длине образующей показана на рис. 55, в) $\sigma_2 = 6M_0/h^2$.

Момент M_0 находим по формуле

$$M_0 = P/2\beta^2,$$

где

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{3(1-\mu^2)}{a^2 h^2}};$$

здесь μ — коэффициент Пуассона материала втулки.

Касательные напряжения от передачи момента M на заготовку

$$\tau = M/W_p,$$

где W_p — полярный момент сопротивления втулки при кручении

$$W_p = 0,2 (D^4 - d^4)/D,$$

здесь D, d — наружный и внутренний диаметры втулки.

Эквивалентное напряжение в сечении заделки

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma_2^2 + 3\tau^2}.$$

Обычно $\sigma_{\text{экв}}$ в 1,5—2 раза больше σ_1 . Для их уменьшения целесообразно переход от тонкой стенки к буртику осуществлять галтелью с радиусом $(1,5 \div 2,0) h$. Необходимо также проверить напряжения во втулке при ее расширении под давлением p без надетой заготовки (что может иметь место при невнимательном обслуживании приспособления):

$$\sigma_1 = pa/h.$$

Напряжение, найденное по этой формуле, не должно превышать 0,7 предела текучести материала втулки. В противном случае увеличивают значение h и производят повторный расчет.

Диаметр наружной поверхности оправки обычно выполняют по 6—7-му квалитетам, а гарантированный зазор для насадки заготовок на оправку берут 0,01—0,03 мм. При этих условиях напряжения в материале оболочки не превышают допустимые. Для обеспечения высокой точности центрирования толщина оболочки должна быть одинаковой, разностенность не должна превышать 0,05 мм.

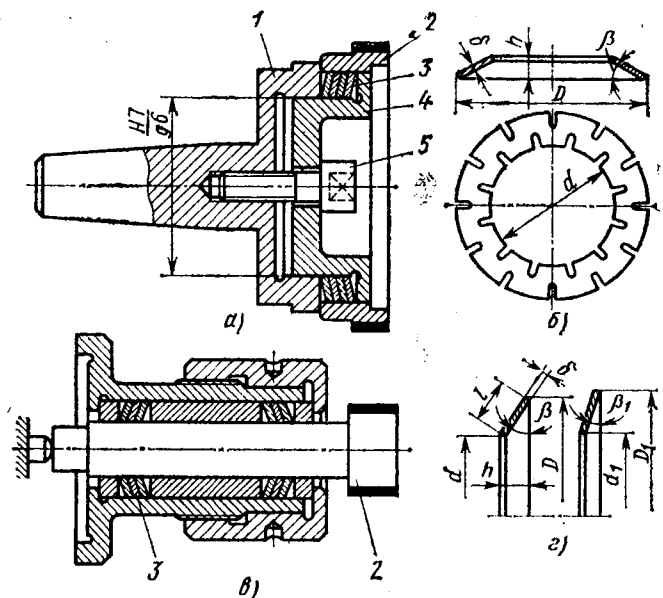


Рис. 56. Оправки с пластинчатыми пружинами

Оправки и патроны с пластинчатыми (тарельчатыми) пружинами обеспечивают прочное закрепление по внутренней или наружной цилиндрической поверхности и точное центрирование в пределах 0,01—0,02 мм. На рис. 56, а показана консольная оправка для закрепления заготовки 2 по внутренней цилиндрической поверхности. Втулка 4, входящая по посадке $\frac{H7}{g6}$ в центрирующую выточку корпуса 1 оправки и затягиваемая винтом 5 с внутренним квадратом, имеет на своей наружной поверхности (посадка $\frac{H7}{g6}$) набор тарельчатых пружин 3. Пружина (рис. 56, б) представляет собой коническое кольцо, сплошное или с двумя рядами прорезей (наружным и внутренним) для повышения эластичности. От осевой силы, вызываемой затяжкой винта, пружины частично сплющиваются, и диаметр их наружной поверхности увеличивается на 0,1—0,4 мм в зависимости от их размеров. Пружины выполняют из стали 60С2А и термически обрабатывают до твердости HRC 40—45. Толщина пластины берется 0,5—1,25 мм. При отжатии винта пружины возвращаются в исходное положение и заготовка легко снимается с оправки.

Базовые отверстия заготовок должны выполняться точностью не ниже H11. Максимальное сплющивание пружин допускается не более $\frac{3}{4}$ их полной высоты. Высокая точность центрирования обеспечивается шлифованием наружной поверхности предвари-

тельно сжатых пружин. На рис. 56, в показан патрон для закрепления заготовки 2 по наружной цилиндрической поверхности двумя пакетами тарельчатых пружин 3.

При увеличении силы до значения P_1 происходит деформация пружин и выборка радиальных зазоров между оправкой и поверхностью базы заготовки. Дальнейшее повышение осевой силы на величину P_2 обеспечивает передачу необходимого момента. Полная величина осевой силы

$$P = P_1 + P_2.$$

При сплошных пружинах (без вырезов) осевая сила

$$P_1 = \frac{4E\delta\lambda}{(1-\mu^2)D^2A} \left[(h - \lambda) \left(h - \frac{\lambda}{2} \right) + \delta^2 \right], \quad (39)$$

где E , μ — модуль упругости и коэффициент Пуассона материала пружин; δ — толщина пружины; λ — осадка пружины; h — высота (выпуклость) пружины; D — наружный диаметр пружины; A — коэффициент, зависящий от отношения $D/d = m$ (d — внутренний диаметр). При $m = 2$ $A = 0,68$; при $m = 3$ $A = 0,79$; при $m = 4$ $A = 0,80$.

Входящая в формулу (39) осадка пружины

$$\lambda = l (\sin \beta - \sin \beta_1),$$

где l — длина образующей конуса пружины; β — угол наклона образующей в свободном состоянии; β_1 — угол наклона образующей после деформации пружины при выборке радиальных зазоров.

Значение β_1 можно найти из соотношения, рассмотрев пружину в свободном и деформированном состояниях (рис. 56, з):

$$\cos \beta_1 = \frac{D_1 - d_1}{2l},$$

где D_1 — наибольший диаметр поверхности базы заготовки; d_1 — диаметр оправки, на которую насаживаются пружины.

Пружину после выборки зазора можно принять за жесткую распорку между оправкой и заготовкой с углом наклона β_1 ; тогда $P_2 = \operatorname{tg} \beta_1 Q$,

где Q — равномерно распределенная по окружности радиальная сила закрепления заготовки.

Зная момент резания $M_{\text{рез}}$, коэффициент запаса k , коэффициент трения f и радиус R шейки оправки, получим

$$Q = \frac{kM_{\text{рез}}}{fR} \quad \text{или} \quad P_2 = \operatorname{tg} \beta_1 \frac{kM_{\text{рез}}}{fR}.$$

Для пружин с радиальными прорезями определение P_1 усложняется. Для этого случая можно приближенно считать, что

$$P = P_1 + P_2 = 1,33 \operatorname{tg} \beta_1 \frac{kM_{\text{рез}}}{fR}.$$

Тарельчатые пружины нормализованы. Размеры их следует выбирать по таблице.

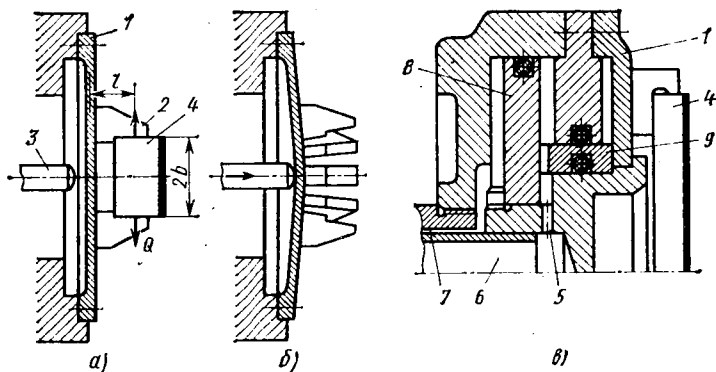


Рис. 57. Мембранные патроны

Мембранные патроны используются для точной центровки заготовок по наружной (рис. 57, а) или внутренней цилиндрической поверхности. Они состоят из круглой, привертываемой к планшайбе станка пластины (мембраны) 1 с симметрично расположенными выступами-кулачками 2. Число кулачков 6—12. Внутри шпинделя проходит шток 3 пневмоцилиндра. При включении последнего шток, двигаясь вперед, прогибает пластину, раздвигая ее кулачки (рис. 57, б). При отходе штока назад пластина, стремясь вернуться в исходное положение, сжимает своими кулачками заготовку 4. Материал пластины — сталь 65Г, 30ХГС или У7А, закаленная до твердости HRC 40—45.

Мембранные патроны обеспечивают точность центрирования 0,003—0,005 мм. Для ее повышения кулачки патрона шлифуют на месте.

Исходными данными для расчета патрона являются: момент резания $M_{рез}$, стремящийся провернуть заготовку в кулачках патрона, диаметр поверхности базы заготовки, равный $2b$, а также расстояние l от середины кулачков до средней плоскости мембраны (см. рис. 57, а). Задаваясь числом кулачков n , принимая коэффициент трения между заготовкой и кулачками $f = 0,15 \div 0,18$ и выбирая коэффициент запаса k в зависимости от условия выполнения операции, можно определить радиальную силу на одном кулачке:

$$Q = \frac{k M_{рез}}{n f b}. \quad (40)$$

Силы Q создают момент, изгибающий мембрану. При большом числе кулачков момент M можно представить равномерно распределенным по окружности радиусом b :

$$M = \frac{Q n l}{2 \pi b}.$$

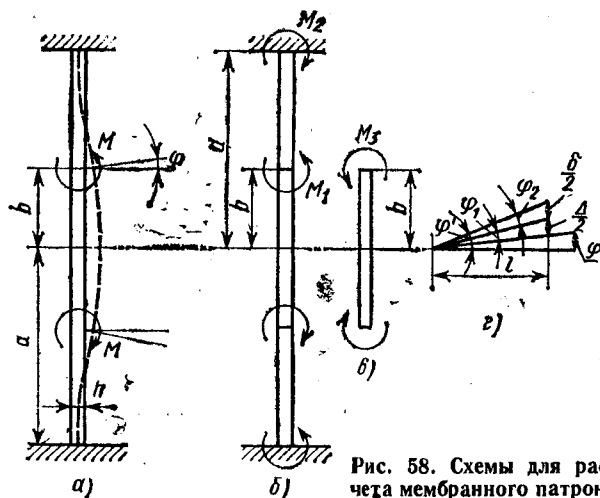


Рис. 58. Схемы для расчета мембранного патрона

Расчетная схема показана на рис. 58, а. Круглую, заделанную по контуру пластину считаем нагруженной равномерно распределенным моментом M (момент приложен по концентрической окружности радиусом b). Влиянием растяжения и сжатия срединной плоскости пластины пренебрегаем. Рассматриваемая схема может быть представлена как результат наложения двух типовых схем, показанных на рис. 58, б и в, причем $M = M_1 + M_3$. Моменты M_1 и M_3 для разных отношений $m = a/b$ имеют следующие значения в долях момента M :

Отношение m	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
M_1	0,785	0,645	0,56	0,51	0,48	0,455	0,44	0,42
M_3	0,215	0,355	0,44	0,49	0,52	0,545	0,56	0,58

Задаваясь размером a , находим отношение m и момент M_3 . Толщину пластины принимаем $h = \left(\frac{1}{10} : \frac{1}{15}\right) a$. Угол φ разжима кулачков в радианах (рис. 58, в) для закрепления заготовки наименьшего диаметра

$$\varphi = \frac{M_3 b}{D(1 + \mu)}, \quad (41)$$

$$\text{где } D = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}.$$

Наибольший угол разжима кулачков $\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2$, где φ_1 — угол разжима кулачков, учитывающий допуск δ на диаметр заготовки; φ_2 — угол разжима, обеспечивающий зазор Δ для свободного закладывания заготовок в кулачки патрона.

Согласно рис. 58, а

$$\varphi' = \frac{l \operatorname{tg} \varphi + \frac{\delta}{2} + \frac{\Delta}{2}}{l}$$

или приближенно

$$\varphi' \approx \varphi + \frac{\delta}{2l} + \frac{\Delta}{2l}.$$

Величину Δ можно брать равной $0,0008b + 0,02$ мм. Силу на штоке для разжима мембраны на угол φ' найдем по формуле

$$P = - \frac{4\pi D \varphi'}{b \ln \frac{b}{a}} = \frac{4\pi D \varphi'}{2,3 \lg \frac{a}{b}}. \quad (42)$$

По величине этой силы проверяют напряжение в мембране

$$\sigma_2 = \frac{3P(1+\mu)}{2\pi h^2} \left(\ln \frac{a}{r_0} + \frac{r_0^2}{4a^2} \right),$$

где r_0 — радиус круга контакта штока и мембраны (3—5 мм).

Пример. Определить силу на штоке P и напряжение в материале мембраны патрона, передающего момент $M_{\text{рез}} = 2$ кН·см. Размеры патрона: $b = 2,5$ см; $a = 6,25$ см; $l = 3$ см; $h = 0,5$ см; число кулачков $n = 10$; допуск на диаметр заготовки $\delta = 0,02$ мм; $f = 0,16$; $k = 1,5$; $\Delta = 0,03$ мм; $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа.

Решение. Радиальную силу на одном кулачке найдем по формуле (40):

$$Q = \frac{1,5 \cdot 2000}{10 \cdot 0,16 \cdot 2,5} = 750 \text{ Н.}$$

Находим момент

$$M = \frac{750 \cdot 10 \cdot 3}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} = 1430 \text{ Н.}$$

$$\text{Для } m = \frac{6,25}{2,5} = 2,5 \text{ определим}$$

$$M_3 = 0,545 \quad M = 788 \text{ Н.}$$

Для определения P предварительно найдем

$$D = \frac{2,4 \cdot 10^5 \cdot 0,5}{12(1 - 0,3^2)} = 241\,000 \text{ Н·см;}$$

$$\varphi = \frac{78,8 \cdot 2,5}{241\,000(1 + 0,3)} = 0,0062;$$

$$\varphi' = 0,0062 + \frac{0,002}{2,3} \cdot \frac{0,003}{2,3} = 0,0068.$$

По формуле (42)

$$P = - \frac{4\pi \cdot 241\,000 \cdot 0,0068}{0,025 \ln \frac{2,5}{6,25}} = 900 \text{ Н.}$$

Напряжение в мембране при радиусе поверхности касания $r_0 = 0,4$ см

$$\sigma = \frac{3 \cdot 900(1 + 0,3)}{2\pi \cdot 0,5^2} \left(\ln \frac{6,25}{0,4} - \frac{0,4^2}{4 \cdot 6,25^2} \right) \approx 6000 \text{ МПа.}$$

14. Значения коэффициентов k_1 и k_2

Отношение a/c	Отношение a/b							
	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
Коэффициент k_1								
10	1,01	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,13	1,16
5	1,04	1,10	1,17	1,21	1,29	1,39	1,52	1,6
4	1,06	1,14	1,22	1,31	1,43	1,55	1,74	—
3	1,10	1,24	1,40	1,53	1,73	—	—	—
2,5	1,13	1,33	1,55	—	—	—	—	—
Коэффициент k_2								
10	0,93	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,84	0,83
5	0,87	0,84	0,82	0,8	0,78	0,75	0,67	0,60
4	0,87	0,83	0,8	0,79	0,77	0,74	0,65	—
3	0,88	0,85	0,83	0,81	0,79	—	—	—
2,5	0,92	0,90	0,88	—	—	—	—	—

Кроме сплошных мембран в патронах применяют также мембраны с центральным отверстием, используемым для пропуска длинных деталей. При наличии отверстия диаметром $2c$ угол разжима φ , рассчитанный по формуле (41), умножаем на коэффициент k_1 , а силу на штоке P , найденную по формуле (42), — на коэффициент k_2 . Значения этих коэффициентов в зависимости от отношений a/b и a/c приведены в табл. 14. Наибольшие напряжения в материале мембраны рассчитывают по формуле

$$\sigma_R = \frac{3P}{2\pi h^2} \left(\frac{1,3 - 1,3 \frac{c^2}{a^2} - 6 \ln \frac{a}{c}}{1 + 1,86 \frac{c^2}{a^2}} \right).$$

Конструкция и основные размеры мембранных патронов регламентированы ГОСТ 16 157—70.



Рис. 59. Реечно-рычажный зажим с роликовым замком

Реечно-рычажные зажимы (рис. 59) состоят из рейки 3, реечного зубчатого

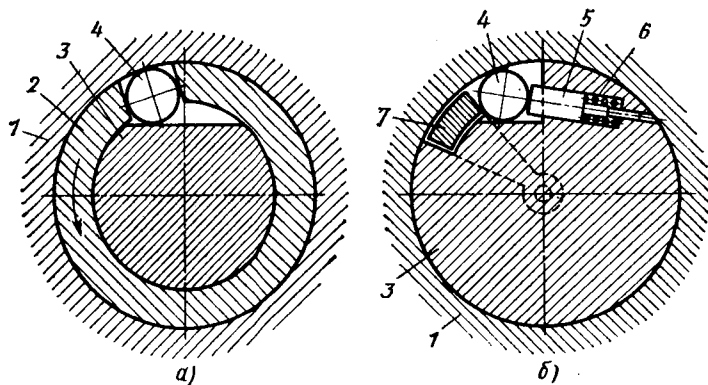


Рис. 60. Роликовые замки

колеса 5, установленного на валу 4, и рычага (рукоятки) 6. Вращая рукоятку против часовой стрелки, опускают рейку и через промежуточную деталь (например, плиту 2) или непосредственно закрепляют заготовку 1. Сила закрепления зависит от силы N , приложенной к рукоятке. Для сохранения полученной силы закрепления после снятия силы с рукоятки механизм имеет запирающее устройство (замок), предупреждающее обратный поворот реечного колеса под влиянием упругих сил, возникших в звеньях зажимной системы. Ниже рассмотрены применяемые типы замков.

Роликовый замок (рис. 60, а) состоит из кольца 1, закрепленного на корпусе приспособления, и поводкового кольца 2 с вырезом для ролика 4, соприкасающегося со срезанной плоскостью реечного зубчатого валика 3. Поводковое кольцо скреплено с рукояткой зажимного устройства. Вращая рукоятку (по стрелке),

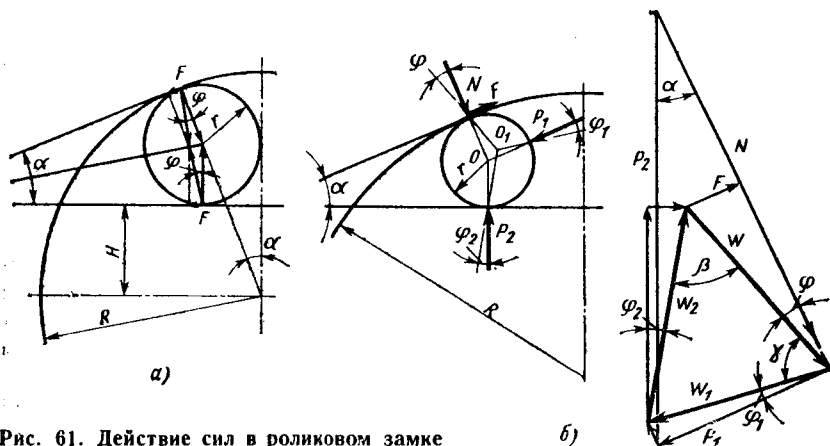


Рис. 61. Действие сил в роликовом замке

передают вращение на вал реечной шестерни через ролик. (Замки этого типа выполняют также с тремя роликами, расположенными под углом 120° .) Отжим системы предупреждается заклиниванием ролика между поверхностью кольца 1 и срезанной плоскостью валика 3. Заклинивание при действии на ролик сил (рис. 61, а) происходит при условии $\alpha \leq 2\varphi$, где φ — угол трения в местах касания ролика с сопряженными деталями. При передаче вращения на валик 3 (рис. 60, а) возникает значительное трение ролика 4 о поверхность кольца 1. На рис. 61, б показана схема действия сил на ролик и соответствующий ей силовой многоугольник. Из этой схемы

$$F = W \sin \varphi,$$

где

$$W = \frac{\sin (180^\circ - \beta - \gamma)}{\sin \beta} W_1;$$

$$\beta = \alpha + \varphi + \varphi_2 \text{ и } \gamma = 90^\circ - \varphi_1 - \varphi.$$

Сила $W_1 = P_1 \cos \beta_1$.

После подстановки и преобразований получим

$$F = P_1 \cos \varphi_1 \frac{\sin (90^\circ - \alpha - \varphi_2 - \varphi_1)}{\sin (\alpha + \varphi + \varphi_2)}.$$

При $\varphi = \varphi_1 = \varphi_2$

$$F = P_1 \frac{\sin (90^\circ - \alpha)}{\sin (\alpha + 2\varphi)} \frac{\sin 2\varphi}{2}.$$

КПД замка при передаче момента к реечному колесу

$$\eta = \frac{P_1 (R - r) - Fr}{P_1 (R - r)},$$

где R — радиус расточки замка; r — радиус ролика.

Подставив значение F и выполнив преобразования, получим

$$\eta = 1 - \frac{\sin 2\varphi \sin (90^\circ - \alpha)}{2 \sin (\alpha + 2\varphi)} \frac{R}{R - r}.$$

При отсутствии трения ($\varphi = 0$) КПД равен единице. Принимая $\alpha = 7^\circ$ и $\varphi = 4^\circ$, получим зависимость КПД замка от отношения R/r . Для повышения КПД это отношение следует брать не меньше 5. С его увеличением сверх 6 КПД растет очень медленно. Кольца, ролики и валики рекомендуется изготавливать из стали ШХ15 с закалкой до твердости $HRC\ 58-62$.

Исходной величиной для расчета основных размеров роликового замка служит сила Q закрепления заготовки. Зная Q , можно найти момент на валу реечного зубчатого колеса. Максимальный момент M возникает в процессе закрепления заготовки (моменты при откреплении и при заклиненном положении замка меньше M)

$$M = Q \frac{mz}{2\eta_1},$$

где z — число зубьев реечного колеса; m — модуль зацепления, определяемый из условий прочности зуба реечного колеса (при заданной длине зуба); η_1 — КПД передачи, учитывающий трение в опорах вала реечного зубчатого колеса, в направляющих рейки и скалок и в зацеплении (ориентировочно $\eta_1 = 0,85$).

Найдем силу P_2 , по которой можно определить диаметр ролика из условий контактной прочности:

$$P_2 = \frac{M}{(R - r) \sin \alpha}.$$

Приняв $R = 6r$, $\alpha = 7^\circ$ и $\eta_1 = 0,85$, получим

$$P_2 \approx MQz/r.$$

Диаметр ролика можно определить по формуле

$$2r = \frac{0,35P_2E}{b\sigma^2},$$

где E — модуль упругости; b — длина ролика (берется конструктивно); σ — напряжение смятия в месте касания ролика с плоскостью.

Расстояние H от оси до плоскости среза валика найдем из геометрических соотношений (см. рис. 61, а):

$$H = (R - r) \cos \alpha - r.$$

Момент на рукоятке $M_1 = M/\eta$.

При $\alpha = 7^\circ$, $\varphi = 4^\circ$ и $R = 6r$ $\eta = 0,7$; тогда $M_1 = 1,43 M$.

Длина рукоятки $L = M_1/N$, где N — сила, приложенная к рукоятке.

Роликовый замок другой конструкции показан на рис. 60, б. Вращение от рукоятки через поводок 7 передается на вал 3 реечного зубчатого колеса. Потери на трение при этом отсутствуют, и КПД замка, как передающего устройства, равен единице. Ролик 4 через штифт 5 поджат слабой пружиной 6. Зазоры в местах касания ролика с кольцом 1 и валом 3 при этом выбираются, и система мгновенно заклинивается при снятии силы с рукоятки. Поворотом рукоятки направо ролик расклинивается и вращает вал по часовой стрелке.

При анализе конструкций роликовых замков, можно заметить, что в замке, показанном на рис. 60, б, силы закрепления заготовки уменьшены. Это обусловлено тем, что при отсутствии силы на рукоятке замка возникают контактные деформации в местах касания ролика с деталями 1 и 3 под влиянием реактивного момента со стороны упругодеформированной системы. В результате этого вал 3 повернется на некоторый угол в обратную сторону.

Предположим, что для закрепления заготовки к валу реечного зубчатого колеса нужно приложить момент M . Его можно выразить произведением угла упругого поворота вала ω (рад) на его крутильную жесткость $J_{\text{з.ж.}}$. Последняя в обобщенной форме

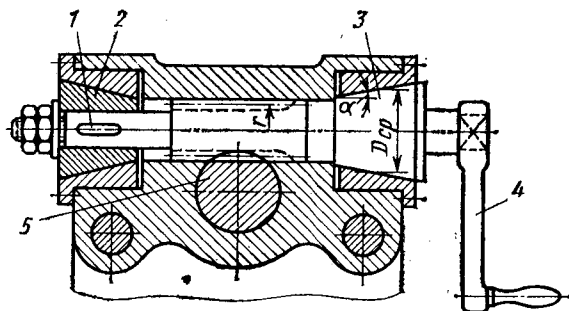


Рис. 62. Конический замок

выражает податливость всех элементов системы, через которую передается сила закрепления $M = \omega J_{\text{зак}}$.

При освобождении рукоятки вал 3 упруго повернется назад, момент и сила закрепления уменьшатся. Для получения заданного момента M нужно к рукоятке приложить момент $M_1 > M$:

$$M_1 = M \sqrt{1 + \frac{J_{\text{зак}}}{J_{\text{зам}}}},$$

где $J_{\text{зам}}$ — крутильная жесткость замка (определяется экспериментально).

Конический замок (рис. 62) имеет вал 1 с конусами 2 и 3 и рукояткой 4. Спиральные зубья на средней шейке вала находятся в зацеплении с рейкой 5, которая связана с зажимающим механизмом. При угле наклона зубьев 45° осевая сила на валу 1 равна (без учета трения) силе зажима Q . По аналогии с фрикционной конической муфтой окружная сила на поверхности конуса

$$P_{\text{тр}} = Q \frac{f}{\sin \alpha + f \cos \alpha},$$

где f — коэффициент трения на конических поверхностях; α — угол между осью и образующей конуса.

Момент трения на конических поверхностях

$$M_{\text{тр}} = P_{\text{тр}} \frac{D_{\text{ср}}}{2},$$

где $D_{\text{ср}}$ — средний диаметр конуса.

КПД конического замка

$$\eta = \frac{M}{M_1} = \frac{M}{M + M_{\text{тр}}}, \quad (43)$$

где M — момент, передаваемый на реечное зубчатое колесо; M_1 — момент на рукоятке.

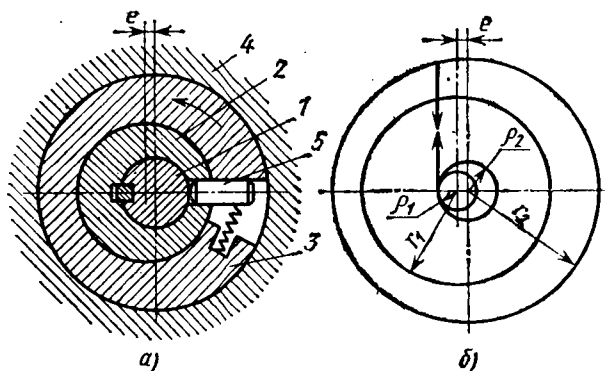


Рис. 63. Эксцентровый замок

По аналогии с роликовым замком можно принять $M = 10mQ$. Подставляя вместо $M_{тр}$ его значение в выражение (43) и значение $M = 10mQ$, после преобразований получим

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{f}{\sin \alpha + f \cos \alpha} \frac{D_{ср}}{20m}}.$$

Самоторможение обеспечивается при КПД менее 0,5. Зная момент M , можно определить момент на рукоятке:

$$M_1 = \frac{M}{\eta} = M \left(1 + \frac{f}{\sin \alpha + f \cos \alpha} \frac{D_{ср}}{20m} \right).$$

Эксцентровый замок (рис. 63, а) имеет вал 1 реечного зубчатого колеса с закрепленным эксцентриком 2. Вращение валу передается от кольца 3, скрепленного с рукояткой замка. Кольцо вращается в выточке корпуса 4, ось которой смещена от оси вала на величину e . При обратном вращении рукоятки передача на вал происходит через штифт 5. В процессе закрепления кольцо 3 заклинивается между эксцентриком и корпусом. Условие самоторможения эксцентрика можно найти из схемы действия сил на рис. 63, б. Система находится в равновесии, если касательная к кругу трения эксцентрика радиуса r_1 лежит на одной прямой с касательной к кругу трения выточки радиуса r_2 . Это условие выполняется в том случае, если круги трения пересекаются в одной точке ($r_1 + e = r_2$). Самотормозящие свойства повышаются при $r_1 + e < r_2$. Самоторможение отсутствует, если $r_1 + e > r_2$.

Заменив $r_1 = fr_1$ и $r_2 = fr_2$, где r_1 — радиус эксцентрика, r_2 — радиус выточки и f — коэффициент трения в цапфе, получим

$$e \leq f (r_2 - r_1).$$

Пневматические силовые узлы выполняют в виде пневмоцилиндров неподвижного, качающегося и вращающегося типов или пневмокамер. На рис. 64, а представлена конструкция неподвижного цилиндра, на рис. 64, б, в даны примеры использования качающихся цилиндров. Конструкция вращающегося цилиндра и поводкового патрона для токарного станка показана на рис. 65. Нормальные диаметры цилиндров составляют ряд: 50, 60, 75, 100, 125, 150, 200, 250 и 300 мм. Цилиндры изготовляют одно- и двустороннего действия. У цилиндров одностороннего действия обратный ход поршня осуществляется пружиной, а у цилиндров двустороннего действия — сжатым воздухом. Габаритные размеры цилиндров одностороннего действия в осевом направлении увеличены из-за необходимости иметь длинную пружину, напряжения в которой при этом могут быть снижены до допустимого уровня.

Уплотнения делают в местах сопряжения поршня с цилиндром и выхода штока. Для этой цели применяют угловые воротниковые манжеты из кожи, хлорвинила или маслостойкой резины (ГОСТ 6678—72), кольца круглого поперечного сечения (ГОСТ 9833—73), а также манжеты воротниковые V-образные (ГОСТ 6969—54) из маслостойкой резины (см. рис. 64, а). Кольца круглого сечения уплотняют при движении поршня или штока в обе стороны, а манжеты — в одну. Для постановки колец зеркало цилиндра следует обрабатывать с $Ra = 0,32 \div 0,08$ мкм, а для постановки манжет — с шероховатостью $Ra = 1,25 \div 0,32$ мкм. Посадка поршня в цилиндре при наличии уплотнительных колец $\frac{H7}{f7}$ или $\frac{H8}{f8}$ при наличии манжет $\frac{H11}{d11}$ или $\frac{H12}{b12}$.

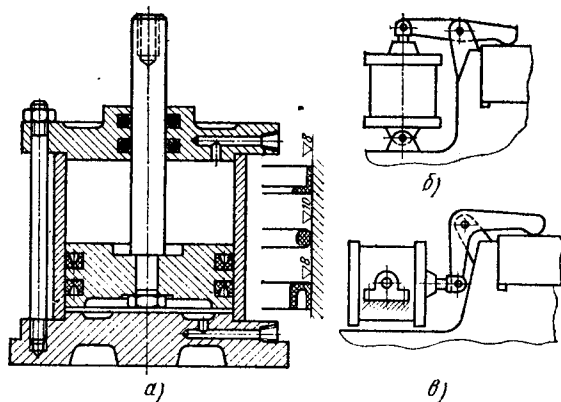


Рис. 64. Пневмоцилиндры для стационарных приспособлений

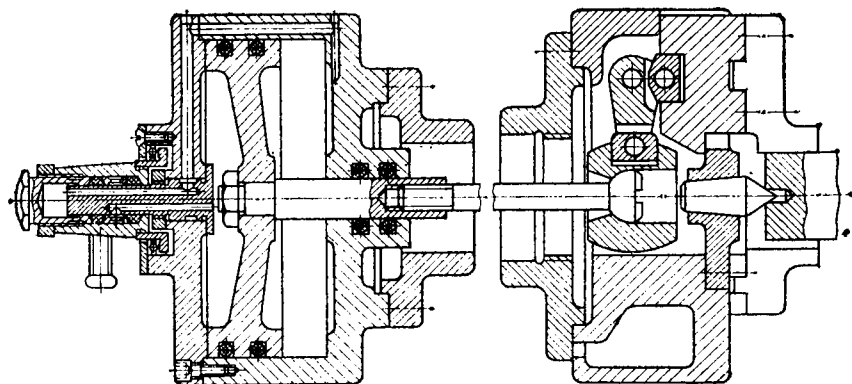


Рис. 65. Пневмоцилиндр и патрон для токарного станка

Для работы колец необходимо обильное смазывание, манжеты могут работать без смазки. Допускаемое отклонение от соосности цилиндра и отверстия под шток в первом случае 0,02 мм, во втором — 0,06—0,08 мм. Для уменьшения коррозии цилиндров их стенки рекомендуется хромировать.

Силу на штоке пневмоцилиндра (H) находят по формуле

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad (44)$$

где D — диаметр цилиндра, мм; p — давление сжатого воздуха (обычно 0,3—0,6 МПа); η — КПД, учитывающий потери в цилиндре.

При пуске сжатого воздуха со стороны штока диаметром d

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta.$$

Для цилиндра одностороннего действия сила на штоке уменьшается в конце рабочего хода на величину силы сжатия пружины q . Величина η зависит от D . При $D = 150 \div 200$ мм $\eta = 0,90 \div 0,95$. При меньших D относительная величина потерь на трение манжет о стенки цилиндра растет и η снижается.

Пневмокамера, представляющая собой силовой узел одностороннего действия (рис. 66, а), состоит из двух штампованных чашек 6 и 3, между которыми зажата резиноканевая диафрагма 2. Ее изготавливают из многослойной ткани бельтинг, пропитанной и покрытой с обеих сторон маслостойкой резиной. Толщина диафрагмы 4—10 мм. При впуске сжатого воздуха в полость 1 диафрагма оказывает давление на шайбу штока 5 и перемещает его вниз. Шток связан с зажимным устройством приспособления. При обратном движении штока под действием пружины 4 диафрагма становится выпуклой.

При малом ходе штока применяют плоские диафрагмы из резиноканевой ленты по ГОСТ 20—76 (рис. 66, б и в). Ориенти-

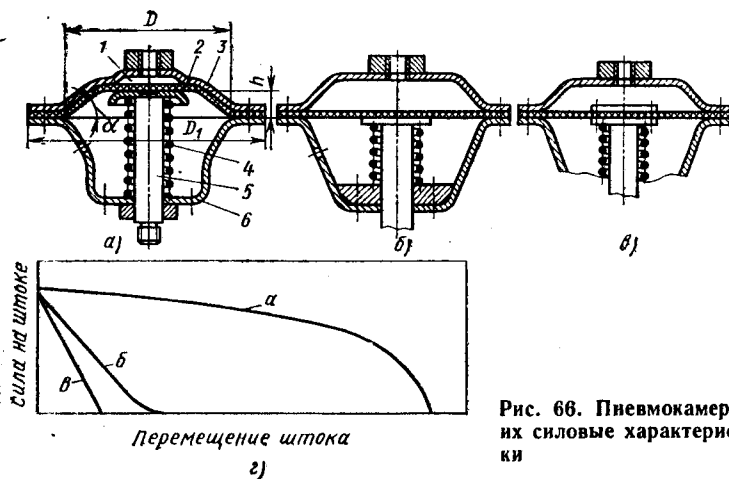


Рис. 66. Пневмокамеры и их силовые характеристики

ровочный срок службы диафрагмы — до 1 млн. сжатий. Для крепления пневмокамеры на корпусе приспособления предусматривают гладкие или резьбовые отверстия.

Ход штока при выпуклой диафрагме (без учета ее вытяжки) $L = 2h$, где h — стрела выпуклости (см. рис. 66, а). При плоской диафрагме (см. рис. 66, б) ход штока приблизительно определяется ее прогибом в центре:

$$L = \frac{3pD^4(1-\mu^2)}{256Es^3},$$

где p — давление сжатого воздуха; D — диаметр диафрагмы по линии ее защемления; s — толщина диафрагмы; E — модуль упругости материала диафрагмы; μ — коэффициент Пуассона материала диафрагмы.

При расчете перемещений следует принимать во внимание только тканевую основу диафрагмы, значение s берут по толщине этой основы. Приняв $\mu = 0,4$ и $E = 6 \cdot 10^2$ МПа, получим упрощенную формулу

$$L = 1,7 \cdot 10^{-5} \frac{pD^4}{s^3}.$$

Величину s определяют из условий прочности диафрагмы:

$$s = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{\max}}},$$

где $\sigma_{\max}$ — наибольшее допустимое напряжение в тканевой основе ($\sigma_{\max} \leq 40$ МПа).

Ход штока при защемленной диафрагме (см. рис. 66, в)

$$L = \frac{pD^4}{16Es^3} \left(k_1 + k_2 \frac{\pi}{a^2} \right).$$

15. Значения коэффициента c

$\frac{D}{d}$	Перемещение штока в долях длины его хода L					
	Исходное положение	0,2L	0,4L	0,6L	0,8L	L
1,25	0,85	0,7	0,62	0,57	0,5	0
1,5	0,82	0,65	0,55	0,47	0,4	0
1,75	0,78	0,62	0,48	0,40	0,3	0
2,0	0,75	0,58	0,46	0,34	0,2	0

Коэффициенты k_1 и k_2 зависят от отношения $a = D/d$. Значение s из условий прочности для этого случая находим по формуле

$$s = \frac{D}{2} \sqrt{\frac{\rho \left(k_3 + k_4 \frac{\pi}{a^2} \right)}{\sigma_{\max}}}$$

Коэффициенты k_1 , k_2 , k_3 и k_4 имеют следующие значения:

Отношение D/d	1,25	1,5	2,0	3,0
k_1	0,00077	0,0062	0,0329	0,110
k_2	0,00129	0,0064	0,0237	0,062
k_3	0,090	0,273	0,71	1,54
k_4	0,115	0,220	0,405	0,703

Приведенные формулы позволяют вычислить L без учета действия пружины штока. Последнее незначительно уменьшает ход штока (практически на 3—5 %). Силы на штоке непостоянны по величине и в конце свободного хода снижаются до нуля, так как давление сжатого воздуха уравнивается упругим растяжением диафрагмы. Наибольшая сила на штоке имеет место в момент впуска сжатого воздуха в камеру. Зависимость силы на штоке Q от пути его перемещения из исходного положения показана для пневмокамер с выпуклой диафрагмой на рис. 66, z (кривая a). Для некоторого промежуточного положения штока силу Q можно определить приближенно по формуле

$$Q = c\rho D^2. \quad (45)$$

Значения коэффициента c в зависимости от отношения D/d при различных перемещениях штока даны в табл. 15.

Для защемленной диафрагмы (см. рис. 66, a) сила на штоке

$$Q = \frac{\rho D^2 \left(k_1 + k_2 \frac{\pi}{a^2} \right)}{4k_2} (1 - m),$$

где m — перемещение штока от исходного положения в долях L .

Из формулы видно, что сила на штоке в зависимости от его перемещения изменяется по закону прямой. Эту формулу можно представить в более простом виде:

$$Q = p c D^2 (1 - m). \quad (46)$$

Значения c в зависимости от отношения D/d приведены ниже:

D/d	1,25	1,5	2	3
c	0,65	0,59	0,55	0,53

На рис. 66, z (кривая b) показана зависимость Q от перемещения штока для пневмокамеры со свободно опертой диафрагмой (см. рис. 66, b). В первой фазе Q изменяется по закону прямой, а во второй — по кривой, обращенной выпуклой частью вниз. Кривая z выражает ту же зависимость для пневмокамеры, показанной на рис. 64, z .

Исходными данными для расчета зажимных устройств с пневматическими силовыми узлами являются: сила закрепления заготовки Q , давление сжатого воздуха p , ход зажимного элемента L и время срабатывания t . Наиболее прост расчет зажимного устройства прямого действия, когда в качестве силового узла используется пневмоцилиндр. В этом случае по заданным Q и p находят диаметр цилиндра D , используя формулу (44). Величину D округляют до ближайшего большего значения по нормальному ряду.

Величина L определяет ход штока цилиндра. Если вместо пневмоцилиндра используют пневмокамеру, то ее диаметр по месту защемления диафрагмы можно найти по формулам (45) или (46). Диаметр находят для положения штока, которое соответствует наименьшему размеру заготовки, т. е. наибольшей величине выдвигания штока. Последняя складывается из зазора между штоком и заготовкой для ее свободного закладывания в приспособление (1—2 мм) и допуска на размер заготовки. При плоской диафрагме определяют ее толщину и наибольший ход штока.

Расчет усложняется, если между зажимным элементом и силовым узлом встроен промежуточный (обычно усиливающий или самотормозящий) механизм. В этом случае для наименее выгодного положения зажимного элемента находят силу на штоке силового узла с учетом передаточного отношения промежуточного механизма и потерь на трение в его звеньях. Вместе с этим находят ход штока (его полную величину от исходного положения до момента закрепления заготовки). По методике расчета зажимных устройств прямого действия определяют диаметр цилиндра или пневмокамеры.

Время срабатывания пневмоцилиндра t складывается из времени t_1 от момента открытия крана до начала движения поршня, времени движения поршня t_2 и времени возрастания давления в рабочей полости до установленной величины после остановки поршня t_3 . Кривые изменения давления в полости, наполняемой

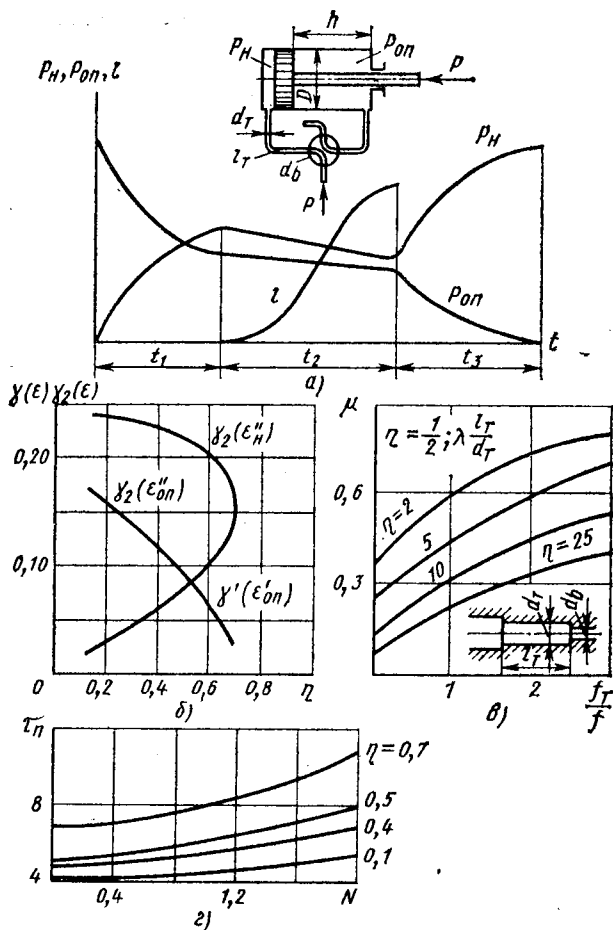


Рис. 67. Графики для определения времени срабатывания пневмоцилиндров

воздухом p_H и в полости, из которой выходит воздух $p_{оп}$ цилиндра, а также кривые изменения пути l , проходимого поршнем во времени, показаны на рис. 67, а.

Приводим упрощенную методику расчета составляющих t .

$$t_1 = 3,19 \cdot 10^{-4} \frac{V_0 + F_{оп}h}{\mu f} \gamma'(\epsilon'_{оп}) \text{ с,}$$

здесь V_0 — объем «вредного» пространства полости цилиндра, см^3 ; $F_{оп}$ — площадь поршня со стороны полости, из которой выходит воздух, см^2 ; h — ход поршня, см ; μ — коэффициент расхода при прохождении воздуха через кран и подводящий трубопровод; f — проходное сечение крана, см^2 ; $\gamma'(\epsilon'_{оп})$ — функция, определя-

емая давлением в полости, из которой выходит воздух, в начале движения.

Значения γ' ($\epsilon'_{оп}$) берут по кривым (рис. 67, б) в зависимости от величины коэффициента нагрузки на поршень

$$\eta = \frac{P}{0,785 D^2 (1 + p)},$$

где P — сила сопротивления на штоке; D — диаметр поршня; p — избыточное давление сжатого воздуха в магистрали.

Величина μ определяется из рис. 67, в по диаметру d_T и длине трубы l_T , коэффициенту трения в трубе $\lambda = 0,03 \div 0,05$ и отношению проходного сечения трубы f_T к проходному сечению крана f

$$t_2 = 1,027 \cdot 10^{-5} \frac{D^2 h}{\mu f} \tau_h.$$

Значение безразмерного параметра τ_h находят по рис. 67, а, предварительно определив расчетную величину по формуле

$$N = 1568 \frac{\mu f}{D^3} \sqrt{\frac{P_1}{h}},$$

где P_1 — масса поступательно движущихся частей, кг.

$$t'_3 \approx 6,56 \cdot 10^{-5} \frac{V_0 + F_n h}{\mu f} \gamma_2(\epsilon''_n),$$

где F_n — площадь поршня в полости, наполняемой воздухом, см².

$$t'_3 = 3,19 \cdot 10^{-4} \frac{V_0}{\mu f} \gamma_2(\epsilon''_{оп}).$$

Значения $\gamma_2(\epsilon''_n)$ и $\gamma_2(\epsilon''_{оп})$ берут на рис. 67, б.

Полное время срабатывания пневмоцилиндра (с)

$$t = t_1 + t_2 + t_3;$$

за t_3 принимается наибольшее значение из величин t'_3 и t''_3 .

Для обеспечения заданного времени срабатывания t необходимо подобрать соответствующее проходное сечение крана f . Задача решается пробным подбором. Исходными данными являются предварительно найденные из условий статики основные размеры цилиндра, а также величины p , P_1 и P .

Пневмоцилиндры и пневмокамеры могут быть встроены в корпус приспособления, в результате чего габариты последнего уменьшаются. В качестве примера показано нормализованное приспособление со встроенным мембранным пневматическим устройством, имеющим ход штока порядка 6—8 мм (рис. 68).

Для увеличения силы на штоке применяют цилиндры (пневмокамеры) с двойными поршнями (диафрагмами). В этом случае на одном штоке расположены два поршня (диафрагмы), поэтому габариты приспособления в поперечном направлении уменьшаются, а в осевом — возрастают. При необходимости использования пневмоцилиндров для токарно-револьверного станка при обработке деталей из прутка шток цилиндра выполняют полым.

Пуск пневматических силовых узлов осуществляется с помощью кранов (золотников). Пневмокамеры и цилиндры одностороннего действия снабжают трехходовыми кранами, цилиндры двустороннего действия — четырехходовыми. Золотники поршневого типа уравновешены. Для их перемещения требуется незначительная сила, вследствие этого они удобны для автоматических систем.

Трубопровод для питания пневматических силовых установок должен быть достаточного диаметра. Падение давления в нем допускается не более 10 %. Для удаления конденсата следует прокладывать трубопровод с уклоном. На низших точках трубопровода устанавливают краны для периодического спуска конденсата. Наличие влаги в сжатом воздухе приводит к коррозии пневмоцилиндров и сокращает срок их службы. Перед каждым устройством, потребляющим сжатый воздух, на трубопроводе целесообразно монтировать кран для вынужденного выключения установки, фильтр, регулятор давления (редукционный клапан), манометр, смазочный насос для подачи смазки к манжетам и сальникам. Пневматические устройства автоматических установок и систем питают сжатым воздухом, тщательно очищенным от пыли и влаги, что повышает надежность устройств. При большом количестве пневмоустановок в цехе для борьбы с шумом целесообразно отработавший воздух выпускать не в окружающую среду, а в глушители или общую обратную сеть. Если приспособление имеет несколько пневмоцилиндров, то срабатывание их может происходить одновременно или в известной (заданной) последовательности. В обоих случаях желательно иметь один кран (золотник).

На рис. 69, а показана схема управления зажимным устройством с тремя цилиндрами и одним четырехходовым краном.

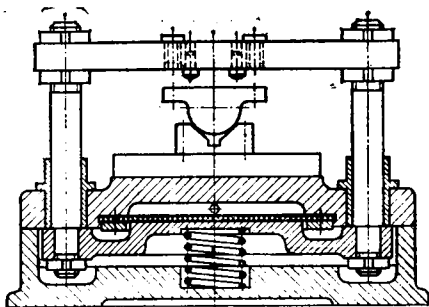


Рис. 68. Приспособление со встроенным мембранным пневмозажимом

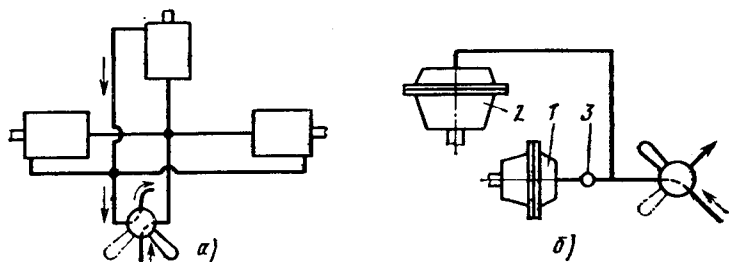


Рис. 69. Схемы параллельного (а) и последовательного (б) управления пневмозажимами одним краном

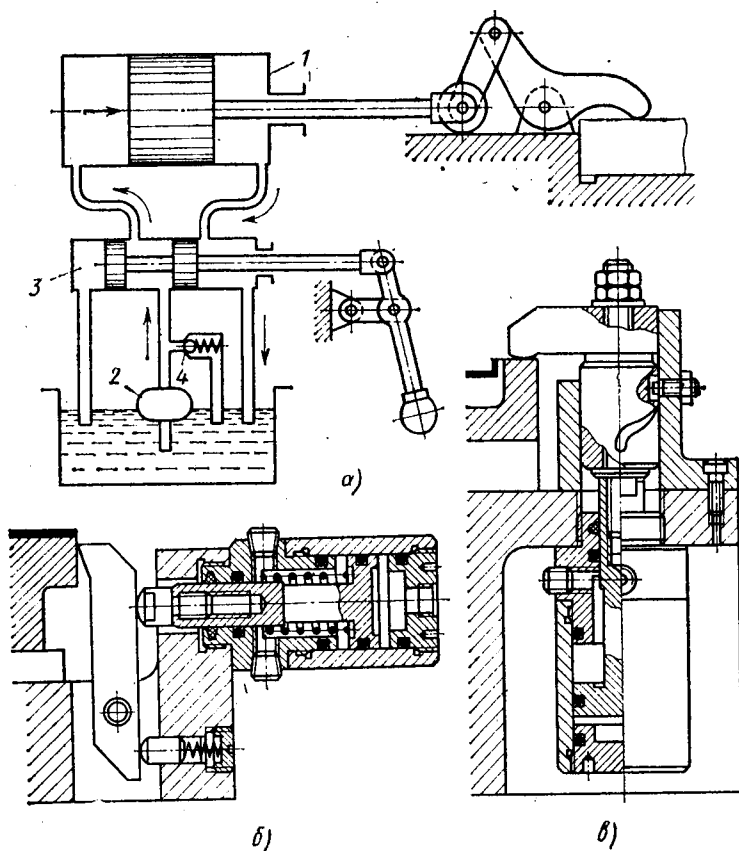


Рис. 70. Схема гидравлического зажимного устройства (а) и примеры использования встроенных гидроцилиндров (б, в)

Срабатывание цилиндров в заданной последовательности обеспечивается поочередным пуском в них сжатого воздуха с помощью многоходового крана или дросселированием воздуха при применении регулятора скорости.

На рис. 69, б представлена схема управления зажимным устройством с двумя пневмокамерами. Камера 1 должна срабатывать позднее камеры 2. Перед камерой 1 находится регулятор скорости 3. Он устроен так, что при прохождении воздуха от крана к камере сопротивление значительно больше, чем при движении воздуха в обратном направлении. В автоматических приспособлениях используют золотники соленоидного типа. Их работа в заданной последовательности обеспечивается командоаппаратом, путевыми переключателями, на которые действуют рабочие органы данного устройства, или с помощью реле времени.

Гидравлические зажимные устройства выполняют поршневого типа, они приводятся в действие от отдельного (реже — группового) насоса. Рабочей жидкостью служит веретенное масло 2 или 3. В сравнении с пневматическими гидравлические силовые узлы имеют меньшие габариты вследствие применения более высокого давления масла (6 МПа и выше). Недостатком гидравлических устройств является необходимость иметь трубопровод для слива выпускаемого из цилиндра масла, а также насос, электродвигатель которого нагружен в течение работы зажимного устройства.

Гидроцилиндры выполняют одно- и двустороннего действия. На рис. 70, а дана схема гидравлического зажимного устройства с цилиндром 1 двустороннего действия. Шестеренный насос 2 подает масло через золотник 3 ручного управления в левую (рабочий ход) или правую (обратный ход) полость цилиндров. После окончания закрепления заготовки масло сбрасывается через предохранительный клапан 4, отрегулированный на требуемое давление. Слив масла производят ниже уровня в резервуаре во избежание его вспенивания.

В зажимных устройствах одностороннего действия обратный ход поршня осуществляется пружиной. Гидрораспределитель ручного или педального управления имеет два положения, соответствующие зажиму и откреплению заготовки. Уплотнение поршней и штоков гидроцилиндров обычно достигается применением одного-двух колец круглого поперечного сечения из маслостойкой резины.

В станочных приспособлениях широко применяют нормализованные встраиваемые цилиндры с внутренним диаметром 40, 50, 60, 75 и 100 мм. На корпусе приспособления их крепят с помощью резьбовой шейки. Примеры использования этих цилиндров с боковым и верхним Г-образным откидным зажимом показаны на рис. 70, б и в.

При перегреве масла в гидросистеме растут утечки и снижаются подачи и давление, развиваемые насосом. Система должна иметь фильтр масла, засасываемого из резервуара. При монтаже трубопровода следует избегать воздушных мешков.

Исходные данные для расчета гидравлических зажимных устройств: необходимая сила на штоке P , ход поршня L и время его рабочего хода (время зажатия заготовки) t . Задаваясь давлением масла p , можно определить площадь поршня

$$F = P/p,$$

а отсюда диаметр цилиндра

$$D = \sqrt{4F/\pi} = \sqrt{4P/\pi p}.$$

Секундная подача насоса (см³/с)

$$Q = \frac{V}{t\eta_1} = \frac{FL}{t\eta_1} = \frac{PL}{pt\eta_1},$$

где η_1 — объемный КПД системы, учитывающий утечки.

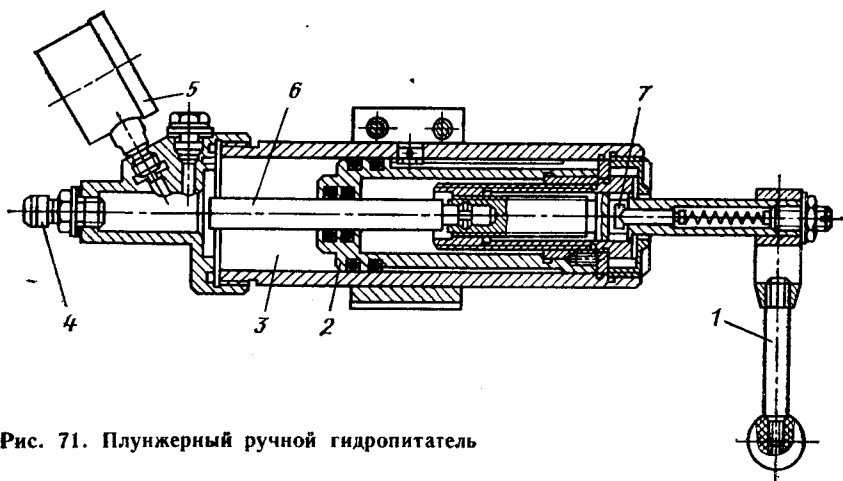


Рис. 71. Плунжерный ручной гидروпитатель

Мощность, расходуемая на привод насоса (Вт),

$$N = \frac{QP}{\eta_2} = \frac{PL}{t\eta_1\eta_2},$$

где η_2 — КПД насоса и силового узла.

Питание гидросистемы осуществляется шестеренными, лопастными или плунжерными насосами. Для создания рабочего давления масла в гидравлических устройствах приспособлений используют также плунжерные питатели с ручным приводом.

На рис. 71 показана конструкция питателя ПМГ. При вращении перекидной рукоятки 1 одновременно перемещаются поршень 2 и плунжер 6. Масло из полости 3 вытесняется через штуцер 4 в трубопровод и далее в исполнительный цилиндр (на рисунке не показаны), осуществляющий быстрый подвод штока к закрепляемой заготовке. Дальнейшее вращение рукоятки приводит к повышению давления в системе и срабатыванию выключающего устройства 7. После этого перемещается только один плунжер, создавая в системе высокое давление (до 10 МПа), обеспечивающее прочное закрепление заготовки. Открепляется заготовка обратным вращением рукоятки. Рабочее давление контролируется по манометру 5. Для установки питателя на приспособлении предусматривается кронштейн и хомут. При хорошей пригонке поршней и плунжеров давление масла в системе не снижается в течение 15—20 мин, чего вполне достаточно для выполнения большинства технологических операций.

Пневмогидравлические зажимные устройства имеют принципиальную схему, показанную на рис. 72, а. Сжатый воздух поступает в цилиндр 1 диаметром d_1 . Шток этого цилиндра диаметром d_2 служит плунжером гидроцилиндра 2. Масло, вытесняемое плунжером, поступает по трубопроводу 3 во второй гидроцилиндр 4

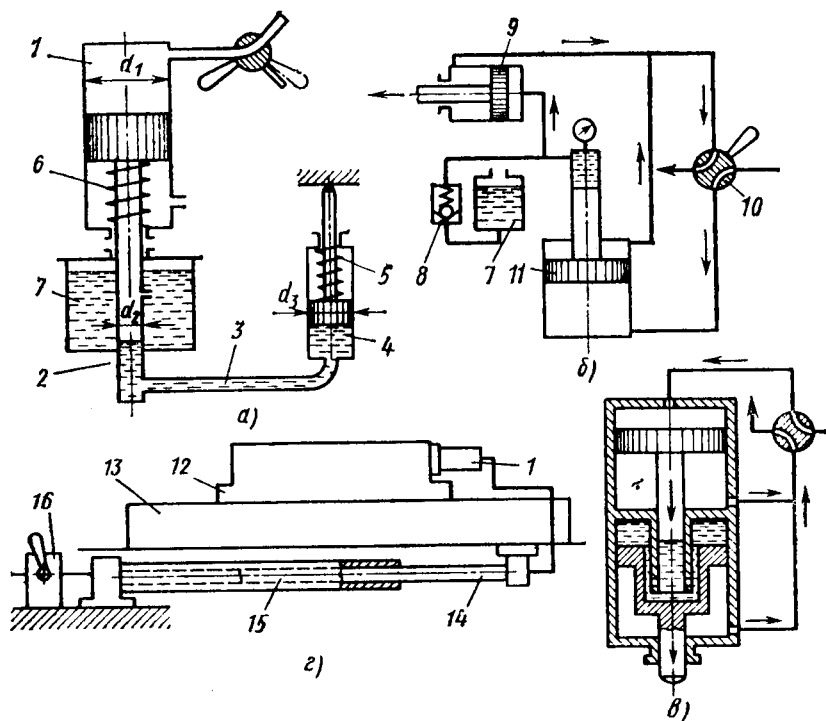


Рис. 72. Пневмогидравлические усилители

диаметром d_3 . Шток этого цилиндра связан с исполнительным зажимным механизмом. При выпуске отработавшего воздуха обратное движение поршней осуществляется пружинами 5 и 6, если обратный ход невелик. Из резервуара 7 масло поступает в систему для компенсации утечек. Устройство выполняется в виде одного блока или с отдельно вынесенным цилиндром 4. Последний встраивается в приспособление, а блок цилиндров 1 и 2 устанавливают в удобном месте у станка. Управление устройством осуществляется трехходовым краном.

В пневмогидравлических системах масло меньше нагревается, чем в насосных гидравлических системах, и меньше вспенивается. Потери энергии в них ниже, а надежность работы выше. Они просты, недорогостоящи в изготовлении и достаточно универсальны в применении. Управление ими легко автоматизируется.

На рис. 72, б представлена схема пневмогидравлического устройства, в котором обратный ход поршней 9 и 11 осуществляется сжатым воздухом. При этом уменьшается длина цилиндров, так как нет надобности размещать в них пружины, и повы-

шается скорость срабатывания системы. Управление устройством производится четырехходовым краном 10. Восполнение утечек масла происходит из резервуара 7 через обратный клапан 8.

На рис. 72, в представлена схема пневмогидравлического устройства, выполненного в одном блоке. При небольшом наружном диаметре оно развивает значительную силу закрепления и вписывается в габариты приспособления. Его преимущество — возможность подвода сжатого воздуха через гибкий рукав для перемещаемых (нестационарных) приспособлений. При наличии отдельного гидроцилиндра необходим гибкий бронированный рукав или телескопическое соединение подводящих труб. Пример подобного соединения для продольно-фрезерного станка показан на рис. 72, г. На столе станка 13 установлено приспособление 12 с гидроцилиндром 1. Подвижная труба 14 телескопического соединения связана со столом, а неподвижная труба 15 и пневмогидравлический усилитель 16 — со станиной.

При конструировании пневмогидравлических устройств исходными данными являются сила закрепления заготовки Q , давление сжатого воздуха p_1 и диаметр гидроцилиндра d_3 при размещении его в приспособлении. Из условия удобства установки и съема заготовки часто задают ход L_3 штока зажимного цилиндра.

Пренебрегая потерями, давление p_2 масла в цилиндрах 2 и 4 (см. рис. 72, а) определим по формуле

$$p_2 = p_1 \frac{F_1}{F_2} = p_1 \frac{d_1^2}{d_2^2},$$

где F_1 , F_2 — площади поршней соответственно цилиндров 1 и 2.

Сила на штоке цилиндра 4

$$Q = p_2 \frac{\pi d_3^2}{4} \quad \text{или} \quad Q = \frac{\pi}{4} p_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} d_3.$$

При заданных Q , p_1 и d_3

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{1,13}{d_3} \sqrt{\frac{Q}{p_1}}.$$

С учетом КПД цилиндров 1, 2 и 4 это отношение возрастает:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{1,13}{d_3} \sqrt{\frac{Q}{p_1 \eta_1 \eta_2 \eta_3}}.$$

Приняв $\eta_1 = \eta_2 = \eta_3 = 0,9$, получим упрощенную формулу

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{1,33}{d_3} \sqrt{\frac{Q}{p_1}}.$$

По заданной величине хода L_3 штока цилиндра 4 можно найти ход поршня L цилиндра 1 и плунжера L_2 в цилиндре 2 ($L_1 = L_2$). Из равенства (без учета утечек) следует:

$$d_3^2 L_3 = d_2^2 L_2 \quad \text{и} \quad L_2 = \frac{d_3^2}{d_2^2} L_3 = L_1.$$

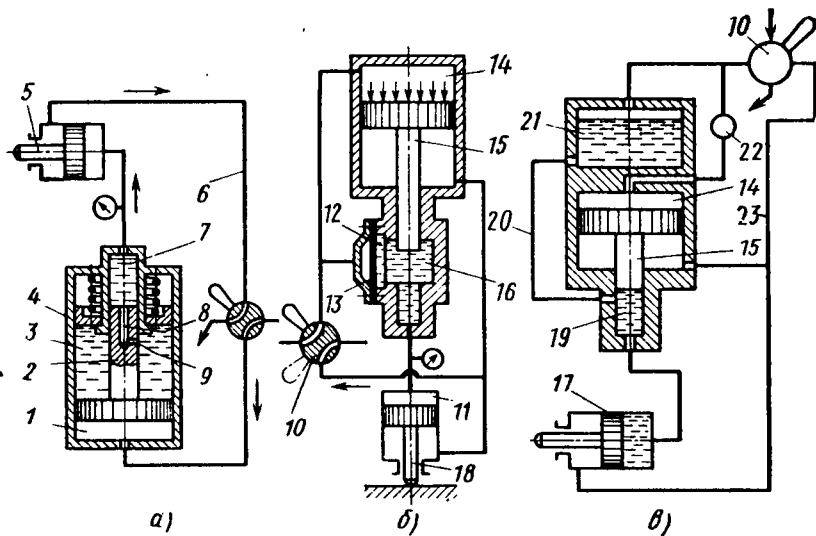


Рис. 73. Пневмогидравлические усилители улучшенной конструкции

При имеющемся пневмогидравлическом усилителе (известны d_1 , d_2 и p_1) нужно по заданному Q найти d_3 . В этом случае

$$p_2 = p_1 \frac{d_1^2}{d_2^2} \quad \text{и} \quad d_3 = 1,33 \sqrt{\frac{Q}{p_1} \frac{d_2}{d_1}}.$$

К недостаткам изображенных на рис. 70, а, б и в систем относятся: большой ход поршня пневмоцилиндра (так как $d_3 > d_2$) и большой расход сжатого воздуха на холостое перемещение штока цилиндра 4. Эти недостатки устранены в усовершенствованных системах, схемы которых показаны на рис. 73. В системе (рис. 73, а) сжатый воздух поступает в полость 1, перемещая поршень и шток 2 вверх. Масло из полости 3 через канал 8 в штоке вытесняется в полость 7, вследствие чего поршень со штоком 5 зажимающего механизма быстро выдвигается вперед. В определенный момент окно 9 штока 2 перекрывается, тогда скорость штока 5 замедляется, а сила на нем возрастает. Масло в полости 3 начнет перемещать промежуточный подпружиненный поршень 4. Обратный ход штоков 5 и 2 осуществляется подачей сжатого воздуха в левую полость цилиндра по трубопроводу 6. Система управления четырехходовым краном имеет два положения — зажим и разжим. Зажимающий цилиндр может быть объединен в один блок с гидроусилителем.

На рис. 73, б представлена схема устройства улучшенной конструкции с отдельно стоящим гидроцилиндром. Воздух через четырехходовой кран 10 подают в пневмоцилиндр 14 и пневмокамеру 13 с диафрагмой из маслостойкой резины. Перемещением

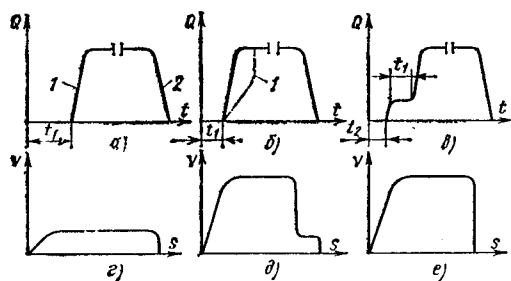


Рис. 74. Характеристики пневмогидравлических усилителей

сжатого воздуха в нижние полости цилиндров 14 и 17. На рис. 73, в показана схема пневмогидравлического устройства с отдельно стоящим гидроцилиндром 17. Воздух из магистрали через четырехходовой кран 10 поступает в резервуар 21 и вытесняет из него масло по трубопроводу 20 в цилиндр 19, обеспечивая быстрый подвод штока гидроцилиндра 17 к закрепляемой заготовке. В результате повышения давления масла в цилиндре 17 автоматически срабатывает клапан последовательного действия 22. Воздух поступает в цилиндр 14; поршень со штоком 15 начинает перемещаться и в цилиндре 19 развивается высокое давление, обеспечивающее окончательное закрепление заготовки. При переключении крана 10 воздух подается по трубопроводу 23 и возвращает поршни цилиндров 17 и 14 в исходное положение.

На рис. 74 представлены характеристики пневмогидравлических усилителей рассмотренных типов. Кривые на рис. 74, б и в показывают изменение силы Q на штоке рабочего (зажимного) цилиндра в функции времени, а на рис. 74, г, д и е — изменение скорости штока v от величины его перемещения s . На рис. 74, а дана характеристика пневмогидравлических устройств, показанных на рис. 73. Отрезок t_1 соответствует времени подвода штока к заготовке от исходного положения. Крутизна ветви 1 (рис. 74, а) растет с увеличением жесткости зажимного устройства. Ветвь 2 характеризует разжим заготовки.

На рис. 74, б дана характеристика устройств, изображенных на рис. 73, а и б. Отрезок t_1 соответствует более быстрому подходу штока к заготовке, чем в предыдущем случае. Вариант ветви 1, показанный штриховой линией, отражает случай подхода штока к заготовке до начала второй стадии работы пневмогидравлического усилителя. Кривые на рис. 74, в характеризуют работу устройств, показанных на рис. 73, в. Отрезок t_1 соответствует времени автоматического переключения с низкого на высокое давление, а отрезок t_2 — времени подвода штока к заготовке.

На рис. 74, г, д и е показаны кривые изменения скорости штока от величины его перемещения для устройств, характери-

поршня со штоком 15 и выгибанием диафрагмы 12 вверх масло из полости 16 вытесняется в цилиндр 11, обеспечивая быстрый подвод штока 18 к заготовке. Замедление скорости штока и увеличение силы закрепления происходят автоматически в момент, когда шток 15 перекрывает полость 16. Возвращение системы в исходное положение достигается пуском

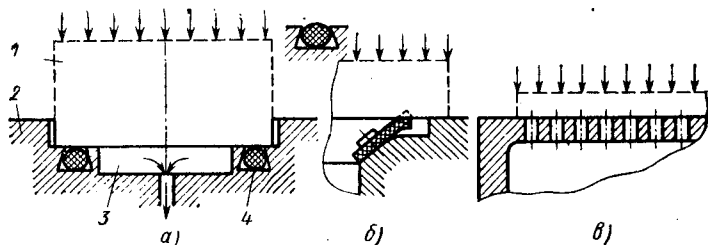


Рис. 75. Вакуумные зажимы

стики которых приведены на рис. 74, а, б и в. Наибольшую скорость срабатывания имеет устройство на рис. 73, в. Оно малогабаритно, просто, не имеет пружин, наличие двух положений крана упрощает автоматизацию привода.

Вакуумные зажимные устройства работают по принципу использования атмосферного давления для прижима заготовки. Их схемы показаны на рис. 75. Заготовка 1 устанавливается в центрирующую выточку (рис. 75, а) или на плиту (рис. 75, б) приспособления 2, из полости 3 которой удаляют воздух. Заготовка к плите приспособления прижимается атмосферным давлением. Герметичность системы обеспечивают уплотнением из резинового шнура 4. Другой вариант уплотнения в виде резиновой полосы показан на рис. 75, б. Уплотнительный шнур выполняют из вакуумной резины марок 1015, 9024 или 7889. Размеры шнура и канавки влияют на работоспособность приспособления. При контакте заготовки с поверхностью плиты шнур должен заполнять канавку и деформироваться по высоте на 5—10 %.

Сила, прижимающая заготовку к плите (Н),

$$Q = F (0,1 - p) 10^{-4},$$

где F — активная площадь полости приспособления, границы которой берутся по линии уплотнения, см; p — давление разрежения в рабочей полости приспособления, в обычных условиях $p = 0,01 \div 0,015$ МПа. Применение более глубокого вакуума нецелесообразно, так как сила закрепления увеличивается при этом незначительно.

Вакуумные зажимные устройства применяют для крепления заготовок из различных материалов с плоской или криволинейной базовой поверхностью. Сила закрепления достаточна для выполнения операций отделки и чистовой обработки. Для восприятия сдвигающей силы часто используют упоры. Базовая поверхность заготовок может быть как чисто обработанной, так и необработанной. В последнем случае она должна быть достаточно ровной, без заметных выступов и впадин. Рабочую поверхность приспособления обрабатывают, обеспечивая $Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм. Ее прямолинейность должна быть в пределах 0,02 мм на длине 300 мм.

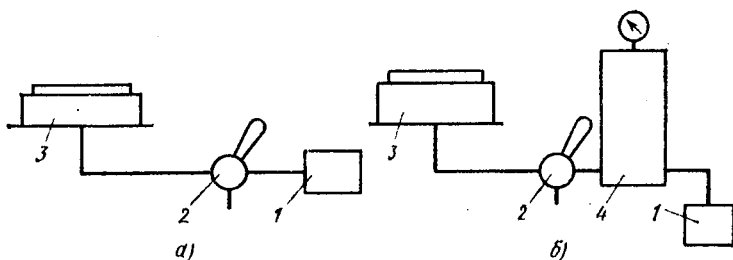


Рис. 76. Монтажные схемы вакуумных устройств

Открепление заготовки осуществляется сообщением полости 3 с атмосферой. Для уменьшения времени срабатывания и расхода энергии объем этой полости должен быть минимальным. Вакуумные устройства эффективны для крепления тонких пластин. Для их равномерного многоточечного прижима к плите на установочной плоскости последней выполняют большое количество мелких тесно расположенных отверстий (рис. 75, в). В этом случае закрепление производится без уплотнения; отсутствует выпучивание и коробление пластин. Опыты показали, что активная площадь отверстий больше их суммарной площади на величину 0,5—0,8 площади перемычек. Большие значения поправок соответствуют большим значениям Ra поверхности плиты.

Вакуум для индивидуальных и групповых установок создается поршневыми одно- и двухступенчатыми насосами. Реже применяют струйные насосы (эжекторы), работающие сжатым воздухом. Они конструктивно просты, но имеют невысокий КПД. Их применяют при малой нагрузке станка во времени и при опасности попадания большого количества охлаждающей жидкости и пыли в вакуумную систему. Если используют поршневые насосы, то между ними и приспособлением предусматривают фильтр (при операции сухого шлифования) или влагоотделитель (при операции мокрого шлифования). Насос 1 присоединяют к приспособлению 3 непосредственно (рис. 76, а) или через промежуточный резервуар 4 (рис. 76, б). Трехходовой кран 2 служит для закрепления и открепления заготовок.

В первом случае время закрепления, определяемое продолжительностью откачки воздуха из системы до заданного вакуума,

$$t = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4} L n} \ln \frac{0,1 - p_n}{p - p_n}, \quad (47)$$

где V — объем системы; D — диаметр поршня насоса; L — длина хода поршня; n — частота вращения вала насоса; p_n — минимальное давление, развиваемое вакуум-насосом; p — требуемое давление в системе.

Во втором случае давление в системе после поворота крана падает до заданной величины практически мгновенно. Однако

давление p_1 в резервуаре вместимостью V_1 должно быть меньше p :

$$p_1 = \frac{p(V_1 + V) - 0,1V}{V_1}.$$

Приняв $p_1 = p_2$, можно решить обратную задачу:

$$V_1 = \frac{V(0,1 - p)}{p - p_n}.$$

Зная p , V и t в первом случае, можно подобрать по формуле (47) основную характеристику (D , L , p_n) и режим работы насоса. Кривые изменения давления в вакуум-резервуаре во времени при непрерывной работе насоса (второй случай) показаны на рис. 77. Точки a соответствуют открытию крана, а точки b — его закрытию. Расстояние между точками a равно $t_{ш}$ на данную операцию. Для подбора основной характеристики и режима работы насоса можно использовать формулу (47), подставив в нее $t_{ш}$ вместо t , $V_1 + V$ вместо V и атмосферное давление p вместо 0,1. Давление p в формуле (47) следует заменить величиной p_1 . Значением p_n задаемся ($p_n < p_1$).

Применяя промежуточный резервуар, сокращают вспомогательное время, снижают требуемую мощность насоса и повышают безопасность работы при вынужденной остановке насоса. Вакуумные устройства используют также для захвата легких заготовок и деталей при транспортировании на линиях автоматической обработки и сборки.

Зажимные устройства с приводом от электродвигателя находят применение в станках токарно-револьверной группы, агрегатных станках и автоматических линиях (см. гл. IX). Они обычно имеют винтовые зажимы с приводом от электроключа, представляющим собой отводимое (вручную или автоматически) устройство с муфтой тарирования крутящего момента. Принципиальная схема типового устройства дана на рис. 78, a . От вала электродвигателя 1 вращение через редуктор 2 и муфту 3 передается на винт 4, перемещающий связанную со штоком зажимного устройства гайку 5. По достижении нужной силы закрепления муфта срабатывает. Предварительной затяжкой пружины регулируют передаваемый крутящий момент. Открепление заготовки осуществляется реверсированием двигателя, подвод тока к которому производится через контактные кольца. Обычно угол скоса зубьев α берут равным $30-45^\circ$. Зная передаваемый муфтой момент M , можно определить силу предварительной затяжки пружины

$$P = \frac{M}{r} \operatorname{tg}(\alpha - \varphi),$$

где r — средний радиус расположения кулачков муфты; $\varphi = 5-8^\circ$ — угол трения на поверхности контакта зубьев.

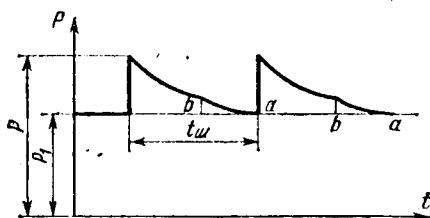


Рис. 77. Кривые изменения давления в вакуум-резервуаре

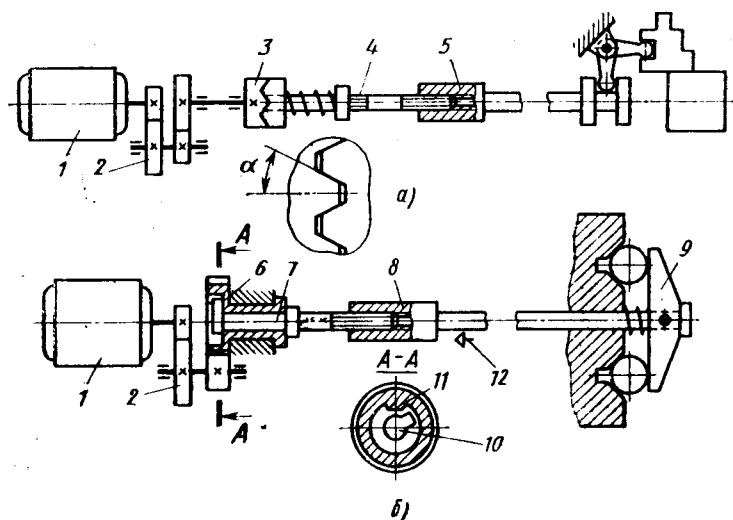


Рис. 78. Зажимные устройства с приводом от электродвигателя

На рис. 78, б приведена принципиальная схема зажимного устройства без муфты применительно к стационарному приспособлению. Вращение от вала электродвигателя 1 через редуктор 2 передается зубчатому колесу 6, свободно сидящему на валу 7. На внутренней полости зубчатого колеса имеется выступ 11, который зацепляется с зубом 10 валика 7. Валик ввертывается резьбовой частью в гайку 8, связанную с исполнительным зажимным устройством 9. Когда заготовка закреплена, момент на валу электродвигателя и сила тока резко возрастают, и реле тока выключает электродвигатель. При откреплении заготовок выключение электродвигателя осуществляется путевым выключателем 12. Устройство обеспечивает разгон электродвигателя за несколько холостых оборотов, что особенно важно при откреплении заготовки.

Электромагнитные зажимные устройства выполняют преимущественно в виде плит и планшайб для закрепления стальных и чугунных заготовок с плоской базой. На рис. 79, а показана схема плиты, в корпусе 1 которой заключены электромагниты 6. Заготовку 5 устанавливают на крышку 2. В крышке выполнены полюсы 3, окруженные изоляцией 4 из немагнитного материала (латунь, нержавеющая сталь, эпоксипласт). Толщина изоляции обычно не превышает 5 мм. Магнитный поток замыкается через заготовку, проходя через корпус и крышку плиты. Удерживающая сила возникает в местах контакта заготовки с полюсами и крышкой плиты. На рис. 79, б показана другая схема. Здесь удерживающая сила возникает только в местах контакта заготовки с полюсами плиты.

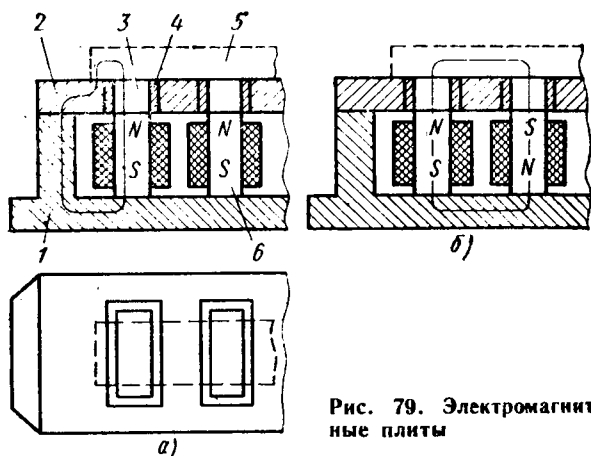


Рис. 79. Электромагнитные плиты

Сердечники электромагнитов и полюса крышки изготавливают из стали 10, а остальные детали плит — из сталей 10 и 15 или из чугуна СЧ 12. Рабочая поверхность плиты или планшайбы шлифуется до $Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм; отклонение поверхности от прямолинейности не должно превышать 0,02 мм на длине 300 мм. Питание электромагнитных плит производится постоянным током (номинальное напряжение 24, 48, 110 и 220 В) от мотор-генераторов, меднозакисных (корпусных) или селеновых выпрямителей.

При конструировании электромагнитных плит (планшайб) специального назначения исходными данными являются размеры и конфигурация заготовки в плане, ее толщина, материал заготовки и сила Q , удерживающая заготовку от смещения под влиянием сил резания. Если высота заготовки сопоставима с размерами ее опорной поверхности, то в процессе обработки возникает опрокидывающий момент от сил резания, стремящихся оторвать заготовку от полюсов плиты. При обработке сравнительно тонких заготовок силы резания стремятся повернуть заготовку в плоскости плиты относительно некоторого полюса, положение которого непрерывно изменяется. В частном случае происходит сдвиг заготовки в направлении действия тангенциальной составляющей силы резания. Для определения необходимой удерживающей силы Q может использоваться изложенная в § 2 этой главы методика расчета. Удерживающую силу следует определять по самой невыгодной фазе обработки, когда возникает наибольший сдвигающий момент, с учетом конфигурации заготовки в плане и расположения ее относительно полюсов плиты.

Воспринимаемая плитой сила сдвига заготовки

$$F = Qf + F_1,$$

где f — коэффициент трения между плитой и заготовкой ($f = 0,16 \div 0,18$); F_1 — магнитная сила, препятствующая сдвигу

заготовки относительно полюсов плиты. Из опытов $F_1 = aQ$, где $a = 0,05 \div 0,08$.

Приняв $F = kP$, где P — сдвигающая сила и k — коэффициент запаса, получим

$$Q = \frac{kP}{f + a}.$$

Исходя из размеров и конфигурации заготовки, устанавливают число полюсов n плиты (планшайбы). Для лучшего распределения силы закрепления заготовки полюса должны быть равномерно расположены под ее опорной поверхностью. У плит полюса обычно располагают параллельно, у планшайб — параллельно и радиально. Для плит средних размеров шаг расположения полюсов принимают 35—50 мм. Отношение площади полюсов $F_{\text{пол}}$ ко всей площади плиты берут $m = 0,35 \div 0,45$.

При достаточно большой толщине заготовки и полном перекрытии ею всех полюсов удерживающая сила (H) для плиты по схеме, приведенной на рис. 79, а,

$$Q_1 = 4 [B_{\text{пол}}^2 F_{\text{пол}} + B_{\text{пл}}^2 (F_{\text{заг}} - F_{\text{пол}} - F_{\text{пр}})], \quad (48)$$

где $B_{\text{пол}}$ — магнитная индукция полюса, Тл (тесла); $B_{\text{пл}}$ — магнитная индукция по поверхности плиты, Тл;

$$B_{\text{пл}} = B_{\text{пол}} \frac{F_{\text{пол}}}{F_{\text{заг}} - F_{\text{пол}} - F_{\text{пр}}};$$

$F_{\text{заг}}$ — площадь заготовки, см²; $F_{\text{пр}}$ — площадь прослоек магнитной изоляции, см².

Если заготовка не перекрывает полностью полюса плиты, то вместо $F_{\text{пол}}$ и $F_{\text{пр}}$ следует подставить значения $F'_{\text{пол}}$ и $F'_{\text{пр}}$, выражающие перекрываемые площади полюсов и прослоек.

Для плиты, показанной на рис. 79, б, удерживающая сила возникает только по полюсам плиты и формула (48) принимает вид (H)

$$Q_1 = 4B_{\text{пол}}^2 F_{\text{пол}}.$$

Расчет Q_1 является проверочным: должно быть соблюдено условие $Q_1 > Q$. Некоторого увеличения силы Q_1 можно добиться при m , близкой к 0,5.

Для нахождения необходимого числа ампер-витков Iw (намагничивающей силы), обеспечивающего требуемый магнитный поток Φ в каждом полюсе ($\Phi = B_{\text{пол}} \frac{F_{\text{пол}}}{n}$), магнитопровод разбивают на участки с постоянной площадью поперечного сечения и постоянной магнитной проницаемостью μ . Для каждого участка индукция $B = \Phi/F$. Для найденных значений индукции по кривым намагничивания (рис. 80, а) определяют соответствующие значения напряженности магнитного поля H . Для участков из неферромагнитного материала (воздушные зазоры между плитой и заготовкой) напряженность поля определяется по формуле

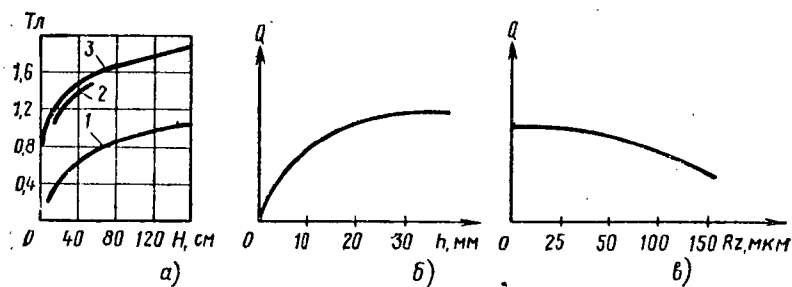


Рис. 80. Графики к расчету электромагнитных плит:

1 — чугуи; 2 — сталь литая; 3 — электротехническая сталь

$H = 80$ А/м. Далее по известной величине H и длине участка l подсчитывают падение магнитного потенциала Hl на каждом участке.

Значение $I\omega$ находят суммированием падения магнитного потенциала вдоль всего магнитопровода:

$$H_1 l_1 + H_2 l_2 + \dots + H_n l_n = I\omega.$$

Изложенная методика дает удовлетворительные результаты при расчете плоских магнитных систем. В плитах и планшайбах магнитный поток проходит по более сложной траектории, расположенной в нескольких плоскостях. Поэтому расчет магнитопровода носит во многих случаях приближенный и условный характер.

Зазор между заготовкой и плитой можно в расчетах принимать равным: при необработанной поверхности базы заготовок (отливки, штамповки) 0,1—0,3 мм, при предварительно обработанной поверхности базы 0,05—0,1 мм, при чистовой обработке поверхности 0,02—0,05 мм и при шлифованной поверхности — до 0,02 мм. Сопротивления в стыках корпуса и крышки плиты при хорошей пригонке не учитывают.

После определения числа ампер-витков ведут специальные электротехнические расчеты: устанавливают сечение обмотки, определяют ее длину и омическое сопротивление, проверяют ее на нагрев. Температура обмотки может превышать температуру рабочего помещения не более чем на 35 °С.

При использовании универсальных плит удерживающая сила зависит от толщины обрабатываемых заготовок (рис. 80, б), а также от шероховатости поверхности их баз (рис. 80, в). Если принять за единицу величину удерживающей силы для заготовки из стали 10, то удерживающая сила составит: для стали 45 — 0,95; для инструментальных легированных сталей 0,9—0,8; для серых чугунов 0,5—0,4; для ковких чугунов 0,6—0,5; для сталей типа Армко 1,1. Удерживающая сила может изменяться в пределах 50 % и больше в зависимости от положения заготовки относительно полюсов плиты. Она несколько больше при закреплении каленых заготовок, чем при закреплении сырых.

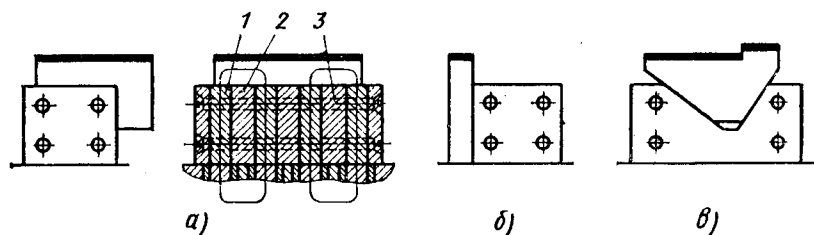


Рис. 81. Наставки для электромагнитных плит

Детали, обработанные на электромагнитных плитах (патронах), приобретают остаточные магнитные свойства. При их работе в собранном узле они могут притягивать продукты износа стальных и чугунных деталей, вызывая ускоренное изнашивание механизмов. Размагничивание деталей производят в переменном магнитном поле, плотность которого постепенно уменьшается от максимума до нуля. Детали пропускают через соленоид, питаемый переменным током (50 Гц), или кладут на стол специального устройства, где они выполняют роль замыкающего якоря электромагнита. Допустимая степень намагниченности для большинства деталей 2—3 Гц, для деталей подшипников качения не более 1 Гц.

Технологические возможности применения электромагнитных плит, особенно в условиях мелкосерийного производства и групповой обработки, расширяются при установке на их поверхности быстросменных наставок. На рис. 81, а показана наставка в виде параллелепипеда для закрепления заготовки-угольника. Она состоит из ряда удлинителей полюсов 1 (материал — мягкая малоуглеродистая сталь), разделенных магнитно-изолирующими прослойками 2 и скрепленных в общий блок медными (латунными) заклепками 3. Эти наставки притягивают заготовку как верхней, так и боковыми плоскостями. На рис. 81, б показано закрепление заготовки из полосового материала в вертикальной плоскости наставки для обработки верхней (узкой) грани заготовки. Верхняя или боковая поверхность наставок может быть обработана соответственно конфигурации поверхности базы заготовки. На рис. 81, в представлена схема закрепления в такой наставке заготовки в виде клина. Для фасонных деталей применяют специальные наставки.

Каждая наставка, представляющая собой удлинитель магнитопровода, создает дополнительное сопротивление прохождению магнитного потока, поэтому удерживающая сила наставки меньше, чем плиты, на которую она ставится. Поверхности наставок тщательно обрабатывают ($Ra = 0,63 \div 0,32$ мкм) для уменьшения сопротивления прохождению магнитного потока.

Магнитные зажимные устройства (плиты, планшайбы) имеют постоянные магниты 1 (рис. 82, а), изолированные немагнитными

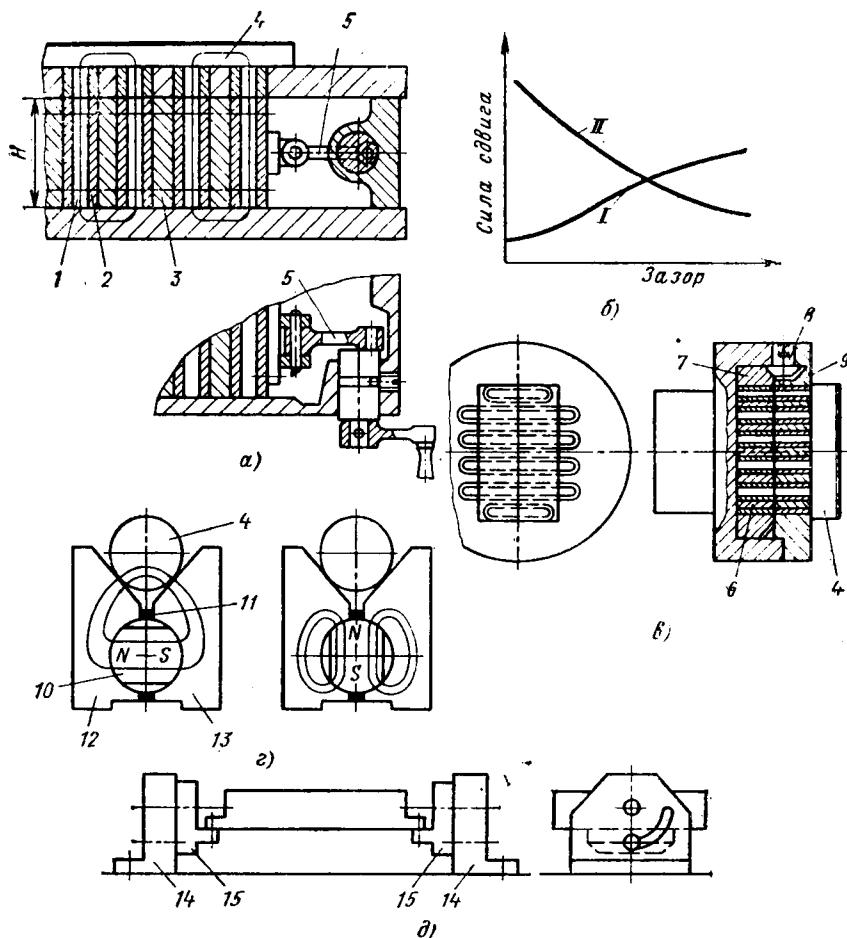


Рис. 82. Плиты и устройства с постоянными магнитами

прокладками 2 и скрепленные с проставками 3 немагнитными связями (заклепками) в общий блок. Удерживаемая заготовка 4 является якорем, через который замыкается магнитный поток. Для открепления заготовки блок сдвигается с помощью кривошипного механизма 5 вдоль плиты. Магнитный поток замыкается при этом через корпус и крышку плиты, минуя заготовку.

Зазоры между магнитным блоком и его направляющими (размер H) в корпусе и крышке берут минимальными (0,02—0,03 мм). При больших зазорах магнитные силы, действующие на блок сверху и снизу, не уравновешиваются и его трудно сдвигать. На рис. 82, б показано влияние зазоров на силу сдвига блока при откреплении заготовки (кривая I) и силу, удерживающую заготовку на плите (кривая II).

В магнитных патронах (рис. 82, в) магнитный блок 6 выполняют поворотного типа. Удерживание заготовки 4 происходит при том положении блока, когда его полюса совпадают с полюсами крышки 9. При повороте блока вокруг оси патрона его полюса выходят за конфигурацию полюсов крышки и магнитный поток замыкается через корпус и крышку. В этом случае заготовку можно снять с патрона. Поворот блока осуществляется через конические зубчатые колеса 7 и 8 с помощью ключа, вставляемого в квадратное отверстие колеса 8. Магнитные патроны часто снабжают наставками в виде привернутых дисков, на лицевой стороне которых выполняют центрирующие выточки для заготовок типа колец или шайб.

На рис. 82, г показана магнитная призма для закрепления цилиндрических заготовок. При горизонтальном положении поворотного магнита 10 (левая проекция) магнитный поток проходит через обе щеки 12 и 13 призмы, разделенные немагнитной пластиной 11, и через заготовку 4. При вертикальном положении магнита (левая проекция) поток замыкается в корпусе призмы и заготовку можно снимать. Преодоление магнитных сил от намагничивания заготовки возможно при повороте магнита на малый угол через нейтральное положение.

Магнитные и электромагнитные плиты повышают производительность труда (иногда в 10—15 раз) за счет снижения вспомогательного и основного времени (при многоместной обработке). Они могут многократно использоваться, что сокращает номенклатуру приспособлений и повышает коэффициент оснащенности операций.

Расширение технологических возможностей магнитных плит достигается установкой их на поворотные полки 15 стоек 14 (рис. 82, д); их рабочая поверхность может быть при этом наклонена к горизонтальной плоскости.

Высота и масса магнитных плит меньше, чем электромагнитных. Их преимущество — отсутствие питания током, а отсюда большая безопасность в работе и меньшие затраты на эксплуатацию. При обработке на электромагнитных плитах деталь может быть сдвинута силой резания при выключении тока, при использовании магнитных плит это исключено. Однако их включение и выключение менее удобно в автоматическом цикле работы.

Электромагнитные и магнитные плиты и патроны используют для закрепления заготовок, подвергаемых отделочной (шлифование) и чистовой обработке (фрезерование, точение, строгание). При использовании упоров, воспринимающих составляющую силы резания P_z , эти плиты можно применять и при черновой обработке. Базовые поверхности заготовок должны подвергаться чистовой обработке. С увеличением высоты микро- и макронеровностей поверхности удерживающая сила снижается, так как возникающий при этом воздушный промежуток создает сопротивление прохождению магнитного потока (см. рис. 78, в).

Для крепления длинных заготовок на столе может быть установлено последовательно несколько плит. Для крепления заготовок, имеющих небольшие размеры в плане, целесообразно использовать дополнительные плиты — наставки с мелкими и часто расположенными полюсами. В этом случае обеспечивается более прочное удержание заготовок, так как они перекрывают несколько полюсов наставки.

В последнее время применяют плиты с постоянными магнитами, магнитные свойства которых возбуждают подачей в катушки сильных импульсов постоянного тока. В этих плитах нет движущихся частей, а ток питания при работе отключен. Размагничивание достигается подачей в катушки убывающего до нуля переменного тока. Плиты с постоянными электромагнитами обеспечивают давление на рабочих поверхностях до 0,8 МПа.

Магнитные плиты как сборные конструкции обладают определенной податливостью. Их жесткость по нормали достаточно высока и лежит в пределах 50—80 кН/мм, а у электромагнитных плит достигает 100 кН/мм. Несмотря на большую нагрузку от сил резания обработка на магнитных плитах характеризуется малыми упругими отжатиями (менее 10 мкм). Наибольший прогиб плиты происходит в центре, поэтому при обработке партий небольших заготовок наблюдается рассеяние их размеров по высоте.

В процессе шлифования плиты нагреваются: магнитные плиты — от заготовок в результате выделения тепла при резании, электромагнитные плиты — кроме того, за счет тепла, выделяемого обмотками полюсов. Погрешности обработки, вызываемые тепловыми деформациями плит, достигают 40 мкм. Тепловые деформации неодинаковы по поверхности плит: наибольшие деформации имеют место в середине плиты, что объясняется худшими условиями теплоотвода.

Конструкции современных магнитных и электромагнитных плит достаточно виброустойчивы. Частота собственных колебаний плит средних размеров лежит в области 800—1500 Гц, поэтому явление резонанса при фрезеровании практически исключено.

Постоянные магниты выполняют из ферромагнитных материалов, обладающих высокой остаточной индукцией и большой коэрцитивной силой. Лучший материал для постоянных магнитов — стали с высоким содержанием углерода и специальных присадок вольфрама, кобальта, хрома. Эти стали сохраняют магнитные свойства длительное время (не менее двух лет). При размагничивании их магнитные свойства можно восстановить повторным намагничиванием. Постоянные магниты для плит изготавливают из литых материалов ЮНД8, ЮНДК15, ЮНДК18, ЮН13ДК24, ЮН14ДК24Т2, ЮН13ДК25БА, ЮНДК31ТЗБА по ГОСТ 17809—72. Применяют также плиты с керамическими или оксидно-бариевыми магнитами, получаемыми методом порошковой металлургии из окиси железа Fe_2O_3 и углекислого бария

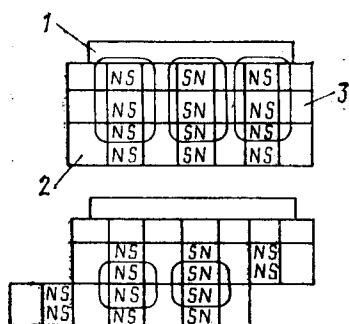


Рис. 83. Схема действия электромагнитной плиты

BaCO_3 . Они имеют большую удерживающую силу и меньшее расстояние между полюсами.

На рис. 83 показана схема действия плиты. В положении закрепления заготовки 1 нижний подвижный блок 2 ферритов занимает по отношению к верхнему неподвижному блоку 3 положение, показанное на верхней проекции. Положение открепления заготовки показано на нижней проекции. Нижний блок сдвинут и силовые линии замыкаются, минуя заготовку внутри плиты.

Электростатические плиты и патроны применяют для закрепления заготовок из различных материалов. Устройство и принцип работы электростатической плиты видны на рис. 84. Закрепляемая заготовка 1 соединяется с корпусом 5 плиты посредством контактной планки 8. Плита устанавливается на заземленном столе станка. Отрицательный полюс высоковольтного блока питания 4 (3000 В) через кабель соединен с электродом 6 из фольгированного стеклотекстолита (пудрбакелит 100 массовых долей, кварц пылевидный 700 м. д. и сажа ламповая 30 м. д.), находящимся под полупроводящим телом 7 плиты. От корпуса плиты, соединенного с положительным полюсом блока питания, полупроводящее тело изолировано заливкой 3. На рабочую поверхность 2 плиты наносится диэлектрическое покрытие (нитроцеллюлозный лак — 1 массовая доля, касторовое масло — 5 м. д., мелкодисперсный наполнитель, например титанат бария — 4 м. д.) толщиной 0,2—0,4 мм.

Принцип работы плиты основан на взаимодействии разноименно заряженных тел (закон Кулона). Сила притяжения заготовки зависит от площади контакта ее с плитой, а также от шероховатости ее нижней (базовой) поверхности. Плиты этого типа обеспечивают давление на рабочих поверхностях 0,5—0,6 МПа. Это позволяет обрабатывать на плите заготовки чистовым фрезерованием и шлифованием. В качестве смазочно-охлаждающих жидкостей обычно применяют трансформаторное масло. На электростатических плитах можно закреплять заготовки как из токопроводящих (магнитных и немагнитных), так и из токонепроводящих материалов (пластмасса, керамика, стекло). В последнем случае на базовую и торцовую поверхности контакта наносят токопроводящее покрытие (полимерные лаки холодной сушки

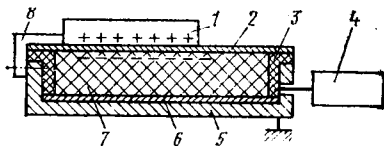


Рис. 84. Электростатическая плита

с добавлением 5—7 % ламповой сажи). Нельзя (опасно для жизни) начинать работу при снятом или поврежденном диэлектрическом покрытии, а также не имея под ногами диэлектрического коврика. Для проверки закрепления заготовок на столе по силе сдвига применять диэлектрическую палочку.

Зажимные устройства, приводимые в действие механизмами подачи, используют в основном на сверлильных станках. На рис. 85 показано подобное устройство для многошпиндельного станка. При опускании шпиндельной головки 1 кондукторная плита 2 подходит к заготовке 3. Дальнейшее опускание головки приводит к сжатию пружин 4, вследствие чего сила закрепления непрерывно растет и к концу сверления достигает максимума. При использовании подобных устройств рабочий освобождается от необходимости закрепления заготовки, поскольку это происходит автоматически. Недостаток подобных устройств — дополнительная нагрузка механизма подачи станка.

Зажимные устройства, приводимые в действие силами резания, показаны на рис. 86. На рис. 86, а приведена схема патрона с тремя эксцентриками 1, с помощью которых заготовка 2 при сверлении в ней центрального отверстия самозажимается. Предварительную затяжку заготовки производят поворотом рукоятки 3. Так как эксцентрики связаны зубчатой передачей 4—5, то поворот их происходит синхронно, чем обеспечивается хорошее центрирование заготовки. Открепление достигается поворотом рукоятки в обратном направлении. Подобные приспособления применяют при сверлении отверстий в штамповках зубчатых колес перед их протягиванием.

Пренебрегая упругими отжатыми эксцентриков, величину их эксцентриситета можно найти по формуле

$$e = \frac{s_1 + 0,5\delta}{1 - \cos \alpha},$$

где δ — допуск на диаметр заготовки; $s_1 = 0,2 \div 0,4$ мм — минимальный радиальный зазор, обеспечивающий свободную установку заготовок в патрон; α — наибольший допустимый угол поворота эксцентриков.

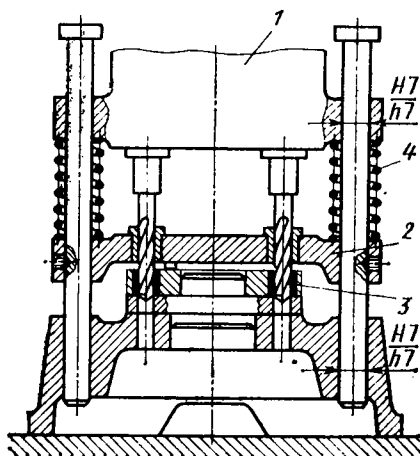


Рис. 85. Зажимное устройство, действующее от сил подачи

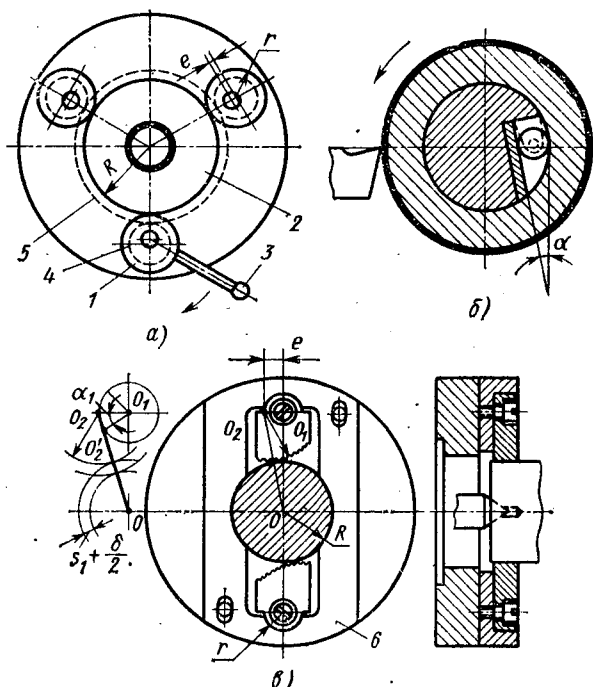


Рис. 86. Зажимные устройства, действующие от сил резания

Самоторможение системы обеспечивается при условии

$$e \leq \rho + k,$$

где ρ — радиус круга трения цапфы эксцентриков; k — коэффициент трения качения между заготовкой и эксцентриками (для необработанных заготовок $k = 0,03 \div 0,05$ см).

Заклинивание системы происходит, если

$$f(r - e) \geq \rho + k,$$

где f — коэффициент трения между заготовкой и эксцентриками; r — радиус внешней поверхности эксцентриков.

При самозажатии заготовки под действием момента $M_{рез}$ возникают силы Q , нормальные к ее поверхности:

$$Q = \frac{M_{рез} (r - e \cos \alpha')}{3R (\rho + k)},$$

где R — радиус заготовки; α' — угол поворота эксцентриков от нулевого положения.

Зная действительный $2R$ и минимальный $2R_{min}$ диаметры заготовок, угол α' можно определить из выражения

$$s_1 + R - R_{min} = e (1 - \cos \alpha').$$

Сила на рукоятке для открепления заготовки

$$N = \frac{3Q(\rho - e \sin \alpha')}{l\eta} = \frac{M_{\text{рез}}(R - e \cos \alpha')(\rho - e \sin \alpha')}{R(\rho + k)l\eta},$$

где l — длина рукоятки; $\eta = 0,8 \div 0,9$ — КПД передаточного механизма.

Зная ρ , можно определить радиус цапфы

$$a = \rho / f',$$

где f' — коэффициент трения в цапфе.

Радиус эксцентрика можно найти по формуле $r = e + a + \Delta$, где Δ — толщина перемычки эксцентрика (см. рис. 49, б). Величины a и r проверяют на смятие и контактную прочность.

На рис. 86, в показана схема поводкового патрона с двумя эксцентриковыми кулачками для токарных многолезцовых станков. Эти патроны зажимают тем сильнее, чем больше момент резания. Патрон открепляют поворотом заготовки вручную в обратном направлении. Заготовку устанавливают в центрах. Для устранения одностороннего давления от кулачков на передний центр кулачки монтируют на плавающей доске 6. Кулачки имеют небольшой угол поворота ($\alpha' = 20 \div 30^\circ$), а центры O , O_1 и O_2 не лежат на одной прямой в исходном положении, а обычно образуют прямой угол. При этом условии

$$e \approx \frac{s_1 + 0,5\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}.$$

Условия самоторможения и заклинивания приближенно запишутся в виде $e < \rho$ и $f'r > \rho$.

Пример самозажимной оправки показан на рис. 86, б. Ролик, заклиниваясь между оправкой и заготовкой, передает последней вращение от шпинделя станка. Отверстие в заготовке должно быть обработано с точностью $H7—H9$. Аналогично заклинивание роликовым замком происходит при условии $\alpha \leq 2\varphi$.

Во всех рассмотренных примерах эффект заклинивания тем выше, чем больше момент резания, возникающий при обработке. При конструировании этих устройств необходимо учитывать, что сила расклинивания не должна быть чрезмерно большой.

§ 5. КОМБИНИРОВАННЫЕ ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА

Комбинированные зажимные устройства сочетают в себе элементарные зажимы различного типа; их применяют для увеличения сил закрепления, изменения величины хода зажимающего элемента, изменения направления сил зажима, уменьшения габаритных размеров зажимного устройства в местах его контакта с заготовкой, а также для создания наибольших удобств управления. Комбинированные зажимные устройства могут также обеспе-

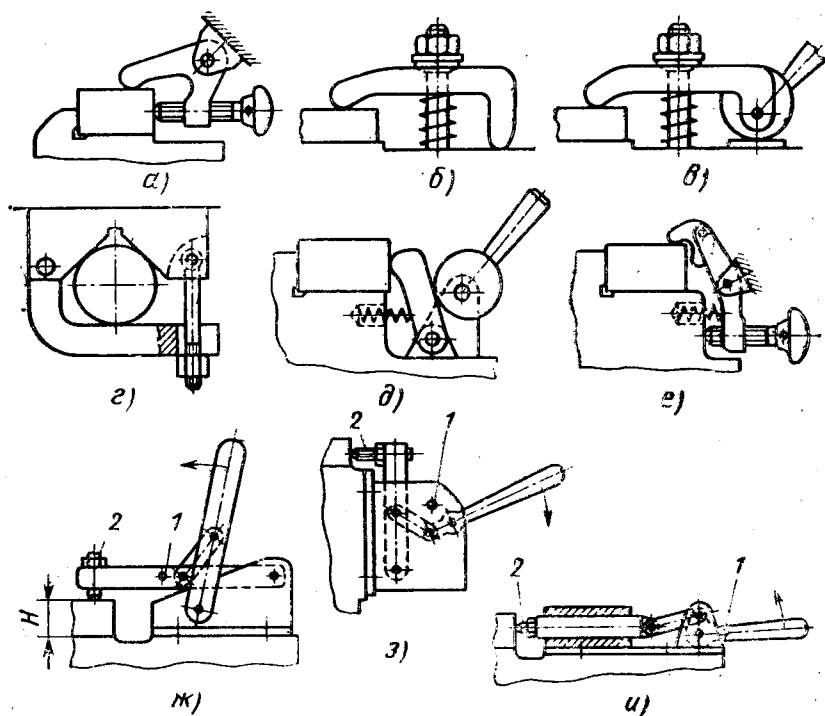


Рис. 87. Комбинированные зажимные устройства

чивать одновременное крепление заготовки в нескольких местах. Они приводятся в действие от ручного привода или от пневматических, гидравлических и других силовых узлов. В устройствах с большим количеством звеньев имеют место значительные потери передаваемых сил, в результате чего их КПД невелик.

Схемы комбинированных зажимных устройств с ручным приводом показаны на рис. 87. При сочетании изогнутого рычага и винта (рис. 87, а) можно одновременно закреплять заготовку в двух местах, равномерно повышая значения горизонтальной N и вертикальной Q сил закрепления. Силу N при заданном значении Q можно найти по формулам (34)—(36), зная принятые длины плеч рычага l_1 , l_2 , l'_1 и l'_2 . Момент затяжки винта для получения силы N находят из формулы (18). Если по условиям задачи должны быть обеспечены определенные значения сил N и Q , то по формулам (34)—(36) могут быть найдены необходимые соотношения плеч рычага.

Обычный прихват (рис. 87, б) представляет собой сочетание рычажного и винтового зажимов, отличается простотой и малыми габаритными размерами. Ось поворота рычага совмещена с центром сферической поверхности подкладной шайбы; последняя разгру-

жает шпильку от изгиба, позволяя планке самоустанавливаться по заготовкам разной высоты. Если контактные деформации в местах опорных реакций планки одинаковы, то планка при затяжке гайки не поворачивается и для закрепления заготовки силой Q необходимо затягивать шпильки с приложением силы

$$N = QL/l,$$

где L — сумма плеч прихвата; l — длина правого плеча прихвата.

При разных контактных деформациях происходит поворот планки вокруг центра сферической поверхности подкладной шайбы. В результате трения в месте поворота планки и на ее концах возникает перераспределение опорных реакций, которые в сумме остаются равными N . Для получения заданной силы Q нужно изменить значение N или скорректировать соотношение плеч l_1 и l_2 .

Прихват с эксцентриком (рис. 87, в) является быстродействующим комбинированным зажимом. При определенном соотношении плеч рычага можно увеличить ход зажимающего конца рычага или силу закрепления. Износ эксцентрика легко компенсировать регулированием гайкой и контргайкой.

На рис. 87, г показано устройство для закрепления в призме цилиндрической заготовки посредством накидного рычага и винта, а на рис. 87, д — схема быстродействующего комбинированного зажима (рычаг и эксцентрик), обеспечивающего боковое и вертикальное прижатие заготовки к опорам приспособления. Вертикальное прижатие заготовки можно увеличить большим наклоном планки. Эффект одновременного прижатия заготовки к горизонтальной и вертикальной опорам приспособления обеспечивается устройством, показанным на рис. 87, е. Расчет силы на рукоятке для получения заданной силы закрепления заготовки во всех рассмотренных схемах можно производить по ранее приведенным расчетным зависимостям для элементарных зажимных устройств.

Шарнирно-рычажные зажимы (рис. 87, ж, з, и) являются примером быстродействующих устройств, приводимых в действие поворотом рукоятки. Их широко применяют в виде нормализованных узлов, позволяющих иметь различную компоновку в приспособлениях. Во избежание самооткрепления устройства в процессе обработки рукоятка переводится через мертвую точку до упора 1. Сила закрепления зависит от величины деформации системы и ее жесткости. Необходимую деформацию системы устанавливают регулировкой нажимного винта 2. Однако наличие допуска на размер H (рис. 87, ж) не обеспечивает постоянства силы закрепления для всех заготовок данной партии.

Сила закрепления заготовки при повороте рукоятки увеличивается от нуля до максимального значения Q и далее несколько уменьшается при доведении рукоятки до упора. Зная заданное значение Q и беря плечи горизонтальной планки равными по длине, модуль упругости ее материала E , величину ее наибольшего про-

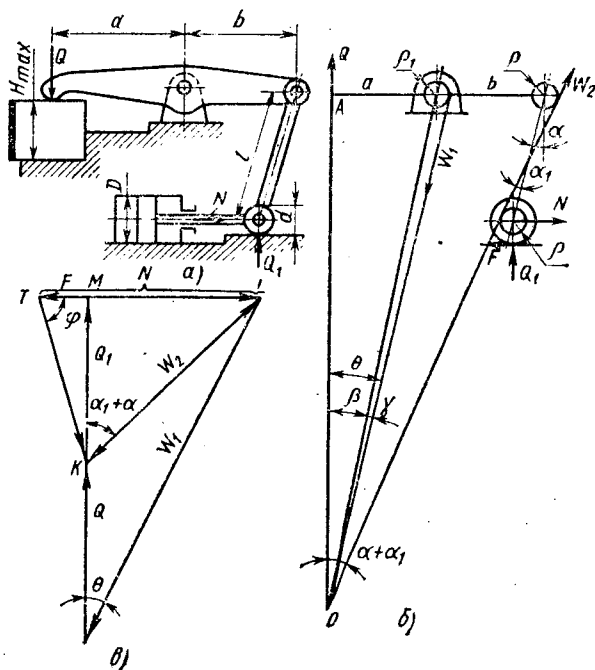


Рис. 88. Схемы для расчета зажима с пневмоцилиндром

гиба $y_{\max}$ (берется около 1 мм), можно найти момент инерции J ее поперечного сечения из равенства

$$y_{\max} = \frac{Pl^3}{48EJ},$$

где $P = 2Q$.

При допуске δ на размер H заготовки сила будет изменяться от минимального до максимального значения:

$$Q_{\min} = \frac{24EJy_{\max}}{l^3}; \quad Q_{\max} = \frac{24EJ(y_{\max} + \delta)}{l^3}.$$

На рис. 88, а показан комбинированный зажим с использованием пневмоцилиндра. При расчете этого механизма по заданной силе закрепления Q заготовки найдем силу N на штоке, а по силе N — диаметр пневмоцилиндра D , приняв давление сжатого воздуха p . Рассмотрим силы (рис. 88, б), передаваемые элементами системы в предположении, что закрепляется заготовка с наибольшим предельным размером $H_{\max}$. Для учета трения в шарнирах направление силы в распорном звене рычага проводим касательно к кругам трения радиуса ρ (считая радиусы осей шарниров одинаковыми). Аналогично построим реакцию, действующую на шарнир горизонтально-зажимного рычага.

Расчет ведем, предполагая, что элементы системы не деформируются. Из условия равновесия направления сил, действующих на горизонтальный рычаг, пересекаются в точке O . Из рис. 88, б

$$OA = \frac{a+b}{\operatorname{tg}(\alpha + \alpha_1)} + \frac{\rho}{\sin(\alpha + \alpha_1)},$$

где α — угол между распорным звеном и вертикалью (задается конструктивно в пределах $12\text{--}15^\circ$ для $H_{\min}$).

Угол α_1 находится из соотношения

$$\sin \alpha_1 = 2\rho/l,$$

где l — расстояние между шарнирами распорного звена.

Находим угол $\theta = \beta + \gamma$, беря β и γ из отношений

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{a}{OA} \quad \text{и} \quad \sin \gamma = \frac{\rho_1 \sin \beta}{a},$$

где ρ_1 — радиус круга трения цапфы горизонтального рычага.

Из силового многоугольника (рис. 88, в) найдем величину отрезков KL и ML , характеризующих силу на штоке пневмоцилиндра:

$$KL = Q_1 \frac{\sin \theta}{\sin(\alpha + \alpha_1 + \theta)};$$

$$ML = KL \sin(\alpha + \alpha_1) = Q \frac{\sin \theta \sin(\alpha + \alpha_1)}{\sin(\alpha + \alpha_1 + \theta)}.$$

Сила прижима ролика распорного звена Q_1 к горизонтальной направляющей (отрезок KM) определяется из равенства $KM = KL \cos(\alpha + \alpha_1)$.

Сила сопротивления качению ролика (отрезок MT)

$$F = \frac{Q(f + f_1 r)}{d},$$

где f — коэффициент трения качения; f_1 — коэффициент трения скольжения в цапфе; r — радиус цапфы ролика; d — диаметр ролика.

Полная сила на штоке $N = ML + F$. Диаметр цилиндра $D = 2 \sqrt{N/\pi P \eta}$, где $\eta = 0,8\text{--}0,9$ — КПД цилиндра.

При закреплении заготовки с наименьшим предельным размером $H_{\min}$ сила закрепления увеличится, так как ось распорного звена установится к вертикали под меньшим углом α' :

$$\cos \alpha' = \cos \alpha + \frac{b}{at} (H_{\max} - H_{\min}).$$

Зная α' , можно найти скорректированное значение угла θ' по приведенным выше формулам, подставляя в них вместо α величину α' .

Из треугольника TLK (см. рис. 88, в), в котором сторона TL равна полной силе на штоке N , найдем

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{TM}{KM} = \frac{i + f_1 r}{d}.$$

Корректированное значение отрезка KL

$$KL' = \frac{N \sin \varphi}{\sin (\alpha' + \alpha_1 + 90^\circ - \varphi)}.$$

Сила закрепления заготовки с наименьшим предельным размером

$$Q_1 = \frac{KL' \sin (\alpha' + \alpha_1 + \theta')}{\sin \theta'}.$$

Из рассмотренного примера видно, что данный механизм не обеспечивает равномерности сил закрепления. При использовании пневмокамеры можно получить несколько лучшие результаты.

§ 6. ЗАЖИМНЫЕ УСТРОЙСТВА МНОГОМЕСТНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, СТАНКОВ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ И АВТОМАТИЧЕСКИХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Зажимные механизмы многоместных приспособлений должны обеспечивать равномерное и одновременное закрепление всех заготовок, установленных в приспособлении. Этому требованию удовлетворяют отдельные схемы механических, а также гидравлических и других устройств.

В простейшем случае многоместным приспособлением является оправка, на которую устанавливается пакет заготовок (кольца, диски), закрепляемых по торцовым плоскостям затяжкой одной гайки (последовательная схема передачи сил закрепления). На рис. 89, *а* показано зажимное устройство механического типа, работающее по принципу параллельного распределения силы закрепления, а на рис. 89, *б* — устройство такого типа с использованием гидропластмассы, которая заполняет канал 1 и равномерно давит на плунжеры 2 и заготовки 3. На рис. 89, *в* показано устройство смешанного (параллельно-последовательного) типа.

Зажимное устройство, приведенное на рис. 90, *а* малогабаритно и легко размещается в корпусе приспособления. При большом числе клиновых элементов сила закрепления заготовок 1—4 из-за потерь на трение получается разной (заготовка 1 закрепля-

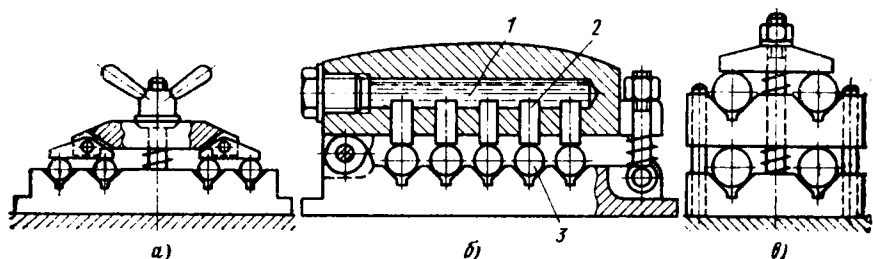


Рис. 89. Зажимные устройства для многоместных приспособлений

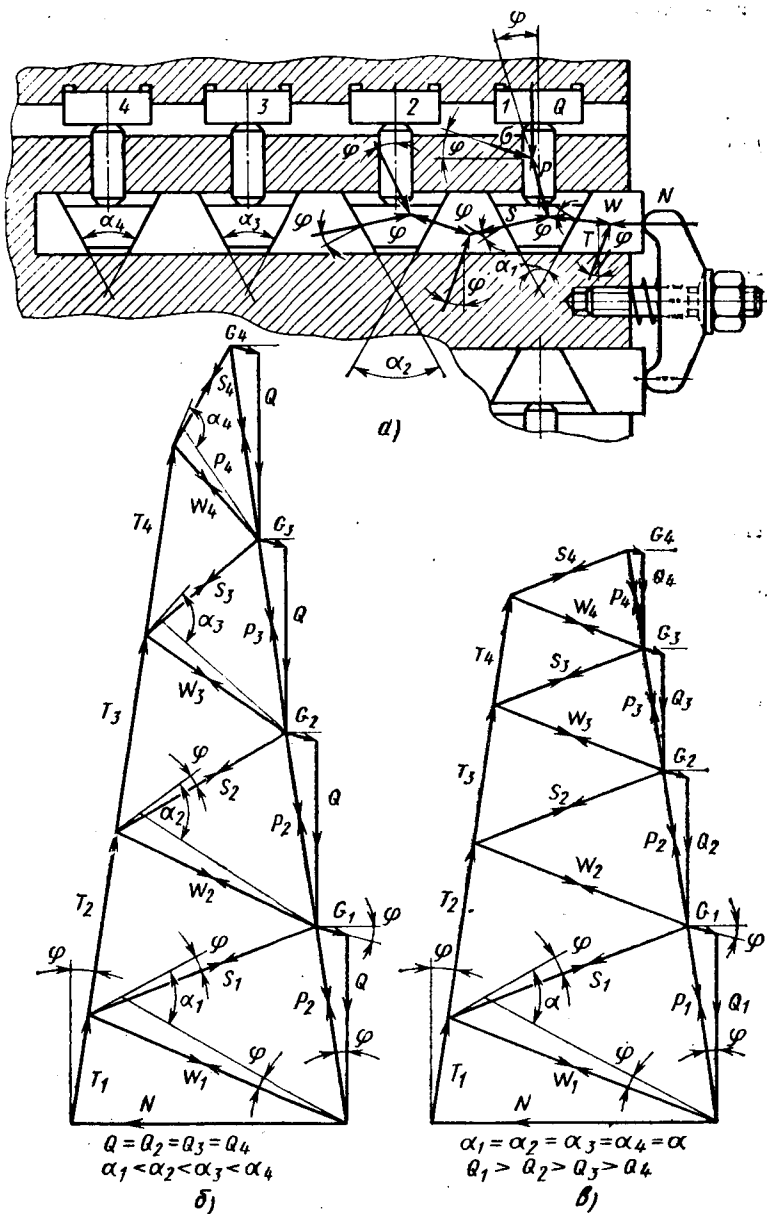


Рис. 90. Схема и графики для расчета многократного зажимного устройства с клиновыми элементами

ется сильнее заготовки 4). Для устранения этого недостатка углы α от первой к последней заготовке увеличивают. На рис. 90, а приведено построение силовых многоугольников для случая, когда углы постоянны, а на рис. 90, б — когда силы закрепления Q постоянны.

Для первого случая согласно построениям на рис. 90, б

$$Q_1 = \frac{N \cos 2\varphi \sin(\alpha - 2\varphi)}{\cos^2\left(\frac{\alpha}{2} - 2\varphi\right)};$$

$$Q_2 = \frac{N \cos 2\varphi \cos^2 \frac{\alpha}{2} \sin(\alpha - 2\varphi)}{\cos^4\left(\frac{\alpha}{2} - 2\varphi\right)};$$

.....

$$Q_n = \frac{N \cos 2\varphi \cos^{2(n-1)} \frac{\alpha}{2} \sin(\alpha - 2\varphi)}{\cos^{2n}\left(\frac{\alpha}{2} - 2\varphi\right)}.$$

Для второго случая, когда $Q_1 = Q_2 = \dots = Q$ (рис. 90, в), сила закрепления первой заготовки

$$Q = \frac{N \cos 2\varphi \sin(\alpha_1 - 2\varphi)}{\cos^2\left(\frac{\alpha_1}{2} - 2\varphi\right)}.$$

По заданному Q и принятому углу трения φ находят N , задавшись α_1 . Сила закрепления второй заготовки

$$Q = \frac{N \cos 2\varphi \cos^2 \frac{\alpha_1}{2} \sin(\alpha_2 - 2\varphi)}{\cos^2\left(\frac{\alpha_1}{2} - 2\varphi\right) \cos^2\left(\frac{\alpha_2}{2} - 2\varphi\right)}.$$

Зная Q , N , φ и α_1 , находим α_2 . Из формулы для определения силы закрепления третьей заготовки

$$Q = \frac{N \cos 2\varphi \cos^2 \frac{\alpha_1}{2} \cos^2 \frac{\alpha_2}{2} \sin(\alpha_3 - 2\varphi)}{\cos^2\left(\frac{\alpha_1}{2} - 2\varphi\right) \cos^2\left(\frac{\alpha_2}{2} - 2\varphi\right) \cos^2\left(\frac{\alpha_3}{2} - 2\varphi\right)}$$

находим α_3 и т. д.

Для повышения быстродействия зажимные устройства многоместных приспособлений должны иметь один орган управления. При параллельной схеме исходная сила, развиваемая силовым узлом приспособления, суммируется из сил закрепления отдельных заготовок с учетом передаточного отношения механизма. При последовательной схеме исходная сила равна силе закрепления одной заготовки.

Зажимные устройства для станков непрерывного действия. На станках непрерывного действия (барabanно-фрезерных, вертикально-фрезерных, горизонтально-фрезерных, оснащенных спе-

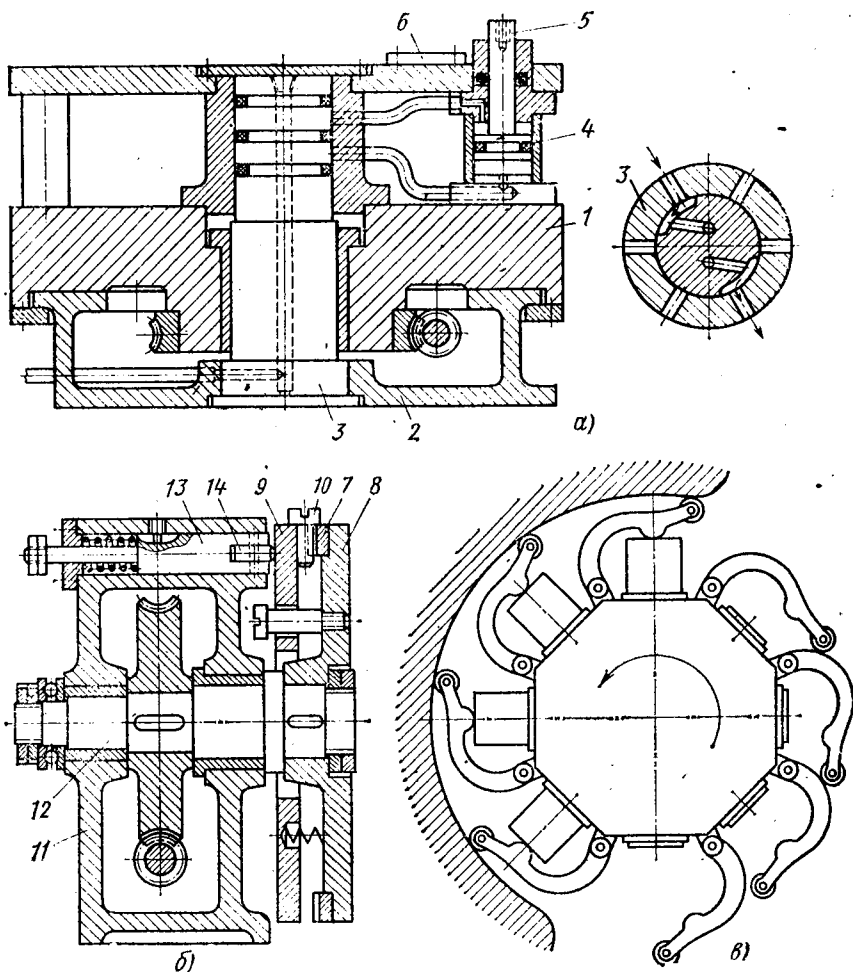


Рис. 91. Зажимные устройства непрерывного действия

циальным устройством для прорези шлицев у винтов, специальных многошпиндельных сверлильных) установку и снятие заготовок ведут без остановки подачи. Если вспомогательное время перекрывается основным, то для закрепления заготовок могут применяться зажимные устройства различного типа. При малом темпе и большой программе выпуска используют автоматизированные зажимные устройства, приводимые в действие от механизма подачи станка.

На рис. 91, а показан круглый стол для непрерывного фрезерования небольших деталей, закрепляемых и открепляемых на ходу с помощью автоматически действующего гидравлического устройства. Стол 1 приводится во вращение от индивидуального электро-

двигателя (на рисунке не показан) через червячную пару. В основании 2 стола закреплена ось 3, через каналы которой подводится и отводится масло к гидроцилиндрам 4. Штоки 5 цилиндров закрепляют заготовки посредством съемных деталей (Г-образных прихватов, планок, разрезных шайб). На поверхности стола могут закрепляться различные съемные приспособления 6. Установку и съем заготовок после обработки производят вручную.

На рис. 91, б дана схема приспособления для непрерывного фрезерования шлицев в головках винтов. В опорах корпуса 11 приспособления находится вал 12, приводимый во вращение через червячную пару. В диске 8 вала закреплено кольцо 7 с призматическими радиально расположенными канавками для винтов 10. Винты закрепляются поджатием диска 9 посредством подпружиненного в верхней части корпуса пальца 13 с роликом 14. При повороте вала на 180° нижняя часть диска 9 отжимается пружиной и винты выпадают из призматических канавок.

На рис. 91, в показана схема зажимного устройства с гибкими пружинящими рычагами для закрепления заготовок поршней на многошпиндельном горизонтально-сверлильном станке. В этой схеме сила закрепления Q зависит от жесткости J на изгиб криволинейного рычага (кривого бруса) и прогиба f его свободного конца при вкатывании ролика на круговую направляющую. В общем случае $Q = fJ$. В зависимости от конфигурации рычага и размеров его поперечного сечения определение J представляет собой более или менее сложную задачу. Непостоянство высоты заготовок приводит к изменению f и колебанию величины Q .

В системах, показанных на рис. 91, б и в, обслуживающий рабочий только устанавливает (закладывает) заготовки, а их закрепление и снятие происходит без его участия.

Автоматические зажимные устройства приспособлений. При автоматизации зажимных устройств обслуживающий рабочий освобождается от необходимости закреплять устанавливаемые в приспособление заготовки. В простейших случаях это достигается применением зажимов, приводимых в действие механизмами подачи станка или силами резания. Эти устройства были рассмотрены выше (см. рис. 85 и 86).

При использовании зажимных устройств с силовыми узлами (пневматические, гидравлические, электрические и другие системы) автоматизация освобождает рабочего от обслуживания пусковых и выключающих механизмов. Это обеспечивается установкой автоматических кранов, золотников, путевых или конечных выключателей, связанных с механизмами подачи (в полуавтоматах и автоматах с распределительными механизмами) станка. Примеры подобных устройств показаны на рис. 92. На рис. 92, а представлена схема автоматического включения и выключения золотника пневмокамеры сверлильного приспособления. При опускании шпинделя кулачок 1, закрепленный на валу реечной шестерни, включает золотник 2 и воздух поступает в камеру 3. При подъеме

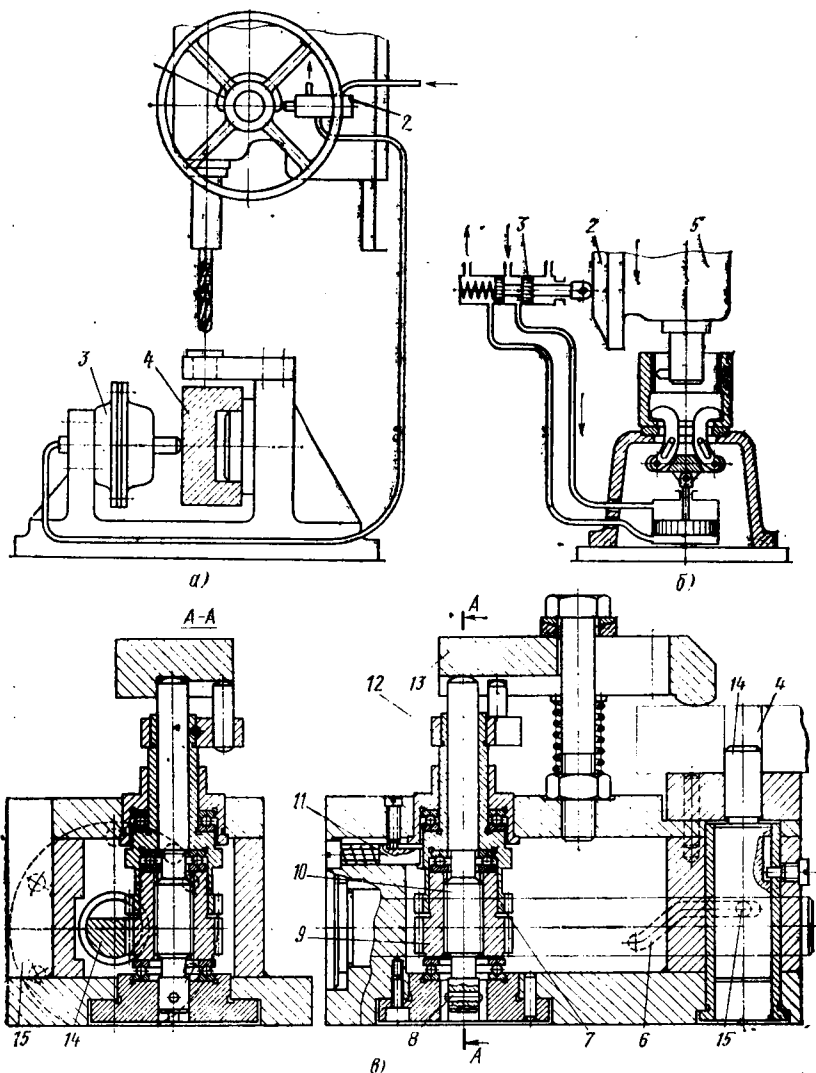


Рис. 92. Схемы автоматизированного включения зажимных устройств

шпинделя происходит выключение золотника и открепление заготовки 4. Аналогичная схема приведена на рис. 92, б. При подходе расточной головки 5 кулачок 1 нажимает на золотник 2, в результате чего приводится в действие зажимное устройство приспособления. С отводом головки процесс протекает в обратном порядке.

На рис. 92, в показано комбинированное устройство, с помощью которого автоматически осуществляются выдвижение установоч-

ного пальца 14, быстрый подвод прихвата 13 и зажим заготовки 4. Устройство приводится в действие от гидроцилиндра 15, со штоком которого связана зубчатая рейка 14. Заготовка закрепляется винтом 10 при вращении зубчатого колеса—гайки 9, а подъем и опускание пальца 14 производятся косым участком паза 6, куда входит штифт 15 пальца. Винт стопорится штифтом 8. Подвод и отвод прихвата осуществляются поводком 12 от зубчатого колеса 7. Зашелка 11 предохраняет колесо от проворота силами трения.

Зажимные устройства более совершенного типа применяют в полностью автоматизированных приспособлениях. В этом случае автоматизируется не только процесс закрепления и открепления заготовки, но и установка и снятие обработанной детали. Некоторые примеры автоматизированных приспособлений рассмотрены в гл. IX.

§ 7. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА СИЛ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ЗАГОТОВКИ И ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Пример 1. В цилиндрической заготовке диаметром 60 мм сверлят глухое отверстие. Момент резания при сверлении $M_{\text{рез}} = 30$ кН·мм. Схема установки заготовки показана на рис. 93, а. Угол призмы $\alpha = 90^\circ$, коэффициент трения в местах контакта заготовки с призмой и зажимным элементом $f = 0,18$. Осовой упор заготовки происходит в опору С со сферической головкой.

Решение. Силу закрепления определим, считая, что момент резания воспринимается трением на цилиндрической поверхности заготовки. По расчетной формуле для случая, показанного на рис. 41, з,

$$Q = \frac{k M_{\text{рез}}}{f R \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)},$$

где k — коэффициент запаса; R — радиус заготовки.

При ручном зажиме, используя данные табл. 12, найдем $k = 2,25$;

$$Q = \frac{2,25 \cdot 30\,000}{0,18 \cdot 30 \left(1 + \frac{1}{\sin 45^\circ} \right)} = 5200 \text{ Н.}$$

Определим номинальный диаметр резьбы, приняв $\sigma = 80$ Н/мм²;

$$d = C \sqrt{\frac{Q}{\sigma}} = 1,4 \sqrt{\frac{5200}{80}} = 12 \text{ мм.}$$

Момент затяжки винта

$$M = 0,1dQ = 0,1 \cdot 12 \cdot 5200 = 6240 \text{ Н·мм.}$$

По найденному моменту затяжки выбираем (см. табл. 11) рукоятку-звездочку винта с размером $d = 60$ мм.

Пример 2. Для схемы закрепления заготовки, показанной на рис. 93, б, определить силу закрепления Q и диаметр пневмоцилиндра D . Исходные данные: силы резания при фрезеровании $P_z = 5000$ Н и $P_y = 2000$ Н; длина заготовки $l = 250$ мм; $h_1 = 600$ мм; $h_2 = 3$ мм.

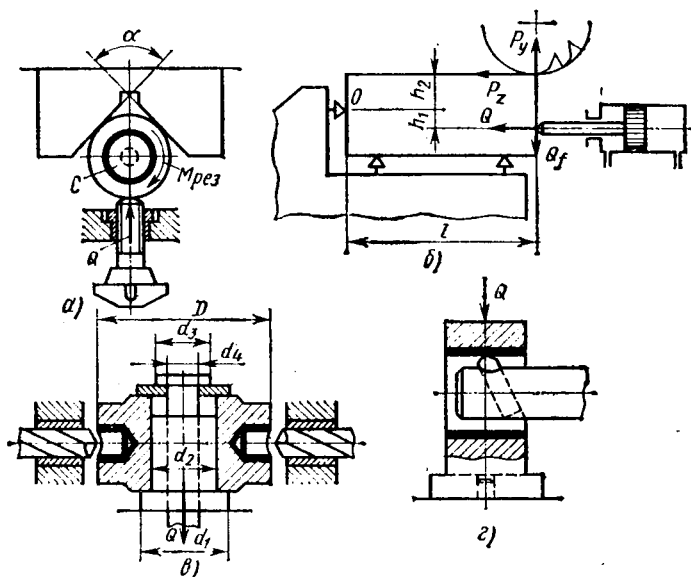


Рис. 93. Схемы для расчета сил закрепления

Решение. Пренебрегая трением на опорах и весом заготовки, можно записать условие равновесия как сумму моментов относительно точки O :

$$\frac{1}{k} (Qh_1 + |Ql|) - P_z h_2 - P_y l = 0.$$

Принимая коэффициент трения между заготовкой и штоком пневмоцилиндра $f = 0,16$, получим

$$Q = \frac{k (P_z h_2 + P_y l)}{h_1 + fl} = \frac{k (5000 \cdot 30 + 2000 \cdot 250)}{60 + 0,16 \cdot 250} = 6500 \text{ Н.}$$

Коэффициент запаса k для заданных условий обработки (черновое фрезерование) найдем по ранее приведенным данным $k \approx 2,5$. Окончательно

$$Q = 6500 \cdot 2,5 = 16250 \text{ Н.}$$

Пренебрегая трением на опорах и весом заготовки и приняв точку приложения сил P_z и P_y у ее правого края (в действительности эту точку следует взять левее, в том месте, где фреза врезается на полную глубину), ориентируемся на самый невыгодный случай и получаем при этом некоторый дополнительный запас в расчете величины Q .

Приняв давление сжатого воздуха $p = 0,6$ МПа, получим диаметр пневмоцилиндра при его КПД $\eta = 0,9$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 16250}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 196 \text{ мм.}$$

После округления до ближайшего большего нормального размера получим окончательно $D = 200$ мм.

Пример 3. Определить силу на штоке зажимного устройства приспособления, показанного на рис. 93, а. В заготовке из стали 45 сверлят два отверстия диаметром 25 мм с подачей 0,35 мм/об. Размеры заготовки и опорных торцов (мм):

$$D = 100, d_1 = 35, d_2 = 30, d_3 = 28, d_4 = 22.$$

Р е ш е н и е. При правильной геометрии режущей части сверла силы резания не могут вызвать смещение установленной заготовки, т. е. для расчета силы, с которой следует прижать заготовку к опорному бурту пальца, нет четких предпосылок. Допуск на угол при вершине сверла 2ϕ обычно равен $\pm 2^\circ$. При неправильной заточке инструмента в пределах указанного допуска длины режущих кромок получаются разными. Это вызывает неуравновешенную радиальную составляющую, которая может привести к возвратно-поступательному и качательному движению заготовки на пальце.

Согласно исследованиям [5] для данного случая эта составляющая равна 65 Н. Такого же порядка радиальная составляющая может возникнуть из-за неравномерного затупления кромок сверла. Общая неуравновешенная составляющая P в рассматриваемом примере может достичь величины 130 Н. Определим силу закрепления, при которой заготовка остается неподвижной в процессе сверления.

Условие равновесия, при котором предупреждается качательное движение заготовки, запишется в виде

$$2k \Delta P_y \frac{D}{2} = \frac{1}{3} Qf \left(\frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right).$$

Принимая зажимное устройство ручным, получим значение коэффициента запаса $k = 3,4$. Коэффициент трения берем равным 0,16. Размеры D, d_1, d_2, d_3, d_4 приведены на рис. 93, в. Коэффициент 2 в левой части формулы учитывает сдвигающий момент от двух сверл.

$$Q = \frac{3k \Delta P_y D}{f \left(\frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right)}.$$

Подставив известные величины, найдем $Q = 9450$ Н.

Пример 4. У тонкостенного стального кольца размерами $D = 90$ мм, $d = 80$ мм и $b = 20$ мм окончательно растачивают внутреннюю поверхность. Момент резания $M_{\text{рез}} = 25$ Н·м. Установить возможность закрепления этого кольца в трехкулачковом патроне, если допустимая погрешность формы обработанной поверхности не должна превышать 0,1 мм.

Р е ш е н и е. Из условия равновесия кольца

$$kM_{\text{рез}} = 3Qf \frac{D}{2}$$

находим силу закрепления от одного кулачка

$$Q = \frac{2kM_{\text{рез}}}{3fD}.$$

Примем коэффициент запаса $k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,85$ и коэффициент трения между кольцом и кулачками $f = 0,12$. В результате вычисления получим $Q = 1730$ Н.

Прогиб кольца под кулачками (см. табл. 6)

$$\delta_1 = 0,016 \frac{QR^3}{EJ} = 0,05 \text{ мм.}$$

Выпучивание кольца между кулачками

$$\delta_2 = -0,014 \frac{QR^3}{EJ} = -0,045 \text{ мм.}$$

Получаемая погрешность формы

$$\Delta\phi = (|\delta_1| + |\delta_2|) 2 = 0,19 \text{ мм;}$$

она почти в 2 раза превышает допустимую по условиям задачи. Для уменьшения $\Delta\phi$ можно применить крепление кольца в широких кулачках.

Угол охвата кулачков α можно найти по табл. 7; его значение для $QR^3/EJ = 1$ см. В нашем случае эта величина равна 0,32 см. Угол α находим при $\Delta\phi = 0,01 \frac{1}{0,32} = 0,031$ см. Этому значению $\Delta\phi$ отвечает $\alpha \approx 36^\circ$.

Пример 5. Определить силу закрепления заготовки в расточном приспособлении (рис. 93, з). Растачивание производят одним резцом по литейной корке ($P_2 = 4000$ Н). Жесткость установочных элементов приспособления $J_2 = 30\,000$ Н/мм, а зажимного устройства $J_1 = 15\,000$ Н/мм. Зажимное устройство самотормозящего типа, приводится в действие от ручного привода.

Решение. Действие силы P_2 переменное по направлению. Наименее выгодный случай (по которому следует вести расчет силы закрепления) тот, при котором сила P_2 направлена по вертикали вверх. При этом происходит отрыв заготовки от установочных элементов приспособления. Для решения этой задачи может быть применена расчетная схема, приведенная на рис. 49, б:

$$Q = kP_2 \frac{J_2}{J_1 + J_2},$$

здесь коэффициент запаса $k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,34$;

$$Q = 2,34 \cdot 4000 \cdot \frac{30\,000}{15\,000 + 30\,000} = 6250 \text{ Н.}$$

Повышением жесткости зажимного устройства J_1 можно снизить силу закрепления. При использовании пневматического зажимного устройства необходимо приложить силу

$$Q' = k'P_2,$$

где $k' = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,8$; $Q' = 1,8 \cdot 4000 = 7200$ Н.

§ 1. ДЕТАЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА

При выполнении отдельных операций механической обработки жесткость режущего инструмента бывает недостаточной. Для устранения упругих отжатию инструмента и придания ему определенного положения в процессе обработки относительно заготовки применяют направляющие детали. К ним относятся кондукторные втулки и копиры. Они должны быть точными, износостойкими и сменными.

Кондукторные втулки применяют в сверлильных и расточных приспособлениях. Конструкция и размеры кондукторных втулок для сверлильных приспособлений стандартизованы. Постоянные втулки применяют в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке отверстий одним инструментом (рис. 94, а); их делают гладкими (тип I) и с буртами (тип II); сменные втулки (ГОСТ 15362—73 и 18431—73) применяют в приспособлениях для массового и крупносерийного производства; быстросменные втулки (ГОСТ 18432—73) с замком — при обработке отверстия несколькими последовательно сменяемыми инструментами. Сменные и быстросменные втулки (рис. 94, б и в) вставляют в постоянные, которые запрессовывают в корпус приспособления. Применение кондукторных втулок позволяет устранять разметку, уменьшает уход оси и разбивку обрабатываемого отверстия. Точность диаметра отверстий повышается в среднем на 50 % по сравнению с точностью при обработке без кондукторных втулок.

Для изготовления втулок при сверлении отверстий диаметром до 25 мм используют сталь У10А, У12А или 9ХС (закалка до твердости HRC 62—65); при сверлении отверстий диаметром более 25 мм — сталь 20 или 20Х с цементацией на глубину 0,8—1,2 мм и закалкой до той же твердости. Ориентировочный срок службы кондукторных втулок 10 000—15 000 сверлений при $l \leq d$.

Средняя интенсивность изнашивания кондукторных втулок при сверлении отверстий диаметром 10—20 мм на 10 м пути составляет: при обработке серого чугуна средней твердости 3—5 мкм; стали 40 4—6 мкм, алюминиевых сплавов 1—2 мкм. По этим данным можно более точно определить число сверлений через кондукторную втулку, задаваясь допустимой величиной ее износа. Значительное увеличение износостойкости втулок (в 5—8 раз) достигается изготовлением их из твердого сплава или запрессовкой в их

нижнюю часть, где наблюдается наибольший износ, твердосплавных вставок (см. рис. 90, з).

Допуски на диаметр отверстия для прохода сверл и зенкоров устанавливают по посадке $\frac{F8}{h6}$, а для разверток — по посадке $\frac{G7}{h6}$ системы вала. При точности расположения оси отверстия 0,05 мм и более допуск на диаметр отверстия для прохода сверл назначают по посадке $\frac{H7}{h6}$. При этом необходимо предупреждать чрезмерное нагревание инструмента в работе во избежание его заедания во втулке. Для повышения точности направления инструмента используют высокие втулки, длина которых равна шагу винтовых канавок сверла. Такие втулки применяют также для комбинированных инструментов сверло-развертка (см. рис. 94, д), используемых для обработки отверстий в тонкостенных деталях. На рис. 95 приведены схемы расположения полей допусков на изготовление и износ отверстия втулок под сверление, предварительное и окончательное зенкование и чистовое развертывание.

Для определения предельных размеров отверстия втулок допуски на диаметр инструмента берут по соответствующим стандартам. Допуски на износ кондукторных втулок не разработаны. Пределом износа считают нижнее отклонение допуска на диаметр просверливаемого отверстия. При сверлении отверстий под болты и заклепки допустимая величина износа может быть расширена без влияния на точность сопряжения соединяемых деталей. На некоторых заводах допуски на износ для этих случаев установлены 0,2—0,3 мм.

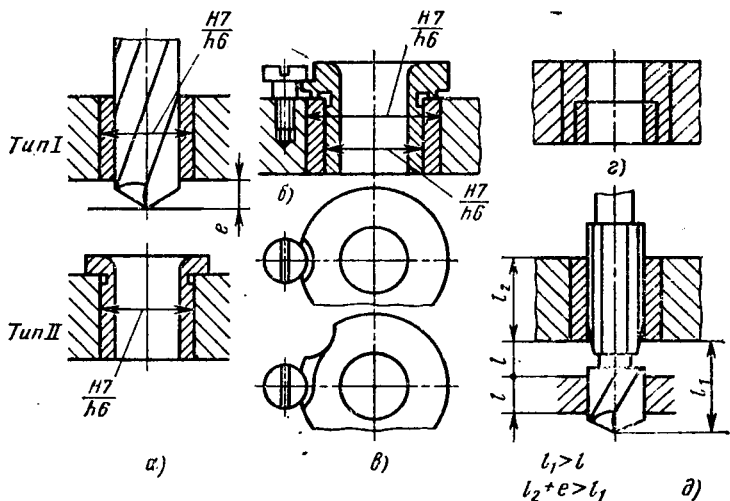


Рис. 94. Кондукторные втулки

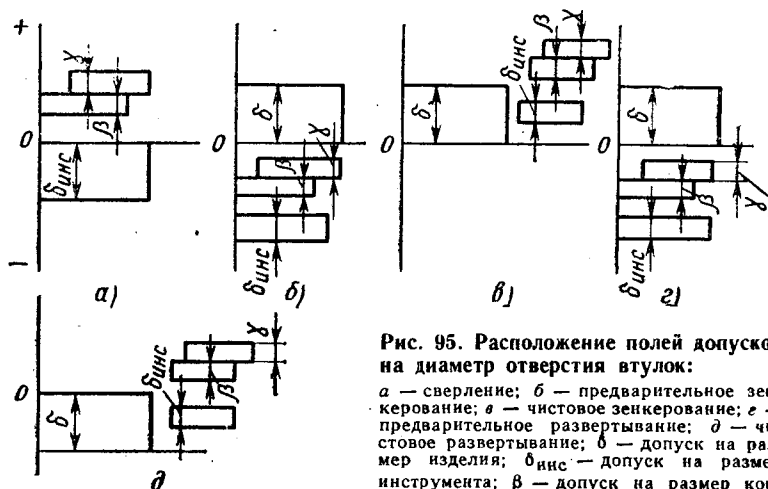


Рис. 95. Расположение полей допусков на диаметр отверстия втулок:

а — сверление; б — предварительное зенкерование; в — чистовое зенкерование; г — предварительное развертывание; д — чистовое развертывание; δ — допуск на размер изделия; δ_{инс} — допуск на размер инструмента; β — допуск на размер конструкторской втулки; γ — допуск на износ втулки

В табл. 16 приведены допуски на изготовление и износ кондукторных втулок при сверлении отверстий точностью *H11*. При сверлении отверстий точностью *H12—H14* приведенные в табл. 16 допуски на износ могут быть расширены на 50—200 %, что увеличивает срок службы втулок. Постоянные втулки в корпус приспособления запрессовывают по посадке $\frac{H7}{n6}$, а установку сменных или быстросменных втулок в постоянные втулки производят по посадке $\frac{H7}{n6}$. Если быстросменные втулки подвержены интенсивному нагреванию, осуществляют посадку $\frac{H7}{g6}$. Эксцентриситет наружной поверхности втулки по отношению к отверстию не должен превышать 5 мкм. Для снижения изнашивания втулки между ее нижним торцом и поверхностью заготовки оставляют зазор *e* (см. рис. 94, а). Тогда стружка не проходит через втулку, а сбрасывается в сторону. При сверлении чугуна $e = (0,3 \div \pm 0,5) d$; при сверлении стали и других вязких материалов зазор увеличивают до *d*. В случае зенкерования $e \leq 0,3d$.

16. Допуски на изготовление и износ кондукторных втулок, мкм

Допуск	Номинальный диаметр сверла, мм						
	1—3	3—6	6—10	10—18	18—30	30—50	50—80
На изготовление β	14	17	20	24	30	35	40
На износ γ	10	15	20	25	30	35	40

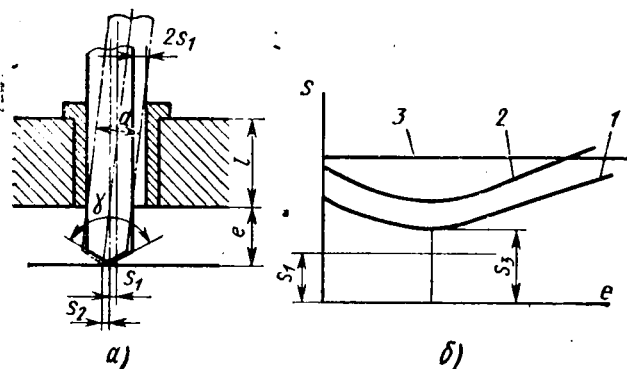


Рис. 96. Схемы к определению зазора между втулкой и заготовкой

Точность положения оси просверленного отверстия также зависит от величины e . Если перекоса сверла нет, то максимальное смещение s_1 оси сверла от среднего положения равно половине наибольшего диаметрального зазора $2s_1$ (рис. 96, а). При перекосе сверла во втулке к величине s_1 добавляется смещение s_2 , пропорциональное зазору e . Из геометрических соотношений при $e > 0,3d$

$$s_2 = 2s_1 e / l,$$

где l — длина втулки.

Суммарное смещение сверла $s = s_1 + s_2$. При $e < 0,3d$ величина s_2 возрастает вследствие уменьшения опорной длины втулки в начале врезания сверла. На рис. 96, б показаны кривые изменения суммарного смещения центра сверла в зависимости от величины e . Наименьшее смещение соответствует $e = 0,3d$ (при угле $\varphi = 118^\circ$). Для правой части кривой

$$s = s_1 + \frac{2s_1 e}{l}.$$

При $e = 0$

$$s = s_1 + \frac{2s_1 0,3d}{l - 0,3d}.$$

Кривая 1 на рис. 92, б соответствует новой втулке, а кривая 2 — изношенной. Линия 3 характеризует наибольшее допустимое смещение s . Лимитируя e , можно увеличить величину допустимого износа втулки.

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

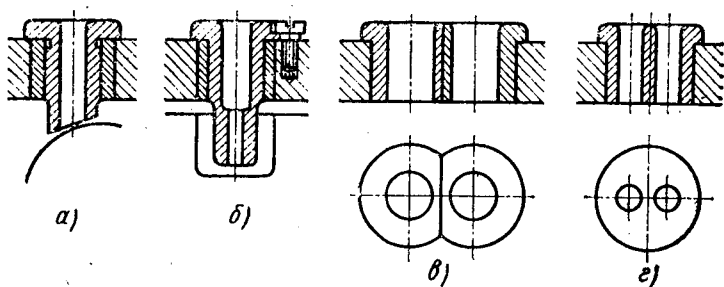


Рис. 97. Специальные кондукторные втулки

Типы специальных кондукторных втулок показаны на рис. 97. Втулка, показанная на рис. 97, а, применяется при сверлении отверстий в наклонных площадках ($\alpha < 20^\circ$); удлиненная быстросменная втулка, показанная на рис. 97, б, используется в тех случаях, когда отверстие обрабатывают в углублении заготовки или когда установка и съем последней затруднены. При малом расстоянии между осями отверстий применяют срезанные втулки (рис. 97, в) или одну общую (рис. 97, г). Примеры компоновки приспособлений с кондукторными втулками показаны на рис. 85 и 92, а.

Накладные сверлильные кондукторы, ориентируемые по базовому отверстию и контуру обрабатываемой заготовки, показаны на рис. 98, а и б. Во всех случаях необходимо надежное крепление накладного кондуктора на заготовке. Эти кондукторы применяют для сверления отверстий в средних и крупных заготовках на радиально-сверлильных станках.

При последовательном сверлении мелких отверстий диаметром до 5 мм в небольших заготовках (с одной или нескольких сторон) на вертикальном сверлильном станке применяют передвижные или кантуемые кондукторы (рис. 98, в), которые передвигают по столу станка и удерживают рукой в процессе обработки.

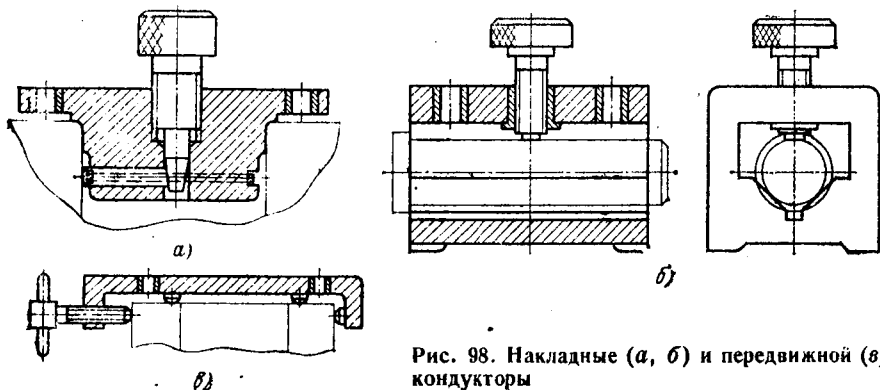


Рис. 98. Накладные (а, б) и передвижной (в) кондукторы

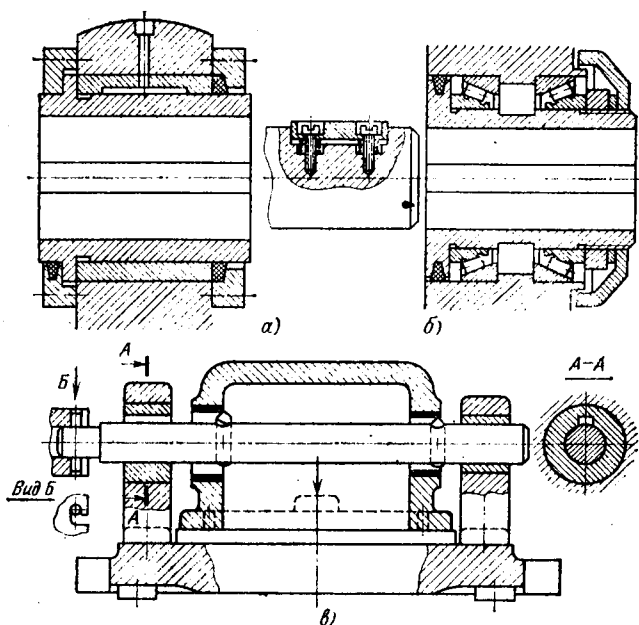


Рис. 99. Направляющие втулок (а, б) и схема (в) расточного приспособления

Для направления борштанг расточных приспособлений используют неподвижные и вращающиеся втулки. На рис. 99, а показана конструкция вращающейся втулки, поверхность скольжения которой защищена от попадания стружки и посторонних частиц. На рис. 99, б показана втулка, смонтированная на роликоподшипниках (ее недостаток — большой диаметр). В обеих конструкциях на внутренней поверхности втулки имеется шпоночный паз для принудительного вращения втулки. Для облегчения попадания шпонки в паз втулки ее выполняют со скошенными краями или плавающей.

Получают распространение кондукторные втулки, смонтированные на игольчатых подшипниках. Они имеют небольшой размер в радиальном направлении, точны (радиальный зазор не более 15 мкм), допускают обработку на высоких скоростях резания и износостойчивы. На внутренней поверхности втулки часто предусматривают пазы для выступающих резцов борштанги.

На рис. 99, в показан пример расточного приспособления с двумя кондукторными втулками.

Копиры применяют при обработке фасонных и сложнопрофилированных поверхностей. Роль копиров — направлять режущий инструмент для получения заданной траектории его движения относительно заготовки. Обработку с копиями производят на фрезерных, токарных, строгальных, шлифовальных и других станках.

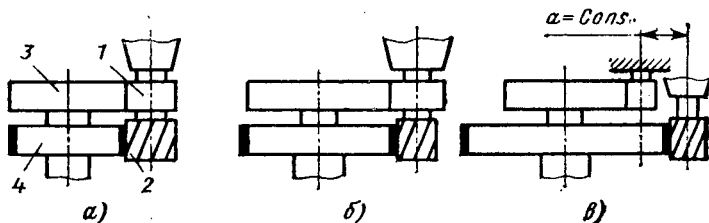


Рис. 100. Обработка замкнутого профиля по копиру

Наиболее общим случаем обработки по копиру является фрезерование замкнутого контура методом круговой подачи. Скрепленные заготовка и копир вращаются вокруг общей оси. Расстояние между ней и осью фрезы в соответствии с профилем копира изменяется, и получается нужный профиль детали. На рис. 100 показаны три схемы обработки замкнутого контура. При обработке по схеме, представленной на рис. 100, а, диаметры ролика 1 и фрезы 2 равны, поэтому профиль копира 3 идентичен профилю обработанной детали 4. На схеме, приведенной на рис. 100, б, диаметр ролика не равен диаметру фрезы; в этом случае профиль копира представляет собой эквидистанту профиля детали.

На схеме, приведенной на рис. 100, в, профиль копира отличается от профиля детали ввиду того, что оси ролика и фрезы не лежат на одной прямой.

В рассмотренных случаях оси ролика и фрезы неподвижны. Заготовка и копир установлены на шпиндель приспособления и вращаются с постоянной угловой скоростью. Стол вертикально-фрезерного станка, на котором производится обработка, не соединен с винтом продольной подачи и отжимается в одну сторону грузом, пружиной или пневмоцилиндром. Сила отжима должна быть достаточной для обеспечения контакта копира и ролика. За один оборот заготовки стол станка совершает одно возвратно-поступательное движение. В этом процессе копир выполняет роль кулачка.

Построение копира для наиболее общего случая (см. рис. 100, в) состоит из следующих этапов.

1. Вычерчивают профиль детали в натуральную величину или в увеличенном масштабе.

2. Выбирают центр вращения заготовки, так чтобы угол давления был минимальным. На рис. 101, а и б показаны два варианта выбора центра вращения O . Для случая, представленного на рис. 101, а, угол давления, образуемый между радиальным лучом и нормалью к профилю в данной точке, достигает значения θ . При перемещении центра вращения вправо (рис. 101, б) угол давления снижается до значения θ_1 .

Для симметричных профилей наивыгоднейшее положение центра вращения O совпадает с центром тяжести контура. Для профи-

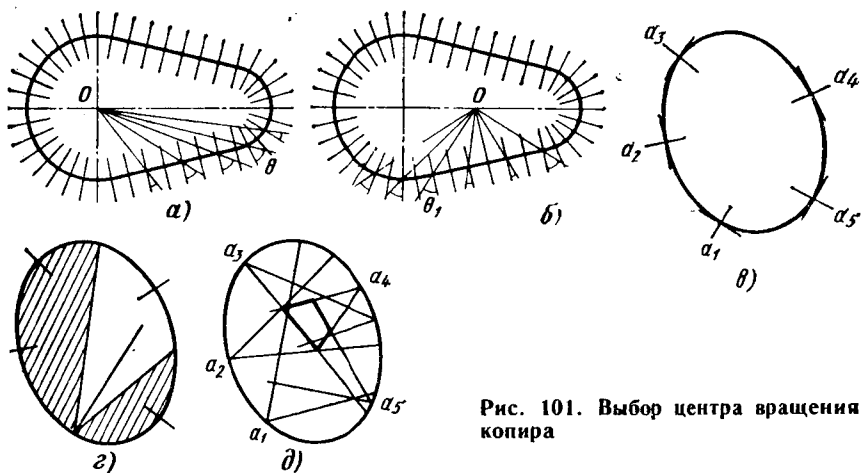


Рис. 101. Выбор центра вращения копира

лей, имеющих ось симметрии, ось вращения лежит на этой оси, для более сложных профилей центр вращения находят по условию минимального значения угла давления.

Такой способ нахождения центра вращения заготовки связан с рядом пробных геометрических построений. Для сложных профилей может быть применен другой, графический метод (рис. 101, в, г, д). Сначала из отдельных точек $a_1, a_2, a_3 \dots$ к замкнутому профилю (чем чаще, тем точнее) проводят нормали (см. рис. 101, в). Затем в обе стороны от каждой нормали под углом θ проводят наклонные линии (на рис. 101, г это показано для нормали, проведенной из точки a_1). Области от этих линий штрихуют. После проведения наклонных линий по всем нормальям в середине контура остается незаштрихованный участок в виде многоугольника (рис. 101, д). Уменьшая угол θ , можно многоугольник свести к точке. Это и будет центр вращения заготовки.

3. Из выбранного центра вращения проводят радиальные лучи (рис. 102, а), на которых строят окружности касательно профилю детали. Их радиус равен радиусу фрезы и не должен быть больше радиуса вогнутого участка профиля.

4. От центров проведенных окружностей откладывают отрезки a , равные расстоянию между осями ролика и фрезы.

5. Из полученных точек на радиальных лучах проводят окружности, соответствующие окружностям ролика.

6. По положениям окружностей ролика проводят плавную огибающую, которая и представляет собой искомый профиль копира.

Если построение производилось в увеличенном масштабе, то последующим фотографированием можно получить профиль копира в натуральную величину.

При обработке незамкнутых профилей прямолинейной подачей на копировально-фрезерных станках (рис. 102, б) методика по-

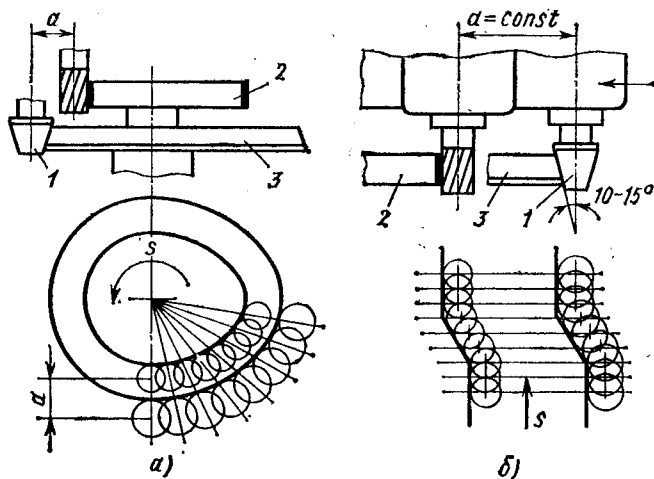


Рис. 102. Схема построения копира при обработке круговой (а) и поступательной (б) подачами:

1 — ролик; 2 — заготовка; 3 — копир

строения копира несколько упрощается. Вместо радиальных лучей перпендикулярно к направлению подачи проводят ряд параллельных линий. Положение профиля детали относительно их должно быть таким, чтобы угол давления был минимальным. Это достигается пробным поворотом профиля детали относительно линий. Выполняя перечисленные этапы, профиль получают как огибающую окружностей ролика.

Таким же образом можно построить профиль копира при обработке тел вращения на токарном станке (в этом случае корректировать положение образующей относительно пучка параллельных линий, проводимых перпендикулярно направлению подачи, нельзя).

Для компенсации изменения диаметра фрезы при ее заточке ролик целесообразно делать конической формы (см. рис. 102, б), а на копире выполнять соответствующий скос. Угол между образующей и осью ролика $10-15^\circ$. После заточки фрезы ролик перемещают вдоль оси, и размер детали остается постоянным.

Копир и ролик изготавливают из высокоуглеродистой или цементуемой стали, обработанной до твердости $HRC\ 58-62$.

§ 2. ДЕТАЛИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ НАСТРОЙКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ВЫДЕРЖИВАЕМЫЙ РАЗМЕР

Высотные и угловые установки применяют для контроля положения инструмента при настройке и поднастройке станка (ГОСТ 13444—68, 13445—68 и 13446—68). Установы закрепляют

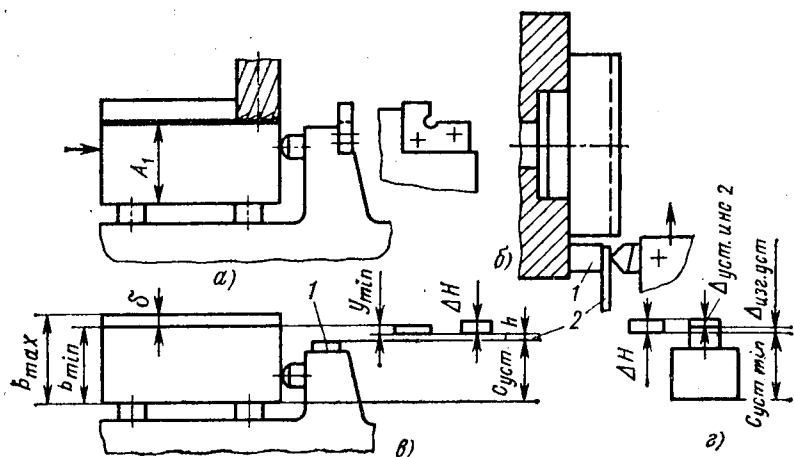


Рис. 103. Применение установов в приспособлениях

на корпусе приспособления; их эталонные поверхности располагают ниже обрабатываемых поверхностей, чтобы не мешать прохождению режущего инструмента.

На рис. 103, а и б показаны примеры применения углового и высотного установов для фрезерного и токарного приспособлений. Правильное положение инструмента находят введением между установом 1 и режущей кромкой шупа 2 или подведением инструмента к установу, если последний не мешает выполнению операции. На рис. 103, в и г даны схемы для определения размеров установа (эталона) и шупа. Здесь $b_{\max}$ и $b_{\min}$ — наибольший и наименьший выполняемые размеры, $y_{\min}$ — наименьшее упругое отжатие технологической системы, $c_{н\min}$ и $c_{н\max}$ — наименьший и наибольший настроечный размеры, Δ_H — погрешность настройки, $c_{уст}$ — размер установа, $\Delta_{уст. инс 1}$ и $\Delta_{уст. инс 2}$ — погрешность установки инструмента на размер по шупу и по установу. Для настройки по шупу (см. рис. 103, в)

$$c_{уст} = b_{\min} - y_{\min} - h,$$

где h — толщина шупа (принимается 2—3 мм); $\Delta_H = \Delta_{уст. инс. 1}$ (принимается 0,02—0,003 мм).

Для настройки по установу без шупа (см. рис. 103, г)

$$c_{уст. \min} = b_{\min} - y_{\min};$$

$$c_{уст. \max} = b_{\min} - y_{\min} + \Delta_H;$$

$$\Delta_H = k \sqrt{\Delta_{изг. уст}^2 + \Delta_{уст. инс. 2}^2},$$

где $\Delta_{изг. уст}$ — погрешность изготовления установа (0,01—0,02 мм); $\Delta_{уст. инс 2}$ принимается 0,03—0,04 мм; а $k = 1 \div 1,2$.

Установы выполняют из стали 20Х, цементируют на глубину 0,8—1,2 мм и закаливают до твердости *HRC* 55—60.

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

§ 3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И УСТРОЙСТВА ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Поворотные и делительные устройства применяют в многопозиционных приспособлениях для придания обрабатываемой заготовке различных положений относительно инструмента. Делительное устройство состоит из диска, закрепляемого на поворотной части приспособления, и фиксатора. Конструкции фиксаторов приведены на рис. 104. Шариковый фиксатор (рис. 104, *а*) наиболее прост, но не обеспечивает точное деление и не воспринимает момент сил обработки. Его поворотная часть на следующее деление переводится вручную до характерного щелчка при западании шарика в новое углубление. Фиксатор с вытяжным цилиндрическим пальцем (рис. 104, *б*) может воспринимать момент от сил обработки, но не обеспечивает высокую точность деления из-за наличия зазоров в подвижных соединениях. В фиксаторах обычного типа сопряжение пальца со втулкой осуществляется по посадке $\frac{H7}{g6}$

а в фиксаторах повышенной точности — по посадке $\frac{H6}{n5}$. В особо точных конструкциях зазор принимается не более 0,01 мм.

Несколько большую точность обеспечивает фиксатор с конической частью вытяжного пальца (рис. 104, *в*). Ее угол α берут 15°. Фиксаторы кнопочного и реечного типов выполняют по ГОСТ 13160—67 и 13162—67. В точных делительных устройствах фикса-

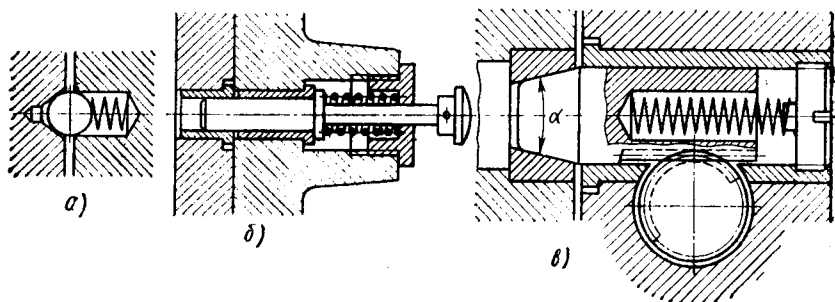


Рис. 104. Фиксаторы

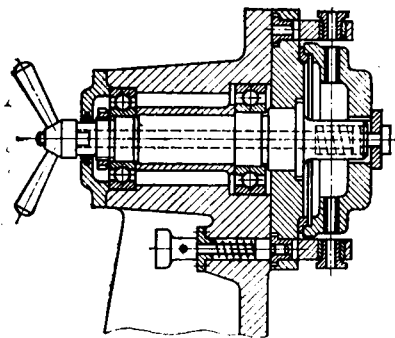


Рис. 105. Поворотный сверильный кондуктор

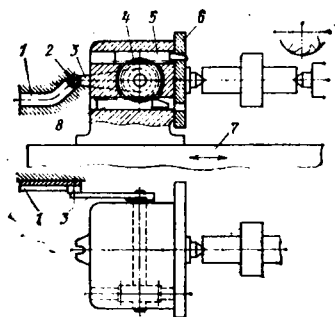


Рис. 106. Автоматическое делительное приспособление

торы разгружают (что повышает их срок службы) и подвижную (поворотную) часть приспособления прижимают к неподвижной специальными устройствами, повышая жесткость системы. Для уменьшения износа палец и обе втулки фиксатора выполняют из закаленной стали ($HRC\ 55-60$). Конструкции и основные размеры втулок приведены в ГОСТ 12214—66 и 12215—66.

Управление фиксатором в простейших приспособлениях осуществляется вытяжной кнопкой, рукояткой, закрепленной на реечном зубчатом колесе (см. рис. 104, *в*), или посредством педали. Общая компоновка поворотного и делительного механизма для кондуктора с горизонтальной осью показана на рис. 105.

В автоматических приспособлениях вращение и фиксация их поворотной части происходят без участия рабочего. Устройства поворота выполняют механическими, пневматическими, гидравлическими, пневмогидравлическими. Механические устройства имеют мальтийские (с внешним или внутренним зацеплением), кулачковые, червячные и реечные механизмы. На рис. 106 приведена схема автоматического приспособления, применяемого для поворота заготовки на малый шаг. Зубчатое колесо 4, совершающее качательные движения, сообщает фиксаторам 5 и 8 возвратно-поступательные движения. Скошенные края этих фиксаторов периодически вращают диск 6 в одну сторону. Качательное движение зубчатого колеса осуществляется от рычага 3 с роликом 2, катающимся по неподвижному копиру 1 при возвратно-поступательном движении стола 7 в процессе обработки. Это устройство исключает поворот диска по инерции.

Для поворота и деления на большой угол используют мальтийские механизмы. На рис. 107, *а* показана схема автоматического круглого стола с электроприводом. Вращение от электродвигателя 4 через червячный редуктор 5 передается на водило 1 мальтийского креста 10. Торцовый кулак 3 на валу червячного зубчатого колеса служит для вывода фиксатора 2, а кулачок 6 — для зажима стола

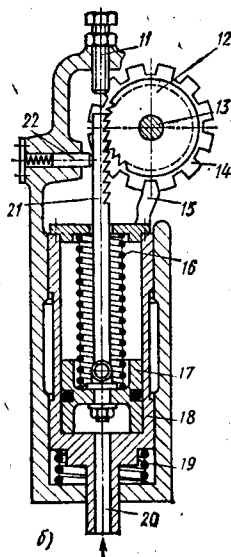
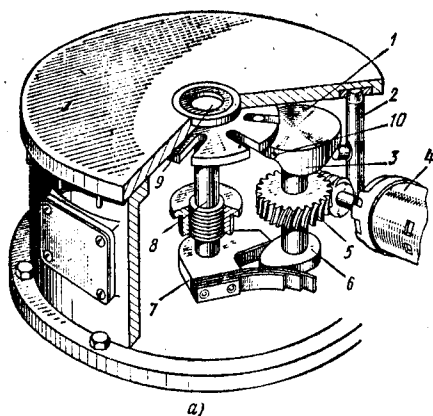


Рис. 107. Автоматизированный поворотный стол (а) и переналаживаемое делительное устройство (б)

через колодку 7 и винтовую пару 8. Отверстие 9 в столе центрирующее. Упор, действуя на конечный выключатель, вызывает остановку стола.

В приспособлениях для обработки тяжелых заготовок поворотная часть вращается с помощью электродвигателей, пневматических или гидравлических приводов. Для гашения в конце деления больших моментов применяют тормозные устройства, заблокированные с системой привода и с фиксатором. В отдельных конструкциях поворотные части больших диаметров имеют постоянно действующие тормозные устройства в виде фрикционных колодок или лент, натяжное устройство которых отрегулировано на определенный тормозной момент. При повышенном сопротивлении вращению поворотных частей их инерционный момент в конце поворота гасится.

На рис. 107, б показана схема пневматического механизма для автоматического поворота и фиксации стола с настройкой на различные углы поворота. При пуске сжатого воздуха в канал 20 происходит опускание поршня 18 и вывод фиксатора 15 из паза делительного диска 14. Далее происходит подъем поршня 17 со штоком 21 с зубьями, входящими в зацепление с храповым колесом 12. Выдвижной упор 11 ограничивает ход поршня углом деления поворотной части, сидящей на валу 13. После отсечки и выпуска сжатого воздуха поршни 18 и 17 под действием пружин 19 и 16 занимают исходное положение, а фиксатор входит в очередной паз делительного диска. Шарнирно закрепленный шток при движении вниз отклоняется влево, отжимая подпружиненный палец 22.

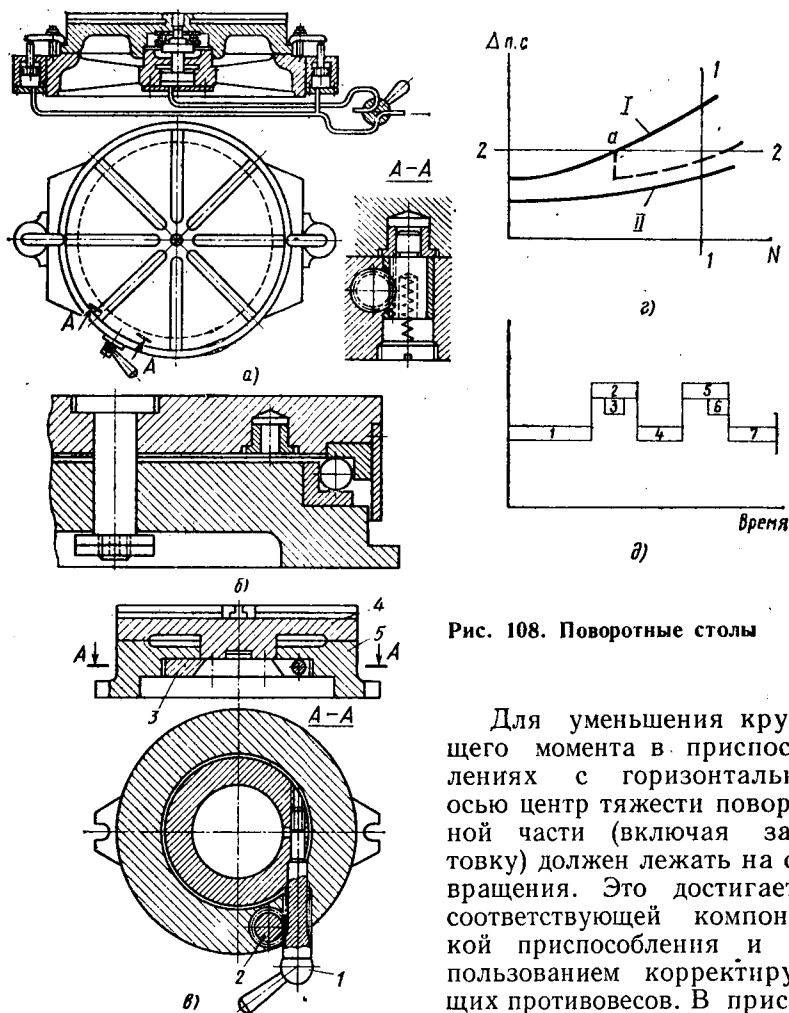


Рис. 108. Поворотные столы

Для уменьшения крутящего момента в приспособлениях с горизонтальной осью центр тяжести поворотной части (включая заготовку) должен лежать на оси вращения. Это достигается соответствующей компоновкой приспособления и использованием корректирующих противовесов. В приспособлениях с вертикальной осью и тяжелой поворотной частью применяют упорные подшипники качения. На рис. 108, а показана конструкция стола, у которого верхняя часть вращается на угол, нужный при ее подъеме, на обычном упорном шарикоподшипнике. Подъем осуществляется различными механическими устройствами или (как показано на рисунке) пневмоцилиндром. При опускании стол садится на торцовую плоскость основания и плотно к нему прижимается. Конструкция устройства другого типа показана на рис. 108, б. Верхняя поворотная часть не имеет подъема и покоится на упорном подшипнике больших размеров. Подшипник обеспечивает достаточную устойчивость поворотной части и, обладая значительной

грузоподъемностью, позволяет выполнять обработку с большими осевыми силами. Используя упорные шарикоподшипники, значительно уменьшают момент трения при вращении поворотной части, что очень важно при ручном обслуживании приспособления. Момент трения на опорном торце скольжения

$$M_{\text{тр}} = \frac{1}{3} G f \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (49)$$

где G — вес поворотной части с заготовкой; $f = 0,10 \div 0,15$ — коэффициент трения скольжения; D и d — соответственно наибольший и наименьший диаметры торцевой поверхности скольжения.

Для шариковой опоры (приближенно)

$$M'_{\text{тр}} = G f' \frac{d'}{2}, \quad (50)$$

где $f' = 0,002 \div 0,003$ — условный коэффициент трения; d' — диаметр отверстия подшипника.

Найдем наибольший вес стола, который можно повернуть вручную, если сила N приложена на радиусе $D/2$:

$$M = ND/2. \quad (51)$$

Обозначив d/D через K и приравняв выражения (49) и (51), получим

$$G = \frac{3}{2} \frac{N}{f} \frac{1 - K^3}{1 - K^3}.$$

При $N = 100$ Н и $f' = 0,15$

$$G = 1000 \frac{1 - K^3}{1 - K^3}.$$

Из выражений (50) и (51) для шариковой опоры

$$G = ND/f'd'.$$

При $N = 100$ Н и $f' = 0,0025$ $G = 4000 D/d'$ Н.

В приспособлениях для фрезерования и других видов обработки, когда в процессе резания возникают вибрации, поворотную часть необходимо прижимать к неподвижной. На рис. 108, а показано прижимное устройство с двумя пневмоцилиндрами, которые заблокированы с цилиндром подъема стола для его поворота при делении. Устройство управляется рукояткой.

На рис. 108, в показано механическое прижимное устройство, заблокированное с фиксатором. При правом вращении рукоятки 1 вводится реечный фиксатор 2 и одновременно сжимается разрезное кольцо 3, притягивая стол 4 к основанию 5. При вращении в обратном направлении фиксатор выводится из гнезда и ослабляется натяжка разрезного кольца.

Из рассмотрения конструкций видно, что делительные механизмы достаточно сложны, они включают поворотные механизмы с приводом, делительные устройства с фиксатором, прижимы, тормозы и систему автоматического управления рабочим циклом.

К этим механизмам предъявляются высокие требования точности, безотказности, долговечности и быстродействия в работе. От их точности зависит точность взаимного расположения обрабатываемых на разных позициях поворотного устройства поверхностей (соосность ступенчатых отверстий, межосевые расстояния и угловое положение радиальных отверстий). По условиям обработки деталей современных машин часто требуется обеспечить точность углового положения стола (планшайбы) по окружности наибольшего диаметра в пределах $\pm 0,03$ мм. Такая точность должна сохраняться длительное время (3—5 лет). Для новых столов погрешность положения стола после его поворота и фиксации находят по формуле

$$\Delta_{п.с} = \sqrt{\Delta_{дел}^2 + \Delta_{фик}^2},$$

где $\Delta_{дел}$ — погрешность деления; $\Delta_{фик}$ — погрешность фиксатора; $\Delta_{дел}$ определяется погрешностями: диаметра отверстий делительного диска, расположения их по углу и радиусу, формы их поверхностей и перпендикулярности отверстий к зеркалу стола; $\Delta_{фик}$ определяется погрешностями диаметров фиксатора и втулки, перпендикулярностью фиксатора к зеркалу стола. При современном уровне производства достигается $\Delta_{дел} = 0,025$ мм и $\Delta_{фик} = 0,02$ мм. Тогда на радиусе расположения отверстий под фиксатор $\Delta_{п.с} = 0,03$ мм.

Работа многих делительных механизмов в конце поворота сопровождается ударами, воспринимаемыми фиксаторами. Это вызывает износ и перекосы фиксатора, что снижает точность деления. С учетом этого фактора погрешность положения стола

$$\Delta_{п.с} = \sqrt{\Delta_{дел}^2 + \Delta_{фик}^2 + aN^k},$$

здесь a — коэффициент, зависящий от конструкции делительного механизма и определяемый экспериментально [$a = (0,5 \div 3) \cdot 10^{-6}$]; N — число поворотов стола, равное числу заготовок, умноженному на число делений; k — показатель степени, определяемый экспериментально ($k = 1 \div 1,3$).

На рис. 108, $г$ кривая I характеризует некачественно изготовленный и быстро теряющий точность делительный механизм, кривая II соответствует более точному и конструктивно лучшему механизму. При заданной программе выпуска изделий (линия $1-1$) величина $\Delta_{п.с}$ не превысит допустимую (линия $2-2$). При варианте I для тех же условий необходим ремонт механизма (точка a). Повышение долговечности делительного механизма достигается, в частности, применением двойного фиксирования стола — предварительного и окончательного. Первое осуществляется мальтийским механизмом, а второе — цилиндрическим фиксатором. Мальтийский механизм воспринимает в конце поворота большие инерционные моменты, обеспечивая благоприятные условия работы цилиндрическому фиксатору.

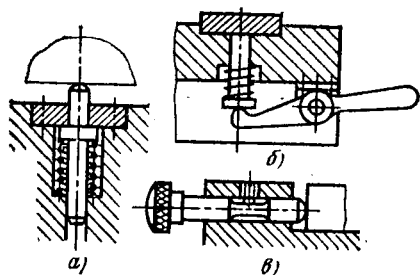


Рис. 109. Выталкиватели

Для повышения производительности выполнение элементов рабочего цикла следует совмещать во времени. На рис. 108, д показана циклограмма работы круглого стола с частичным совмещением (перекрытием) элементов цикла: 1 — обработка, 2 — вывод фиксатора, 3 — отжим стола, 4 — поворот стола, 5 — ввод фиксатора, 6 — зажим стола, 7 — обработка на следующей позиции и т. д.

Выталкиватели ручного и автоматического типа (рис. 109, а—в) применяют для быстрого удаления небольших деталей из приспособлений. Выталкиватели повышают производительность и создают удобства в работе.

Подъемные устройства выполняют специальные технологические приемы. Примером может служить подъемный механизм расточного приспособления. Если нужно одновременно расточить несколько последовательно расположенных отверстий одного диаметра (рис. 110, а), то ввод борштанги в кондуктор обычного типа в исходное положение для растачиваемого отверстия невозможен. В этом случае применяют подъемное устройство, на котором закреплена заготовка. В результате получаемого смещения оси

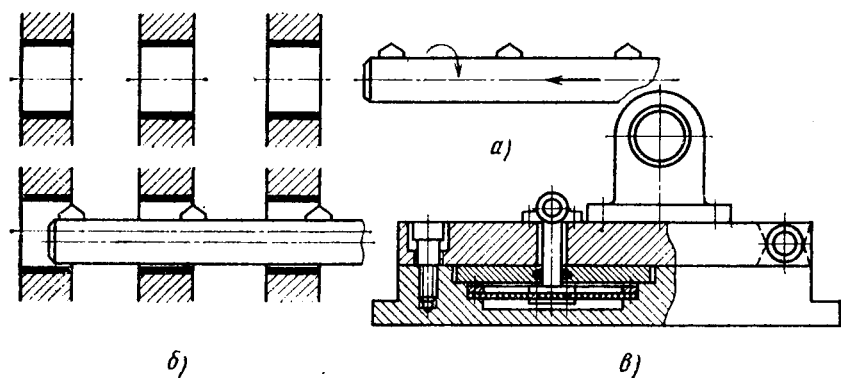


Рис. 110. Расточный кондуктор с подъемным устройством

необработанных отверстий по отношению к оси расточной скалки (рис. 110, б) обеспечивается ее проход в заготовку. После этого подъемная часть опускается и крепится к неподвижному основанию приспособления. На рис. 110, в показана схема устройства.

Корпус является базовой деталью, объединяющей элементы приспособления; на корпусе монтируют установочные элементы, зажимные устройства, детали для направления инструмента, а также вспомогательные детали и механизмы. Корпус воспринимает силы обработки и закрепления заготовки. Корпус приспособления должен быть жестким и прочным при минимальной массе, удобным для очистки от стружки и отвода охлаждающей жидкости; обеспечивать быструю и удобную установку и съем заготовок; обеспечивать установку и закрепление приспособления на станке без выверки (для этого предусматривают направляющие элементы — пазовые шпонки и центрирующие бурты). Корпус должен быть прост в изготовлении, обеспечивать безопасность работы (недопустимы острые углы и малые просветы между рукоятками и корпусом, могущие вызвать защемление рук рабочего).

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

Передвижные и кантуемые корпуса выполняют с литыми или вставными ножками, ограничивающими контакт со столом станка. Размеры и конфигурация ножек в плане должны быть такими, чтобы при любом положении корпуса они перекрывали Т-образные пазы стола. Для лучшего отвода охлаждающей жидкости и удаления стружки необходимо предусматривать наклонные поверхности (рис. 111) и избегать углублений и труднодоступных мест. Угол α наклона этих поверхностей рекомендуется принимать равным для мелкой сухой стружки 40° (литые поверхности корпуса) и 35° (обработанные поверхности). При крупной сухой стружке угол α можно уменьшить на 5° . При обработке со смазочно-охлаждающей жидкостью минимальные углы наклона поверхностей корпуса приспособления следует брать большими: для мелкой стружки 50° , для крупной 45° . При наличии вибраций углы α можно уменьшить на $5\text{--}10^\circ$, а при обильном охлаждении — на $15\text{--}20^\circ$.

Значительное осложнение в работе приспособления может вызывать попадание в него стружки. На рис. 112, а и б вверху показаны примеры нерационального оформления деталей; на тех же рисунках внизу даны лучшие варианты.

Корпус на столе станка крепят с помощью болтов, заводимых в Т-образные

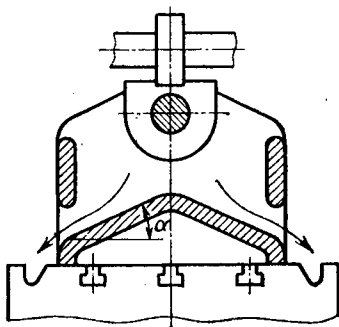


Рис. 111. Корпус, обеспечивающий отвод охлаждающей жидкости и стружки

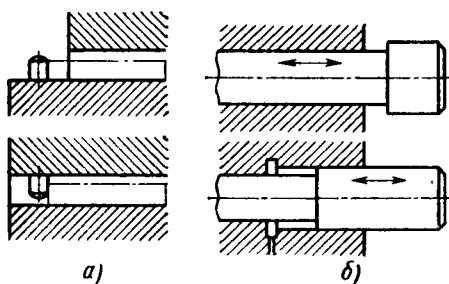


Рис. 112. Упоры, защищенные (внизу) и незащищенные (вверху) от стружки

удобен, но при этом корпус должен иметь литые ушки для крепежных болтов. Быстрая и точная установка приспособления на стол станка без выверки обеспечивается направляющими шпонками, вводимыми в Т-образный паз стола (рис. 113, в). Шпонки выполняют в виде коротких сухарей, привернутых к нижней плоскости корпуса; для уменьшения влияния зазоров на перекосы приспособления расстояние между шпонками назначают возможно большим.

На рис. 114 показаны примеры центрирования и крепления корпусов приспособлений на шпинделях станков токарной группы. На рис. 114, а и б даны схемы установки для случая, когда передний конец шпинделя оформлен по ГОСТ 16868—71. Применяют также установку приспособлений на конический центрирующий пояс (рис. 114, в). Для быстроходных станков, снабженных тормозами для быстрой остановки шпинделя, удобна и безопасна в работе конструкция крепления, показанная на рис. 114, г.

Корпусы тяжелых приспособлений для удобства захвата при установке и снятии со станка снабжают рым-болтами. Конструктивные формы корпусов весьма многообразны. В простейшем

пазы стола. В серийном производстве, когда на одном и том же станке периодически выполняют различные операции, крепление корпуса должно быть удобным и быстроедейственным. На рис. 113, а и б показаны варианты крепления. В первом варианте на корпусе предусматривают полочки, и его крепят прихватами (рис. 113, а). Второй вариант крепления (рис. 113, б) более

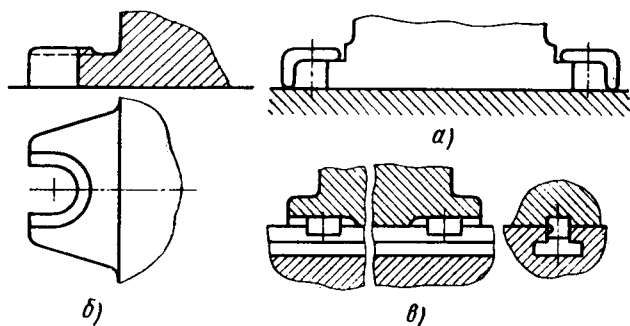


Рис. 113. Варианты фиксации и крепления корпуса на столе станка

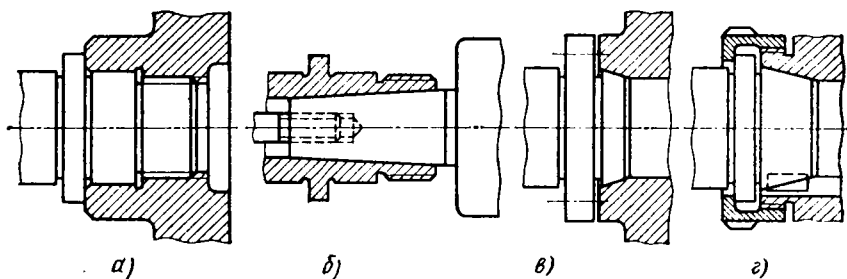


Рис. 114. Способы центрирования и крепления корпусов на шпинделе станка

случае корпус представляет собой прямоугольную плиту. Такая форма характерна для фрезерных приспособлений, где необходимо свободное пространство для подвода инструмента. В других случаях корпус имеет форму планшайбы, угольника, тавра или более сложное очертание. В приспособлениях для сверления заготовок с нескольких сторон корпус нередко выполняют в виде коробки.

Для изготовления корпусов обычно применяют серый чугун СЧ 12 и сталь Ст3, в отдельных случаях (для корпусов поворотных приспособлений) — легкие сплавы на алюминиевой основе, а также магниевые сплавы, имеющие малую плотность ($\sim 1,8$), что облегчает перемещение тяжелых или поворотных приспособлений.

Корпусы приспособлений изготавливают литьем, сваркой, ковкой, резкой, используя сортовой материал (прокат), а также сборкой из элементов на винтах или с гарантированным натягом. Литьем выполняют преимущественно корпуса сложной конфигурации; сроки их изготовления довольно длительны. Сваркой также можно получать корпуса сложных конфигураций; сроки и стоимость их изготовления могут быть значительно снижены. Применяя усиливающие ребра, уголки, косынки, можно получать вполне жесткие корпуса. Стоимость сварных корпусов может быть вдвое ниже стоимости литых, а масса их уменьшена до 40 %. Элементы сварного корпуса размечают и вырезают из сортового материала газовым резаком. Кромки под сварку обрабатывают на станках или газовым резаком. Литые корпусов может оказаться выгодным при изготовлении нескольких одинаковых корпусов. Для сокращения сроков и снижения стоимости подготовки производства следует расширять применение сварных корпусов, особенно корпусов крупных размеров.

Ковкой и резкой сортового материала получают корпуса простых конфигураций и небольших размеров. Лишние объемы металла (напуски) снимают при последующей механической обработке заготовки. Для корпусов сложных конфигураций эти методы могут оказаться нерентабельными, а вынужденное упрощение конструкции приводит к утолщению стенок и увеличению массы детали.

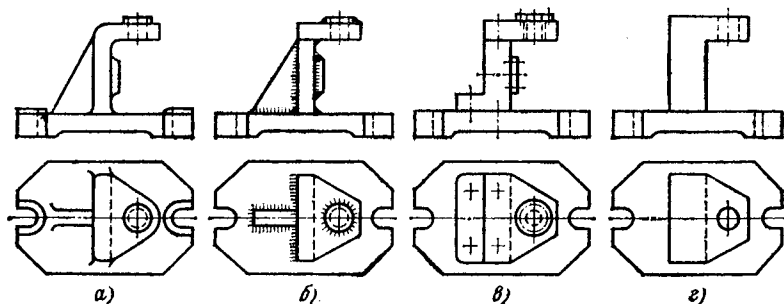


Рис. 115. Технологические варианты корпуса:

а — литого; б — сварного; в — сборного; г — кованого

В корпусах сборного типа с введением дополнительных сопряжений объем механической обработки несколько возрастает, а жесткость снижается.

На рис. 115 показаны варианты (литого, сварного, сборного и кованого) получения заготовки корпуса одной конструкции. Конфигурация сварного корпуса почти такая же, как и литого (рис. 115, а и б). Конфигурация заготовки сборного и особенно кованого корпуса упрощается.

Значительное снижение расходов и сокращение сроков изготовления приспособления обеспечивает стандартизация корпусов и их заготовок. На рис. 116 показаны примеры заготовок корпусов и стоек станочных приспособлений, получаемых литьем из чугуна СЧ 18 (допускается замена сталью 35Л1). Размеры литых заготовок регламентированы ГОСТ 12947—67—ГОСТ 12954—67. Имея запас стандартных заготовок различного типоразмера, можно быстро получить желаемую конструкцию корпуса путем снятия лишнего металла.

Корпусы станочных приспособлений для работ с небольшими силами резания можно выполнять из эпоксидных смол литьем в разовые формы из гипса, картона или пластилина. После 10—12-часовой выдержки при комнатной температуре процесс отверждения эпоксидного компаунда заканчивается. Время отверждения может быть доведено до 4—6 ч при нагреве отливки до 100—120 °С. Прочность корпуса повышают введением в смолу наполнителя (стекловолокна, железного порошка) или металлической арматуры. Предел прочности эпоксидных компаундов на растяжение (без арматуры) 60 МПа и на сжатие — до 150 МПа. Эпоксидные компаунды имеют хорошую адгезию к металлам, однако заливаемые элементы должны быть хорошо обезжирены промывкой в ацетоне, щелочных ваннах или прожиганием на газовом пламени. Отдельные детали (втулки, планки, шпильки) могут быть установлены в литейную форму и залиты в корпус при его изготовлении. Корпусы из эпоксидных компаундов легки, прочны, износостойки,

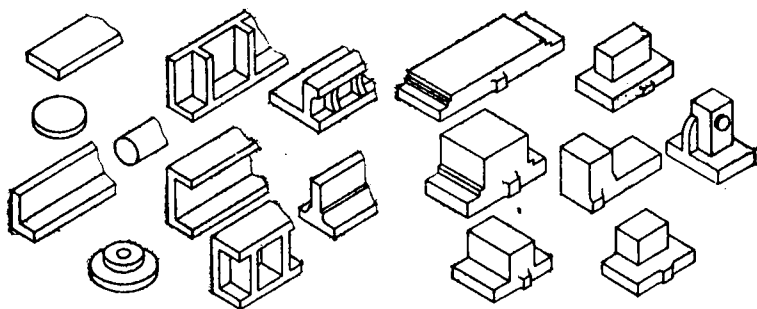


Рис. 116. Литые заготовки для корпусов приспособлений

хорошо гасят вибрации. Их изготавливают с минимальной механической обработкой. Корпусы длительное время сохраняют свои размеры, так как усадка эпоксидных компаундов мала (0,05—0,1 %). В отдельных случаях небольшие корпуса в виде прямоугольных либо квадратных плит или планшайб могут быть изготовлены из текстолита. Они легки и износостойки.

Корпусы приспособлений простейших конструкций выполняют в виде единой базовой детали различной конфигурации. Корпусы сложных приспособлений представляют собой сборную конструкцию. Ее элементы могут быть выполнены литьем, сваркой или из сортового проката. Выбор варианта определяется условиями эксплуатации приспособления, сроками, себестоимостью и технологией его изготовления.

**§ 1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ
И ЗАДАЧИ КОНСТРУИРОВАНИЯ.
ТИПЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали. В задачи технолога входят: выбор заготовки и технологических баз; установление маршрута обработки; уточнение содержания технологических операций с разработкой эскизов обработки, дающих представление об установке и закреплении заготовки; определение промежуточных размеров по всем операциям и допусков на них; установление режимов резания; определение штучного времени на операцию по элементам; выбор типа и модели станка. В задачи конструктора входят: конкретизация принятой технологом схемы установки; выбор конструкции и размеров установочных элементов приспособления; определение величины необходимой силы закрепления; уточнение схемы и размеров зажимного устройства; определение размеров направляющих деталей приспособления; общая компоновка приспособления с установлением допусков на изготовление деталей и сборку приспособления. Несмотря на четкое разделение функций, между технологом и конструктором должны существовать тесное взаимодействие и творческое содружество.

В качестве исходных данных конструктор должен иметь чертежи заготовки и детали с техническими требованиями их приемки; операционный чертеж на предшествующую и выполняемую операции; операционные карты технологического процесса обработки данной детали. Из них выявляют последовательность и содержание операций, принятое базирование, используемое оборудование и инструменты, режимы резания, а также запроектированную производительность с учетом времени на установку, закрепление и снятие обрабатываемой детали. Конструктору необходимы стандарты на детали и узлы станочных приспособлений, а также альбомы нормализованных конструкций. Полезно ознакомиться с аналогичными приспособлениями по литературным источникам и патентным материалам.

Из чертежей заготовки и готовой детали выявляют размеры, допуски, шероховатость поверхностей, а также марку и вид термической обработки материала. Из технологического процесса получают сведения о станке, на котором ведут обработку: его размерах, связанных с установкой приспособления (размеры стола, размеры и расположение Т-образных пазов, наименьшее расстояние от стола до шпинделя, размеры конуса шпинделя и т. д.), и общем

состоянии. Необходимо также ознакомление со станком в цехе для выявления особенностей приспособления и наиболее выгодного расположения органов его управления.

Все эти сведения нужно иметь при конструировании каждого специального приспособления. При конструировании переналаживаемых и групповых приспособлений нужно, кроме того, определить детали, обрабатываемые с использованием данного приспособления и иметь по каждой детали перечисленные выше сведения.

Конструктору необходимо учитывать технологические возможности изготовления приспособления в условиях данного завода и программу выпуска изделий, чтобы выбрать наиболее рентабельную конструкцию и обосновать решение о применении в конструируемом приспособлении сменных быстронастраиваемых деталей.

Полезно изучение опыта эксплуатации аналогичных приспособлений. Проработка исходных данных может привести к более рациональному построению технологических операций и иной схеме приспособления. Такие изменения после согласования с технологом вносят в карту технологического процесса.

Схема конструируемого станочного приспособления в основном определяется принятым построением данной операции обработки. По числу устанавливаемых для обработки заготовок схемы станочных операций делят на одно- и многоместные, а по числу инструментов — на одно- и многоинструментные. В зависимости от порядка работы инструментов и расположения заготовок в приспособлении эти схемы могут быть последовательного, параллельного и параллельно-последовательного выполнения. При сочетании указанных признаков образуется несколько различных схем. Варианты схем оценивают по производительности и себестоимости с безусловным обеспечением заданного качества обработки.

Выбирая схему, стремятся к уменьшению штучного времени: при поточном производстве это время должно быть равно темпу выпуска изделий для обеспечения заданной производительности линии. Уменьшение штучного времени достигается технологическими мероприятиями и мерами по совершенствованию конструкции приспособления. Повышая, например, жесткость приспособления, обеспечивают обработку с более производительными режимами резания и совмещение различных переходов обработки во времени. Вспомогательное время уменьшают, применяя быстродействующие зажимные устройства и совмещая вспомогательное время с основным путем использования поворотных приспособлений с отдельной позицией загрузки и снятия заготовки.

Приведенные признаки классификации станочных операций могут быть использованы для построения схем приспособлений. Рассмотрим их характеристики применительно к задачам конструирования приспособлений на примере обработки отверстий в корпусной детали (рис. 117, а).

Признак 1 — по числу устанавливаемых заготовок: одно- и многоместные приспособления (соответственно на рис. 117, б и

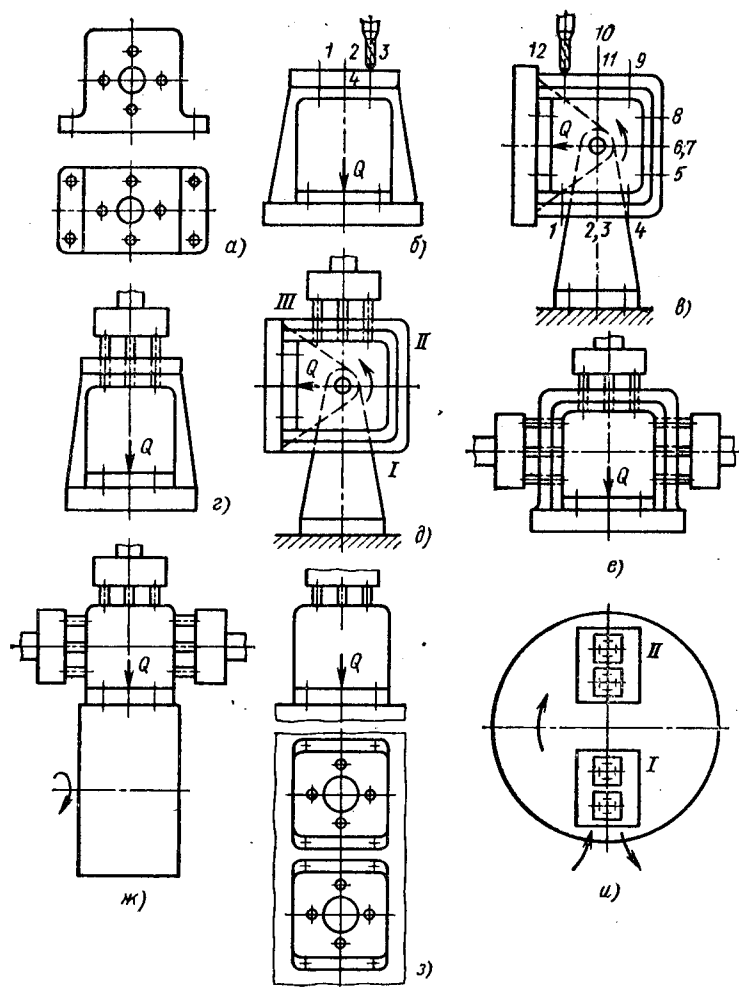


Рис. 117. Типовые схемы компоновок станочных приспособлений

117, з, и). Признак влияет на компоновку и конструкцию приспособления.

Признак 2 — по числу используемых инструментов: (одно- и многоинструментные приспособления (соответственно на рис. 117, в и на рис. 117, г). Вид, размеры и расположение инструментов влияют на конструкцию приспособления. При одновременном использовании нескольких инструментов требуется усиленное закрепление заготовки и расширение рабочей зоны для их размещения. По единовременному использованию нескольких инструментов приспособления можно разделить на одно- и многосторонние (соответственно на рис. 117, г и 117, е).

Признак 3 — по порядку применения инструментов и расположения заготовок: приспособления для последовательной (рис. 117, *в*), параллельной (рис. 117, *г*) и параллельно-последовательной (рис. 117, *д*) обработок. Этот признак может оказать влияние на компоновочные и конструкционные решения в части размещения установочных, зажимных и поворотных элементов приспособления.

Кроме приведенных, рассмотрим дополнительные признаки классификации станочных приспособлений.

Признак 4 — по числу позиций, занимаемых заготовкой по отношению к инструменту: одно- и многопозиционные (соответственно на рис. 117, *г* и 117, *в*). Многопозиционные приспособления, в свою очередь, могут быть использованы для последовательного выполнения технологических переходов обработки (рис. 117, *в*) и для параллельной обработки, когда на различных позициях совмещаются во времени обработка с установкой и снятием заготовки (рис. 117, *и*).

Признак 5 — по степени непрерывности обработки: приспособления для дискретной и для непрерывной обработки. В последних установка и снятие заготовок происходит без остановки станка, а затраченное на это время перекрывается основным временем. Схема работы такого приспособления показана на рис. 117, *ж*.

Признак 6 — по участию человека в обслуживании приспособлений: ручные, полуавтоматические и автоматические.

Можно иметь большое количество различных схем приспособлений, сочетая рассмотренные признаки. Переходя от одностольных, одноинструментных приспособлений последовательного действия к многостольным, многоинструментным приспособлениям с параллельным выполнением переходов обработки и приспособлениям многопозиционного типа, можно на одном и том же станке многократно повысить производительность обработки заготовок небольших размеров. Концентрируя обработку на приспособлениях последнего типа, можно сократить число операций, уменьшить число станков и производственные площади. Применяя приспособления автоматического типа, высвобождают рабочую силу в результате более широкого внедрения многостаночного обслуживания. Использование этих приспособлений во многих случаях позволяет автоматизировать производство на базе дешевых универсальных станков, что дает соответствующий экономический эффект.

В предложенной технологом схеме приспособления должен быть четко указан принцип его действия. Выбор типа и степени автоматизации приспособления обосновываются заданной производительностью, точностью обработки и условиями многостаночного обслуживания. Производительность оценивают в первом приближении по величине оперативного времени обработки. В табл. 17 приведены формулы для расчета оперативного времени при различных компоновочных схемах приспособлений для сверления n одинаковых отверстий в каждой из k сторон ($k = 3$) небольшой корпусной детали (см. рис. 117, *а*).

182

182

* Обработка на роторном станке с перекрытием λ в основным временем.

Примечание. n — число отверстий с каждой стороны; k — число сторон обработки; m — число заготовок в многостольном приспособлении; t_0 — основное время; $t_{\text{всп}}$ — вспомогательное время; $t_{\text{нд}}$ — время поворота и индексации приспособления (стола).

Конструирование приспособления — творческий процесс. Для него характерны трудоемкость, многовариантность возможных решений и определенная последовательность (этапность) выполнения.

На первом этапе конструирования получают и анализируют исходные данные, определяют условия использования приспособления и предъявляемые к нему требования. Второй этап заключается в уточнении схемы установки. Зная принятую в технологическом процессе схему базирования заготовки, точность и шероховатость поверхностей базы, определяют тип и размер установочных элементов, их число и взаимное положение. Решение этого вопроса увязывается с требуемой точностью обработки на данной операции. На третьем этапе конструирования, зная величины сил резания, устанавливают место приложения сил закрепления и определяют их величину на основе расчетных данных (см. гл. II). Исходя из регламентированного времени на закрепление и открепление заготовки, типа приспособления (одно- или многоместное), конфигурации и точности заготовки, а также силы закрепления, выбирают тип зажимного устройства и определяют его основные размеры. На четвертом этапе устанавливают тип и размер деталей для направления и контроля положения режущего инструмента, на пятом — выявляют необходимые вспомогательные устройства, выбирают их конструкции и размеры, исходя из массы заготовки, выполняемой операции и необходимой точности обработки. При выборе конструкции и размеров указанных элементов максимально используют имеющиеся стандарты.

Разработку общего вида приспособлений (шестой этап конструирования) начинают с нанесения на лист контуров заготовки. В зависимости от сложности приспособления вычерчивают несколько проекций заготовки. Последнюю целесообразно показывать условными линиями (тонкими, штрих-пунктирными) для того, чтобы она выделялась на чертеже приспособления. Чтобы не касаться контура заготовки резинкой, заготовку часто вычерчивают с обратной стороны бумажной кальки в зеркальных проекциях. Вычерчивание приспособления производят затем с лицевой стороны.

Разработку общего вида ведут методом последовательного нанесения отдельных элементов приспособления вокруг контуров заготовки. Сначала вычерчивают установочные детали, затем зажимные устройства, детали для направления инструмента и вспомогательные устройства. После этого вычерчивают корпус приспособления, который объединяет все перечисленные выше элементы.

Из рассмотренного видно, что процесс конструирования приспособления — это процесс синтеза его элементов. Он состоит из

выбора этих элементов, обеспечивающих заданные точность, производительность и экономичность; размещения элементов исходя из взаимосвязи между ними и выбора наиболее рационального соединения элементов оформлением корпуса приспособления. При конструировании и изготовлении приспособлений обеспечивают их высокую надежность по показателям безотказности, долговечности, ремонтпригодности, а в некоторых случаях и сохраняемости. Приспособления должны быть эргономичными, их обслуживание должно быть удобным и легким. Органы управления должны быть немногочисленными и располагаться в одном месте.

Общие виды приспособлений вычерчивают в масштабе 1 : 1 (исключение составляют приспособления для особо крупных или мелких деталей). На общем виде указывают габаритные размеры приспособления и размеры, которые нужно выдержать при его сборке и отладке, дается нумерация деталей и их спецификация с указанием использованных стандартов. На общем виде приспособления приводят технические условия на его сборку. В них указывают необходимую точность сборки приспособления, требования к его регулировке и отладке, методы проверки при установке на станок, отделку и маркировку.

Далее производят детализовку. Рабочие чертежи выполняют только на специальные детали. Для сокращения маршрута составления чертежей общий вид и детали приспособления часто вычерчивают на эмульсированной кальке. С чертежа, выполненного на этой кальке карандашом, можно печатать достаточно четкие светокопии.

Для бескопирного размножения чертежей применяют также диазотипную кальку, на которой изображения выполняют специальными карандашами. Для печатания чертежей используют многочисленные аппараты типа «Эра», на которых с выполненного карандашом чертежа можно отпечатать до пяти четких копий.

§ 3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ, ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ И ТОЧНОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Для получения заданной точности обработки деталей (заготовок) конструируемое приспособление должно быть достаточно жестким. Жесткость в первую очередь обеспечивается в направлении действия сил закрепления и резания. Для повышения жесткости следует применять конструкции с малым количеством стыков, уменьшать зазоры в соединениях и устранять внецентренное приложение нагрузки. Предпочтительны цельные или сварные конструкции деталей, менее желательны сборные конструкции.

Контактную жесткость стыков, работающих на сжатие, повышают, уменьшая шероховатость и волнистость сопряженных поверхностей, применяя шлифование или шабрение. Возможность контактных деформаций в неподвижных стыках снижают сильной

предварительной затяжкой соединяющих их крепежных деталей. Плоские стыки менее жестки на изгиб, чем на кручение. Равномерное расположение болтов благоприятно при работе круглого стыка на кручение. В стыках, работающих на изгиб, рекомендуется располагать болты неравномерно, смещая их по возможности дальше от нейтральной оси. В этом случае полезно уменьшать поверхность стыка сопрягаемых деталей в зоне нейтральной оси.

Жесткость стыков с шабреными и притертыми плоскостями мало отличается от жесткости стыков с шлифованными плоскостями. Контактная жесткость закаленных деталей выше, чем у сырых. Достаточно высокую жесткость имеют стыки со строгаными плоскостями при совпадении рисок обработки. Контактная жесткость и демпфирующие свойства стыков повышаются при наличии тонкого клеевого слоя между сопряженными плоскостями.

Детали приспособлений должны быть жесткими при изгибе и кручении. Корпус приспособления не должен деформироваться при закреплении заготовок и деформировать стол станка, на котором он закреплен.

Непостоянство силы резания и неоднородность жесткости станочных приспособлений и других элементов упругой технологической системы предопределяют возникновение вибраций, которые часто являются самовозбуждающимися (автоколебаниями). При вибрации повышается шероховатость обрабатываемой поверхности, ухудшаются условия работы режущего инструмента и усиливается динамический характер силы резания. Если частота собственных колебаний приспособления совпадает с частотой колебаний при резании, то возникает резонанс, при котором амплитуда колебаний сильно возрастает. С повышением жесткости приспособлений увеличивается частота и уменьшается амплитуда их собственных колебаний. Смещение зоны резонанса выгодно производить в область высоких скоростей резания, одновременно повышая жесткость приспособлений и частоту их собственных колебаний. Это помимо отмеченных выше мероприятий обеспечивается уменьшением высоты приспособлений и длины выступающих консольных элементов, использованием дополнительных опор и увеличением размеров опорных поверхностей. Для уменьшения вибраций полезно применение демпфирующих элементов. Расчет приспособлений на виброустойчивость сложен и еще не разработан.

При вычерчивании общего вида и деталей приспособления назначают допуски на его размеры. По точности исполнения эти размеры можно разбить на три группы. К первой группе относятся размеры тех сопряжений, от которых зависит точность выполняемой обработки (например, расстояние между осями кондукторных втулок сверлильного приспособления; неточность этого размера непосредственно влияет на расстояние между осями просверленных в заготовке отверстий). К первой группе относятся также размеры установочных элементов, от точности которых зависит положение заготовки в приспособлении. Ко второй группе отно-

сятся размеры тех сопряжений, от которых точность обработки не зависит (например, размеры сопряжений зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных механизмов). К третьей группе относятся свободные размеры обработанных и необработанных поверхностей.

Допуски на размеры первой группы обычно берут в 2—3 раза меньше допусков на размеры, выдерживаемые при обработке. В особых случаях при изготовлении изделий высокой точности допуск регламентируется специальными техническими требованиями. Ужесточением допуска в указанных пределах, как показывает опыт эксплуатации приспособлений, обеспечивается выдерживание заданной точности обработки.

При предварительной обработке (11-й квалитет и ниже) относительная точность может быть повышена $\left(\frac{1}{5} - \frac{1}{10} \text{ допуска}\right)$. Это обусловлено высокой точностью обработки в инструментальных цехах. При допусках на деталь по 12—14-му квалитетам точности соотношение $\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$ приводит к допускам на соответствующую деталь приспособления примерно по 7—9-му квалитетам, не вызывая особых затруднений в изготовлении. Так, в кондукторах для сверления отверстий под болты допуск на расстояние между осями направляющих втулок берут $\pm 0,05$ мм.

Допуски на размеры второй группы определяют в зависимости от назначения механизма, а также характера и условий работы рассматриваемого сопряжения. Обычно здесь допуски берут по 7—9-му квалитетам точности. Свободные размеры выполняют по 14-му квалитету точности для обработанных и по 16-му квалитету для необработанных поверхностей.

Наибольший интерес представляет определение допусков на размеры первой группы. Оно не должно базироваться только на изложенном выше практическом правиле. Более целесообразно и правильно с методической точки зрения определять эти допуски расчетно-аналитически.

Рассмотрим виды погрешностей обработки, вызываемые неточностью изготовления приспособлений. Погрешности изготовления приспособления вызывают прежде всего неправильное положение обрабатываемой заготовки на станке. В результате этого возникает погрешность взаимного положения обработанной и базовой поверхностей заготовки. Погрешность изготовления поворотных и делительных устройств, а также накладных кондукторов и кондукторных плит приводит к погрешностям взаимного расположения обрабатываемых поверхностей заготовки.

Погрешность изготовления приспособлений не влияет на точность выполняемых размеров, а также на погрешность формы обрабатываемых поверхностей. При одноместном приспособлении (см. рис. 103, а) заданный размер A_1 обеспечивается соответствующей установкой инструмента по высоте. При многоместном при-

способлении (см. рис. 35, а) это правило изменяется: из-за погрешности положения установочных элементов по высоте точность размера A_2 будет меньше, чем размера A_1 .

Рассмотрим примеры типичных погрешностей обработки из-за неточности изготовления одноместных приспособлений различного назначения.

Погрешности изготовления сверлильных и расточных кондукторов влияют на точность расстояния между осями обрабатываемых отверстий, на точность расстояния от установочной базы до оси отверстий, а также на перпендикулярность осей отверстий к опорному торцу заготовки. При наличии поворотных устройств могут возникнуть погрешности углового расположения обрабатываемых отверстий и в частном случае их несодосность. Точность диаметральных размеров обрабатываемых отверстий от погрешности приспособления не зависит (исключая погрешность кондукторных втулок).

Погрешности изготовления фрезерных, строгальных, протяжных и долбежных приспособлений вызывают неточность взаимного расположения обрабатываемых и базовых поверхностей заготовки, но не влияют на точность выдерживаемого размера (компенсируется настройкой) и искажение формы поверхностей. Неточность имеющихся делительных и поворотных устройств может вызвать погрешности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей заготовки.

Погрешности изготовления приспособлений для плоского шлифования влияют на точность взаимного положения обрабатываемой и базовой поверхностей заготовки, но не вызывают искажения размера и формы шлифуемой поверхности (в отдельных случаях искажение формы поверхностей может возникнуть при закреплении тонкой листовой детали на магнитной плите с неровной опорной поверхностью).

Погрешности токарных приспособлений не влияют на точность диаметров и искажение формы обрабатываемых поверхностей, но могут вызвать погрешности взаимного расположения поверхностей детали.

Таким образом, погрешности изготовления одноместных однопозиционных приспособлений в общем случае не влияют на точность выполняемых размеров и погрешности формы обрабатываемых поверхностей, но вызывают погрешности взаимного положения поверхностей заготовки.

При назначении допусков δ на изготовление приспособлений исходной является допустимая погрешность обработки δ_1 . Очевидно, что $\delta < \delta_1$. В общем случае

$$\delta < \delta_1 - \delta_{\text{ст}} - \delta_{\text{уст}} - \delta_{\text{упр}},$$

где δ_1 — допустимая погрешность расположения обрабатываемых поверхностей заготовки по чертежу; $\delta_{\text{ст}}$ — геометрические погрешности станков, влияющие на величину δ_1 (неперпендикуляр-

ность поверхности стола сверлильного станка к оси шпинделя, непараллельность стола горизонтально-расточного станка оси шпинделя, то же горизонтально-фрезерного станка; $\delta_{уст}$ — погрешность установки приспособления на станок, обусловленная наличием зазора между направляющими шпонками и Т-образным пазом стола, наличия зазоров между центрирующим пояском шпинделя и сопряженной поверхностью патрона и т. п.; $\delta_{упр}$ — погрешность положения заготовки в результате упругой деформации приспособления под влиянием сил закрепления и резания.

В этой формуле δ означает допустимую погрешность расположения установочных элементов приспособления относительно его базы, которой оно сопрягается со столом (шпинделем) станка. При наличии делительных или поворотных устройств это допустимая погрешность делительного устройства; для кондукторов это допуск на расстояние между осями кондукторных втулок.

Расчет по приведенной формуле следует производить с учетом частичного или полного перекрытия ее составляющих и их взаимной компенсации. Так, величина $\delta_{ст}$ (отклонение от перпендикулярности поверхности стола оси шпинделя) при обработке на вертикально-сверлильном станке может частично перекрываться величиной $\delta_{упр}$. Рассмотрим в качестве примера фрезерование паза заготовки в приспособлении (рис. 118, а) на вертикально-фрезерном станке. При обработке требуется выдержать параллельность обрабатываемой плоскости a установочной плоскости b заготовки с допустимым отклонением $\delta_1 = 0,1$ мм на длине 100 мм. Требуется найти допустимое отклонение от параллельности установочной плоскости b приспособления опорной плоскости с его корпуса. Приняв отклонение от параллельности поверхности стола горизонтальной плоскости $\delta_{ст} = 0,01$ мм на 100 мм и $\delta_{упр} = 0,03$ на длине 100 мм, получим $\delta = 0,1 - 0,01 - 0,03 = 0,06$ мм на 100 мм.

При сверлении отверстий по кондуктору половину допуска на расстояние между осями кондукторных втулок δ можно определить по формуле, считая, что середины полей допусков в деталях и кондукторной плите совпадают (рис. 118, б):

$$\delta \leq [\delta_1 - (\sum s + \sum e)]$$

где δ_1 — допуск на расстояние между осями отверстий в деталях;

$$\sum s = s_1 + s_2 + s_3 + s_4;$$

здесь s_1, s_2 — максимальные радиальные зазоры соответственно между сменными и постоянными втулками; s_3, s_4 — максимальные радиальные зазоры соответственно между втулками и инструментом;

$$\sum e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4,$$

где e_1, e_2 — допустимые эксцентриситеты сменных втулок; e_3, e_4 — допустимые эксцентриситеты постоянных втулок.

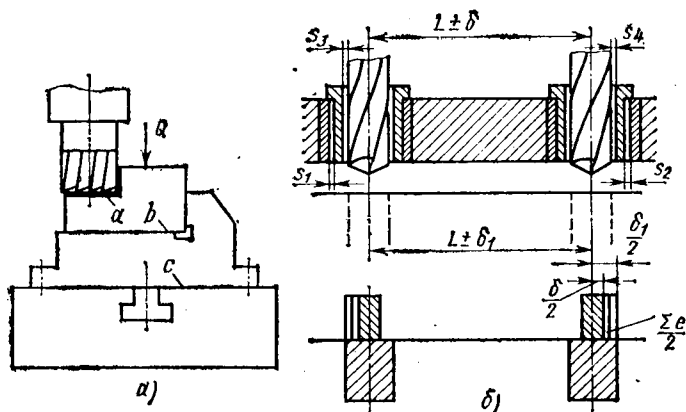


Рис. 118. Схемы к расчету допусков на изготовление приспособлений

При определении допуска на расстояние между базовой плоскостью и осью кондукторной втулки в приведенной формуле величины s_2 , s_4 , e_2 и e_4 принимают равными нулю.

§ 4. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

При конструировании специального приспособления необходимо обосновывать экономическую целесообразность его изготовления и эксплуатации. В расчетах на рентабельность обычно сопоставляют различные конструктивные варианты приспособления для выполнения одной и той же технологической операции. Если считать, что расходы на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию одинаковы, то элементы себестоимости обработки, зависящие от конструкции приспособления, для сравниваемых вариантов a и b

$$C_a = L_a \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_a}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) + \frac{S'_a}{n'}; \quad (52)$$

$$C_b = L_b \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_b}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right) + \frac{S'_b}{n'}, \quad (53)$$

где C_a — себестоимость изготовления приспособления по варианту a , руб.; L_a — штучная заработная плата при использовании этого приспособления, руб.; C_b — себестоимость изготовления приспособления по варианту b , руб.; L_b — штучная заработная плата при этом приспособлении, руб.; z — цеховые накладные расходы на заработную плату, %; q — расходы, связанные с применением приспособлений (ремонт, содержание, регулирование), %; i — срок амортизации приспособления, годы; n — годовая программа выпуска деталей, шт.; S'_a , S'_b — расходы на конструирование и отладку приспособлений по вариантам a и b , руб.; n' — число

деталей, обрабатываемых в приспособлении за период освоения выпускаемой продукции.

Расходы на конструирование и отладку относят на первые образцы нового изделия или распределяют на себестоимость изделия в течение одного-двух лет его производства. Сопоставление экономической эффективности приспособлений по вариантам a и b для установившегося периода производства, когда расходы на конструирование и отладку погашены, можно производить по формулам (52) и (53), приняв $S'_a = S'_b = 0$.

Величину программы выпуска деталей, при которой оба сопоставляемых варианта в экономическом отношении равноценны, находим, решая совместно уравнения (52) и (53) относительно n :

$$n = \frac{(S_b - S_a) \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right)}{(L_a - L_b) \left(1 + \frac{z}{100} \right)}. \quad (54)$$

Если заданная программа больше рассчитанной по формуле (54) величины n , то выгоднее применять более сложное приспособление, и наоборот.

Для расчета n нужно знать величины S_a и S_b . Их точные значения можно определить на основе калькуляций после составления рабочих чертежей и разработки технологических процессов изготовления приспособлений. Однако этот способ сложен и трудоемок, задание же на конструирование приспособления должно выполняться в короткие сроки. Поэтому применяют более простые, приближенные способы определения затрат на изготовление приспособлений. Для ориентировочных расчетов можно пользоваться приближенной формулой

$$S = CK,$$

где S — себестоимость изготовления приспособления, руб.; K — число деталей в приспособлении; C — постоянная, зависящая от сложности приспособления. Для простых приспособлений $C = 1,5$, для приспособлений средней сложности $C = 3,0$ и для сложных $C = 4,0$.

Величину i берут равной сроку (год), в течение которого конструируемое специальное приспособление будет использовано для выпуска заданной продукции. Если, например, данные детали выпускаются в течение двух лет, то и i также принимается равным двум годам. Если производимая продукция стабильна и сроки прекращения ее выпуска неизвестны, то i рекомендуется брать для простых приспособлений равным одному году, для приспособлений средней сложности — от двух до трех лет и для сложных — от четырех до пяти лет. Величину q рекомендуется брать равной 20 %. Для определения L нужно знать штучное время на данную операцию $t_{\text{шт}}$ и минутную заработную плату рабочего l :

$$L = t_{\text{шт}} l.$$

У сопоставляемых вариантов эти величины различны. При использовании более совершенного приспособления $t_{\text{ш}}$ и l снижаются в результате уменьшения основного и вспомогательного времени, а также облегчения условий труда и упрощения выполняемых манипуляций.

Расчет по формуле (54) необходимо выполнять при условии, что $S_a > S_b$ и $L_b > L_a$ или $S_b > S_a$ и $L_a > L_b$. При иных условиях ($S_a > S_b$ и $L_a > L_b$ или $S_b > S_a$ и $L_b > L_a$) при любом n следует применять вариант b или a .

Использование приспособлений часто вызывает изменение технологического процесса в связи с ликвидацией или видоизменением отдельных операций. В этом случае можно сопоставить себестоимость механической обработки детали, зависящей от оснастки, не по отдельным операциям, а по процессам:

$$C_I = \sum_I L \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{\sum S_I}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right);$$

$$C_{II} = \sum_{II} L \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{\sum S_{II}}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right),$$

где индексы I и II относятся к сопоставляемым вариантам процессов.

Если в сопоставляемых вариантах применяется различное оборудование (например, горизонтально-расточный станок заменяется вертикально-сверлильным), то учитывая дополнительную стоимость 1 мин работы станка $l_{\text{ст}}$, получим

$$G_I = \sum t_{\text{ш}} l_I \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \sum t_{\text{ш}} l_{\text{ст } I} + \frac{\sum S_I}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right);$$

$$G_{II} = \sum t_{\text{ш}} l_{II} \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \sum t_{\text{ш}} l_{\text{ст } II} + \frac{\sum S_{II}}{n} \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100} \right).$$

Рассмотрим теперь себестоимость обработки, если данная технологическая операция выполняется на переналаживаемом универсальном приспособлении, оснащенном сменной наладкой:

$$C = L \left(1 + \frac{z}{100} \right) + \frac{S_y}{N} \left(\frac{1}{i_y} + \frac{q}{100} \right) + \frac{S_n}{N} \left(\frac{1}{i_n} + \frac{q}{100} \right) + \frac{S'_n}{N},$$

где S_y — стоимость универсального приспособления; S_n — себестоимость изготовления сменной наладки; i_y — число лет амортизации универсального приспособления; i_n — число лет амортизации сменной наладки $i_y > i_n$; S'_n — расходы на конструирование и отладку сменной наладки. Расходы S'_n относят на первый год выпуска изделий.

Приведенная формула может быть использована для сопоставления рентабельности различных вариантов переналаживаемых приспособлений или специального и переналаживаемого приспособлений.

Пример. Сопоставить экономическую целесообразность применения станочного приспособления двух вариантов: при варианте a $L_a = 0,015$ р. и $S_a = 140$ р.; при варианте b $L_b = 0,022$ р. и $S_b = 90$ р.; $z = 300$ %; $q = 20$ %; $i = 2$. Годовая программа выпуска изделий 20 тыс. шт.

Решение. По формуле (54) найдем величину программы, при которой экономически оправдываются оба варианта:

$$n = \frac{(140 - 90) \left(\frac{1}{2} + \frac{20}{100} \right)}{(0,022 - 0,015) \left(1 + \frac{300}{100} \right)} = 800 \text{ шт.}$$

Ввиду того что заданная программа больше программы, рассчитанной по формуле (54), выгоднее применять более сложное приспособление (вариант a). В этом случае (при одинаковых расходах на режущий инструмент, амортизацию станка и электроэнергию) можно получить экономию на выполнении каждой операции $S_b - S_a = 0,011$ р.

§ 5. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА, РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Сокращение времени и средств на конструирование и изготовление технологической оснастки достигается применением информационно-поисковых систем (ИПС). Эти системы позволяют быстро выявлять ранее составленные чертежи технологической оснастки, пригодной для выпуска новых изделий, и повышать эффективность труда инженерно-технических работников в результате устранения дублирования разработок. ИПС распознают соответствие смыслового содержания между хранимой информацией и запросом. Наличие обратной связи между человеком и системой позволяет находить необходимую информацию в массивах любой емкости.

Во всех ИПС предусматривается пополнение хранимой информации. Поступающая информация об оснастке подвергается обработке, индексированию и кодированию на принятом языке. При получении запроса происходят поиск информации и выдача результатов в виде копий документов, сведений об их адресах или в виде систематизированных фактических данных.

К наиболее простым ИПС для небольших и средних массивов информации относятся системы на базе ручных перфокарт. Время поиска на них составляет 7—10 мин, а емкость картотеки составляет несколько тысяч перфокарт. Эти ИПС обычно бывают специализированными (например, для приспособлений типа кондукторов), а по принципу работы — полумеханизированными. Для больших массивов информации применяют универсальные и автоматизированные ИПС на базе ЭВМ.

При наличии освоенных ИПС с большими массивами информации можно получить высокий эффект по сокращению труда конструкторов: удастся уменьшить на 30 % и более трудоемкость конструкторских разработок, сократить длительность цикла технической подготовки производства новых объектов производства.

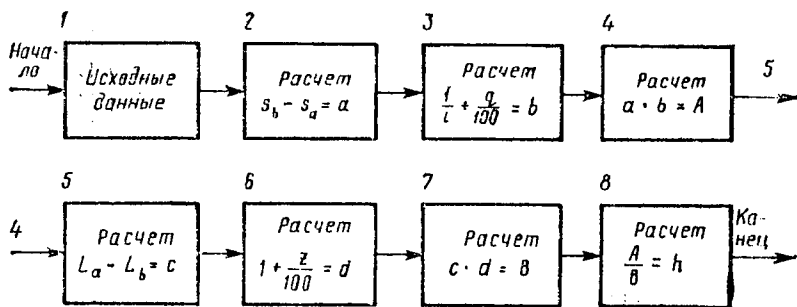


Рис. 119. Алгоритм расчета усилия закрепления заготовки

В связи с ростом потребности в приспособлениях и увеличением трудозатрат и средств на их изготовление представляет интерес автоматизация их конструирования. Первые работы в этом направлении были выполнены в 60-х гг. под руководством Г. К. Горанского в АН БССР. В последние годы эти работы получили дальнейшее развитие в других организациях и за рубежом. Автоматизация конструирования приспособлений позволяет снизить трудоемкость и стоимость конструирования в 3—5 раз и более, ускорить подготовку производства новых изделий, улучшить качество приспособлений, а также повысить уровень их нормализации. При автоматизации конструирования, осуществляемой на ЭЦВМ, решаются частные и общие задачи. К первым относятся расчеты по приведенным ранее методикам погрешностей установки, сил закрепления заготовки, размеров зажимных устройств, экономической целесообразности применения приспособлений и др. На рис. 119 в качестве примера показан алгоритм экономического расчета применения приспособления по формуле (54). Ко вторым относятся задачи конструирования приспособления в целом. Они решаются на разных уровнях: от разработки простейших схем до вычерчивания общих видов, основных деталей и составления спецификаций. Для этой цели используют чертежные автоматы серии «Итекан», ЕС (СССР), «Бенсон» (Франция) и др.

На сложные детали приспособлений может быть разработана технология механической обработки, включая изготовление управляющих программ для станков с ЧПУ. К настоящему времени созданы и внедрены на отдельных заводах системы автоматизированного конструирования типовых приспособлений для сверления плоских деталей, а также для обработки заготовок типа тел вращения. В основе этих систем лежит широкое использование типовых решений и определенное ограничение исходных данных; задача обычно решается с чисто геометрических позиций, без расчетов погрешностей обработки, сил закрепления, экономической эффективности и решения многих других вопросов. Автоматизация конструирования более сложных и нетиповых приспособ-

лений значительно усложняется и выполняется большей частью в человеко-машинном (диалоговом) режиме. Задача еще более усложняется при конструировании специальных, сложных приспособлений; автоматизация их конструирования часто бывает экономически нецелесообразной и основой здесь становится трудно формализуемая творческая работа конструктора.

Автоматизации конструирования приспособлений способствует разработанный в последнее время комплекс устройств для подготовки и ввода информации, выдачи текстовой и графической документации, средств микрофильмирования и тиражирования полученных результатов.

Современные приспособления как объекты автоматического конструирования отличаются многокомпонентностью, иерархичностью структур, широким диапазоном размеров и высоким уровнем типизации и нормализации конструкций, который при автоматическом конструировании может быть еще более повышен.

В основе автоматического конструирования лежит моделирование процессов и объектов конструирования. Задание на конструирование приспособления отражает информацию об обрабатываемой детали и выполняемой операции; оно формулируется при подготовке входных данных в принятой языковой системе. Далее разрабатывают информационную модель конструирования приспособления и алгоритмы преобразования задания на конструирование и формализуемые на ЭВМ цифровые данные.

Моделирование процессов конструирования связано с выявлением закономерностей конструирования, анализом структур, параметров и назначения отдельных классов приспособлений, а также с исследованием информационных процессов при разработке конструкций. Информационная база автоматического конструирования кроме входной информации содержит постоянную информацию и промежуточные данные. Наиболее простые алгоритмы решения задачи конструирования применяют для типовых приспособлений неизменной структуры и с постоянной геометрией элементов. Для нетиповых приспособлений со структурами на разных иерархических уровнях и с элементами с различными формами и размерами применяют методы алгоритмического синтеза моделей приспособлений, используя библиотеку конструктивных элементов. Еще более сложные приспособления синтезируются в человеко-машинном режиме.

В настоящее время автоматическое конструирование приспособлений применяют еще мало. Это обусловлено большими затратами на создание систем и трудностями адаптации их к конкретным условиям производства. Автоматизированное конструирование приспособлений перспективно главным образом на крупных предприятиях и специализированных заводах по производству технологической оснастки.

Дальнейшее совершенствование автоматического конструирования связано с проведением исследовательских работ по созда-

нию новых принципов конструирования, разработке основ оптимизации конструкций для повышения качества приспособлений, а также по расширению автоматического проектирования на УСП, УНП и других системах сборно-разборной оснастки. Перспективно дальнейшее развитие человеко-машинного (интерактивного) метода конструирования, когда на промежуточном этапе происходит вывод из ЭВМ проектной ситуации на экран дисплея, визуальная оценка и корректировка ее конструктором с последующим окончательным решением задачи. Процесс конструирования выполняется в форме диалога между человеком и ЭВМ. Для сложных объектов процесс конструирования разбивается на несколько взаимосвязанных этапов. Результаты предыдущих и содержание последующих этапов корректируются человеком для получения окончательного решения.

При диалоговом режиме конструирования возможности автоматического конструирования значительно возрастают. Конструирование приспособлений по жестким алгоритмам вне диалогового режима имеет малые возможности и не перспективно для дальнейшего развития. Оно ограничивается частными задачами расчета и конструирования приспособлений простых типов. Перспективна разработка интегральных систем, обеспечивающих конструирование, обработку и сборку приспособлений в едином автоматизированном цикле.

глава 5

НОРМАЛИЗАЦИЯ И УНИВЕРСАЛИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ

§ 1. РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ НОРМАЛИЗАЦИИ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В МЕХАНОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Освоение и развитие производства новых машин связано с подготовкой разнообразной и трудоемкой технологической оснастки. При быстром развитии современного производства и непрерывном совершенствовании изделий необходима частая замена выпускаемой продукции новой, более совершенной. В этих условиях применявшаяся ранее специальная оснастка за малым исключением становится непригодной к использованию. Для подготовки производства нового изделия приходится конструировать и изготовлять новую многочисленную и сложную оснастку. Сроки ее подготовки должны быть короткими, иначе к моменту полного развертывания выпуска изделие начинает морально стареть. В то же время необходимо усиливать оснащенность технологических процессов для повышения производительности труда и снижения себестоимости продукции.

Это противоречие вызвало необходимость ускорения и удешевления изготовления всей технологической оснастки и специальных приспособлений в частности. Последнюю задачу решают нормализацией и стандартизацией деталей и узлов приспособлений. При этом сокращается номенклатура и увеличивается количество подлежащих изготовлению деталей одного наименования и размера. На этапе конструирования уменьшаются объем, сроки, трудоемкость и себестоимость выполнения конструкторских работ, на этапе изготовления появляется возможность производства деталей приспособлений партиями, централизованным порядком и в запас. Это значительно снижает трудоемкость, себестоимость и сроки изготовления приспособлений. На этапе эксплуатации сокращаются время и издержки на ремонт приспособлений в результате использования деталей и узлов из запаса. Нормальные и стандартные элементы могут быть сняты с использованных приспособлений и после частичного ремонта (если нужно) переданы на склад для повторного использования при сборке новых приспособлений.

Уровень использования нормальных и стандартных деталей при конструировании специальных приспособлений достигает 70%.

К первому этапу нормализации приспособлений относится нормализация их общих конструктивных и размерных элементов. Целью нормализации являются установление размерных рядов на элементы и узлы приспособлений, определение габаритных и присоединительных размеров, нормализация конструктивных элементов (резьб, деталей крепления штифтов, шпоночных соединений и т. п.), установление посадок для применяемых сопряжений и допусков на основные детали.

На втором этапе подвергают нормализации детали специальных приспособлений (установочные элементы, детали зажимных устройств, корпуса приспособлений и их элементы, установочные для проверки положения инструментов, детали вспомогательных устройств), а также их заготовки (отливки, поковки). Третий этап нормализации охватывает части приспособлений различного функционального назначения: узлы зажимных систем (пневмоцилиндры, пневмокамеры, гидроцилиндры, замки реечно-рычажных зажимов и др.), узлы вспомогательных устройств (делительные и поворотные механизмы, фиксаторы, выталкиватели) и другие механизмы.

Разработка нормалей ведется передовыми машиностроительными заводами, проектно-технологическими и научно-исследовательскими институтами. Выпуску общесоюзных стандартов (ГОСТов) предшествует большая подготовительная работа по обобщению и корректировке ранее выпущенных нормалей. В практике применяют нормали на детали корпусов и узлы сборно-разборных приспособлений (СРП). Особенностью этой системы является пригодность ее элементов для многократного использования. Нормализованные узлы СРП монтируют на корпусе приспособления.

Доработка корпуса (сверление и нарезание отверстий и др.) не препятствует его повторному применению в других компоновках. Корпусы приспособлений собирают из нормализованных взаимозаменяемых элементов простой геометрической формы.

Их взаимное соединение предусмотрено винтами, болтами, а также склеиванием синтетическими клеями. Эти виды соединений допускают легкую и быструю разборку корпуса и всего приспособления на составные элементы. Систему можно применять для приспособлений с обычными и быстродействующими (пневматическим, гидравлическими и др.) зажимными устройствами. Ее внедрение способствует сокращению трудоемкости конструирования и изготовления специальной оснастки.

§ 3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСАЛИЗАЦИИ И СОЗДАНИЯ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ (ОБРАТИМЫХ) ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В условиях серийного производства применяют так называемые универсально-обратимые приспособления. Они допускают быструю и многократную перекомпоновку их элементов, вследствие чего могут быть использованы для выполнения ряда различных операций. Это способствует внедрению высокопроизводительных методов обработки в серийное производство и снижению сроков подготовки технологической оснастки.

Существуют две основные системы универсально-обратимых приспособлений: универсально-сборная (УСП) и универсально-наладочная (УНП).

Система УСП состоит из набора нормализованных деталей, из которых можно быстро, по принципу универсальной собираемости и взаимозаменяемости собирать различные приспособления одноцелевого назначения. Эта система применяется в опытном и мелкосерийном производстве. После использования собранного по заявке приспособления его разбирают и детали возвращают на склад; затем из них могут быть собраны новые компоновки. Таким образом, система УСП является циклической. Она универсальна только в отношении изготовления приспособлений. Последние же получаются не универсальными, а специальными (одноцелевыми). Система УСП включает набор из 25 000—30 000 деталей и некоторое количество нормализованных неразборных узлов. Из этого набора можно собирать одновременно до 300 приспособлений. На детали и узлы УСП разработан комплекс ГОСТов.

Детали основного набора разбирают на следующие группы: 1) базовые детали (прямоугольные плиты, планшайбы, базовые угольники), лицевая сторона которых снабжается Т-образными пересекающимися пазами, поэтому возможно крепление к ним сопряженных деталей в различных вариантах; 2) корпусные и опорные детали (призмы, угольники, подкладки и опоры различной конфигурации), также снабженные Т-образными пазами, прорезями и отверстиями для выполнения различных компоновок; 3) установочные детали (шпонки, пальцы, переходные втулки, фиксирующие штыри); 4) направляющие детали (кондукторные втулки различных типов, кондукторные планки, колонки), прижимные детали (прихваты различных типов и их элементы); 5) детали для соединения деталей УСП (винты, болты, шпильки резьбовые, гайки, шайбы); 6) разные детали (рукоятки, планки, эксцентрики, пружины, детали шарнирных сочленений и др.) 7) нормализованные неразборные узлы (регулируемые по высоте опоры, зажимы, делительные устройства и др.).

В начальный период эксплуатации часто используют сокращенный набор элементов УСП из 1500—2500 деталей. Этого

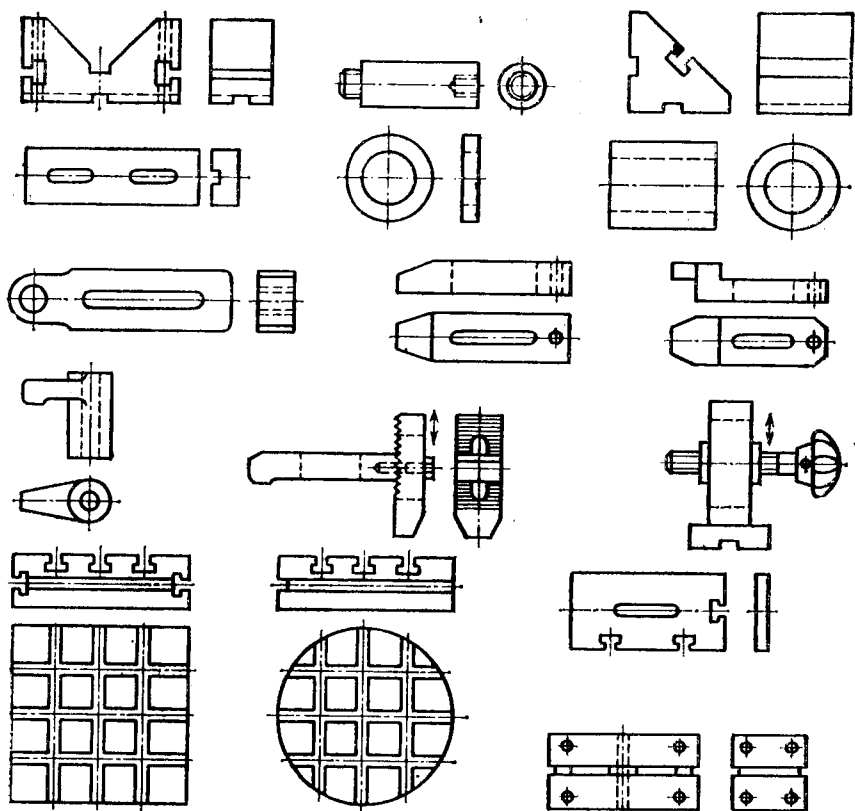


Рис. 120. Основные детали УСП

набора достаточно для сборки 300—400¹ приспособлений в год.

Основные детали из набора УСП показаны на рис. 120. Для получения различных компоновок их выполняют с Т-образными пазами, продолговатыми прорезями, гладкими и резьбовыми отверстиями. Пазы выполняют с шагом $60 \pm 0,05$ и шириной 12 мм. Применяют также пазы шириной 8 и 16 мм. Допускаемое отклонение пазов от взаимной параллельности и перпендикулярности составляет 0,01 мм на длине 200 мм. Технические условия на детали и узлы УСП с пазом 8 мм регламентированы ГОСТ 14607—70.

Корпусные и опорные детали изготавливают по 4—5-му квалитетам, поверхности сопряжения этих деталей шлифуют до $Ra = 0,32 \div 0,08$ мкм. Размеры других деталей, от которых зависит точность собираемых компоновок, выполняют с допуском 5—10 мкм. Допуски на угол берут 5 мкм на длине 100 мм. Допуски на детали, от которых точность обработки не зависит, назначают по 6—9-му квалитетам. Наборы УСП выпускают нескольких классов точ-

ности, каждый из которых рекомендуется применять для обработки деталей соответствующей точности изготовления.

Детали набора УСП должны быть прочными, износостойкими и длительное время сохранять точные размеры и форму. Основные детали изготавливают из стали 12ХН3А с последующей цементацией и закалкой до твердости *HRC* 60—64. Крепежные детали изготавливают из стали 38ХА с закалкой и отпуском до твердости *HRC* 40—45. Для направляющих и установочных деталей используют стали У8А и У10А с закалкой до твердости *HRC* 50—55. Остальные менее ответственные детали изготавливают из стали 45 (прихваты) и стали 20 (шайбы и др.). Практика эксплуатации УСП на заводах показала, что износ основных деталей за 10 лет составляет менее 0,01 мм.

При наличии набора деталей УСП изготовление приспособления сводится к его сборке по заданной компоновочной схеме. В особых случаях нужно изготавливать специальные детали, но их количество обычно не превышает 1—1,5 % общего числа деталей системы. Пользуясь системой УСП, многократно сокращают время изготовления приспособлений. Продолжительность сборки приспособления средней сложности 2—4 ч.

Сборку выполняют рабочие высокой квалификации по чертежу обрабатываемой заготовки или по ее образцу, выполненному в металле. Если данное приспособление может потребоваться опять, его целесообразно сфотографировать с нескольких позиций. На фото, заменяющих общие виды компоновки, указывают номера использованных деталей набора. Используя фото, повторные сборки выполняют за более короткие сроки.

Система УСП обеспечивает значительное сокращение времени и стоимости подготовки производства новых объектов. Она ускоряет выпуск новой техники, высвобождает труд конструкторов и рабочих инструментального производства, сокращает расход металла на оснастку, позволяет применять приспособления в производствах с малым выпуском, где изготовление их обычным порядком неэкономично. В последнее время УСП применяют и для групповой обработки. В результате многолетнего (свыше 30 лет) применения УСП в отечественном машиностроении эта система значительно усовершенствована. Вместо ранее использовавшихся ручных зажимных устройств применяют нормализованные гидравлические и пневматические устройства. Это позволяет использовать УСП и в крупносерийном производстве. На рис. 121 даны примеры УСП для сверления и фрезерования специальных деталей.

К недостаткам УСП относят их пониженную жесткость и высокую стоимость набора, включающего большое количество точных деталей. Пониженная жесткость обусловлена большими деформациями основных деталей (плит и др.) и контактными деформациями в стыках системы.

При стоимости полного набора 50—80 тыс. руб. система УСП в условиях одного завода может оказаться нерентабельной. В этом

200

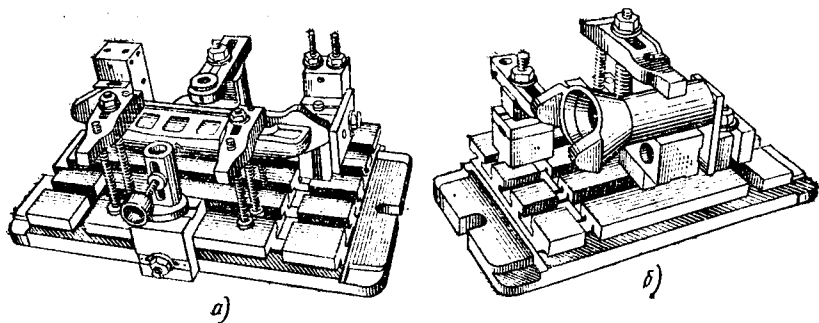


Рис. 121. Примеры УСП:

а — для сверления; *б* — для фрезерования

случае целесообразна организация прокатных баз для заинтересованных заводов. Практика работы таких баз показала сравнительно быструю (за два-три года) окупаемость набора деталей УСП при общем сроке их службы 15—20 лет. В специальной документации фиксируются движение и хранение оснастки и ее элементов, трудоемкость и себестоимость сборки и разборки УСП, регулируется взаимоотношение поставщика и потребителя оснастки.

Основная часть собираемых компоновок УСП (около 60 %) приходится, как показывает практика, на сверлильные приспособления, затем фрезерные (30 %) и токарные (7 %); остальная часть — на шлифовальные и другие типы. Это соотношение по мере развития системы изменяется. Основными потребителями УСП являются текстильное, общее, полиграфическое и другие отрасли машиностроения.

В компоновках УСП с пазами 12 мм можно обрабатывать заготовки с максимальными размерами (мм): ширина 300, длина 1400, высота 700. Заготовки большой длины (балки, полосы и др.) можно обрабатывать в компоновках из нескольких несогнанных между собой секций, закрепленных на столе станка.

Оборачиваемость приспособления (средний срок проката) УСП составляет 15 дней, включая один день на сборку, два дня на транспортирование и один день на разборку.

Система УСП используется также в приборостроении и тяжелом машиностроении. Ее применяют для сборки станочных, контрольных и сборочных приспособлений, для вырубных и гибочных штампов. Разновидностью системы УСП является система сборно-разборных приспособлений (СРП). Последняя, в частности, широко используется в сварочном производстве (система СРПС). Точность изготовления элементов СРПС обеспечивает сборку без пригонки. На детали и узлы СРП имеется комплекс ГОСТов. Система СРП основана на нормализации их элементов, главным образом корпусов. При смене изделий СРП разбирают и норма-

лизованные элементы сдают на склад для повторного использования. Весьма эффективны СРП с клеевым соединением элементов. Трудоемкость изготовления СРП на 50—60 % ниже, чем специальных приспособлений. При этом можно получить экономию металла до 40—50 %.

Годовые затраты на сборку и эксплуатацию компоновки УСП с учетом ее многократной повторяемости определяются по формуле

$$P_{\text{усп}} = B_1 + B_2 + B_3 M,$$

где B_1 — затраты на специальные детали компоновки; B_2 — амортизационные отчисления на компоновку и зарплата конструктора с накладными расходами; B_3 — затраты на однократную сборку компоновки с накладными расходами; M — число данных компоновок, собираемых за год.

Выгодность применения данной компоновки определяется условием

$$P_{\text{усп}} \leq (t_{\text{ш}} l - t_{\text{ш. усп}} l_{\text{усп}}) \left(1 + \frac{z}{100} \right) N,$$

где $t_{\text{ш}}$ — штучное время обработки без УСП; l — минутная ставка рабочего без использования УСП; $t_{\text{ш. усп}}$ — штучное время обработки с применением УСП; $l_{\text{усп}}$ — минутная ставка рабочего с использованием УСП; z — накладные расходы по механическому цеху, %; N — годовая программа выпуска данных деталей.

Система универсально-наладочных приспособлений (УНП) основана на использовании сменных установочных, зажимных и направляющих элементов, закрепляемых на базе универсального нормализованного приспособления. Установочные элементы часто выполняют регулируемого типа в целях наладки приспособления для обработки заготовок различных размеров. В обоих случаях обеспечивается принцип обратимости, т. е. возможность использования для выполнения комплекса различных деталей операций.

УНП применяют в серийном производстве. При запуске новой партии обрабатываемых деталей их не снимают со станка, а лишь переставляют сменные элементы или устанавливают регулируемые упоры. Вследствие этого сокращается подготовительно-заключительное время и улучшается использование станочного оборудования во времени.

Применение УНП сокращает издержки и сроки подготовки производства новых объектов, повышает оснащенность и гибкость технологической подготовки. Сменные детали и узлы УНП хранят на рабочем месте у станка. Их установка на приспособление осуществляется по центрирующим штырям, штифтам или по направляющим пазам без выверки. На перестановку сменных деталей требуется минимальное время (около 5 мин).

К числу нормализованных приспособлений, на базе которых собирают УНП, относятся машинные тиски, скальчатые кондук-

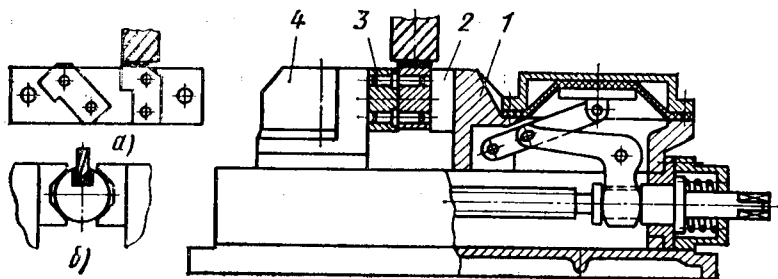


Рис. 122. УНП для фрезерования с пневматическим зажимом

торы, пневматические патроны со сменными кулачками, планшайбы с переставными угольниками для растачивания на токарном станке деталей сложной формы, раздвижные накладные кондукторы для сверления расположенных по окружности отверстий и другие устройства. Количество нормализованных приспособлений непрерывно расширяется, в результате чего создается основа для дальнейшего развития системы УНП.

В последнее время разработана и успешно применяется новая разновидность УНП — система переналаживаемых магнитных приспособлений. Она состоит из универсальной (базовой) части (магнитной плиты или патрона) и сменных одно- или многоместных наладок со специальным установочным профилем. В дополнение к ним используются механические силовые элементы для закрепления деталей из немагнитных материалов. Система пригодна для различных методов обработки, проста в эксплуатации и значительно расширяет возможности магнитных приспособлений.

При обработке мелких деталей на фрезерных и других станках применяют УНП со сменными кассетами. Каждая кассета служит для установки деталей одного типоразмера. Переналадка приспособления сводится к замене кассет. Конструкции УНП, разработанные многими проектно-технологическими организациями, успешно внедряются на заводах серийного производства. Наличие освоенного парка УНП на действующем заводе облегчает переход на новый объект производства. Сроки подготовки производства могут быть при этом сокращены, так как отпадает необходимость конструирования и изготовления многочисленной специальной оснастки.

На рис. 122 показано УНП с пневматическим зажимом. Оно предназначено для выполнения операций фрезерования деталей средних размеров. Настройку приспособления и крепление обрабатываемых деталей производят посредством сменных наладок (планок) 2 и 3, устанавливаемых на подвижной 4 и неподвижной 1 губках. Фиксацию сменных наладок производят установочными штырями. Примеры заготовок, закрепляемых в приспособлении, показаны на рис. 122, а и б. Их устанавливают двумя базовыми

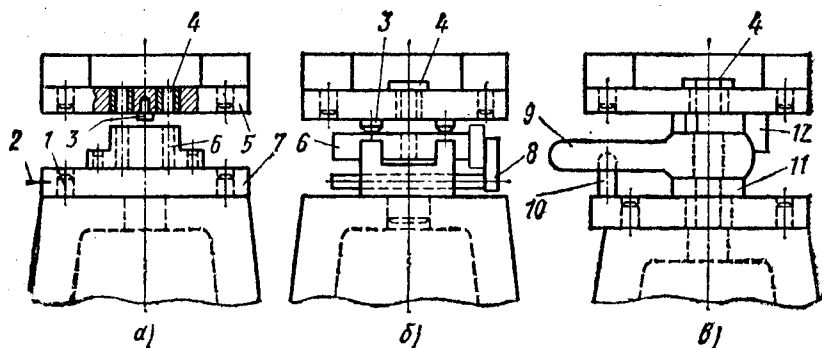


Рис. 123. Сменные наладки к нормализованному скальчатому кондуктору

отверстиями на пальцы, запрессованные в сменных наладках. Предусмотрев в последних призматические канавки (вертикальные или горизонтальные), можно закреплять в них заготовки цилиндрической формы. Возможны и другие схемы установки заготовок.

На рис. 123 показаны сменные наладки к нормализованным скальчатым кондукторам для сверления отверстий в различных деталях. В приспособлении, приведенном на рис. 123, а, нижняя наладка представляет собой плиту 7, фиксируемую на корпусе скальчатого кондуктора по двум штифтам 1 и закрепляемую стопорными винтами 2. На этой плите устанавливают обрабатываемую заготовку 6. Фиксацию и крепление верхней наладки приспособления (плиты 5) с зажимным элементом 3 и кондукторными втулками 4 производят на плите кондуктора с нижней стороны аналогичным образом. В приспособлении, приведенном на рис. 123, б, нижняя наладка заменена призмой для крепления цилиндрических заготовок 6 с осевой ориентацией по упору 8. Верхняя наладка имеет зажимные элементы 3 и кондукторную втулку 4. На рис. 123, в показано приспособление для сверления отверстия в головке рычага 9. Нижняя наладка имеет опорный элемент 11 и упорный палец 10. На верхней наладке закреплены расположенные под углом 120° три скошенных сухаря 12 для центровки головки рычага по внешнему контуру и кондукторная втулка 4. При смене наладок время затрачивается только на открепление и затяжку двух нижних стопорных винтов. УНП на базе скальчатых кондукторов часто применяют для многоинструментных наладок путем использования переналаживаемых многошпиндельных сверлильных головок.

В приспособлениях смешанного типа сочетаются принципы УСП и УНП. Так, в одной компоновке УСП может применяться несколько сменных наладок; это позволяет использовать одно УСП для нескольких операций обработки, сократить время и число собираемых компоновок УСП. В ряде случаев сами УНП могут собираться из элементов. Сочетание принципов УСП и

УНП предопределило появление системы УСПО (универсально-сборной и переналаживаемой оснастки), успешно применяемой на многих заводах.

Годовые затраты на одну компоновку УНП

$$P_{\text{УНП}} = \frac{(A_{\text{а.уп}} + A_{\text{э.уп}}) C_{\text{уп}}}{m} + \left(\frac{1 + A_{\text{п.н}}}{T} + A_{\text{э.н}} \right) C_{\text{н}},$$

где $A_{\text{а.уп}}$ — коэффициент амортизации УП как базы данного УНП; $A_{\text{э.уп}}$ — коэффициент эксплуатации УП; $C_{\text{уп}}$ — себестоимость УП в металле; m — число сменных наладок для данного УП; $A_{\text{п.н}}$ — коэффициент проектирования и отладки сменной наладки; $A_{\text{э.н}}$ — коэффициент эксплуатации сменной наладки; $C_{\text{н}}$ — себестоимость изготовления сменной наладки; T — число лет эксплуатации наладки.

По этой формуле можно определить экономическую эффективность данного УНП по сравнению с аналогичной компоновкой УСП или со специальным приспособлением.

Время переналадки УНП значительно меньше времени сборки и установки на станок аналогичной компоновки УСП. Время простоя станка при переналадке УНП в несколько раз меньше времени простоя при установке отдельно собранного УСП. Таким образом, система УНП способствует лучшему использованию оборудования в серийном производстве.

§ 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ

Для переменного-поточной обработки кроме УНП применяют приспособления комбинированного типа для последовательной обработки закрепленных за данным станком деталей без переналадки. На рис. 124 показана схема приспособления, в которое можно устанавливать детали разного размера без смены установочных или зажимных элементов. Приспособления этого типа обычно разрабатывают для деталей одного класса.

Широкое применение получили комбинированные приспособления для одновременной установки нескольких заготовок, закрепленных за станком, на котором производят групповую обработку. Имеется положительный опыт эксплуатации этих приспособлений на заводах. Приспособления предназначены для обработки деталей различных типоразмеров на операциях сверления, фрезерования и др.

Наиболее простая схема обработки показана на рис. 125, а.

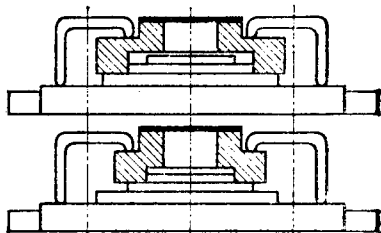


Рис. 124. Приспособление для переменного-поточной обработки

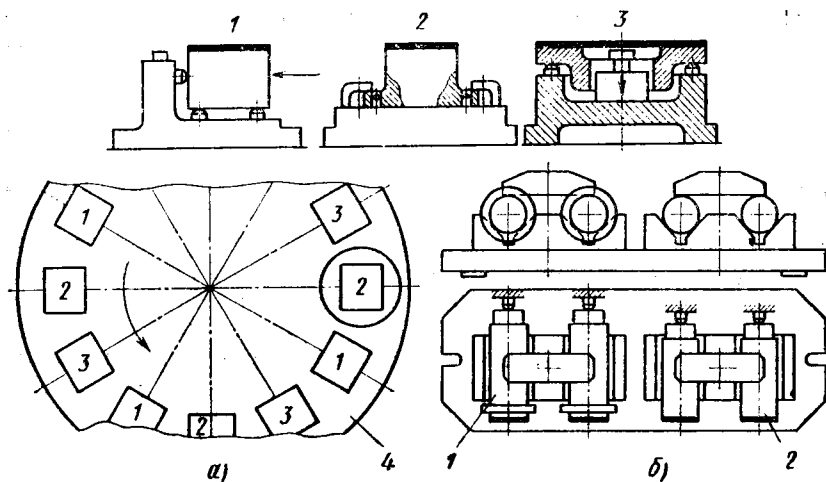


Рис. 125. Приспособление для групповой обработки

На круглый стол 4 вертикально-фрезерного станка установлены обычные приспособления 1, 2 и 3, в которых одновременно обрабатываются детали различных типоразмеров. Рабочий, обслуживающий станок, загружает эти приспособления в указанной последовательности и снимает обработанные заготовки на участке загрузки. Перевод станка на переменнo-поточную обработку может производиться без съема приспособлений; в этом случае в каждом приспособлении последовательно обрабатываются партии прикрепленных заготовок. Остальные приспособления в это время не используются. На рис. 125, б показано комбинированное многоместное приспособление для фрезерования торцов заготовок 1 и 2.

Для групповой обработки применяют также комбинированные приспособления со сменными деталями. В этом случае закрепленные за этим приспособлением заготовки разного типоразмера пропускают через одну или партиями. На рис. 126 дана схема кондуктора, на котором можно сверлить отверстия в кольцах разного диаметра. При сверлении больших колец ставится разрезная шайба 1 (рис. 126, а), при сверлении малых — шайба 2 (рис. 126, б).

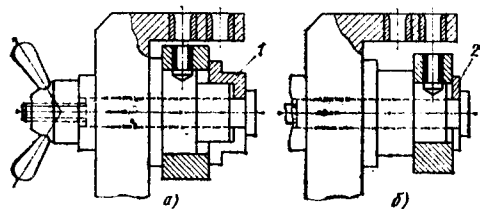


Рис. 126. Кондуктор для сверления отверстий в деталях двух типоразмеров

Применением комбинированных приспособлений для переменнo-поточной и групповой обработки обеспечивается лучшее использование оборудования во времени и снижение себестоимости обработки. Конструированию этих приспособлений предшествует большая работа по выбору схемы и общей компоновки приспособления. Ее выполняют после тщательного подбора деталей по общности конструктивных и технологических признаков и разработки технологических процессов изготовления отобранных групп деталей. От подготовительной работы во многом зависит эффективность использования групповой оснастки.

Обработку на настроенных станках ведут, точно устанавливая и фиксируя режущий инструмент. Положение заготовки в данной, предварительно настроенной технологической системе определяется приспособлением, а положение режущего инструмента — соответствующей частью станка (суппортом, шпинделем, револьверной головкой). Для ускорения установки и фиксации инструмента на станке применяют соответствующие приспособления. К простейшим устройствам этого типа относятся переходные втулки для инструмента на сверлильных станках, оправки для цилиндрических и дисковых фрез, расточные скалки, державки инструмента для револьверных станков. Многие из них нормализованы и стандартизованы.

Часто применяют специальные приспособления. Так, при выполнении последовательных переходов на сверлильном станке целесообразно применять специальные патроны для смены инструментов без остановки шпинделя. Значительного повышения производительности достигают применением многошпиндельных сверлильных, резьбонарезных и фрезерных головок, устанавливаемых на универсальные одношпиндельные сверлильные и фрезерные станки, а также применением многолезцовых державок в универсальных токарных станках. Особую, многочисленную группу составляют приспособления, расширяющие технологические возможности металлорежущих станков. К ним относятся приспособления для протачивания кольцевых канавок и нарезания резьбы на вертикально-сверлильных станках, долбления шпоночных пазов на поперечно-строгальных станках, точения сферических поверхностей, а также «летучие» суппорты расточных станков для протачивания торцов, поворотные головки к фрезерным станкам и другие устройства.

Эти приспособления являются дополнительными устройствами к универсальным металлообрабатывающим станкам, позволяющими выполнять работы, обычно производимые на станках других типов. Эти приспособления улучшают использование станков, способствуя замене дорогостоящего специального оборудования более дешевым — универсальным. В тяжелом машиностроении такие приспособления дают возможность на одном станке выполнить большой объем работы в результате более полной последовательной или параллельно-последовательной концентрации технологических переходов. Вследствие этого уменьшается количе-

ство перестановок крупных деталей и сокращается цикл их изготовления.

В связи с перспективой широкого развития многоинструментных станков, переменного-поточных и автоматических (особенно переналаживаемых) линий большую значимость приобретают устройства для быстрой и точной установки режущего инструмента, блочная сменная наладка (многолезцовые суппорты, револьверные головки). Инструменты в таких наладках устанавливаются и точно выверяются вне станка. Затем наладку с помощью центрирующих поясков, конусов или других элементов ставят на станок в точно ориентированное положение. При этом экономится много времени на смену инструментов и переналадку станка. Актуальна задача автоматической смены инструмента на станках-автоматах обычного типа, на автоматических линиях, а также на станках с ЧПУ.

Ниже приведены примеры конструктивных и кинематических схем специальных приспособлений к станкам различного типа.

§ 1. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ВЕРТИКАЛЬНО-СВЕРЛИЛЬНЫМ СТАНКАМ

Быстросменный патрон для смены инструментов (сверл, зенкеров, разверток, цепок) без остановки шпинделя показан на рис. 127, а. Вращение от шпинделя станка передается через конус 1 и шарик 2 на сменный инструмент с туго посаженной цилиндрической втулкой 3, имеющей лунку под шарик. Для смены инструмента рабочий поднимает левой рукой втулку 4. Под действием центробежной силы шарик западает 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 безопасен при частоте вращения шпинделя до 250—300 об/мин.

В другой конструкции быстросменного патрона (рис. 127, б) для смены инструмента б необходимо слегка притормозить втулку 7, взявшись за нее левой рукой. При этом зазор между упорами а корпуса патрона и внутренним скосом б втулки увеличивается, и инструмент выпадает, так как его выступ с не задерживается этим скосом. При установке нового инструмента имеющимся на нем выступом нажимают на скос d, втулка отходит, преодолевая действие пружин 8, и защелкивается, фиксируя положение инструмента.

Вертикально-сверлильные и радиально-сверлильные станки оснащают также многошпиндельными револьверными головками (рис. 128). Корпус головки раструбом 3 надевают на шпиндельную гильзу 2 станка и закрепляют стяжным винтом 1. В корпусе головки смонтирован поворотный диск 7 с наклонно расположенной осью. В гнездах этого диска устанавливают шпиндели 6 головки; некоторые из них могут иметь ускоряющую или замед-

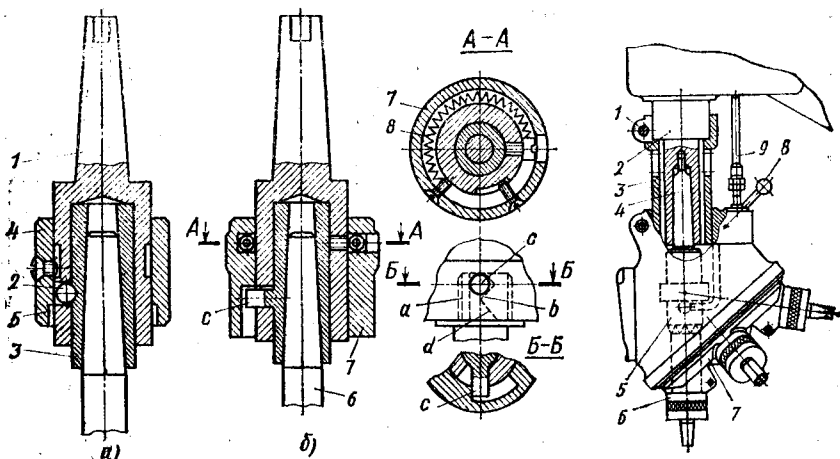


Рис. 127. Быстросменные патроны для сверлильного станка

Рис. 128. Многошпиндельная револьверная головка к сверлильному станку

ляющую зубчатую передачу. Поворотный диск фиксируется в определенных положениях с помощью вытяжного фиксатора. Центральный вал 4 головки связан со шпинделем станка коническим хвостовиком. Вращение от этого вала на отдельные шпиндели головки передается муфтой 5 с торцовыми выступами.

Для смены инструмента необходимо повернуть диск 7, предварительно вытянув фиксатор. Вместе с тем происходит подъем муфты 5 и расцепление вала 4 с нижним шпинделем. Поворот диска производится без остановки шпинделя станка. Извлечение фиксатора, расцепление муфты и поворот диска происходят автоматически при подъеме шпинделя станка. При этом переключающий валик 9, упираясь в торец шпиндельной бабки, перемещается вниз и приводит в действие соответствующий механизм, состоящий из рычажной системы и зубчатой передачи с храповым устройством для вращения диска только в одну сторону (на рис. 128 не показано). При опускании шпинделя происходит фиксация диска и включение муфты центрального вала с вновь установленным шпинделем. Поворот диска возможен также рукояткой 8. С помощью головок этого типа можно сверлить, развертывать и зенкеровать отверстия, цековать бобышки, а также нарезать внутреннюю резьбу.

На рис. 129, а показана схема реверсивной головки для нарезания резьбы на сверлильном станке. Корпус головки 2 имеет разрез и закреплен на шпиндельной трубе станка винтовой стяжкой 1. Вращение при нарезании резьбы от валика 3 (связанного со шпинделем станка) передается через муфту 5 на валик 6. При подъеме головки в начале обратного хода муфта переключается

в нижнее положение, передача вращения на валик 6 при этом происходит в обратном направлении, через конические зубчатые колеса 4, 8 и 7.

Схема более совершенной конструкции реверсивного патрона показана на рис. 129, б. Вращение от шпинделя сверлильного станка через конус 21, диск 11 и фрикционные прокладки 13, подтягиваемые гайкой 12, передается на корпус патрона 10. При нарезании резьбы момент на валик 15 метчика передается зубьями 9 и 19. Нижняя часть патрона 14 предохраняется от вращения шпилькой 17, скользящей по вертикальному пазу станины или корпуса приспособления. Нижний упор 16 устанавливают по высоте в зависимости от глубины нарезаемой резьбы. Когда шпилька 17 коснется неподвижной плоскости упора 16, патрон останавливается. Метчик, продолжая ввинчиваться, сместит валик 15 вниз, обеспечивая сцепления зубьев 19 и 20. Передача на инструмент происходит через передаточные зубчатые колеса 18 в обратную сторону с большей скоростью. Поломка метчика предупреждается пробуксовкой диска 11 между фрикционными прокладками 13.

На рис. 130, а показана схема приспособления для растачивания на вертикально-сверлильном станке конических отверстий. Втулку 10 верхней частью вставляют в патрон станка и направляют кондукторными втулками 2 и 5, запрессованными в корпус приспособления, где закреплена заготовка 4. Во втулке 10 помещен валик 7 с пружиной 1. При опускании шпинделя станка валик доходит до упора 6. Дальнейшее опускание шпинделя станка со втулкой 10 вызывает радиальное перемещение пластины 8 с расточным резцом 9, так как штифт 3, запрессованный в валике 7, скользит по наклонному пазу пластины. Таким образом, вершина резца будет описывать коническую поверхность. При подъеме шпинделя пружина 1 возвращает валик 7 и пластину в исходное положение.

Для растачивания внутренних выемок в отверстиях применяют специальные скалки 12 (рис. 130, б) с продольным пазом, в ко-

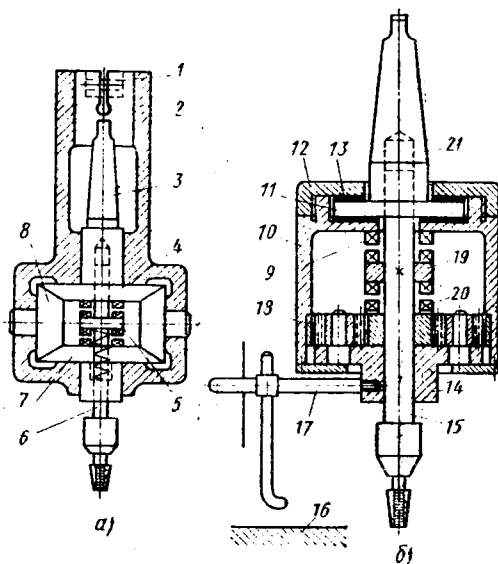


Рис. 129. Патроны для нарезания резьбы метчиками

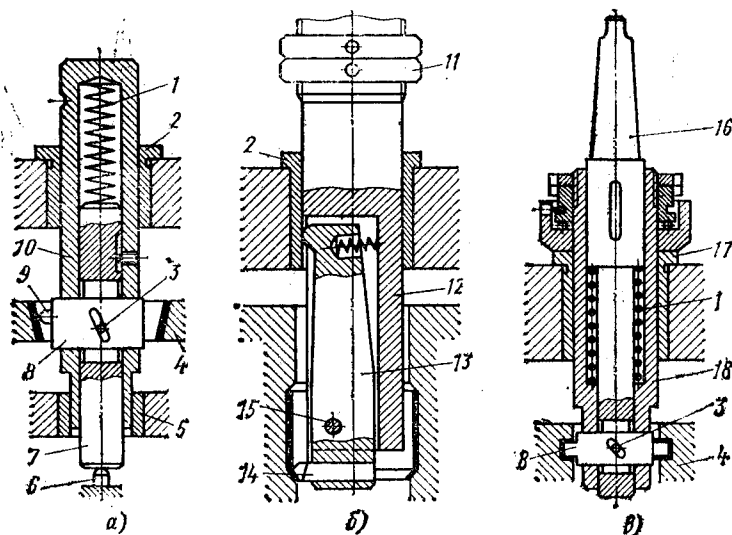


Рис. 130. Приспособления для растачивания канавок в отверстиях

тором на оси 15 закреплена качающаяся подпружиненная державка 13 с резцом 14. При подаче скалки вниз выступ державки отклоняется вправо кондукторной втулкой 2. Резец врежется в стенку отверстия и при дальнейшем опускании скалки протачивает выемку, длину которой ограничивают предварительной установкой упора 11.

На рис. 130, в показано приспособление для растачивания кольцевых канавок на сверлильном станке. Центральный валик 16, связанный со шпинделем станка, имеет в нижней части прямоугольное окно, куда вставлена расточная пластина 8. Запрессованный в валике штифт 3 проходит через сквозную наклонную прорезь расточной пластины. При подаче валика вниз штифт выдвигает пластину в радиальном направлении и ее режущая кромка растачивает в отверстии заготовки 4 кольцевую канавку. Гильза 18, через окна которой проходит расточная пластина, направляется кондукторной втулкой 17. Бурт втулки ограничивает осевое перемещение гильзы, чтобы растачивание канавки происходило на заданной высоте. Пружина 1 возвращает расточную пластину в исходное положение.

Значительный эффект по снижению времени обработки получают, применяя многшпиндельные сверлильные головки, устанавливаемые на обычных вертикально-сверлильных станках.

Схема простейшей головки с постоянным расположением шпинделей показана на рис. 131, а. Вращение от шпинделя станка через конус 1 и центральное зубчатое колесо 2 передается на зубчатые колеса 3 шпинделей 4 головки. Ее корпус для удобства

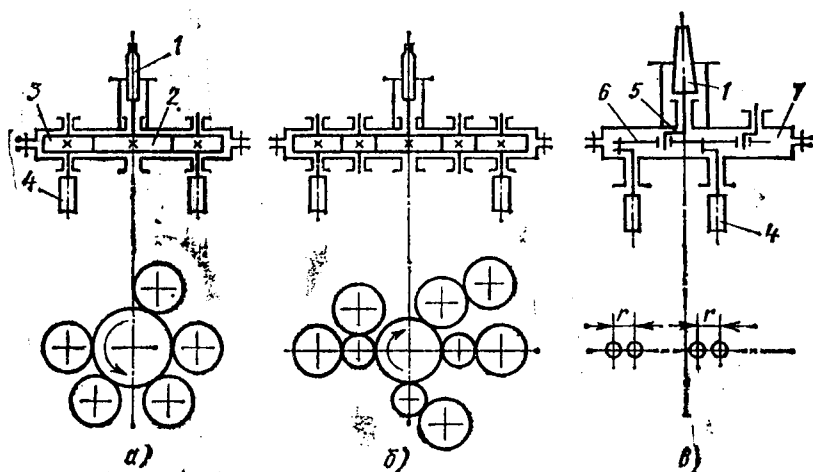


Рис. 131. Многошпиндельные сверлильные головки с постоянным расположением шпинделей

сборки выполняют из двух половин. Верхняя половина имеет раструб, которым она крепится на шпиндельной трубе станка. Для правого вращения шпинделей шпиндель станка должен вращаться в левую сторону. В цепь подачи включают передаточное зубчатое колесо, чтобы при левом вращении шпинделя головка имела подачу вниз.

На рис. 131, б показана схема головки, где эти недостатки устранены введением промежуточных зубчатых колес. Схема бесшестеренной головки показана на рис. 131, в. Вращение от шпинделя станка через конус 1 передается на кривошип 5, который входит в поводковую плиту 6, поддерживаемую вторым кривошипом 7. Рабочие шпиндели 4 имеют кривошпы такого же радиуса; они приводятся во вращение от поводковой плиты 6, которая может вращать любое количество шпинделей, расположенных произвольно в пределах ее габаритов. При движении плиты все ее точки описывают окружности одного радиуса, равного радиусу r кривошипа. При такой конструкции привода угловые скорости всех шпинделей одинаковы.

В серийном производстве целесообразно применять головки с переставляющимися шпинделями. Их можно использовать для обработки деталей с различным числом и расположением отверстий.

На рис. 132, а показана схема головки с шарнирно-телескопическим шпинделем. 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. Шпин-

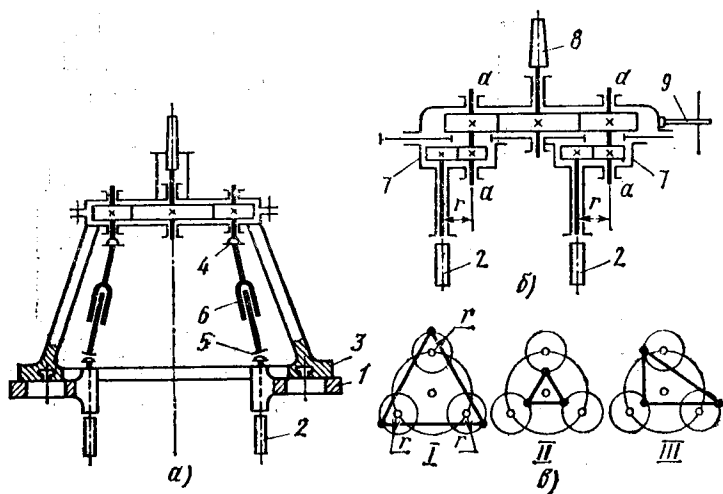


Рис. 132. Многошпиндельные головки с переставными шпинделями

дели головки вращаются с одинаковыми скоростями. В конструкции головки, представленной на рис. 132, б, перестановка шпинделей 2 осуществляется по дуге радиусом r . Это достигается поворотом нижних частей 7 корпуса относительно осей $a-a$. Хвостовик 8 головки вставляют в конус шпинделя, а ее корпус предохраняется от проворачивания стержнем 9. Головки этого типа удобны для обработки отверстий во фланцах разного диаметра. Возможность перестановки шпинделей у этих головок несколько ограничена. На рис. 132, в даны варианты расположения шпинделей. Оси шпинделей должны лежать на окружностях радиуса r .

На рис. 133 показаны конструктивные детали многошпиндельных головок: головки с подшипниками скольжения и шариковыми подпятниками (рис. 133, а) и шпинделя с подшипниками качения (рис. 133, б). На рис. 133, в показаны способы привода центрального вала головки торцевой шпонкой и фланцевые крепления корпуса головки к шпиндельной трубе. Крепление инструмента в шпинделях этих головок осуществляется непосредственно по конической поверхности (рис. 133, б), если инструмент имеет конический хвостовик. При использовании переходной втулки (рис. 133, г) можно регулировать положение инструмента по длине. Для инструментов с цилиндрическими хвостовиками применяют цанговое крепление (рис. 133, д). Затяжкой цанги обеспечивается надежная передача крутящего момента и точное центрирование инструмента. Этот способ отличается компактностью и легкостью регулировки инструмента по длине.

Исходными данными для расчета и конструирования специальной многошпиндельной головки с постоянным расположением шпинделей являются: число, диаметр, глубина и расположение

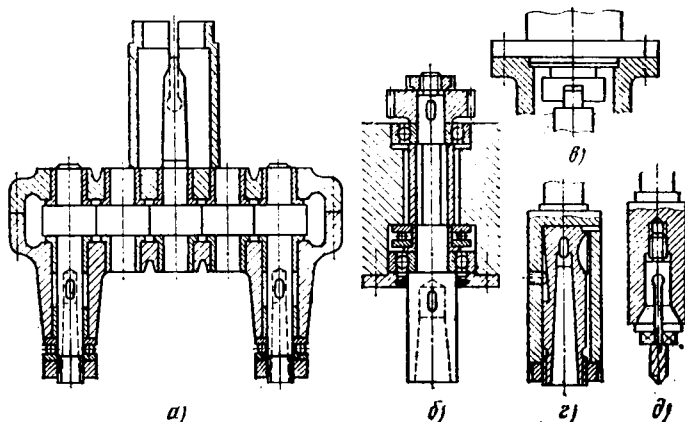


Рис. 133. Детали многошпиндельных головок

просверливаемых отверстий, материал заготовки, основные размеры и паспортные данные станка, на котором устанавливают головку (частота вращения и крутящие моменты на шпинделе, допустимые силы подачи, размер шпинделя, его ход, вылет и минимальное расстояние от стола станка).

Устанавливая режимы резания, целесообразно стойкость всех сверл принимать одинаковой для одновременной их смены. Стойкость сверл в приближенных расчетах принимают равной 100 мин при смене их не более 2 раз за смену. При точном расчете стойкость сверл следует назначать в зависимости от числа шпинделей в головке. Если в головке работают сверла одного диаметра, то их стойкость можно определить по формуле

$$T = \frac{1-m}{m} T_0 c,$$

где m — показатель относительной стойкости; при сверлении стали сверлами из быстрорежущей стали разных марок $m = 0,2$, при сверлении чугуна $m = 0,125$; T_0 — время работы станка, эквивалентное всем расходам, связанным со сменой и переточкой инструмента; c — число сверл в головке.

При большем числе сверл стойкость T растет, а производительность падает (рис. 134, а, кривая 1). В этом случае выгоднее применять сменную головку и сверла менять вне станка (прямая 2).

При разных диаметрах d сверл их стойкость

$$T = \frac{1-m}{m} \sum_{i=1}^c T_{0i}; \quad T_0 = T_n + \frac{t_w l_w \left(1 + \frac{z_w}{100}\right) + \frac{s_w}{k}}{l \left(1 + \frac{z_0}{100}\right)}, \quad (55)$$

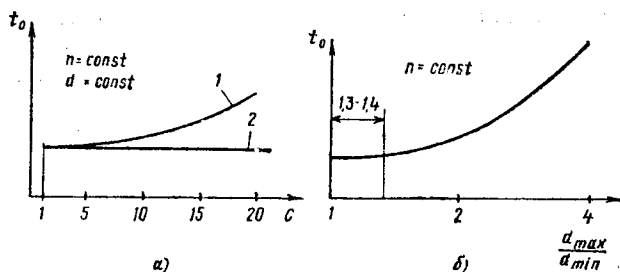


Рис. 134. Графики к выбору типа головки

где T_n — время на смену одного инструмента, мин; t_w — норма времени на заточку инструмента, мин; t_w — заработная плата заточника за 1 мин; z_w — накладные расходы по заточному цеху, %; s_w — начальная стоимость инструмента; k — число переточек, допускаемых инструментом; e — заработная плата рабочего за 1 мин; z_0 — цеховые расходы по отношению к производственной зарплате, %.

При работе головки на режиме наибольшей производительности второе слагаемое в формуле (55) принимается равным нулю. Значения T_0 можно брать также по нормативам.

Все сверла многошпиндельных головок работают с одинаковой минутной подачей

$$s_m = ns_{об} = \frac{1000vs_{об}}{\pi d}. \quad (56)$$

Подачу на один оборот $s_{об}$ и скорость резания v для отдельных сверл можно определить по выражениям

$$s_{об} = C_s d^{0,6} \quad \text{и} \quad v = \frac{C_v d^x}{T^m s_y^{0,6}}. \quad (57)$$

Подставив выражения (57), в формулу (56), получим

$$s_m = \frac{1000C_v C_s}{\pi T^m C_s^y} \frac{1}{d^{0,4+0,6y-x}}. \quad (58)$$

Из этого выражения видно, что минутная подача как лимитирующая величина должна устанавливаться по сверлам большого диаметра, так как показатель степени при d положителен.

Определив s_m и рассчитав для отдельных сверл $s_{об}$ по формуле (57), можно найти для них частоту вращения (мин) $n = s_m/s_{об}$. Зная материал заготовки и значения $s_{об}$, определяют для каждого шпинделя по формулам теории резания крутящие моменты $M_{кр}$ и осевые силы P_o . По величинам n и заданному расположению шпинделей устанавливают кинематическую схему головки и определяют передаточные отношения от центральной ведущей шестерни к шпиндельным шестерням. С учетом передаточных отношений определяют суммарный крутящий момент на валу

головки, частоту вращения этого вала, а также суммарную осевую силу. По этим величинам подбирают частоту вращения шпинделя станка, при которой обеспечивается передача найденного суммарного крутящего момента.

После корректирования величины суммарного крутящего момента и частоты вращения центрального вала головки по паспортным данным станка рассчитывают модуль и числа зубьев шестерен, а также размеры радиальных и упорных подшипников. При подборе числа зубьев принятые передаточные отношения могут изменяться, и приходится дополнительно уточнять расположение осей центрального и промежуточных зубчатых колес.

Конструктор должен также определить размеры валов и осей зубчатой передачи головки. При подборе подшипников качения их долговечность принимается 2000—3000 ч основного (машинного) времени. В этом случае замену подшипников при двухсменной работе головки производят через 1,5—2 года.

Шпиндели головок изготавливают из сталей 45 и 40Х; зубчатые колеса из сталей 20Х, 12ХН3А с последующей цементацией и закалкой или из стали 40Х (закалка). Для корпусных головок применяют серый чугун СЧ 12 или СЧ 15, а также алюминиевые сплавы типа АЛ9.

При конструировании головок с переставляющимися, а также с кривошипными шпинделями методика расчета видоизменяется. Частота вращения у всех шпинделей этих головок принимается одинаковой. Ввиду общей для всех шпинделей минутной подачи s_m , подача на один оборот $s_{об}$ у них также одинакова. Значение $s_{об}$ следует определять по сверлу наименьшего диаметра, как наименее прочному из данного комплекта инструментов:

$$s_{об} = C_s d_{min}^{0,6}.$$

Для сверла наибольшего диаметра

$$n = \frac{1000v}{\pi d_{max}} = \frac{1000C_v d_{min}^x}{\pi d_{max} T^m s_{об}^y},$$

отсюда

$$s_m = \frac{1000C_v}{\pi T^m C_s^{y-1}} \frac{1}{d_{max}^{1-x} d_{min}^{0,6(y-1)}}. \quad (59)$$

Для значения s_m по выражениям (58) и (59) можно установить, что головка с разными частотами вращения шпинделей производительнее головки с постоянными частотами вращения в $d_{max}^{0,6(1-y)} d_{min}^{0,6(y-1)}$ раз. Приняв, например, $d_{max} = 20$ мм, $d_{min} = 10$ мм и $y = 0,5$, получим $20^{0,3} \cdot 10^{-0,3} = 1,23$. При $d_{max} = d_{min} = 1$ это соотношение равно единице.

На рис. 134, б показана зависимость времени сверления от отношения d_{max}/d_{min} . При значении этого отношения больше 1,4 может оказаться выгодным разбить операцию на две с меньшим значением отношения. Тогда $t_{01} + t_{02} < t_0$.

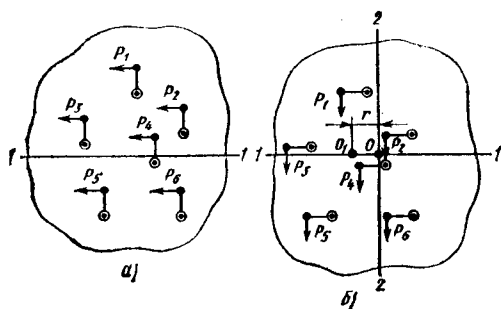


Рис. 135. Определение положения оси ведущего кривошипа головки

При конструировании кривошипных головок необходимо определять диаметр шпинделей, радиус кривошипов, диаметр и длину кривошипной шейки шпинделей и ведущего вала, а также местоположение оси этого вала по отношению к шпинделям головки. Диаметр шпинделей определяют по моменту $M_{рез}$, который они передают. Момент резания рассчитывают по выбран-

ной ранее величине подачи и диаметру сверла. Диаметр ведущего вала головки определяют по суммарному моменту от всех шпинделей.

При определении радиуса r кривошипов следует учитывать, что с его увеличением уменьшаются действующая на кривошипную шейку сила P , диаметр d и длина l этой шейки:

$$P = M_{рез}/r \text{ и } P = dlq,$$

где q — допустимое давление на поверхностях скольжения.

Увеличение r невозможно при малом расстоянии между шпинделями головки. При больших же r возрастает неуравновешенность ее движущихся частей. Для малых r зазор в сопряжении кривошипной шейки с поводковой плитой необходимо уменьшать.

Положение оси ведущего вала головки можно определить графоаналитическим методом. Вычерчивают расположение шпинделей головки в плане (рис. 135, а) с кривошипами, повернутыми в одну сторону. Перпендикулярно к ним откладывают силы

$$P_1 = M_{рез 1}/r; \quad P_2 = M_{рез 2}/r; \quad \dots; \quad P_n = M_{рез n}/r.$$

Далее находят направление равнодействующей этих сил (линия 1—1). Вычерчивают расположение шпинделей с кривошипами, повернутыми на 90° (рис. 135, б) и действующими на них теми же силами. Как и в предыдущем случае, проводят равнодействующую этих сил (линия 2—2). Пересечение линий 1—1 и 2—2 в точке O определяет положение оси кривошипной шейки ведущего вала головки. На расстоянии r от этой точки на линии 1—1 расположена ось ведущего вала головки (точка O_1). Использование изложенного метода обеспечивает плавную и надежную работу всех шпинделей.

Правильно сконструированные кривошипные головки удовлетворительно работают при условии одновременного врезания и одновременного выхода всех ее инструментов. В противном случае возможно заедание и заклинивание отдельных кривошипов

и возникновение больших распирающих сил. Например, кривошипный механизм перестает работать, если из всего комплекта инструментов в конце операции продолжает работать одно сверло.

Диаметр и длину шейки кривошипа ведущего вала рассчитывают по радиальной силе

$$P = \frac{\sum M_{\text{рез}}}{r}.$$

На эту шейку обычно монтируют подшипник качения, в то время как кривошипные шейки рабочих шпинделей из-за стесненности пространства вращаются в подшипниках скольжения.

§ 2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К ФРЕЗЕРНЫМ СТАНКАМ

На рис. 136, *а* показана схема поворотной головки к горизонтально-фрезерному станку. Корпус *I* головки закреплен в вертикальных направляющих станины с помощью 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*.

На рис. 136, *б* дана схема универсальной поворотной головки к горизонтальному станку. Она состоит из неподвижного корпуса *I*, промежуточной поворотной вокруг оси *а—а* части *II* и поворотной вокруг оси *б—б* части *III*, несущей рабочий шпиндель головки. Механизм головки состоит из хвостовика *1*, соединяемого со шпинделем станка, промежуточного валика *7* и шпинделя *4*, несущих две пары конических зубчатых колес *2, 3* и *5, 6*. Возможность поворота вокруг двух осей позволяет устанавливать шпиндель головки под любым углом к горизонтальной и вертикальной плоскостям.

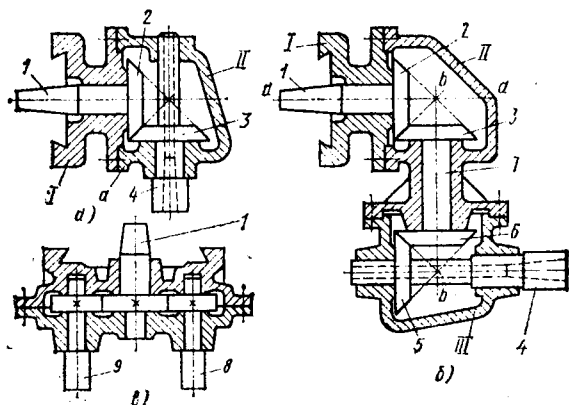


Рис. 136. Поворотные и многошпиндельные головки к фрезерным станкам

Шпиндели головок рассмотренных типов имеют конические отверстия для крепления инструментов. Они применяются в условиях единичного и мелкосерийного производства, расширяя технологические возможности горизонтально-фрезерных станков.

На рис. 136, в показана схема двухшпиндельной головки к горизонтально-фрезерному станку. Ее корпус крепится на станке так же, как и в рассмотренных выше конструкциях. Момент от шпинделей станка через ведущий хвостовик 1 передается на шпиндели 8 и 9 цилиндрическими зубчатыми колесами. Головки подобной конструкции могут быть выполнены в многошпиндельном исполнении для горизонтальных и вертикальных фрезерных станков. В сочетании с многоместными приспособлениями эти головки в несколько раз повышают производительность фрезерных станков. Один станок, оснащенный многошпиндельной головкой, заменяет несколько обычных универсальных станков. Затраты на изготовление специальных фрезерных головок обычно окупаются за короткое время.

§ 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К СТАНКАМ ТОКАРНОЙ ГРУППЫ

Для сокращения времени обработки на токарных станках применяют специальные поворотные резцедержатели, несущие несколько инструментов. С помощью этих резцедержателей можно вести одновременную обработку нескольких поверхностей (рис. 137), используя продольную или поперечную подачу суппорта. Предварительно настроив станок для работы по упорам, обеспечивают автоматическое получение размеров. В условиях серийного производства целесообразно иметь несколько сменных резцедержателей в зависимости от числа деталей, обрабатываемых на станке. Устройство для крепления режущего инструмента на токарно-револьверном станке (резцедержатели, расточные скалки, плашкодержатели, державки для крепления самоустанавливающихся разверток, суппорты для протачивания кольцевых канавок в отверстиях) в значительной степени нормализованы. Конструкции и основные размеры этих приспособлений приведены в ведомственных нормалях.

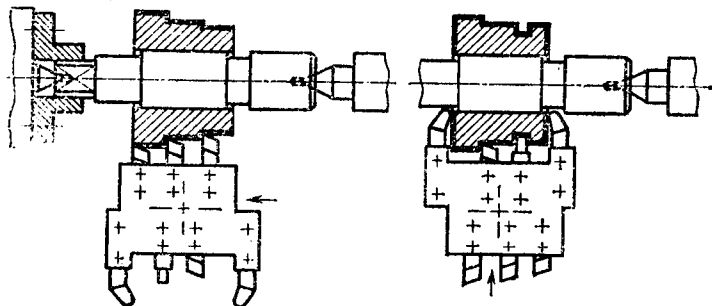


Рис. 137. Специальные поворотные резцедержатели для токарных станков

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Сборочные приспособления используют при узловой и общей сборке изделий. Они являются простыми, доступными и эффективными средствами механизации ручной сборки, а также необходимыми дополнительными устройствами обычного и автоматизированного сборочного оборудования. Сборочные приспособления обеспечивают высокую производительность и удобство сборки, точную, быструю установку и закрепление сопрягаемых элементов изделия¹. По степени специализации их подразделяют на универсальные и специальные.

Универсальные приспособления применяют в единичном и мелкосерийном производстве. К ним относятся плиты, сборочные балки, призмы и угольники, струбины, домкраты и различные вспомогательные детали и устройства (подкладки, клинья, винтовые прихватки). Плиты и балки служат для установки, выверки и закрепления собираемых машин или их узлов и изготавливаются из чугуна; на их обработанной 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 обрабатывают и на них выполняют сквозные продолговатые окна для крепежных болтов. Струбины используют для временного скрепления деталей и узлов собираемых машин, а также для выполнения 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 производстве для выполнения определенных сборочных операций. По назначению различают два основных типа специальных приспособлений.

К первому типу относятся приспособления для неподвижной установки и закрепления базовых деталей и узлов собираемого изделия. Приспособления этого типа обеспечивают необходимую устойчивость детали в процессе сборки и повышают производи-

¹ Особую, не рассматриваемую здесь группу представляют приспособления для выполнения пригоночных работ.

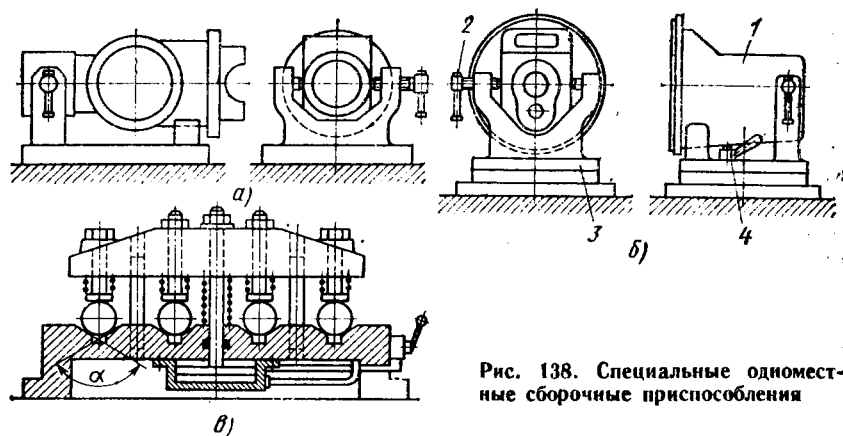


Рис. 138. Специальные одностые сборочные приспособления

тельность труда, так как рабочие освобождаются от необходимости удерживать объект сборки руками. На рис. 138, а показано приспособление первого типа для крепления картера редуктора заднего моста автомобиля. К приспособлениям данного типа обычно не предъявляют требований точной установки закрепляемых деталей; сила закрепления должна быть достаточной для предотвращения смещения детали от действия сил и моментов, возникающих при выполнении сборочных операций.

Для удобства и повышения производительности труда сборщиков приспособления часто выполняют поворотными. На рис. 138, б показано приспособление с вертикальной осью поворота для сборки коробки передач, картер 1 которой закрепляется на опорах зажимом 2. После поворота на требуемый угол верхнюю часть 3 фиксируют и закрепляют зажимом 4.

Приспособления для крепления базовых деталей и узлов могут быть одно- и многостыми. Одностые приспособления служат для закрепления одного собираемого изделия (см. рис. 138, а и б). При использовании многостых приспособлений производительность труда сборщиков повышается в результате сокращения вспомогательного времени на установку изделий.

Работу на многостом приспособлении ведут по принципу последовательной или параллельной концентрации технологических переходов. Последний случай имеет место при одновременной затяжке резьбовых соединений на всех закрепленных в приспособлении деталях с помощью многостиндельного гайковерта. Многостые приспособления должны обеспечивать равномерное и быстрое закрепление всех деталей. Приспособление с пневматическим зажимом, показанное на рис. 138, в, удовлетворяет этому требованию.

Приспособления данного типа могут быть стационарными и передвижными. Стационарные приспособления устанавливают на

верстаках или станочных стендах, передвижные — на тележках или плитах конвейеров. При сборке небольших и легких изделий такие приспособления часто снимают с конвейера на рядом расположенное рабочее место для выполнения заданной операции и опять ставят на конвейер. В этом случае

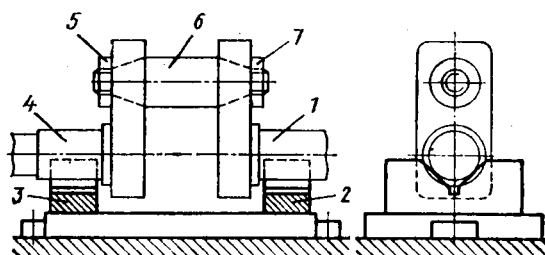


Рис. 139. Приспособление для сборки составного коленчатого вала

конвейер служит только для транспортирования собираемого изделия вместе с приспособлением. При автоматической сборке эти приспособления (приспособления-спутники) должны обеспечивать точную установку базовых деталей. В них должно быть предусмотрено устройство для съема готового изделия в конце сборки. Ко второму типу специальных сборочных приспособлений можно отнести приспособления для точной и быстрой установки соединяемых деталей или частей изделия. При использовании приспособлений этого типа сборщики освобождаются от выверки взаимного положения сопрягаемых элементов, так как оно обеспечивается автоматически доведением до соприкосновения с опорами и направляющими элементами приспособления. Такие приспособления применяют для сварки, пайки, клепки, склеивания, развальцовки, посадки с натягом резьбовых и других сборочных соединений. Они обеспечивают значительное повышение производительности и необходимы при автоматизации сборочного процесса.

На рис. 139 показано приспособление для сборки составного коленчатого вала, обеспечивающее соосность его коренных шеек 1 и 4. Их установка и закрепление в центрирующих призмах 2 и 3 производится перед затяжкой гаек 5 и 7 мотылевой шейки 6.

На рис. 140 представлена схема приспособления для сборки зубчатой передачи прибора. В отверстия закрепленной в приспособлении нижней пластинки 1 вводят поддерживаемые пружинными вилками ползунов 2 валики 3 собираемой передачи. После наложения и закрепления верхней пластинки 4 на распорках 5 ползуны отводят назад в направлениях, указанных стрелками.

Приспособления этого типа могут быть одно- и многостепенными, стационарными и подвижными. Подвижные приспособления применяют при большой программе выпуска мелких и средних изделий в условиях конвейерной сборки. Они характерны, в частности, для сборки методом пайки и склеивания.

Наряду с описанными типами сборочных приспособлений в машиностроении используют приспособления для предварительного деформирования собираемых упругих элементов (пружин, рессор,

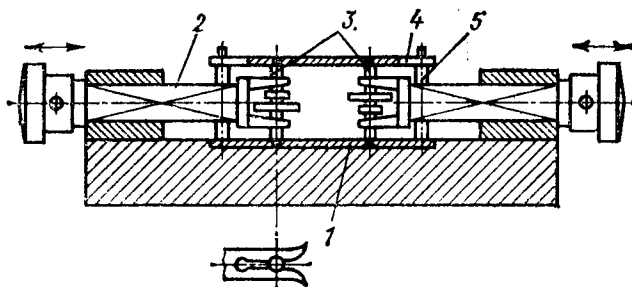


Рис. 140. Приспособление для сборки зубчатого механизма

разрезных колец и т. д.), а также для выполнения соединений с натягом, когда при сборке необходимо приложение больших сил. Приспособления этого типа облегчают труд сборщиков, повышают производительность. Приведение их в действие осуществляется вручную при использовании усилителей (рычажных, винтовых, комбинированных) или от силовых узлов (пнеumo-, гидро- или электроприводов).

На рис. 141 показано приспособление для надевания поршневых колец на поршень. Кольца 4 закладывают замками вниз между подвижными полукольцами 6. Конусную оправку 3 рычагом 1 вводят в кольца и разжимают их до размера, необходимого для свободного введения поршня. Нажимая на педаль, рабочий через шарнирную систему 2 и ползун 7 сжимает полукольца и кольца, удерживая последние в разведенном состоянии после отвода оправки 3 влево. После установки поршня 5 педаль освобождается и кольца садятся в свои канавки.

В качестве примера приспособления, приводимого в действие от пневматического устройства, на рис. 142 показано приспособление для сборки муфты сцепления автомобильного двигателя. При сборке необходимо предварительно сжать пружины 1, на-

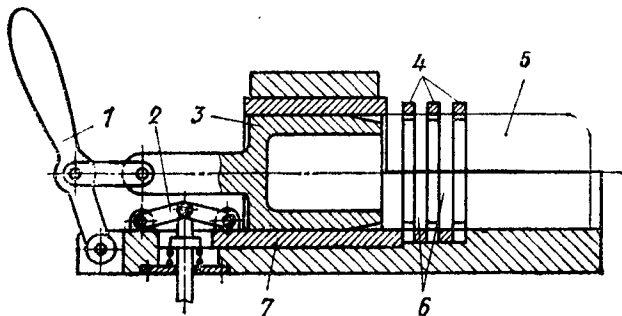


Рис. 141. Приспособление для надевания колец на поршень

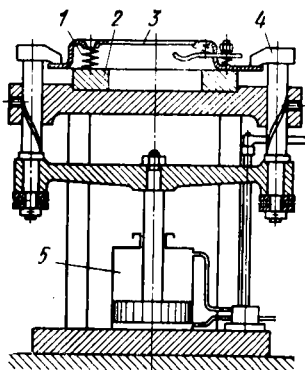


Рис. 142. Приспособление для сборки муфты сцепления

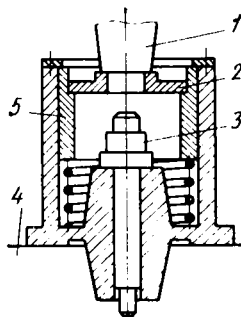


Рис. 143. Приспособление для запрессовки дисков на вал

ходящиеся между нажимным диском 2 и кожухом 3. Это достигается осадкой кожуха четырьмя Г-образными прихватами 4, связанными с пневматической системой 5. Затем заворачивают гайки. После поднятия прихватов собранную муфту вынимают из приспособления. На рис. 143 показано приспособление для устранения перекоса при запрессовке тонкого диска 2 на вал 3. Направление диска осуществляется гильзой 5. Приспособление устанавливают на стол 4 пресса, а запрессовка производится ползуном 1 до упора.

§ 2. ЭЛЕМЕНТЫ СБОРОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Специальные сборочные приспособления состоят из корпуса и смонтированных на его основе установочных элементов и зажимных устройств. Назначение установочных элементов то же, что и в станочных и контрольных приспособлениях, т. е. обеспечивать требуемое положение деталей и частей изделия без выверки. В качестве установочных элементов применяют рассмотренные ранее стандартные или специальные детали в зависимости от вида используемых установочных баз. Так как в качестве последних служат окончательно обработанные поверхности деталей собираемого изделия, то установочные элементы приспособления должны иметь достаточные опорные поверхности (постоянные опоры с плоской головкой по ГОСТ 13440—68, опорные пластины по ГОСТ 4743—68, широкие призмы, пальцы и другие элементы). В приспособлениях для крепления базовых деталей установочные элементы часто облицовывают твердой резиной или пластмассами, чтобы предупредить порчу поверхностей этих деталей.

Зажимными устройствами фиксируют полученное при установке положение собираемых деталей и обеспечивают их устой-

чивость в процессе выполнения сборочной операции. Зажимные устройства предупреждают смещение собираемого изделия под влиянием сил, возникающих при выполнении соединений. Вместе с тем они не должны деформировать детали изделия или портить их поверхности. Это обеспечивается использованием мягких вставок в зажимные элементы.

В сборочных приспособлениях применяют те же зажимные механизмы, что и в станочных приспособлениях. Если рабочая зона приспособления ограничена необходимостью подачи сопрягаемых деталей по сложным траекториям, зажимное устройство должно быть по возможности малогабаритным и расположено так, чтобы не затруднять сборку. Этому требованию удовлетворяют низко расположенные прихваты и Г-образные прижимы. Для сокращения вспомогательного времени привод зажимных устройств осуществляют от силовых узлов — пневмо- или гидроцилиндров. При использовании гидроцилиндров получается более компактная конструкция сборочного приспособления.

Непосредственное закрепление базовых деталей собираемого узла на магнитной (электромагнитной) плите недопустимо из-за возможности его намагничивания. Для небольших сил закрепления весьма удобны и быстродейственны вакуумные зажимные устройства, а для больших сил — пружинные. Последние часто применяют в приспособлениях для пайки и склеивания деталей. Они не препятствуют тепловому расширению деталей при нагреве и их сжатию при охлаждении. В качестве материала пружин используют сплавы на основе Co-Ni-Cr-W-Mo , выдерживающие высокую температуру нагрева (до 400°C) без заметного снижения механических свойств.

Пружинные зажимы применяют на стационарных приспособлениях и на приспособлениях-спутниках. На рис. 144, а показано транспортируемое приспособление с прижимом приклеиваемых фрикционных накладок 1 к тормозным колодкам 3 посредством пружины 4 и охватывающей гибкой металлической или тканевой ленты 2. Надевание и сьем этой ленты производится с помощью стационарного устройства (рис. 144, б). При подаче сжатого воздуха в цилиндр 9 происходит сжатие пружины вилкой 7 на штоке 8. Левая вилка 6 упирается при этом в неподвижные штыри 5.

Для определения сил закрепления необходимо знать условия выполнения сборочных процессов. Так, при склеивании (клеем БФ-2 и др.) необходимо прижатие соединяемых деталей давлением 15—20 МПа. При пайке силу прижатия устанавливают из условия прочной фиксации собираемых деталей. При выполнении резьбовых соединений базовая деталь изделия воспринимает реактивный момент от затяжки этих соединений, поэтому их необходимо прочно удерживать от проворачивания. Если используется многошпindelное винтозавертывающее устройство, реактивный момент воспринимается базовой деталью и корпусом устройства.

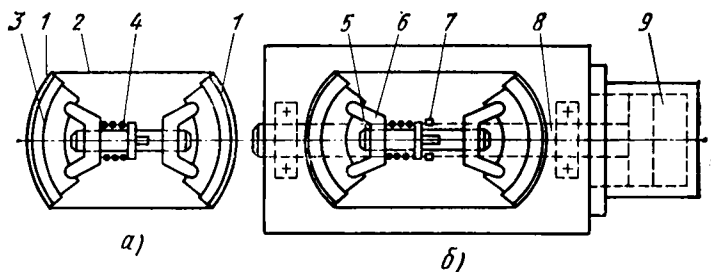


Рис. 144. Приспособление для приклеивания накладок на тормозные колодки

Зная внешнюю силу или момент, схему установки и закрепления собираемого изделия, а также реакции опор, можно найти необходимую силу закрепления. Методика расчета сил закрепления такая же, как и в станочных приспособлениях.

Расчет сил закрепления сводится к задаче статики на равновесие изделия под действием приложенных к нему внешних сил. Найденная сила закрепления должна быть меньше или равна предварительно определенной из условий допустимой деформации базовой детали изделия. В связи с этим выбор мест приложения сил закрепления имеет большее значение. Силы закрепления необходимо передавать через закрепляемые детали на жесткие опоры приспособления, избегая деформаций изгиба и скручивания. Расчет сил следует вести, учитывая наибольшие значения сдвигающих сил и моментов.

При расчете силы закрепления следует учитывать коэффициент запаса k . В отличие от методики его определения для условий механической обработки в данном случае нужно принимать во внимание только три последних первичных коэффициента (см. гл. II), учитывающих условия закрепления изделия, и коэффициент $k_0 = 1,5$. При установке базовой детали на достаточно большие участки ее чисто обработанной поверхности коэффициент трения берут 0,16, а для других случаев — согласно рекомендациям, приведенным в гл. II.

К вспомогательным устройствам сборочных приспособлений относятся поворотные и делительные механизмы, фиксаторы, выталкиватели и другие элементы. Их функциональное назначение и конструктивное оформление такие же, как и у станочных приспособлений. При конструировании поворотных приспособлений с горизонтальной осью вращения центр тяжести изделия по мере присоединения к нему деталей может изменять свое положение. Положение оси следует выбирать так, чтобы момент поворота был наименьшим, а сумма работ на вращение поворотной части приспособления по всем переходам сборки была минимальной.

Исходными данными при конструировании являются чертеж изделия, технические условия на приемку изделия, технологический процесс сборки, из которого следует последовательность и содержание операций, принятое базирование, оборудование и инструменты, режимы работы, а также заданная производительность с учетом времени на установку, закрепление и снятие собранного изделия.

Конструирование приспособления начинают с уточнения схемы установки базовой и сопрягаемых деталей изделия. Затем определяют тип, размер, количество и взаимное расположение установочных элементов. Зная силы, возникающие в процессе сборки, устанавливают место приложения и величину сил для закрепления базовых деталей. Исходя из этого, а также учитывая заданную производительность, конфигурацию и точность изделия, выбирают размер и конструкцию зажимного устройства. Далее выявляют элементы для направления собираемых деталей, устанавливают необходимые вспомогательные устройства, оформляют конструкцию корпуса приспособления. При этом используют имеющиеся нормали и стандарты.

При конструировании сборочных приспособлений необходимо учитывать базирование сопрягаемых деталей. В зависимости от требуемой точности их взаимного положения при сборке и в готовом изделии назначают допуски на размеры установочных и направляющих деталей сборочного приспособления на основе анализа размерной цепи данной технологической системы.

Особое внимание должно уделяться конструированию приспособлений для автоматической сборки, так как для них необходима высокая надежность работы. При сильном закреплении сопрягаемых деталей необходим расчет возможных деформаций и их влияния на точность сборки.

К приспособлениям для сборки, при которой детали изделия подвергаются нагреву (сварка различных видов, пайка, склеивание при использовании клеев горячего отверждения), предъявляются дополнительные требования, приведенные ниже.

Точность сборки зависит от вида сопряжения деталей, точности их изготовления, метода базирования при сборке, а также от точности сборочного приспособления. Наибольшая точность обеспечивается при сборке сопрягаемых деталей по центрирующим поверхностям без зазора. В этом случае приспособление не влияет на точность сопряжения деталей по их концентричности (рис. 145, а). При неподвижных сопряжениях деталей, ориентируемых при сборке по центрирующим элементам с гарантированным зазором, их наибольшее смещение в боковом направлении от среднего положения равно максимальному радиальному зазору. Применяя конические или разжимные направляющие эле-

менты приспособления (рис. 145, б), можно это смещение перед окончательным скреплением деталей свести к минимуму. При подвижном соединении точность взаимного положения деталей не зависит от приспособления, а определяется точностью изготовления самих деталей. Взаимное положение осей механизма зависит от точности расположения отверстий в платах и от зазоров между цапфами и отверстиями (см. рис. 140).

При отсутствии центрирующих элементов сборку изделия ведут, совмещая технологические базы сопрягаемых деталей с измерительными, т. е. с поверхностями, по которым производится измерение заданного размера.

На рис. 145, в показан пример сборки, относящийся к этому случаю. У соединяемых деталей 1 и 2 технологическими базами, которыми они контактируют с установочными элементами а сборочного приспособления, являются вертикальные площадки. После выполнения соединения (стык показан жирной линией) выдерживаемый размер x проверяют по тем же площадкам. В результате совмещения технологических и измерительных баз точность сборки будет наибольшая, так как погрешность базирования при этом равна нулю. Размер x может изменяться лишь вследствие износа установочных элементов приспособления. На рис. 145, г показана схема сборочного приспособления, где технологические базы деталей не совмещены с измерительными. В этом случае выдерживаемый размер x выполняется с погрешностью базирования, равной сумме допусков на размеры l_1 и l_2 сопрягаемых деталей.

На рис. 145, д показано приспособление для запрессовки втулки 4 в корпус 3. При сборке выдерживается размер H . Поверхность а и поверхность б втулки являются технологическими и измерительными базами. Условие совмещения баз при этом выполняется, и погрешность базирования для размера H равна нулю. Если при сборке выдерживается размер H_1 , то условие совмещения баз выполняется только для детали 3. Для детали 4 оно не выполняется (поверхность б — технологическая база,

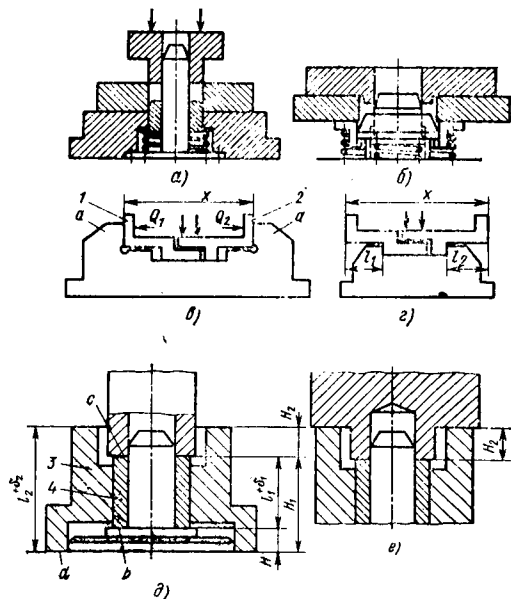


Рис. 145. Конструктивные схемы к расчету точности сборки в приспособлениях

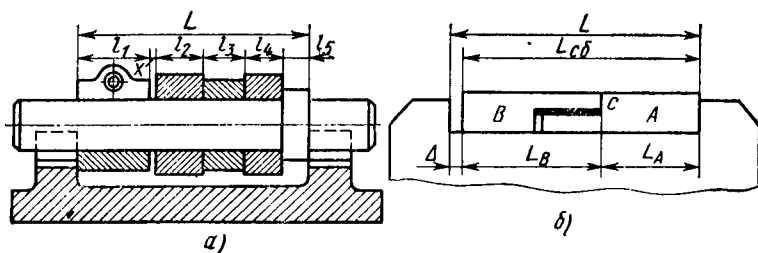


Рис. 146. Схемы для расчета размерных цепей сборочных приспособлений

а поверхность c — измерительная), поэтому по отношению к размеру H_1 возникает погрешность базирования, численно равная допуску на длину втулки δ_1 . При выполнении размера H_2 условие совмещения баз, как это видно из чертежа, не выдерживается для обеих сопрягаемых деталей. Возникает погрешность базирования для размера H_2 , численно равная $\delta_1 + \delta_2$, где δ_2 — допуск на размер l_2 корпуса.

Изменив схему приспособления (рис. 145, е) и применив ступенчатый наконечник прессующего устройства, можно привести погрешность базирования для размера H_2 к нулю при условии, что по нижнему торцу втулки предусмотрен зазор. Из рассмотренных примеров видно, что погрешность базирования в сборочных приспособлениях может достигать больших значений, чем при механической обработке.

Если при сборке закрепляются обе сопрягаемые детали силами Q_1 и Q_2 (см. рис. 145, в), то погрешность закрепления

$$e_3 = \sqrt{e_{31}^2 + e_{32}^2},$$

где e_{31} , e_{32} — погрешности закрепления от сил Q_1 и Q_2 .

В данном случае увеличивается также погрешность закрепления по сравнению с погрешностью при установке заготовки в станочных приспособлениях.

При сборке более сложных узлов с большим количеством деталей точность выдерживаемого размера может быть определена на основе расчета соответствующей размерной цепи. При решении размерной цепи по максимуму и минимуму (метод полной взаимозаменяемости) допуск на выдерживаемый размер x (рис. 146, а).

$$\delta_x = \delta + \sum_{i=1}^n \delta_i,$$

где δ — допуск на размер L приспособления; $\sum_{i=1}^n \delta_i$ — сумма допусков на размеры $l_1, l_2, \dots, l_n$ деталей. Эта формула справедлива для случая, когда сборка осуществляется с использованием

нескольких приспособлений (дублеров) или приспособлений-спутников на автоматической линии. Если сборку производят в одном приспособлении, то величину δ учитывать не следует или при большой программе выпуска изделий под ней нужно понимать допуск на износ установочных элементов приспособления.

Из этого выражения можно найти допуск δ на размер приспособления, зная допуски на размеры сопрягаемых деталей, и допуск δ_x на выдерживаемый размер:

$$\delta = \delta_x + \sum_{i=1}^n \delta_i.$$

При решении размерной цепи по методу неполной взаимозаменяемости допуск на выдерживаемый размер x можно определить по формуле

$$\delta_x = t \sqrt{\lambda_1 \delta_1^2 + \lambda_2 \delta_2^2 + \dots + \lambda_n \delta_n^2 + \lambda \delta^2},$$

где t — коэффициент, определяющий риск (%) получения брака по выдерживаемому размеру при сборке; обычно берут $t = 3$:

Коэффициент t	...	1	2	4
Риск брака, %	...	32	4,5	0,27;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ — коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения размеров соответствующих сопрягаемых деталей узла.

В случае кривой распределения, близкой к нормальной, $\lambda = 1/9$. Для кривой, равной вероятности, и в случае, когда о форме кривой ничего не известно, рекомендуется принимать $\lambda = 1/3$. Если кривая распределения близка к треугольнику, $\lambda = 1/6$. Зная исходные величины и задаваясь значениями t , можно определить допуск δ на размер сборочного приспособления:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left(\frac{\delta_x^2}{t^2} - \lambda_1 \delta_1^2 - \lambda_2 \delta_2^2 - \dots - \lambda_n \delta_n^2 \right)}.$$

Результаты расчета показывают, что при сравнительно небольшом риске получения брака допуск на размер приспособления можно значительно расширить. Вместе с тем расширяют допуски и на размеры сопрягаемых деталей.

При сборке неразъемных соединений методом пайки, сварки и склеивания необходимо учитывать тепловые зазоры между установочными элементами приспособления и базовыми поверхностями собираемого изделия. На рис. 146, б показана схема приспособления для пайки в печи деталей A и B . Место пайки показано жирной чертой. Пайку производят с общим нагревом приспособления и изделия. Для учета различного теплового расширения приспособления и деталей изделия нужно предусматривать зазор при установке этих деталей в приспособление. В противном случае возможно заклинивание изделия или иска-

жение взаимного положения сопрягаемых деталей. Для простейших форм деталей и приспособления величину минимального зазора Δ можно определить, зная температуру нагрева t , размеры сопрягаемых деталей и коэффициенты теплового расширения α этих деталей и приспособления. Применительно к схеме (см. рис. 146, б)

$$\Delta = t[(L_A\alpha_A + L_B\alpha_B) - L\alpha].$$

Здесь величины с индексами относятся к деталям изделия, а величины без индексов — к приспособлению. Если $L_A\alpha_A + L_B\alpha_B < L\alpha$, то первоначальный зазор с повышением температуры будет возрастать. Величину Δ в этом случае следует назначать такой, чтобы можно было легко осуществить закладку в приспособление деталей, выполненных с наибольшими предельными размерами.

При сложных формах деталей вычисление Δ затруднительно. Ее величину в этом случае нужно устанавливать экспериментально.

Величину допуска δ на размер L приспособления можно назначать достаточно большой, если соединяемые детали прижаты друг к другу по стыку C ; точность выполняемого размера $L_{сб}$ при этом от допуска δ не зависит. При отсутствии гарантированного прижатия деталей по стыку C допуск $\delta_{сб}$ на выполняемый размер можно определить по методу полной взаимозаменяемости:

$$\delta_{сб} = \delta_A + \delta_B + \Delta + \delta,$$

отсюда

$$\delta = \delta_{сб} - \delta_A - \delta_B - \Delta.$$

При расчете по методу неполной взаимозаменяемости из выражения допуска на выдерживаемый размер

$$\delta_{сб} = t \sqrt{\lambda_1 \delta_A^2 + \lambda_2 \delta_B^2 + \lambda \delta^2} + \Delta$$

можно найти

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left[\frac{(\delta_{сб} - \Delta)^2}{t^2} - \lambda_1 \delta_A^2 - \lambda_2 \delta_B^2 \right]}.$$

Если собираемое изделие состоит из n деталей, то выражение принимает вид

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left[\frac{(\delta_{сб} - \Delta)^2}{t^2} - \lambda_1 \delta_1^2 - \lambda_2 \delta_2^2 - \dots - \lambda_n \delta_n^2 \right]}$$

при $\lambda = \lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = 1/9$ (распределение по нормальному закону) и $t = 3$

$$\delta = \sqrt{(\delta_{сб} - \Delta)^2 - \delta_1^2 - \delta_2^2 - \dots - \delta_n^2}.$$

Для повышения точности изделий, собираемых методом пайки, сварки и склеивания, целесообразны конструкции с центровкой деталей по поясам, буртикам, пазам и другим элементам.

Сборочное приспособление должно обеспечивать заданную точность при длительной эксплуатации и многократном нагреве (при пайке твердыми припоями температура нагрева 700—1200 °С).

При необходимости удаления неполностью охлажденного изделия из приспособления рекомендуется снижать площадь контакта между деталями и приспособлением, создавая местные выточки и выемки. Удобны разборные конструкции приспособлений с малой шероховатостью поверхности установочных элементов. В разборных конструкциях предпочтительнее клиновые соединения перед резьбовыми. Приспособление должно быть легким для уменьшения времени нагрева. Необходимо избегать длинных и относительно тонких плит, так как при нагреве они деформируются.

Выбор материала для основных деталей приспособления определяет долговечность приспособления и точность сборки. Коэффициент расширения материала деталей изделия должен быть меньше, чем материала приспособления. В этом случае можно допустить меньшие тепловые зазоры между приспособлением и изделием и обеспечить более высокую точность сборки, которая для небольших изделий составляет 0,025—0,05 мм.

Материал основных деталей приспособлений должен выдерживать многократные нагрев и разборку (в разборных конструкциях), а также быть прочным и износостойким. Этим требованиям удовлетворяют специальные сплавы и керамика. При пайке алюминиевых сплавов погружением для деталей приспособления рекомендуется применять жаропрочные никелевые сплавы или коррозионно-стойкую сталь, так как углеродистая сталь загрязняет ванну. В приспособлении не должно быть углублений, препятствующих стеканию припоя.

Если пайку производят с индукционным нагревом деталей, то близко расположенные к индуктору детали приспособления рекомендуется выполнять из немагнитических материалов (микалекса, эпоксипластов, армированных стеклотканью, керамики), обладающих химической стойкостью к флюсу и высокими изоляционными свойствами. Если применяются металлические детали, то их нельзя выполнять в виде кольца или замкнутой петли, так как в этом случае в них индуцируются ТВЧ. Их делают пустотелыми и применяют для охлаждения проточную воду.

Приспособления периодически проверяют на точность. Их конструкция должна быть удобной для быстрой проверки без применения косвенных методов контроля. Приспособления для склеивания подвергают периодической очистке от накапливающихся следов клея. Поскольку большинство клеев не удаляется растворителями, нужно предусматривать быстрый съем (или раз-

борку) приспособления для его нагрева до температуры, при которой клей разрушается (около 300 °С). После этого очистку производят механически (щетками, скребками и др.).

§ 4. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ СОБИРАЕМОГО ИЗДЕЛИЯ

При больших размерах изделий для изменения их положения в процессе сборки применяют поворотные устройства.

На рис. 147, *а* изображена схема приспособления для сборки изделий цилиндрической формы. Корпус приспособления 1 снабжен роликами 2, на которые укладывают деталь 3, легко поворачиваемую на требуемый угол. На рис. 147, *б* показана схема приспособления для перевертывания изделия, проходящего сборку (обработку) на рольганге. Деталь 3 закатывают в клеть 6 приспособления и поворачивают на 180° вокруг цапф 5, вследствие чего она оказывается в перевернутом положении на другой стороне рольганга. Клеть фиксируется вытяжным упором 4.

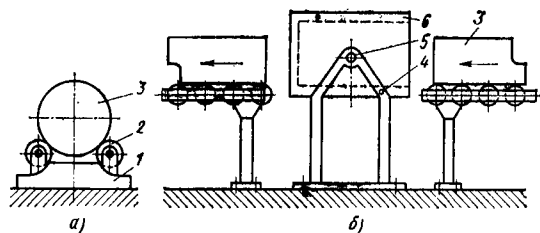


Рис. 147. Приспособления для изменения положения собираемого изделия

Центр тяжести поворотной части с горизонтальной осью вращения и центр тяжести собираемого изделия должны по возможности лежать на этой оси. Это уменьшает момент поворота. Вращение поворотной части производят вручную (сила поворота на рукоятке штурвала не должна быть больше 100 Н) или от силового узла.

§ 1. НАЗНАЧЕНИЕ И ТИПЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Контроль качества изделий весьма важен в современном машиностроении; в особенности велика роль контроля при производстве изделий по принципу полной взаимозаменяемости. Применение универсальных измерительных инструментов и калибров малопроизводительно, не всегда обеспечивает нужную точность и удобство контроля, а в условиях поточно-автоматизированного производства вообще неприемлемо.

Контрольные приспособления повышают производительность труда контролеров, улучшают условия их работы, повышают качество и объективность контроля. Так, при контроле гладкого валика диаметром 40 мм в трех сечениях микрометром обеспечивается производительность 90 деталей в час, при использовании предельной скобы — 300 деталей, контрольного приспособления с одним индикатором — 400, контрольного приспособления с тремя электроконтактными головками и световой сигнализацией — 1000 и контрольно-сортировочного автомата — 1500. Контрольные приспособления уменьшают попадание брака в годные детали и пропуск годных деталей в брак.

Контрольные приспособления применяют для проверки заготовок, деталей и узлов машин. Приспособления для проверки деталей применяют на промежуточных этапах обработки (межоперационный контроль) и для окончательной приемки, выявляя точность размеров, взаимного положения поверхностей и правильность их геометрической формы.

Высокая точность современных машин обуславливает использование в контрольных приспособлениях измерителей высокой чувствительности и важность правильного выбора принципиальной схемы и конструкции приспособления.

Погрешность измерения, под которой понимают отклонение найденного значения величины от ее истинного значения, должна быть по возможности малой.

Однако чрезмерное повышение точности измерения может привести к усложнению и удорожанию приспособления и снижению его производительности.

Погрешности измерения в зависимости от назначения изделия допускают в пределах 8—30 % поля допуска на контролируемый объект ¹. Общая (суммарная) погрешность измерения определяется

рядом ее составляющих: погрешностью, свойственной самой схеме; погрешностью установки контролируемого изделия; погрешностью настройки приспособления по эталону, износам деталей приспособления, а также колебаниями температуры.

При распределении первичных погрешностей по закону Гаусса поле суммарной погрешности измерений

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2},$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ — поля первичных погрешностей.

При конструировании контрольных приспособлений необходимо изучить условия возникновения первичных погрешностей и выявить пути их уменьшения или полного устранения. На выбор принципиальной схемы контрольного приспособления большое влияние оказывает заданная производительность контроля. При 100 %-ной проверке деталей в поточном производстве время контроля не должно превышать темпа работы поточной линии. Для выборочного контроля деталей при стабильных технологических процессах их изготовления требования к производительности контрольного приспособления могут быть снижены.

Для проверки небольших и средних деталей применяют стационарные контрольные приспособления, а для крупных — переносные. Наряду с одномерными находят широкое применение многомерные приспособления, где за одну установку проверяют несколько параметров.

Контрольные приспособления делят на пассивные и активные. Пассивные применяют после выполнения операций обработки. Активные устанавливают на станках; они контролируют детали в процессе обработки, давая сигнал на органы станка или рабочему на прекращение обработки или изменение условий ее выполнения при появлении брака. Контрольные приспособления из самостоятельных устройств превращаются в составную часть автоматических систем. Это позволяет снизить себестоимость продукции в результате устранения брака и исключения контроля как самостоятельной операции.

Контрольные приспособления, обычные и автоматические, должны обеспечивать заданную точность и производительность контроля, быть удобными в эксплуатации, простыми в изготовлении, надежными при длительной работе и экономичными.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Контрольное приспособление состоит из установочных, зажимных, измерительных и вспомогательных элементов, смонтированных в корпусе приспособления. На установочные элементы

¹ Для ответственных изделий (авиационная техника) погрешность измерения принимают 8 %, для менее ответственных 12,5 и 20 %, для неответственных изделий — 30 % поля допуска.

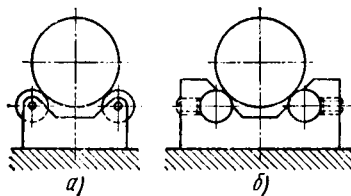


Рис. 148. Призмы с роликами (а) и с переставными валиками (б)

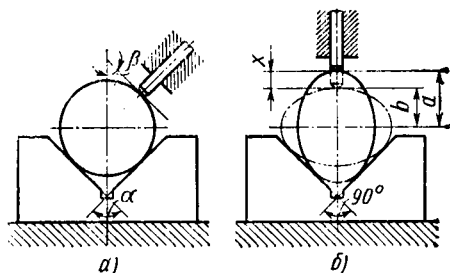


Рис. 149. Схема контроля цилиндрической детали в призме

(опоры) ставят проверяемую деталь, заготовку (узел) своими измерительными базами в процессе контроля. Для установки на базовые плоскости применяют постоянные опоры со сферическими и плоскими головками, опорные пластины (см. рис. 8), а также специальные детали (секторы, кольца) в зависимости от конфигурации базы в плане. Опоры со сферическими головками применяют для установки деталей на необработанные базы; для установки на обработанные базы используют опоры с гладкой и достаточно развитой поверхностью. Для повышения износостойкости опоры рекомендуются термически обрабатывать до твердости $HRC\ 55-60$.

Для установки на внешние цилиндрические поверхности используют призмы (см. рис. 13, а). Поскольку контакт детали с призмой происходит по узким площадкам (теоретически — линиям), наблюдается сравнительно быстрое изнашивание опорных плоскостей и потеря точности контрольного приспособления. Для устранения этого применяют призмы с роликами (рис. 148, а) или переставными валиками (рис. 148, б). На рабочие поверхности призм для повышения их износостойкости наплавляют также пластинки из твердого сплава. Угол призмы α и положение измерительного элемента влияют на точность измеряемого диаметрального размера.

Используя приведенный ранее вывод погрешности базирования для размера H_2 (см. рис. 14), получим поле погрешности измерения при плоском торце измерительного наконечника:

$$\Delta = \delta - \frac{\delta}{2} \left(\frac{\sin \beta}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right),$$

где δ — допуск на диаметр детали; β — угол установки измерительного инструмента (рис. 149, а). Наибольшая точность измерения получается при $\sin \beta / \sin \frac{\alpha}{2} = 1$, так как при этом $\Delta = 0$. Для наиболее употребительных призм с углом $\alpha = 90^\circ$ значение β следует принимать равным 45° . Пользуясь призмой, можно про-

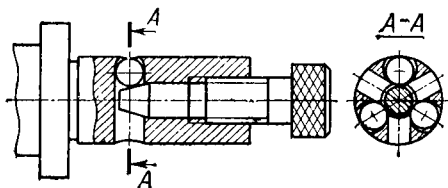


Рис. 150. Устройство с разжимными шайбами для выборки зазора

верить правильность цилиндрической поверхности. Эллиптичность поперечного сечения выявляется как разность x между большой a и малой b осями эллипса при вращении детали в призме (рис. 149, б) с углом $\alpha = 90^\circ$.

В этом случае ось детали не меняет своего положения по

высоте. Конусность обнаруживается по разности показаний измерительного прибора в двух различных поперечных сечениях детали. Для проверки деталей на радиальное или осевое биение применяют установку на одно или два соосных цилиндрических отверстия. Простейшую схему установки используют при посадке проверяемой детали на гладкую цилиндрическую оправку или палец. Однако здесь возникает погрешность измерения из-за радиального зазора между базовым отверстием и оправкой. Чтобы устранить влияние зазора, применяют конические оправки (конусность 1 : 1000 — 1 : 10 000) или разжимные оправки и пальцы. На конической оправке проверяемая деталь не имеет точной фиксации по длине, и ее торец может иметь осевое биение. Величина биения на радиусе r $\Delta = rk$, где k — конусность оправки. Эти оправки неприменимы для установки на соосные отверстия.

В качестве разжимных элементов используют шарики, планки и разрезные втулки. Пример устройств показан на рис. 150. Для точного центрирования применяют также втулки с гидропластмассой, гофрированные втулки и устройства мембранного типа (см. гл. I и II). Часто вместо одной цилиндрической оправки применяют их набор, в котором одна оправка отличается от другой на очень малую величину (5—10 мкм). Для установки 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 ($Ra = 0,4 \pm 0,1$ мкм). Погрешность формы этой поверхности допускается не более 5 мкм.

Для повышения износостойкости оправки подвергают термической обработке до твердости HRC 55—60. Оправки диаметром более 60 мм целесообразно выполнять полыми. При проверке деталей на биение оправки устанавливают в центры или в призмы. При установке в центры необходимо учитывать несоосность и погрешность исполнения центровых гнезд. От повреждения центровые гнезда предохраняют защитными фасками или торцовыми выточками. Установку деталей отверстиями на оправки и пальцы применяют не только для проверки концентричности и перпендикулярности торцов, ее используют и в контрольных приспособ-

соблениях для проверки соосности отверстий, межосевых расстояний, а также расстояний от оси отверстий до параллельно расположенных плоскостей.

При установке деталей ступенчатым отверстием на палец или оправку нужно учитывать возможное отклонение от соосности ступеней отверстия. Согласно рис. 151 ось оправки установится в этом случае под углом β . При малых e

$$\beta = \frac{e + e_1 + e_2}{L},$$

где e — отклонение от соосности отверстий детали; L — расстояние между торцами отверстий, в которые вводится оправка;

$$e_1 = -\frac{d_A - d}{2}; \quad e_2 = \frac{d'_A - d'}{2};$$

величины d_A , d'_A , d и d' указаны на чертеже.

Если межосевое расстояние измеряется на расстоянии l от торца детали, то погрешность установки оправки в этом сечении $e = l \operatorname{tg} \beta + e_1$.

Кроме рассмотренных схем установки в контрольных приспособлениях применяют также различные сочетания элементарных поверхностей в качестве установочных баз (плоскость — наружная цилиндрическая поверхность, плоскость — отверстие и др.).

Контролируемая деталь (заготовка, узел) имеет две измерительные базы, между которыми на ее чертеже проставлен проверяемый размер. При выборе схем контрольного приспособления следует совмещать установочную и одну из измерительных баз детали, придавая им строго фиксированное положение. Другая измерительная база должна контактировать с измерительным элементом приспособления в установленном месте. При невыполнении этих условий возникает погрешность базирования e_b и погрешность положения измерительного элемента $e_{из}$; эти погрешности снижают точность измерения проверяемой детали и принципиально нежелательны.

На рис. 152, а показана схема контрольного приспособления для проверки диаметра детали 1 в призме 2. Установочная база (образующие 3) не совмещена с измерительной базой (образующая 4). Поэтому возникает погрешность базирования, численно равная половине допуска на диаметр проверяемых деталей $\delta/2$ (см. гл. I).

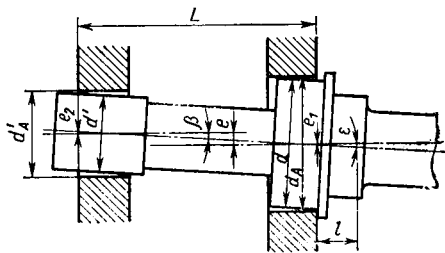


Рис. 151. Схема для расчета погрешности установки на два отверстия со смещенными осями

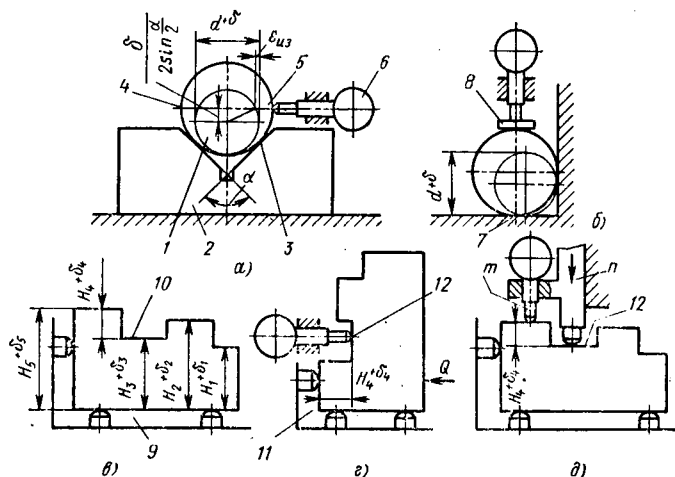


Рис. 152. Схема для анализа погрешности базирования в контрольных приспособлениях

Вторая измерительная база (образующая 5) занимает при проверке партии деталей разное положение по высоте относительно измерительного элемента 6, вызывая погрешность

$$\epsilon_{\text{из}} = d - \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - \frac{\delta^2}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}}},$$

где d — наименьший диаметр детали; α — угол призмы.

При контроле партии деталей пределы измерения равны не допуску на диаметр, а величине

$$c = \delta - \epsilon_6 + \epsilon_{\text{из}} = \frac{\delta}{2} + \epsilon_{\text{из}}.$$

На рис. 152, б показана другая схема контрольного приспособления, при использовании которой ϵ_6 и $\epsilon_{\text{из}}$ равны нулю. Это достигается совмещением установочной и измерительной баз (образующая 7) и применением наконечника 8 измерительного элемента тарельчатой формы.

Для повышения производительности контроля используют многомерные контрольные приспособления, позволяющие одновременно проверять несколько размеров за одну установку детали. Использование таких приспособлений возможно, если одна поверхность детали является установочной и измерительной базой для всех проверяемых размеров. Эти условия нередко обеспечивают пересчетом размеров и допусков детали. На рис. 152, в показана схема приспособления для одновременной проверки размеров H_1 , H_2 и H_3 . Поверхность 9 является установочной и общей для этих размеров измерительной базой. Для проверки размера

H_4 поверхность 9 служит установочной базой, а поверхность 10 — измерительной. Для устранения погрешности базирования можно предложить три варианта решения.

1. Вместо размера H_4 вводится проверка размера H_5 . Принимая H_4 за замыкающее звено размерной цепи, получим $\delta_4 = \delta_3 + \delta_5$, откуда $\delta_5 = \delta_4 - \delta_3$. При $\delta_3 > \delta_4$ и невозможности уменьшить δ_3 размер δ_5 проверяется в другом приспособлении (см. п. 2).

2. За измерительную и установочную базу принимается поверхность 11 (рис. 152, г), а измерительный элемент m подводится к поверхности 12. Деталь прижимается к боковой опоре силой Q .

3. Исползуется первое приспособление, в котором предварительно настроенный измерительный элемент m подводится ползуном n до упора в поверхность 12 (рис. 152, д).

В отдельных случаях, когда погрешность базирования меньше 0,10—0,15 допуска на проверяемый размер (контроль неотвечественной продукции), допускаются схемы контроля при несовмещении установочных и измерительных баз, если это упрощает и удешевляет процесс контроля и применяемые контрольные приспособления.

Применение многомерных контрольных приспособлений повышает качество контроля, высвобождает значительную часть контролеров и сокращает издержки на контрольно-измерительную оснастку. Для использования многомерных приспособлений необходимы простановка проверяемых размеров от единой измерительной базы и возможность совмещения этой базы с удобной для контроля установочной базой детали. В отдельных случаях необходим пересчет допусков на проверяемые размеры с учетом специфики многомерного контроля. Так, при контроле диаметров шеек ступенчатого вала по схеме, приведенной на рис. 152, б, следует учитывать допустимое отклонение от соосности проверяемых шеек базовой шейке.

Зажимные устройства в контрольных приспособлениях предупреждают смещения установленной для проверки детали (узла) относительно измерительного устройства и обеспечивают плотный контакт установочных баз детали с опорами приспособления. Работа зажимного устройства контрольного приспособления существенно отличается от работы аналогичных устройств в станочных приспособлениях. Для предупреждения деформаций проверяемых изделий силы закрепления должны быть небольшими, а их величина — стабильна. Необходимость в зажимных устройствах отпадает, если деталь занимает вполне устойчивое положение на опорах приспособления и силы от измерительного устройства не нарушают этой устойчивости. Для повышения производительности контроля зажимное устройство выполняют быстродействующим и удобным для обслуживания.

В контрольных приспособлениях применяют ручные зажимные устройства (рычажные, пружинные, винтовые, эксцентриковые),

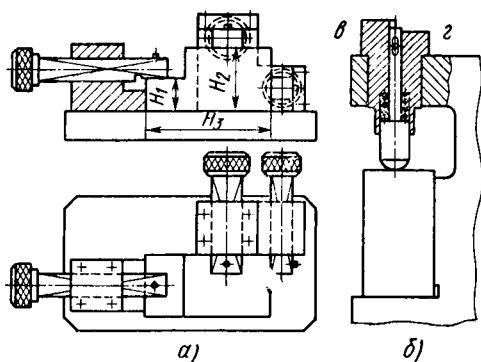


Рис. 153. Приспособления с выдвижными предельными элементами

а также устройства с приводом (пневмозажимы), в которых сжатый воздух используется и для привода вспомогательных механизмов приспособления (подъем, поворот или выталкивание детали).

Часто применяют комбинированные зажимные устройства, обеспечивающие одновременный и равномерный прижим контролируемых деталей к нескольким опорным элементам приспособления.

Место приложения силы закрепления выбирают так, чтобы исключить недопустимые деформации детали и элементов контрольного приспособления. Влияние зажимного устройства на показания измерительного прибора не должно превышать 5 % величины контролируемого параметра детали. При стабильной величине силы закрепления эта погрешность измерения получается постоянной, и ее можно учесть в процессе настройки измерительного устройства по эталонной детали. Если эта погрешность колеблется от максимального значения $\Delta_{\max}$ до минимального $\Delta_{\min}$ в результате нестабильной силы закрепления, то разность между ними не может быть учтена настройкой. Назовем эту разность погрешностью закрепления и обозначим ϵ_3 .

Регламентированную погрешность изготовления, а также износ опор и измерительного устройства приспособления обозначим $\epsilon_{\text{пр}}$. При определении $\epsilon_{\text{пр}}$ учитываем ту величину износа, которая имеет место между периодическими настройками приспособления. Как и в станочных приспособлениях, значения ϵ_6 , ϵ_3 и $\epsilon_{\text{пр}}$ представляют собой поля рассеяния случайных величин, распределение которых можно в первом приближении принять подчиняющимся закону Гаусса. Погрешность установки найдем по формуле

$$\epsilon = \sqrt{\epsilon_6^2 + \epsilon_3^2 + \epsilon_{\text{пр}}^2}.$$

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

Предельные устройства не дают численного значения измеряемых величин, а все проверяемые изделия делят на три категории: годные, брак по переходу за нижнюю границу допуска и брак по переходу за верхнюю границу допуска. Иногда годные изде-

лия разбивают на несколько размерных групп для селективной сборки.

В качестве простейших устройств применяют встроенные в контрольные приспособления жестко закрепленные или выдвижные предельные элементы (скобы, пробки, щупы). Примеры таких приспособлений для контроля размеров H_1 , H_2 и H_3 детали показаны на рис. 153.

При наличии жестко установленных скоб проверяемая деталь последовательно передвигается по плите приспособления к отдельным измерителям. Если деталь в процессе проверки должна оставаться неподвижной, то применяют выдвижные предельные элементы (рис. 153, а). Эти устройства используют при сравнительно грубых допусках на проверяемый размер — для жестких элементов — не выше 8—9-го квалитетов, а для выдвижных — не выше 11-го. Для контроля размеров заготовок с допусками более 0,5 мм иногда применяют стержневые глубиномеры (рис. 153, б). Годность изделия соответствует положению верхнего торца стержня между ступеньками β и γ .

Широкое распространение получили электроконтактные датчики; их применяют в контрольных приспособлениях и контрольно-сортировочных автоматах. Схема контрольного приспособления с электроконтактным датчиком для одномерного контрольного приспособления приведена на рис. 154. Если проверяемый размер D находится в поле допуска, то лампы 1 и 2 не загораются. Если размер D меньше минимально допустимого, замыкаются нижние контакты и загорается лампа 1. При большом максимально допустимом размере загорается лампа 2. Лампа 3 загорается при размыкании обоих контактов, т. е. когда детали годны. Сопротивления этой мостиковой схемы подобраны так, что при замыкании одного из контактов лампа 3 гаснет. Таким образом, на любой стадии работы приспособления горит одна из трех ламп. Неисправность схемы и перегорание ламп обнаруживается по отсутствию света. Электроконтактные датчики удобны для многомерных контрольных приспособлений светофорного типа. Они обеспечивают значительное повышение производительности и облегчают труд контролеров. Технические требования на датчики регламентированы ГОСТ 3899—68.

Применяют также многоконтактные датчики для сортировки деталей на размерные группы. Электроконтактные датчики выпускают двух типов: предельные и амплитудные. Первые применяют для контроля размеров, вторые — для контроля формы и расположения поверхностей детали.

Электрические схемы включения электроконтактных датчиков бывают с силовым и сеточным контактами. Недостатком дат-

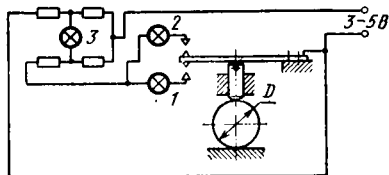


Рис. 154. Приспособление с электроконтактными датчиками

чиков первого типа является понижение точности работы из-за подгорания контактов. Для повышения надежности работы датчиков их контакты выполняют из вольфрама и включают в цепь низкого напряжения (3—5 В). Датчики настраивают и периодически проверяют по эталону. Датчики второго типа не имеют отмеченного недостатка, они долговечны и работают устойчиво.

Электроконтактные датчики обеспечивают точность измерения 1 мкм (1-й класс) и ± 3 мкм (2-й класс); такая точность сохраняется до 25 тыс. измерений без регулировки датчиков. Предел измерения 1 мм, а сила измерения 1—2 Н. Реже применяют емкостные, индуктивные и фотоэлектрические датчики. Приспособления с отсчетными устройствами применяют при обычном и статистическом контроле. Они необходимы также для проверки настройки станков на размер.

В качестве отсчетных измерителей обычно используют индикаторы с рычажной или зубчатой передачами. Индикаторы часового типа (ГОСТ 577—68) имеют цену деления 0,01 мм и выпускаются с пределами измерения 0—5 и 0—10 мм. Малогабаритные индикаторы имеют суженные пределы измерения 0—2 или 0—3 мм. Сила прижатия измерительного наконечника в начале и конце хода 0,8—2 Н.

По точности исполнения индикаторы выпускаются нулевого, 1-го и 2-го классов с погрешностью показаний соответственно 0,01, 0,015 и 0,02 мм за один оборот стрелки. Индикаторы крепят за ножку или за ушко на их задней крышке. При цене деления 0,01 мм индикаторы часового типа используют для проверки деталей с допусками от 0,03 мм и больше. При меньших допусках эти индикаторы могут применяться с увеличивающей рычажной передачей. Для более точных измерений применяют индикаторы с ценой деления 0,002 мм (микроиндикаторы) и миниметры (цена деления до 0,001 мм). Получили распространение также пневматические микрометры. Их использование в контрольных приспособлениях обеспечивает точность измерений 0,5—0,2 мкм.

Пневматические микрометры применяют двух основных типов: с манометрами и с воздушными расходомерами (ротаметрами). На рис. 155, а показана схема пневматического микрометра низкого давления. Сжатый воздух давлением около 30 МПа поступает в вертикальную трубку 8, погруженную на глубину $H = 500$ мм в сосуд 7 с водой. Последний сообщается с вертикальной градуированной стеклянной трубкой 6. Через калиброванное сопло 1 воздух поступает в трубку 2, на конце которой находится измерительное устройство 5. При малом зазоре между проверяемой деталью 4 и измерительным наконечником 3 столб воды в трубке 2 из-за уменьшения утечки воздуха через зазор поднимается. Шкалу градуируют на микрометры или доли допуска. При глубине погружения трубки 8 на 500 мм давление в ней равно 5 МПа. Приборы этого типа точны, но малопроизводительны из-за большой инерционности системы.

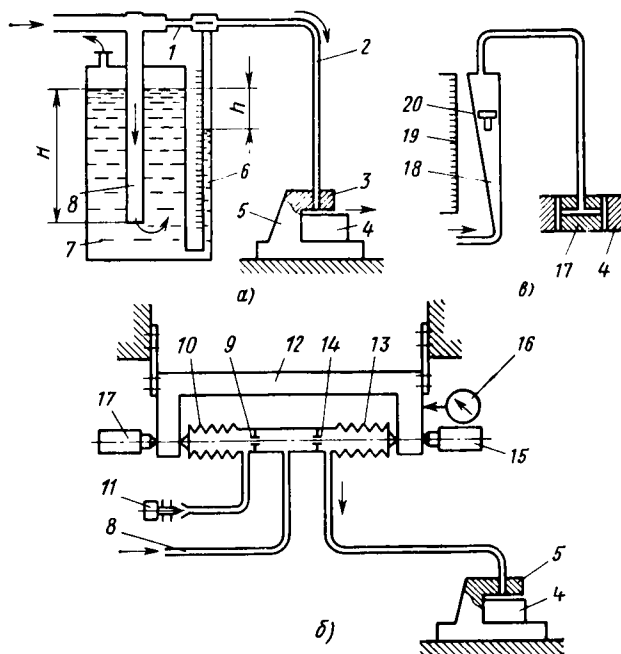


Рис. 155. Пневматические микрометры

На рис. 155, б показана схема пневматического микрометра высокого давления дифференциального типа с сильфонами. Питание этого прибора производится через механические стабилизаторы для создания постоянного давления сжатого воздуха. По трубке 8 воздух поступает в сильфоны 13 и 10 через сопла 14 и 9. Из сильфона 13 он подается к измерительному устройству 5, а из сильфона 10 — к регулируемому клапану 11. Давление в сильфоне 13 меняется в зависимости от размера заготовки 4, давление в сильфоне 10 устанавливается постоянным. Деформация сильфонов вызывает перемещение подвешенной на плоских пружинах планки 12, которая связана с измерительным прибором 16 (или с электроконтактными датчиками 15). Приборы описанного типа точны, малоинерционны, просты в эксплуатации и наладке.

Схема прибора с ротаметром изображена на рис. 155, в. Очищенный сжатый воздух под давлением 30—50 МПа поступает к вертикальной расширяющейся прозрачной трубке 18, в которой находится легкий поплавочек 20. Возле трубки расположена шкала 19. Чем больше зазор между измеряемой деталью 4 и пробкой 17 измерительного устройства, тем больше скорость воздуха и высота подъема поплавка в трубке 18. Каждому размеру детали соответствует своя высота положения поплавка в трубке.

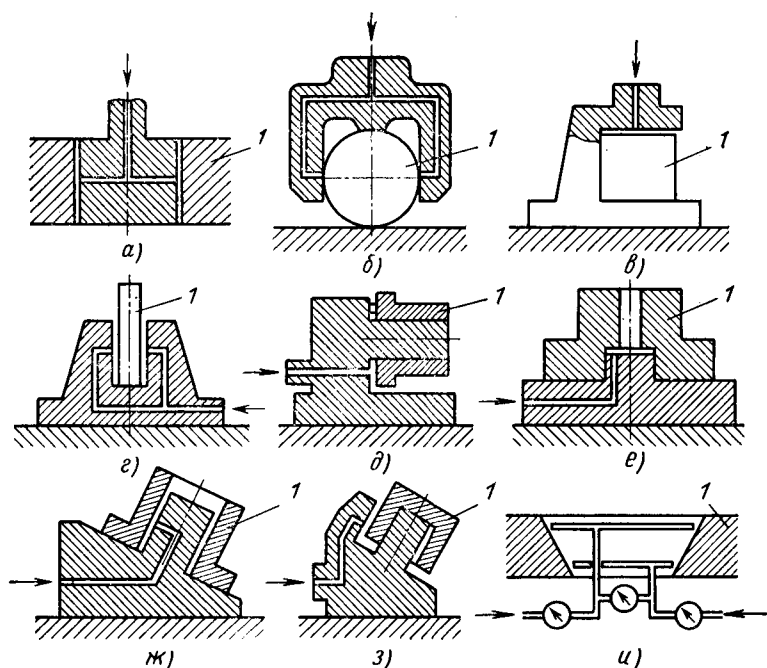


Рис. 156. Применение пневмоизмерительных устройств для контроля:

а — диаметра отверстий; *б* — диаметра стержней; *в* — высоты детали; *г* — толщины детали; *д* — перпендикулярности торца; *е* — глубины выточки; *ж* — перпендикулярности торца отверстий; *з* — эксцентриситеты; *и* — конусности; *1* — контролируемая деталь

Приборы этого типа точны и производительны. Возможности применения пневматических микрометров в контрольных приспособлениях весьма многообразны. Их можно использовать для проверки размеров, правильности формы и взаимного положения поверхностей детали в одно- и многомерных приспособлениях, а также в приспособлениях автоматического типа. На рис. 156 показаны схемы, иллюстрирующие использование пневмоизмерительных устройств в контрольных приспособлениях. В качестве отсчетных измерительных средств применяют также индуктивные, емкостные, пьезоэлектрические и другие устройства. Они основаны на трансформации перемещения измерительного щупа в электрические величины.

Для выбора отсчетных измерительных средств в зависимости от допусков и серийности производства необходимо учитывать их метрологические и экономические показатели. К метрологическим показателям относятся цена деления шкалы, предел измерения, чувствительность (т. е. отношение изменения сигнала на выходе к вызывающему его изменению измеряемой величины), погреш-

ность показаний (отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины), порог чувствительности (наименьшее значение измеряемой величины, которое может вызвать изменение положения указателя прибора), период успокоения стрелки, что существенно влияет на производительность контроля, а также давление при измерении.

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

К экономическим показателям относятся: затраты на измерительное устройство; продолжительность его работы до ремонта; время, затрачиваемое на измерение; квалификация контролера; время и затраты на установку измерительного устройства; увеличение затрат вследствие уменьшения допусков, вызываемого погрешностью измерительного устройства. Влияние каждого показателя меняется в каждом конкретном случае. Наибольшее влияние на себестоимость контроля обычно оказывает последний показатель. Применение малоточных средств измерения вызывает необходимость уменьшения допуска на изготовление. Установлено, что затраты на повышение точности измерения малы по сравнению с возможным уменьшением допуска. При выборе измерительных устройств необходимо в каждом конкретном случае найти наиболее выгодное решение для получения изделий с наименьшей себестоимостью.

В качестве устройств, работающих по принципу нормальных калибров, в контрольных приспособлениях используют контурные, плоские или объемные шаблоны. Оценка соответствия проверяемых деталей производится с помощью щупов или на просвет. Часто в приспособлениях этого типа проверяют координацию контура базовым отверстием. Это осуществляют с помощью контрольных скалок (пробок). Деталь бракуют, если не удастся установить ее в приспособлении и ввести пробки, а также если ее установка производится с большим зазором.

Вспомогательные устройства контрольных приспособлений имеют различное целевое назначение. В приспособлениях для проверки радиального или осевого биения применяют поворотные устройства, в приспособлениях для проверки прямолинейности или параллельности используют ползуны для перемещения измерительных элементов. Для контроля правильности формы шеек цилиндрических деталей или соосности ступеней применяют приводные механизмы для их вращения. Для установки и снятия деталей используют подъемные устройства и выталкиватели. Многие из этих устройств выполняют аналогично соответствующим устройствам станочных приспособлений.

Специфичными являются передаточные устройства между контролирующим элементом и отсчетным измерителем (индикатором, электроконтактным датчиком). Пример простейшей конструкции

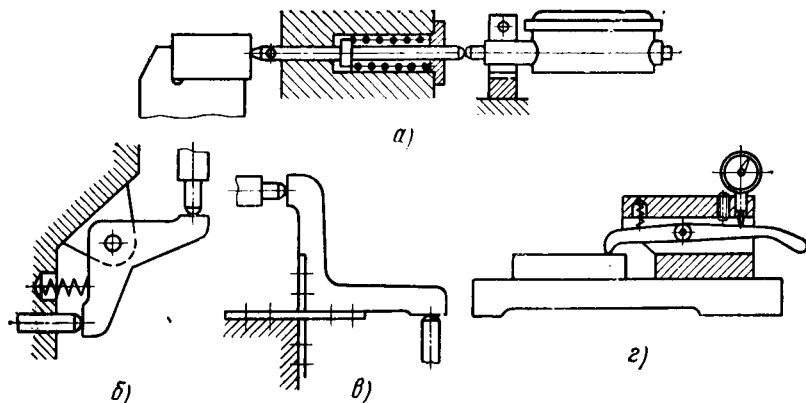


Рис. 157. Вспомогательные устройства

этого устройства показан на рис. 157, а. Измеритель может быть вынесен в удобное место, что предохраняет его от случайных повреждений в процессе работы, так как благодаря ограничивающим упорам ход штифта меньше предела измерения индикатора. Для изменения направления линейного перемещения и передаточного отношения служат рычажные передачи (рис. 157, б). Их монтируют на цилиндрических, конических и шаровых цапфах. Преимуществом двух последних конструкций является возможность регулировки зазоров, возникающих в процессе изнашивания. Применяется также подвеска рычагов на плоских стальных пружинах толщиной 0,2—0,3 мм (рис. 157, в). Эта система не требует регулировки, так как в процессе ее работы изнашивание не происходит. Если измерительное устройство мешает установке и снятию контролируемых изделий, то его снабжают рычажком для отвода (рис. 157, г) или выполняют в виде повторного (отводного) узла.

Корпус контрольного приспособления является его базовой деталью. Корпусы стационарных приспособлений выполняют в виде массивной и жесткой плиты или корпусной детали, на которой располагают основные и вспомогательные детали и устройства. Корпусы изготавливают из серого чугуна СЧ 12 или СЧ 15. Корпусы приспособлений для точных измерений необходимо подвергать старению или отливать из чугуна, стойкого к короблению (СЧ 25 или СЧ 30).

§ 3. ПРИМЕРЫ КОНТРОЛЬНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Простейшая схема приспособления — схема с жесткими предельными элементами для проверки высоты уступов (размеры H_1 и H_2) ступенчатой детали, которую в процессе контроля пере-

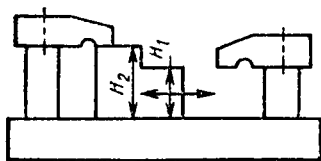


Рис. 158. Приспособление с жесткими предельными элементами

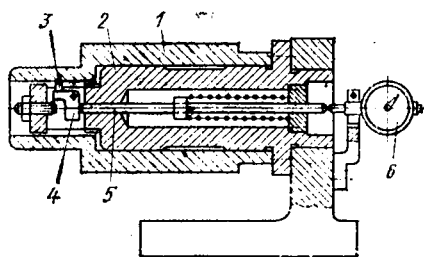


Рис. 159. Индикаторное приспособление для проверки соосности двух отверстий

двигают по плите вручную (рис. 158). Контроль производят от нижней базовой плоскости. Схема приспособления с выдвижными предельными элементами показана на рис. 153; на этом приспособлении проверяют размеры H_1 , H_2 и H_3 .

Схема индикаторного приспособления для проверки соосности двух отверстий дана на рис. 159. Контролируемую деталь 1 надевают на консольный пустотелый палец 2 и в процессе проверки поворачивают рукой на один оборот. При эксцентриситете малого отверстия измерительный наконечник 3 передает движение через рычаг 4 и штифт 5 на индуктор 6. На его шкале отмечается удвоенная величина эксцентриситета.

На рис. 160 показана схема многомерного контрольного приспособления для проверки поршня. Индикаторами 1, 2 и 3 проверяют соответственно расстояние от оси отверстия под палец поршня, перпендикулярность оси отверстия к оси поршня и расположение оси отверстия в одной плоскости с осью поршня. При контроле двух последних параметров необходима перестановка детали. Разница показаний индикаторов 2 и 3 равна удвоенной величине измеряемой погрешности.

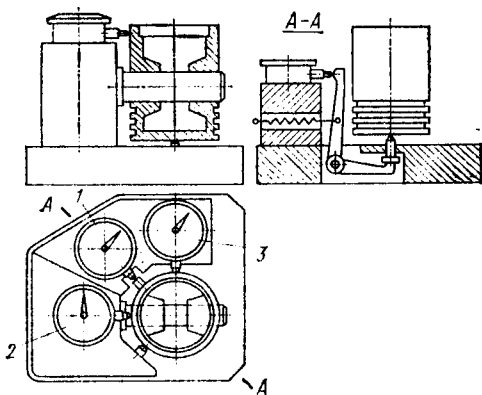


Рис. 160. Многомерное контрольное приспособление для проверки поршня

**§ 1. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ
ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Анализ различных операций механической обработки и сборки показывает, что доля вспомогательного времени в штучном времени часто превышает 40 %. Уменьшение основного времени приводит к дальнейшему увеличению доли вспомогательного времени. Это вызывает стремление автоматизировать работу приспособлений, обеспечивая повышение производительности, облегчение труда и высвобождение обслуживающих рабочих.

При частичной автоматизации выполняют один или несколько приемов работы: установку и снятие заготовок в приспособления посредством загрузочных устройств различного типа (это особенно эффективно при обработке небольших заготовок, установка которых неудобна вручную из-за стесненности рабочей зоны); закрепление и открепление заготовок в приспособлениях стационарного типа или в приспособлениях для непрерывной обработки (см. рис. 85, 94, 95); съем и выталкивание заготовок из рабочей зоны после выполнения операции (см. рис. 117); вращение, фиксацию и закрепление поворотных частей многопозиционных приспособлений (см. рис. 112, 124); измерение заготовок в процессе обработки (при шлифовании, хонинговании и других операциях). В наиболее совершенном виде измерительное устройство управляет механизмами подачи и остановки станка, выполняя функции активного контроля.

При полной автоматизации приспособления и цикла обработки эта технологическая операция может выполняться без участия рабочего. Он должен лишь своевременно загружать заготовками бункер (магазин) и следить за работой станка и приспособления.

Применение автоматизированных приспособлений позволяет автоматизировать технологические процессы, используя дешевые универсальные станки и «превращая» их в полуавтоматы и автоматы. В этом случае, однако, нужно иметь дополнительно управляющие и транспортирующие устройства.

При конструировании автоматизированных станочных приспособлений особое внимание должно быть обращено на удаление стружки. Мелкую стружку удаляют из труднодоступных мест струей сжатого воздуха, отсасывая ее или смывая охлаждающей

жидкостью. В других случаях стружку удаляют механически скребками или щетками. При обработке вязких материалов для измельчения стружки применяют инструмент, снабженный стружколомами.

В автоматизированных приспособлениях должна исключаться возможность неправильной установки заготовки. Для этого применяют блокировочные и предохранительные устройства, а также контрольные габариты (в автоматических линиях). При неправильном положении (или отсутствии) заготовки станок останавливается и обработка прекращается.

Привод автоматизированных приспособлений выполняют механическим, пневматическим, гидравлическим, пневмогидравлическим, электрическим и комбинированным. Пневмоприводы не применяют для больших сил, так как при обычном давлении сжатого воздуха 40—60 МПа их габаритные размеры получаются очень большими; они имеют малый КПД, создают шум в работе от выпускаемого отработавшего воздуха и не обеспечивают плавного перемещения рабочих органов. Их преимущества: сравнительная простота и невысокая стоимость изготовления, быстроедействие, надежность в работе, отсутствие обратной линии, нечувствительность к изменению температуры окружающей среды. Отработавший воздух может быть использован для очистки рабочей зоны станка от стружки, а также для удаления заготовок и собранных узлов небольших размеров.

Гидроприводы малогабаритны, так как работают при высоком давлении масла (400—600 МПа и выше). Они бесшумны, обеспечивают плавность движений, имеют высокий КПД (до 80—90 %) и малые запаздывания в срабатывании (0,01—0,02 с). Их недостатки — необходимость в индивидуальной или групповой насосной станции с достаточно емким резервуаром, высокая стоимость, необходимость в обратном трубопроводе, чувствительность к изменению вязкости масла при его нагреве.

Пневмо- и гидроприводы выдерживают перегрузки; их легко встраивать в системы автоматического управления. Пневмогидравлические приводы имеют малые габариты исполнительного механизма и работают от сети сжатого воздуха. Они обеспечивают быстрое выполнение холостых и вспомогательных движений и автоматическое переключение на рабочие ходы с требуемым замедлением скорости движения рабочего органа.

Электроприводы характерны наибольшей скоростью срабатывания, малым расходом энергии, большими, чем у гидроприводов, габаритными размерами и массой, чувствительностью к перегрузкам и нагреву и меньшей надежностью в работе. Их КПД выше, чем у пневмо- и гидроприводов.

Управление приводами осуществляется кулачками, упорами, сервозолотниками и конечными выключателями. Воздействие на эти элементы обычно производится перемещающимися органами станка (столами фрезерных станков, шпинделями расточного или

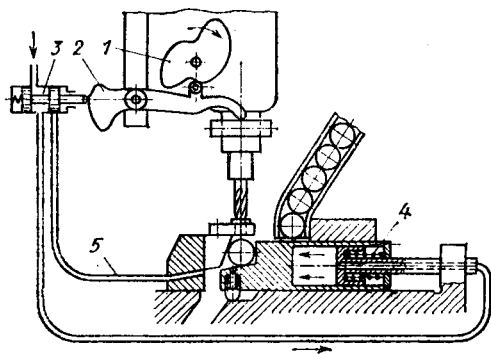


Рис. 161. Автоматизированный кондуктор для сверления отверстий в пальцах

сверлильного станка). Для этой цели применяют также командоаппараты.

Ниже рассмотрены примеры автоматизированных приспособлений.

На рис. 161 приведена схема пневматического приспособления для сверления отверстий в цилиндрических заготовках с подачей их из магазина. Механизм подачи вертикально-сверлильного станка изменен для получения непрерывного возвратно-поступательного движения шпинделя. На вал реечного колеса (на рисунке не показано) насажен кулачок подачи 1. Кулачок 2 управляет золотником 3, регулирующим поступление воздуха в пневмоцилиндр 4 зажимного устройства. Отработавший воздух, выходя через вал 5, очищает приспособление от стружки. Обратный ход шпинделя осуществляется пружиной или грузом.

На рис. 162, а показано автоматизированное приспособление к двустороннему станку для снятия фасок в отверстиях втулок. Приспособление имеет два гидроцилиндра. Цилиндр 1 используется для закрепления заготовок, цилиндр 2 — для подачи заготовок с лотка 3 на рабочую позицию 4 и выталкивания из нее

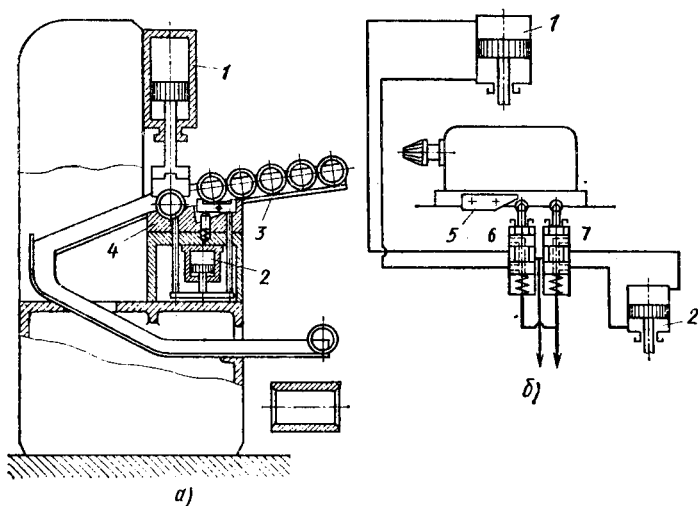


Рис. 162. Автоматизированное приспособление к двухшпиндельному станку для снятия фасок во втулках

обработанных деталей. Управление цилиндрами (рис. 162, б) 1 и 2 осуществляется золотниками 6 и 7, на которые действует кулачок 5, закрепленный на одной из шпиндельных бабок.

На рис. 163 представлена схема автоматизированного приспособления к плоскошлифовальному станку для обработки торцов колец, заготовки 1 которых из магазина 2 подаются на электромагнитный стол 3 посредством сепаратора 4, периодически повертывающегося на угол 60° . Этот же сепаратор сбрасывает прошлифованное кольцо с патрона. Подача постоянного тока в обмотки стола и выключение его в нужный момент осуществляются прерывателем 5.

На рис. 164 дана схема кондуктора к многошпиндельному сверлильному станку с магазином для плоских заготовок. При опускании шпинделей автоматический золотник впускает сжатый воздух в левую полость цилиндра 1 и ползун 2, перемещаясь вправо, прижимает нижнюю заготовку 3 к упору 4. При подъеме шпинделей воздух подается в правую полость цилиндра. В процессе перемещения ползуна влево собачка 5 сталкивает обработанную деталь в желоб 6.

В рассмотренных схемах автоматизации станочных приспособлений необходимы наклонные лотки или магазины, куда обслуживающий рабочий периодически загружает обрабатываемые заготовки в ориентированном положении, что связано с дополнительной затратой времени. Полная автоматизация приспособлений обеспечивается с помощью бункерных загрузочных устройств. Загрузка бункера заготовками осуществляется навалом через большие интервалы времени. Это упрощает функции рабочего, который должен лишь следить за работой загрузочного устройства и станка.

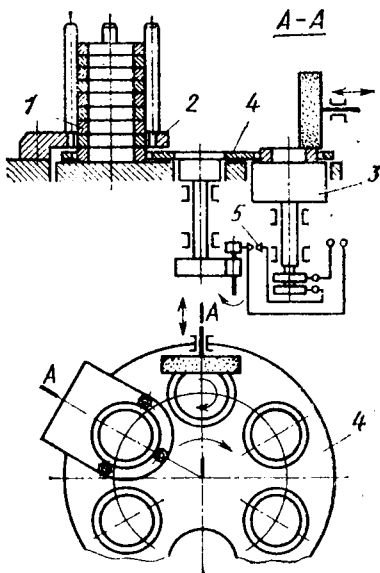


Рис. 163. Автоматизированное приспособление к плоскошлифовальному станку

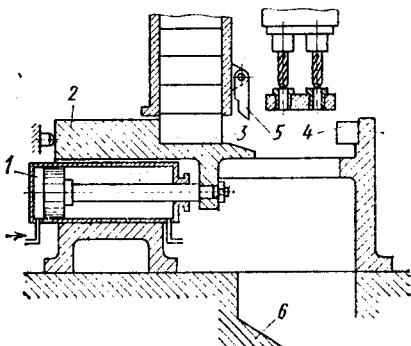


Рис. 164. Кондуктор для многошпиндельного станка с магазином

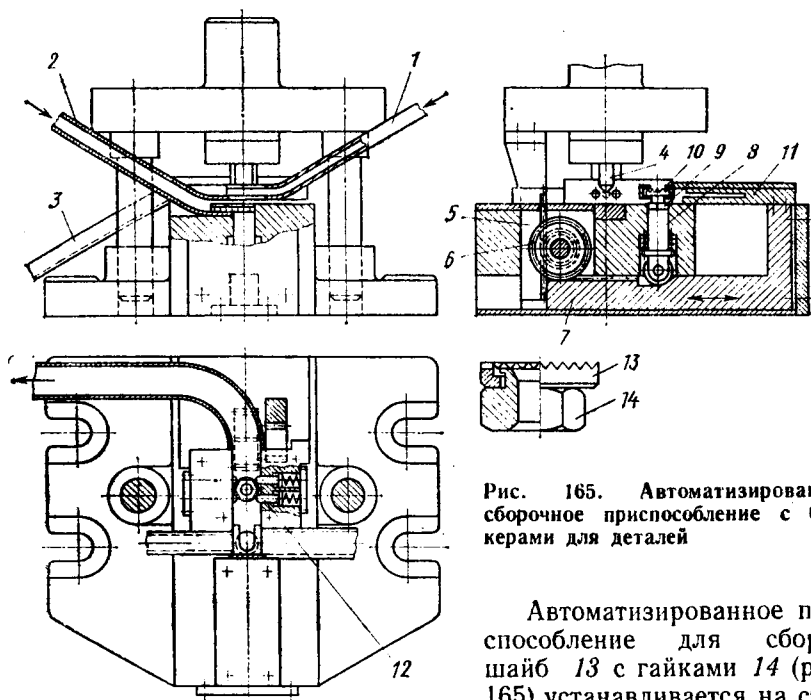


Рис. 165. Автоматизированное сборочное приспособление с бункерами для деталей

Автоматизированное приспособление для сборки шайб 13 с гайками 14 (рис. 165) устанавливается на стол эксцентрикового пресса. Из двух бункеров собираемые детали по лоткам 1 и 2 поступают в сборочную позицию. Здесь гайки своими выступами вставляются в отверстия шайб и передаются на рабочую позицию, где производится отбортовка. Собранные узлы выталкиваются по лотку 3 в тару. На верхней части приспособления, связанной с ползуном пресса, закреплены пуансон 4 для отбортовки и вертикальная рейка 5, входящая в зацепление с малым зубчатым венцом блочного зубчатого колеса 6. Большой венец этого колеса сцепляется с горизонтальной рейкой ползуна 7. На ползуне предусмотрена выемка с наклонным участком для подъема подпружиненного толкателя 8, посредством которого осуществляется вставка гаек 9 в отверстие шайб 10 на сборочной позиции. К ползуну прикреплена вилка 11 для передачи собираемых узлов на рабочую позицию. Их точная фиксация производится четырьмя пружинными штифтами 12 с закругленными головками. Приспособление показано в момент окончания операции отбортовки. При ходе ползуна пресса вверх ползун 7 перемещается влево. В начале этого перемещения толкатель 8 вставляет гайку в шайбу, а затем вилка 11 передает узел на рабочую позицию. При этом ранее отбортованный узел сталкивается в лоток 3. Бункеры крепятся на кронштейнах пресса и имеют привод от индивидуальных электродвигателей.

Станки, оборудованные автоматизированными приспособлениями с бункерной загрузкой, сравнительно легко связываются в единую автоматическую линию с помощью транспортеров-перегрузателей. В этом случае остановка одного из станков не вызывает остановки последующих, так как бункеры являются одновременно накопителями промежуточного запаса заготовок. Применение бункеров нецелесообразно для обработки заготовок средних и крупных сложных конфигураций, автоматическая ориентация которых затруднительна.

На безбункерную автоматическую линию заготовки устанавливают вручную или посредством подъемно-транспортных механизмов. Их синхронное перемещение от одной рабочей позиции к другой осуществляется шаговым транспортирующим устройством.

§ 2. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ

На автоматических линиях применяют два типа приспособлений: стационарные и приспособления-спутники. Стационарные приспособления жестко закрепляют на станках автоматической линии; в них подаются, устанавливаются, закрепляются и обрабатываются заготовки. После выполнения предусмотренной обработки заготовки открепляются, удаляются из приспособления и передаются на транспортирующее устройство для перемещения на следующую позицию автоматической линии обычно без потери ориентации. Чаще используют одноместные однопозиционные приспособления, реже — многоместные и многопозиционные (поворотные). Выполняя те же функции, что и обычные приспособления, приспособления автоматических линий имеют свои специфические особенности, подача и установка заготовок в эти приспособления должны осуществляться простейшим движением транспортирующего устройства линии или механической руки (автосоператора).

Установочные элементы приспособлений, предназначенных для обработки заготовок корпусных деталей, часто выполняют в виде опорных пластин, являющихся продолжением направляющих планок транспортирующего устройства и располагаемых с ними на одном уровне. В этом случае заготовки перемещаются по прямолинейным траекториям, приспособления располагаются на одной прямой, а линия получается наиболее простой — со сквозным перемещением заготовок. Установка заготовок производится на ее нижнюю плоскость и два базовых цилиндрических отверстия. В качестве установочных элементов используются опорные планки и два выдвижных пальца с коническими фасками. После ввода заготовки в приспособление шаговым транспортером эти пальцы выдвигаются; их конические элементы выравнивают заготовку, а цилиндрическая (и ромбическая) часть пальцев точно фиксирует ее положение в приспособлении. При неподвижных установочных

элементах (упорах) точная фиксация заготовок по ее базам достигается дополнительными прижимающими устройствами — до-
сылателями, обеспечивающими плотный контакт базовых поверх-
ностей заготовок с установочными элементами приспособлений.

Для предупреждения брака обработки и аварийных ситуаций в приспособлениях часто предусматривается автоматический кон-
троль правильности положения заготовки. Он осуществляется с использованием пневматических, электрических и других дат-
чиков, показывающих положение заготовки по ее базовым допол-
нительным поверхностям. Нередко контроль осуществляется кос-
венно, по положению фиксаторов. Если, например, фиксиру-
ющий палец не вошел в базовое отверстие заготовки на нужную
глубину, то ее положение считается неправильным и выполнение
операции прерывается.

Работа приспособлений должна быть четко согласована с дей-
ствиями агрегата и транспортирующего устройства. Констру-
ирование этих приспособлений связано с проектированием автома-
тической линии и осуществляемого на ней технологического про-
цесса. Приспособления автоматических линий должны быть на-
дежными и безотказными в работе. Особое внимание должно уде-
ляться очистке приспособлений от стружки путем создания на-
клонных стенок в корпусах приспособлений, а также перечислен-
ных ранее мер ее принудительного удаления.

Наличие выдвижных установочных элементов и фиксаторов
вызывает увеличение погрешности установки заготовки. Для обес-
печения заданного качества продукции важно выполнение расче-
тов на точность обработки и выдерживание допуска на заданный
размер. В частности, для приспособлений указанного типа боль-
шее значение имеет жесткость и расчет сил закрепления. Зажим-
ное устройство должно быть надежным. Его часто выполняют
самотормозящим, путем введения клиньев и других запирающих
элементов. В этом случае падение давления в магистрали сжатого
воздуха, питающего пневмоцилиндры зажимного механизма, не
ослабляет крепления заготовки.

Зажимное устройство не должно вызывать деформаций заго-
товки, которые могут снизить заданную точность обработки.
При сложных формах заготовки сила и схема закрепления за-
готовки должны проверяться экспериментально, на стадии эскиз-
ной проработки приспособления. При простых формах заготовки
деформацию определяют расчетом.

На рис. 166 показана схема приспособления для обработки
корпусной детали на автоматической линии. Заготовка 1 пере-
мещается по планкам 2 шаговым транспортером с собачками 3
на строго определенное расстояние. Штанга транспортера прохо-
дит снизу под приспособлением, а его планки лежат на одном
уровне с опорными планками приспособления. Окончательная
фиксация заготовки происходит по двум базовым отверстиям
выдвижными пальцами 4, а крепление — посредством гидро-

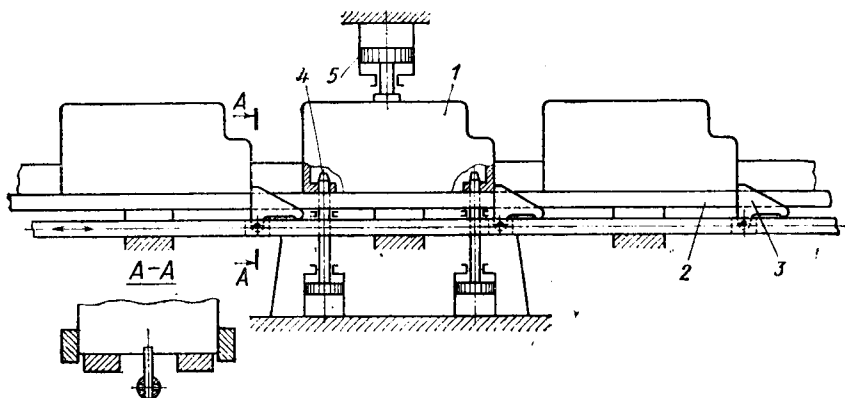


Рис. 166. Устройство для перемещения и установки заготовок корпусных деталей на автоматической линии

цилиндра 5. Управление гидроцилиндрами шагового транспортера, выдвижных пальцев и зажима производится механизмом синхронизации автоматической линии.

Приспособления-спутники представляют собой устройства, которые сопровождают закрепленную в них заготовку по всем позициям автоматической линии. С помощью спутников достаточно просто решается задача ввода заготовок в рабочие зоны всех позиций автоматической линии. Спутники применяют при обработке трудно транспортируемых заготовок сложной конфигурации с постоянством баз. В качестве последних используют достаточно развитые поверхности заготовки обработанные или необработанные, обеспечивающие ее устойчивое положение в приспособлениях на всех позициях линии. Все стадии обработки выполняются при одном закреплении заготовки.

Приспособление-спутник в простейшем случае представляет собой плиту прямоугольной формы в плане, которая с закрепленной на ней заготовкой последовательно перемещается по всей трассе линии с помощью шагового транспортера. В начале линии на спутнике устанавливается и закрепляется заготовка, в конце линии она открепляется и снимается. Возврат спутников в исходное положение производится специальным транспортером, на одном участке которого спутники моют для удаления с них стружки. Количество спутников на линии на 20—30 % превышает количество позиций линии, включая 5—10 % на ремонт спутников. Корпус спутника должен иметь развитую опорную плоскость; для направления спутника используют боковые площадки или пазы, которыми он скользит по планкам транспортирующего устройства при своем перемещении.

На рис. 167, а приведена схема спутника. К его корпусу 1 привернуты стальные закаленные планки 2, которыми он сколь-

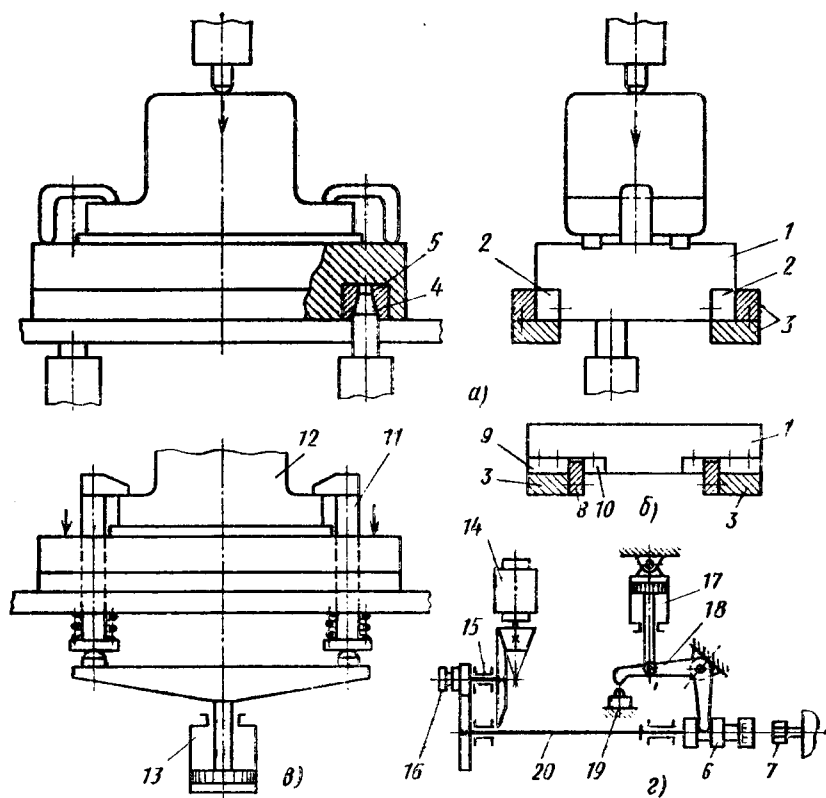


Рис. 167. Приспособления-спутники для автоматических линий

зит по направляющим транспортирующего устройства 3. Палец 4 и втулка 5 служат для фиксации спутника на позиции линии. Другой вариант направления спутника показан на рис. 167, б. Корпус 1 скользит по опорным планкам транспортера 3, а боковое направление обеспечивается пластинами 8. Для уменьшения износа к корпусу спутника привернуты стальные каленые планки 9 и 10.

Спутник на рабочей позиции линии фиксируется с помощью двух пальцев 4 с конической заточкой (см. рис. 167, а). Пальцы входят во втулку 5, запрессованную в корпусе спутника. Точность фиксации спутников должна быть не менее 0,05 мм. Более точная фиксация может быть получена, когда спутники на рабочих позициях линии прижимаются к боковым и торцовому упорам специальными гидроцилиндрами. После открепления спутник возвращается на трассу транспортера.

На каждой рабочей позиции линии спутник прижимается к жесткому основанию с помощью пневмо- или гидроцилиндров,

Для повышения надежности его закрепление часто производится через клиновую самотормозящую систему. Перемещение спутников с одной позиции на другую обычно производится с помощью шагового устройства, схема работы которого показана на рис. 166. Реже применяют перенос спутников двумя штангами. Закрепление заготовки на спутнике осуществляется после ее установок на те или иные базы резьбовыми прихватами (см. рис. 167, а) вручную или с помощью вспомогательных агрегатов. В качестве последних используют электро- или пневмовинторазвертывающие устройства (гайковерты), смонтированные на стационарных стойках в начале и в конце (для открепления заготовок) линий.

Применение пневматических или гидравлических зажимных устройств затруднено, так как подвод сжатого воздуха или рабочей жидкости к движущемуся спутнику весьма сложен.

На рис. 167, в показан способ крепления заготовки на плите спутника с помощью пружинных Г-образных прихватов 11. При установке и снятии заготовки 12 эти прихваты отжимаются вверх с помощью пневмо- или гидроцилиндра 13. Этот способ крепления обеспечивает постоянную, но недостаточно большую силу закрепления.

На рис. 167, г показана принципиальная схема устройства для затяжки винтового зажима 7 спутника. На валу 20 по скользящей шпонке перемещается муфта 6 с торцовым ключом. Вращение на вал передается от электродвигателя 14 через пару конических и пару цилиндрических зубчатых колес. На промежуточном валу 15 смонтирована фрикционная муфта 16, передающая на вал 20 заранее установленный крутящий момент. При подаче масла в верхнюю полость гидроцилиндра 17 через рычажную систему 18 происходит подвод ключа и включение электродвигателя от пускового устройства 19. Через определенный промежуток времени происходит подача масла в нижнюю полость цилиндра. Ключ отводится в исходное положение, и электродвигатель останавливается. В более совершенных системах заготовка устанавливается и закрепляется, а также освобождается и снимается со спутника с помощью специальных автоматических устройств.

Кроме рассмотренных, имеются поворотные спутники для многопозиционной обработки, а также спутники для многоместной обработки.

Применение приспособлений-спутников повышает надежность работы линии, так как закрепление и открепление заготовки происходит один раз, улучшаются условия очистки приспособлений от стружки, но несколько ухудшается доступность подвода рабочих инструментов к заготовке с разных сторон.

Приспособления-спутники одной автоматической линии должны быть взаимозаменяемы. Точность их изготовления по основным размерам, влияющим на точность обработки, обычно принимают 0,1—0,2 допуска на выдерживаемый размер.

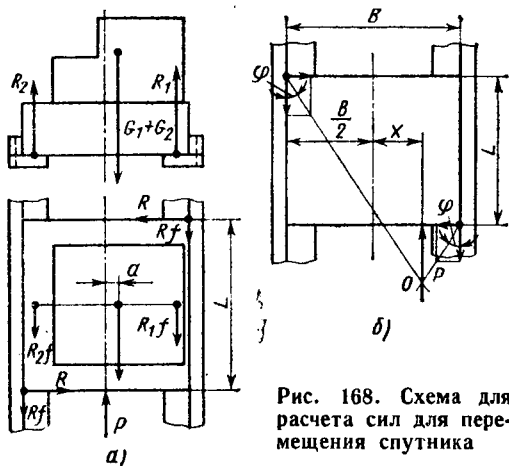


Рис. 168. Схема для расчета сил для перемещения спутника

К недостаткам автоматических линий со спутниками относится некоторое усложнение транспортирующих устройств из-за необходимости возврата спутников в исходное положение, увеличение общей стоимости линий в результате этого и сравнительно большого числа спутников; большее количество стыков и сопряжений в технологической системе при использовании спутни-

ков затрудняет создание промежуточных заделов на отдельных участках линии. Работа последней обычно выполняется с жесткими транспортными связями.

В последнее время наметился переход от цельных к составным спутникам, включающим основную плиту, узлы установки и крепления заготовки, а также другие вспомогательные элементы. Их преимущества: возможности унификации и нормализации, меньшие трудности изменения при смене обрабатываемых деталей, большие возможности переналадки линий, и удобства ремонта спутников.

Сила, необходимая для перемещения спутника,

$$P = (G_1 + G_2) f,$$

где G_1 — вес приспособления-спутника; G_2 — вес заготовки, закрепляемой в спутнике; f — коэффициент трения между спутником и направляющими планками.

Если вес спутника с заготовкой распределяется на обе направляющие планки неравномерно, то согласно рис. 168, а может возникнуть перекося спутника, в результате чего возникают дополнительные силы трения на боковых направляющих. В этом случае сила перемещения спутника

$$P = R_1 f + R_2 f + 2Rf, \quad (60)$$

где R_1, R_2 — реакции горизонтальных направляющих планок от веса G_1 и G_2 ; R — реакция вертикальных направляющих планок из-за перекося спутника;

$$R_1 + R_2 = G_1 + G_2 \text{ и } RL = (R_1 + R_2) fa, \quad (61)$$

где L — длина спутника; a — расстояние от центра тяжести спутника с заготовкой до линии действия силы P .

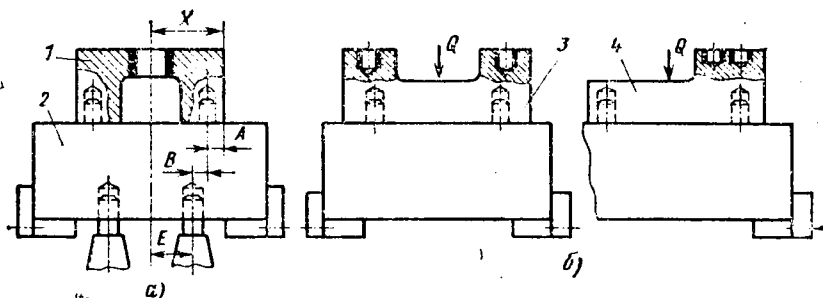


Рис. 169. Схема для анализа размерной цепи спутника

Подставляя в формулу (60) выражения (61), получим

$$P = f(G_1 + G_2) \left(1 + \frac{2fa}{L} \right).$$

В некоторых случаях сила от шагового устройства передается на спутник со смещением x от осевой линии. Найдем величину x , при которой возможно заклинивание спутника в направляющих из-за его перекоса. На рис. 168, б показаны направления действующих на спутник сил, которые пересекаются в точке O . Из геометрических соотношений следует

$$(0,5B - x) \operatorname{tg} \varphi + L = (0,5B + x) \operatorname{tg} \varphi.$$

Заклинивание начинается при

$$x = L/2 \operatorname{tg} \varphi,$$

где L — длина направляющих спутника; φ — угол трения.

Допуски на размеры приспособлений-спутников, влияющих на точность обработки, следует определять на основе решения соответствующих размерных цепей данной технологической системы. На рис. 169, а показана схема растачивания отверстия в заготовке 1, установленной на спутнике 2. При растачивании требуется выдержать размер x от оси отверстия до базовой плоскости заготовки. Размер x является замыкающим звеном размерной цепи, составляющими звеньями которой будут размеры A , B и E . При решении размерной цепи по максимуму и минимуму допуски на размер B приспособления-спутника

$$\delta_B = \delta_x - \delta_A,$$

где δ_x — допуск на заданный размер; δ_A — допуск на размер A заготовки от оси базового отверстия до базовой плоскости.

Допуск на размер E принимается равным нулю, так как расстояние от оси расточного шпинделя до оси фиксирующего пальца для данной позиции автоматической линии можно считать постоянным.

При решении размерной цепи на базе теории вероятностей допуск на размер B

$$\delta_B = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left(\frac{\delta_x^2}{t^2} - \lambda_1 \delta_A^2 \right)},$$

где λ , λ_1 — соответственно коэффициенты, зависящие от формы кривых распределения размеров B и A ; t — коэффициент, определяющий долю риска получения брака по выдерживаемому размеру при обработке (значения λ и t и вывод приведенных формул см. в гл. VII).

Находят применение приспособления-спутники для групповых и переменного-поточных (переналаживаемых) автоматических линий. В конструкциях этих спутников предусматривается возможность установки и закрепления различных заготовок. Они имеют соответствующие установочные элементы и зажимные устройства. Последние выполняют постоянными или сменными. Постоянные зажимные устройства позволяют закреплять различные, обрабатываемые с помощью данного приспособления заготовки. Их конструктивное оформление связано с учетом размеров и конструктивных особенностей заготовок. В отдельных случаях они имеют быстросменные детали в виде подкладных шайб, планок и других элементов.

На рис. 169, б показана схема приспособления-спутника, рассчитанного на обработку двух односторонних деталей 3 и 4 различных размеров. Установку их производят на два базовых отверстия, а закрепление — одним зажимом.

Автоматические спутниковые линии широко применяют при обработке сложных корпусных деталей (картеров, поворотных кулаков рулевого управления, балок передних мостов и др.). Спутники используют также при обработке деталей вращения (тормозные барабаны), применяя при неподвижной заготовке вращающиеся резцовые головки.

§ 3. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И РОБОТОВ

На станках с программным управлением (ПУ) обрабатывают детали широкой номенклатуры малыми партиями. Характерным для этих станков является быстрая сменяемость партий, сложность и повышенная точность обработки деталей. Приспособления для станков с ПУ должны быть простыми и надежными в работе, жесткими для достижения заданной точности обработки, обеспечивать быструю установку и снятие обрабатываемых заготовок, допускать быструю переналадку и быть пригодными для групповой обработки. Для выполнения концентрированной многопереходной обработки сложных деталей они должны обеспечивать возможность подвода рабочего инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям с разных сторон заготовки.

Установку заготовок производят на предварительно обработанные базы, используя чаще всего следующие поверхности заготовки: три взаимно перпендикулярные плоскости (установка на шесть точек), нижнюю плоскость и два базовых отверстия, центровые гнезда, цилиндрические поверхности (наружную и внутреннюю) и торец для тел вращения. Характерным и важным условием выбора баз для установки заготовки в приспособление, является совмещение их с осями координат, от которых указываются заданные размеры. На рис. 170, а показан пример такого совмещения. Соблюдение этого условия облегчает расчет координат опорных точек траектории движения инструмента от выбранного начала отсчета (нулевой точки).

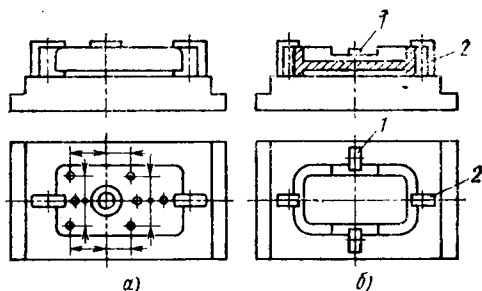


Рис. 170. Приспособления для станков с ЧПУ

Зажимные устройства отличаются простотой конструкции (прихваты, кулачки патронов и планшайбы). Их выполняют ручного типа и с приводом (обычно гидравлического или механического типа). Зажимные устройства в виде прихватов малогабаритны, легко размещаются в стесненных местах и не мешают выполнению обработки. При невозможности обеспечить последнее условие предусматривают обработку заготовки с ее пережимом (перехватом), расчлняя процесс обработки на данном станке на два последовательных этапа. Сперва заготовку закрепляют первыми зажимами 1 (рис. 170, б) и обрабатывают ее открытые поверхности. Затем перед началом второго этапа обработки заготовку закрепляют вторыми зажимами 2, а зажимы 1 снимают, освобождая закрытые до этого поверхности заготовки. При правильном выборе мест закрепления заготовки точность размеров и взаимного положений обработанных поверхностей получается достаточно высокой; это обусловлено тем, что при пережатии заготовки ее положение на станке не изменяется.

Зажимные устройства характеризуются точным изготовлением и высокой надежностью в работе. Это особенно важно в тех случаях, когда обслуживание станка с программным управлением осуществляется роботом. При токарной обработке робот берет заготовку из емкости (с транспортера) и устанавливает ее в строго ориентированном положении в кулачки патрона. Все движения робота, закрепление и открепление заготовки производятся от управляющей программы станка (управляющей ЭВМ для группы станков). При недостаточной точности позиционирования захвата робота кулачки патрона должны разводиться на большую величину, чем при ручной установке заготовки.

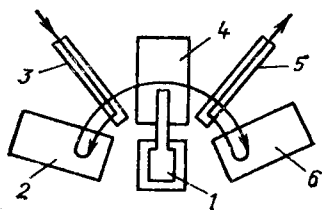


Рис. 171. Схема расположения робота для обслуживания трех станков:

1 — робот; 2, 4, 6 — станки с ЧПУ; 3 — транспортер подачи заготовок; 5 — транспортер удаления готовых деталей

Стационарно расположенный робот может обслуживать два-три станка (рис. 171), а робот, перемещаемый по верхним горизонтальным направляющим, — линию станков.

При обработке заготовок на расточных, фрезерных и сверлильных станках заготовки можно устанавливать обработанной базой непосредственно на стол станка с ориентацией по боковым упорам, закрепленным в Т-образных пазах. Вместо упоров на столе станка часто закрепляют линейку или угольник, а по ним уста-

навливают заготовку базовыми площадками или платиками. Для токарной обработки заготовок типа фланцев, втулок, стаканов используют клиновые самоцентрирующие патроны с быстрой перестановкой кулачков на требуемый диаметр. Патроны имеют гидравлический, пневматический или электромеханический привод. Обтачивание заготовок типа валов производят в центрах с передачей момента поводковым трехкулачковым патроном с быстрой перестановкой кулачков на нужный размер. Патроны имеют гидро-, пневмо- или электромеханический привод. Для полной обработки валов с одной установки применяют поводковые центры (ГОСТ 18257—72), а также поводковые шайбы с торцовыми рифлениями и плавающим передним центром. Необходимая осевая сила для внедрения рифлений в торец заготовки создается гидравлическим или электромеханическим устройством задней бабки — вращающимся центром. Передаваемый крутящий момент составляет 100 Н·м и больше. Для фрезерных станков с ЧПУ используют механогидравлические тиски нормальной и повышенной точности. Их выпускают неподвижного и поворотного типов.

Известно использование базовых плит из набора УСП. Эти детали имеют высокую точность исполнения и малый износ в процессе эксплуатации. Плиты обеспечивают открытую схему установки и хорошую доступность режущего инструмента к обрабатываемой заготовке.

Для участков станков с ПУ, управляемых от ЭВМ, используют универсальные и переналаживаемые приспособления-спутники. Примером первых может служить трехкулачковый самоцентрирующий патрон (рис. 172). На специальном стенде в этот патрон закрепляется заготовка, а затем он передается последовательно на станки данного участка. Обработанная деталь снимается, а патрон передается на исходную позицию для закрепления следующей заготовки. Патроны имеют коническую поверхность для точной установки на шпинделе станка и быстродействующее автоматическое устройство для надежного закрепления.

Перенастраиваемые приспособления-спутники имеют сменные установочные и зажимные устройства; они пригодны также и для групповой обработки.

На многооперационных станках «обрабатывающих центрах», имеющих двухпозиционные столы, используют приспособления-дублиры. В то время как закрепленная в одном приспособлении заготовка обрабатывается, в другом приспособлении происходит съем обработанной детали и установка новой заготовки. Такое совмещение времени способствует повышению производительности труда и лучшему использованию этого дорогостоящего оборудования.

Промышленные роботы в механосборочном производстве находят широкое применение. При механической обработке их используют как вспомогательные устройства, выполняющие функции: взять ориентированную заготовку из тары (бункера), поставить в станочное приспособление (патрон), снять обработанную заготовку со станка, отложить в тару или передать на следующую позицию обработки без потери ориентации заготовки. Безотказное выполнение этих вспомогательных функций во многом зависит от конструкции захватов робота, которые являются его сменной и перенастраиваемой оснасткой.

В сборочном производстве роботы могут выполнять и технологические функции — автоматически производить сборку несложных узлов или отдельные этапы общей сборки изделия. Их можно использовать в качестве отдельных технологических установок на узловой сборке, встроенными в поточную линию с автономной системой управления и встроенными в сложные автоматические комплексы с общей системой управления. В массовом производстве применяют цикловые и специальные сборочные роботы, в мелкосерийном производстве с широкой номенклатурой изделий — универсальные обучаемые роботы с ЧПУ. Во всех случаях роботы должны иметь сборочное приспособление, в которое прежде всего ставят базовую деталь собираемого узла. После ее автоматического закрепления производится последовательная

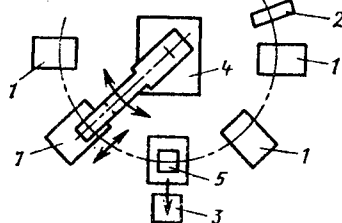


Рис. 173. Компонировка рабочего места сборочного робота

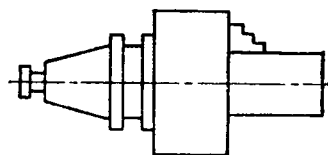


Рис. 172. Патрон-спутник для автоматической линии, управляемой от ЭВМ

установка всех сопрягаемых деталей. Затем собранный узел открепляется и передается в тару или на следующую позицию. Весь цикл сборки выполняется автоматически, без участия человека, по заранее составленной программе.

Сборочное приспособление устанавливается на столе или стойке возле робота. В простейшем случае оно представляет собой плиту с эле-

ментами для точной установки базовой детали собираемого узла. Зажимные устройства (если они необходимы) выполняют пневматическими или гидравлическими с управлением от системы робота. При сборке точных сопряжений точность позиционирования руки робота может оказаться недостаточной. В этом случае применяют дополнительные устройства для точного направления сопрягаемых деталей. Приспособление должно быть по возможности простым, с открытой рабочей зоной, обеспечивающей подвод руки робота и установку деталей. В мелкосерийном производстве приспособление может быть быстро собрано из элементов УСП.

Конструирование сборочного приспособления тесно связано с общей компоновкой рабочего места (рис. 173). В него входят вибробункеры и магазины 1 для сопрягаемых деталей, магазин 2 сменных инструментов и захватов, а также устройство для приема собранного изделия (лоток, транспортер, позиция для передачи на следующий агрегат 3). Расположение этих устройств определяет цикл работы робота 4 и общую схему сборочного приспособления 5.

**§ 1. СПЕЦИФИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ПРИСПОСОБЛЕНИЙ**

Приспособления изготавливают различными методами. Универсальные приспособления выпускаются в значительном количестве для укомплектования новых станков и действующего станочного оборудования; значительная часть их стандартизована (трех- и четырехкулачковые патроны, плиты и другие устройства). Изготовление этих приспособлений сосредоточено на специализированных заводах или в специальных цехах станкоинструментальных заводов и осуществляется по принципам поточно-массового или крупносерийного производства. Аналогичным образом изготавливают нормализованные приспособления, а также узлы и отдельные детали к ним. Специальные приспособления изготавливают индивидуально или малыми партиями в инструментальных цехах машиностроительных заводов (для собственных нужд) и станкостроительными заводами (для оснащения выпускаемых специальных станков). При широком использовании стандартных элементов их изготовление может быть организовано по принципу серийного производства на специализированных заводах. При широкой номенклатуре изделий и большом объеме выпуска эти заводы могут обслуживать группы прикрепленных предприятий.

Специализация производства и возможность эффективного использования специального оборудования обеспечивают изготовление приспособлений в сжатые сроки и меньшей себестоимости.

Заготовки для деталей специальных приспособлений выполняют методами единичного производства (литьем, ковкой, мелкие детали обрабатывают из сортового материала). Заготовки средних и крупных размеров сложной конфигурации (корпусы приспособлений, стойки, кронштейны и т. п.) часто изготавливают сварными. Литые заготовки ответственных деталей (корпусы приспособлений) перед окончательной механической обработкой целесообразно подвергать обдирке и естественному или искусственному старению для снятия остаточных напряжений. Сварные заготовки получают из предварительно заготовленных элементов (плит, планок, угольников, косынок, шайб, втулок). Их очищают от ржавчины и масла, собирают на струбцинах, выверяют правильность взаимного положения и «прихватывают» в отдельных точках.

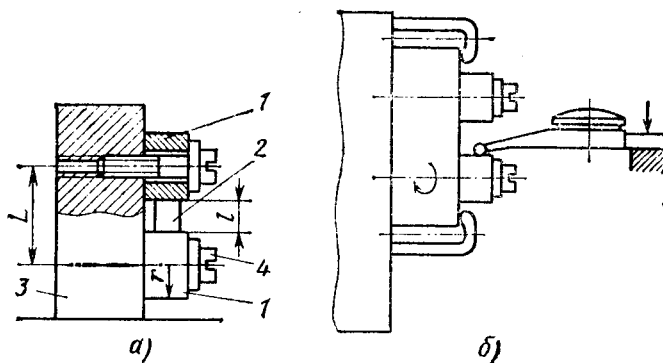


Рис. 174. Схема установки эталонных втулок и выверка положения детали по индикатору

После снятия струбцин производят проверку, а затем накладывают основные швы. Для уменьшения деформаций предпочтительна дуговая электросварка. Газовую сварку применяют для деталей толщиной до 4 мм. Деформации узла уменьшают также наложением прерывистых сварных швов.

Для снятия остаточных напряжений сварные заготовки нагревают в течение 1,5—2 ч при температуре 600—650 °С. При больших размерах узла, когда нагрев затруднен, проковывают швы молотком. Детали специальных приспособлений разнообразны, точность их изготовления соответствует 6—9-му квалитетам, поэтому механическая обработка выполняется рабочими высокой квалификации. Обработку нормализованных деталей ведут партиями на предварительно настроенных станках, применяя методы серийного производства.

Специфично изготовление деталей с точно координированными отверстиями (корпусов сверлильных и расточных приспособлений, накладных кондукторов, дисков, делительных устройств и т. п.). При узких допусках на межосевые расстояния (сотые и тысячные доли миллиметра) обычные методы разметки и растачивания не обеспечивают нужного результата. При большом объеме работ по выполнению точно координированных отверстий следует применять координатно-расточные станки обычного типа или с ЧПУ, на которых обеспечивается высокая точность отверстий с параллельными, а при наличии поворотного стола — с пересекающимися или перекрещивающимися осями. Применяя специальные планетарные головки, на этих станках можно вести также шлифование точно расположенных отверстий, круглых пазов и криволинейных поверхностей.

При малой загрузке координатно-расточных станков их высокая стоимость не окупается. Поэтому на небольших заводах

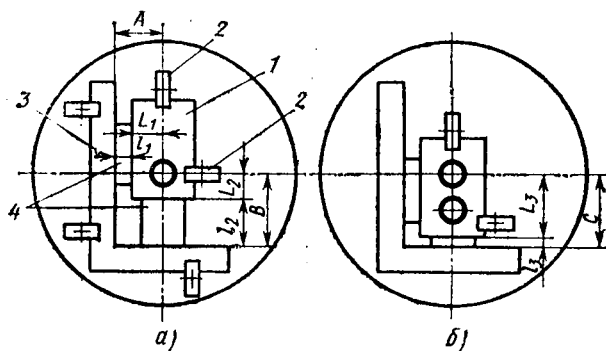


Рис. 175. Схема растачивания точно координированных отверстий с установкой по угольнику и мерным плиткам

применяют упрощенные методы получения точно расположенных отверстий на станках универсального типа.

Растачивание по эталонным втулкам осуществляют на точных токарных горизонтально-расточных или вертикально-фрезерных станках. Положение осей размечают на заготовке, по этой разметке сверлят отверстия и нарезают в них резьбу. Диаметр отверстий должен быть меньше диаметра растачивания. На лицевой стороне детали привертывают эталонные втулки, наружный диаметр которых имеет округленный размер (15, 20 и 30 мм). Расстояние между втулками 1 точно устанавливают с помощью мерных плиток 2 (рис. 174, а). Затем втулки окончательно крепят к заготовке 3, затягивая винты 4. Необходимый размер набора плиток L легко подсчитать, зная заданное межосевое расстояние L и размеры втулок r . Заготовку с закрепленными втулками устанавливают на планшайбу токарного станка так, чтобы ось одной из втулок совпала с осью шпинделя с выверкой по индикатору (рис. 174, б). Добившись точной установки заготовки, втулку снимают, и отверстие растачивают до нужного размера. Таким образом, ось расточенного отверстия точно совпадает с осью эталонной втулки. Аналогично растачивают остальные отверстия детали, обеспечивая точность межосевого расстояния до 0,01 мм.

Можно растачивать отверстия также на токарном станке без предварительной разметки. Заготовку 1 (рис. 175, а) крепят на планшайбе токарного станка прихватами 2. Точную установку заготовки производят по закрепленному на планшайбе угольнику 3 с помощью мерных плиток 4. Предварительными точными измерениями определяют расстояния A и B от оси вращения до граней угольника. Размеры наборов плиток L_1 и L_2 для получения заданных размеров L_1 и L_2 определяют подсчетом:

$$L_1 = A - L_1 \text{ и } L_2 = B - L_2.$$

Аналогичным образом растачивают и другие отверстия (рис. 175, б). При этом методе необходимо координировать размеры растачиваемых отверстий от базовых граней детали. Для уменьшения влияния упругих отжимов на точность растачивания обработку ведут за несколько проходов. На последнем проходе снимают минимальную стружку, добиваясь получения заданного диаметрального размера.

При обработке (или контроле) наклонных площадок, положение которых на детали задано определенными углами, применяют синусные плиты, установленные на три сферические опоры. Зная расстояние между опорами, можно рассчитать высоту подставок, чтобы обрабатываемая (контролируемая) деталь занимала то или иное наклонное положение. Применяют также синусные плиты в комбинации с делительным устройством. На них можно размечать и шлифовать детали, используя съемные магнитные плиты. Плиту устанавливают под требуемым углом к горизонтальной плоскости с помощью мерных плиток с высокой точностью.

Для достижения заданной точности при изготовлении приспособлений применяют спаренную обработку (совместное растачивание сопряженных деталей, развертывание, шлифование), а также перенос размеров с одной детали на другую. Механическую обработку ведут на универсальных станках, используя инструменты и приспособления общего назначения.

Большие возможности в части сокращения сроков и себестоимости изготовления приспособлений для серийного производства дает применение пластмасс. В станочных приспособлениях обычно используют эпоксидные компаунды как наиболее прочные пластические массы. Литейная композиция из них содержит 100 массовых долей эпоксидной смолы ЭД-5 или ЭД-6, 200 м. д. наполнителя (железный порошок, железный сурик, маршаллит, цемент и др.), 15—20 м. д. пластификатора (дибутилфталат) и 8—9 м. д. отвердителя (полиэтиленполиамин). При изготовлении основных и вспомогательных деталей специальных приспособлений эту композицию заливают в разовые формы. После отверждения компаунд имеет следующие механические свойства: твердость *НВ* 20, предел прочности при растяжении 60 МПа, предел прочности при сжатии до 130 МПа, удельную ударную вязкость до 120 МПа. Плотность компаунда в зависимости от наполнителя 1,2—2,0; усадка компаунда при отверждении около 0,1 %; его износостойкость близка к износостойкости алюминиевых сплавов. Прочность компаунда можно повысить введением стальной арматуры.

Разовые формы для отливок можно изготавливать из гипса (по выплавляемой восковой модели отливаемой детали), картона (путем вычерчивания, вырезки и последующего склеивания развертки для простых конфигураций деталей), а также из пластилина. Изготовление таких форм не требует много времени (около 1—1,5 ч).

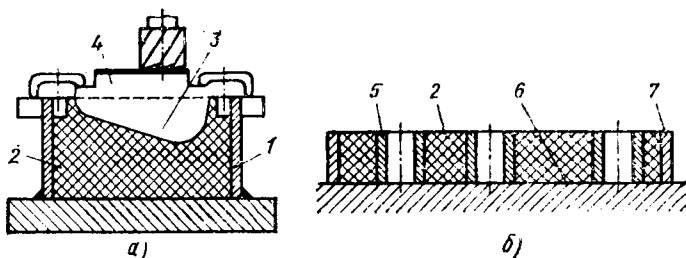


Рис. 176. Приспособление с использованием пластмассы:
 а — с ложементом; б — пример отливки кондукторной плиты из пластмассы

Из эпоксидного компаунда можно отливать ложементы (негативные отпечатки) для установки обрабатываемых заготовок по внешней поверхности. Основанием ложемента служит сварная коробка (кассета) 1, заливаемая компаундом 2 (рис. 176, а). На ее верхней плоскости литьем по эталонной детали получается негативный отпечаток 3 для обрабатываемой заготовки 4.

На рис. 176, б показан способ изготовления кондукторных плит с точно координированными отверстиями. Кондукторные втулки 5 устанавливают на основание 6 по мерным плиткам. Фиксация их производится струпцинами или клеем. Затем устанавливают рамку 7, определяющую внешние контуры кондукторной плиты, и пространство между втулками и рамкой заливают компаундом 2. При малой усадке компаунда обеспечивается точное межосевое расстояние.

Сборку специальных приспособлений производят с выполнением ряда пригоночных работ и обработкой «по месту». Для получения сопряжений повышенной точности применяют припиливание, пришабривание и притирку. Сборку следует расчленять на узловую и общую, что сокращает длительность цикла изготовления приспособлений.

В процессе сборки производят регулировку и точную выверку взаимного положения деталей и узлов приспособления. Найденное положение фиксируют контрольными штифтами. Для неподвижных соединений деталей и приспособлений, работающих на сжатие и сдвиг, можно применять склеивание. При использовании эпоксидных клеев получают прочность на сдвиг 30—35 МПа. Для точной фиксации сопряженных деталей необходимо применять контрольные штифты. Разборка клеевых соединений производится нагревом их до температуры 150 °С.

Для повышения точности сборки часто практикуют совместную обработку нескольких деталей после их сборки. Так, для получения строгой соосности отверстий в нескольких деталях их окончательное растачивание ведут с одной установки. Рабочие поверхности установочных элементов часто шлифуют за один проход после окончательной фиксации на корпусе приспособления.

При сборке приспособления обращается внимание на качественную пригонку элементов фиксации корпуса приспособления со станком.

§ 2. ПРИЕМКА И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Вновь изготовленное приспособление тщательно проверяют перед сдачей в эксплуатацию. Проверка предусматривает: внешний осмотр, контроль комплектности в соответствии с чертежом, правильность изготовления приспособления по основным элементам и сопряжениям (плавность и легкость перемещений, плотность посадок), опробование приспособления в работе с выполнением необходимых регулировок и доводочных работ (проверка действия установочных и зажимных механизмов, поворотных устройств, фиксаторов, выталкивателей) и контроль приспособления на точность выполняемой им работы.

Контроль точности изготовления станочных и сборочных приспособлений осуществляют тремя способами: непосредственным измерением тех размеров приспособления, от которых зависит точность его работы; пробной обработкой нескольких заготовок (сборкой нескольких узлов) с последующим контролем их качества универсальными измерительными средствами, калибрами или контрольными приспособлениями; использованием для контроля эталонных деталей.

Первый способ, осуществляемый с помощью универсальных измерительных инструментов, трудоемок и выполняется высококвалифицированными контролерами. Второй способ является чисто функциональным, он удобен для производственных условий, но связан с потерей пробных заготовок. Третий способ основан на использовании эталонной детали, с помощью которой проверяют положение установочных элементов относительно направляющих элементов.

На рис. 177 показана схема проверки размера H у расточного приспособления. Вместо заготовки в приспособление устанавливают эталонную деталь 1, у которой этот размер точно выдержан. Через направляющие (кондукторные) втулки вводят эталонную скалку 2. Если в изготовленном приспособлении расстояние от плоскости установочных элементов 3 до оси кондукторных втулок не соответствует размеру H , то скалка не пройдет через эталон.

Приспособления периодически осматривают и проверяют. В серийном производстве приспособления периодически снимают со станков и сдают на склад или хранят у рабочего места. В это время их осматривают и проверяют точность размеров. В массовом производстве приспособления проверяют на станке в перерывах между сменами. Здесь наиболее удобен контроль по эталонам.

На крупных заводах периодическую проверку приспособлений осуществляют работники ОТК. Результаты проверки фиксируются в паспорте приспособления. На основе периодических осмотров и проверок выявляется необходимость профилактического и текущего ремонтов, а также замены изношенных элементов и узлов приспособления. В паспорт приспособления вносят следующие данные: шифр приспособления; наименование и номер операции; номер чертежа приспособления; инвентарный номер станка, на котором используется приспособление; дата проверки, заключение и подписи приемщиков; время работы приспособления; число обработанных деталей; замечания рабочих и мастера; дата и причина ремонта; дата выхода приспособления из строя и причина. Данные паспорта учитываются при конструировании аналогичных приспособлений. Новое контрольное приспособление проходит наладку, проверку перед сдачей в эксплуатацию и периодические проверки на рабочих и контрольных постах. При приемке контрольные приспособления подвергают полному метрологическому исследованию, сопоставляя результаты измерений деталей в приспособлении с результатами измерения универсальными инструментами. Погрешности измерения анализируют и определяют стабильность работы приспособления. На принятое приспособление составляют аттестат, инструкцию для пользования и карту периодической проверки.

Периодическая проверка контрольных приспособлений в процессе их эксплуатации производится ОТК. Проверку осуществляют инспектора центральной измерительной лаборатории (ЦИЛ) по специальной инструкции, имея чертеж приспособления и карту периодической проверки. При обнаружении дефектов и износа приспособления направляют в ремонт. После ремонта приспособления проходят контрольную проверку ОТК. Измерения при проверке приспособления выполняют универсальными мерителями, а также с помощью эталонных деталей. Последние используют для периодической настройки контрольных приспособлений, снабженных отсчетными измерительными средствами (индикаторами, миниметрами и т. п.). На эталонные детали составляют паспорта, а сами они проходят периодическую проверку в ЦИЛ.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Определение силы закрепления заготовки в станочном приспособлении расчетом и последующая экспериментальная ее проверка.
2. Исследование факторов, влияющих на силу закрепления заготовок на магнитной плите.

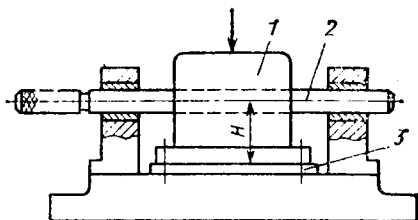


Рис. 177. Проверка расточного приспособления по эталонной детали

3. Расчет и экспериментальная проверка необходимого давления в гидропластмассовой оправке для передачи заданного крутящего момента на обрабатываемую заготовку.

4. Экспериментальные исследования силы закрепления заготовок при использовании пневмоцилиндров и пневмокамер.

5. Исследование погрешности установки заготовок в приспособлениях различного типа.

6. Исследование погрешности базирования заготовок при различных схемах установки.

7. Исследование точности делительных механизмов приспособлений различного типа.

8. Исследование точности обработки отверстий без направления и с направлением инструмента по кондукторным втулкам.

9. Практика применения приспособлений типа УСП и УНП.

10. Исследование точности и производительности контрольных приспособлений.

11. Исследование производительности сборочных приспособлений.

12. Определение экономической целесообразности применения приспособлений различного типа.

На каждую работу отводится в среднем 2 ч. На весь курс следует выбрать из приведенного перечня пять-шесть работ.

Домашнее задание

На заданную операцию обработки (сборки, контроля) составить эскизы приспособления с расчетными обоснованиями и пояснениями. Объем задания 10—12 стр. текста и рисунков. В домашнем задании студент разрабатывает вопросы установки и закрепления заготовки (детали), определяет конструкцию и размеры установочных и зажимных устройств, общую компоновку приспособлений, выбирает вспомогательные устройства. В записке отражаются также вопросы автоматизации и экономики применения приспособления.

Тематика научных исследований

В тематике могут быть вопросы исследования точности установки заготовок и деталей в приспособлениях, методики их расчета, автоматизации расчета и конструирования приспособлений, экономического обоснования их применения и другие вопросы. Исследования могут носить экспериментальный и расчетный аналитический характер. Объем исследования 15—20 стр.

Список литературы

1. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1975. 656 с.
2. Антонюк В. Е., Королев В. А., Башеев С. М. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений. Минск: Беларусь, 1969. 392 с.
3. Болотин Х. Л., Костромин Ф. П. Станочные приспособления. М.: Машиностроение, 1973. 315 с.
4. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1979. 303 с.
5. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1971. 288 с.
6. Новиков М. П. Основы технологии сборки машин и механизмов. М.: Машиностроение, 1980. 592 с.
7. Основы технологии машиностроения/Под ред. В. С. Корсакова. М.: Машиностроение, 1977. 416 с.
8. Прогрессивные конструкции станочных приспособлений/Под ред. В. А. Блюмберга. Л.: Машиностроение. 1968. 292 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. М.: Машиностроение, 1972. 568 с.

Оглавление

Предисловие	3
Введение	5
1 Установка заготовок и установочные элементы приспособлений	10
§ 1. Принципы установки заготовок в приспособлениях	10
§ 2. Погрешности установки заготовок в приспособлениях	16
§ 3. Типовые схемы установки заготовок в приспособлениях	23
2 Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений	61
§ 1. Назначение зажимных устройств	61
§ 2. Методика расчета сил закрепления	65
§ 3. Элементарные зажимные устройства	85
§ 4. Силловые узлы и устройства приспособлений	112
§ 5. Комбинированные зажимные устройства	141
§ 6. Зажимные устройства многоместных приспособлений, станков непрерывного действия и автоматических приспособлений	146
§ 7. Примеры расчета сил закрепления заготовки и зажимных устройств приспособлений	152
3 Направляющие, настроечные, вспомогательные и базовые элементы (корпусы) приспособлений	156
§ 1. Детали приспособлений для направления рабочего инструмента	156
§ 2. Детали приспособлений для настройки технологической системы на выдерживаемый размер	164
§ 3. Вспомогательные элементы и устройства приспособлений	166
§ 4. Корпусы приспособлений	173
4 Методика конструирования специальных станочных приспособлений	178
§ 1. Исходные данные и задачи конструирования. Типы приспособлений	178
§ 2. Последовательность конструирования	183
§ 3. Обеспечение жесткости, виброустойчивости и точности приспособлений	184
§ 4. Экономические расчеты	189
§ 5. Автоматизация поиска, расчета и конструирования приспособлений	192
5 Нормализация и универсализация приспособлений. Приспособления для групповой обработки	196
§ 1. Роль и значение нормализации приспособлений в механосборочном производстве	196

§ 2. Направление и этапы нормализации приспособлений . . .	197
§ 3. Основные направления универсализации и создания перенастраиваемых (обратимых) приспособлений	198
§ 4. Приспособления для групповой обработки	205
6 Приспособления для крепления и фиксации режущего инструмента на станках	208
§ 1. Приспособления к вертикально-сверлильным станкам . . .	209
§ 2. Приспособления к фрезерным станкам	219
§ 3. Приспособления к станкам токарной группы	220
7 Сборочные приспособления	221
§ 1. Назначение и типы сборочных приспособлений	221
§ 2. Элементы сборочных приспособлений	225
§ 3. Специфика конструирования специальных сборочных приспособлений	228
§ 4. Приспособления для изменения положения собираемого изделия	234
8 Контрольные приспособления	235
§ 1. Назначение и типы контрольных приспособлений	235
§ 2. Основные элементы контрольных приспособлений	236
§ 3. Примеры контрольных приспособлений	248
9 Приспособления для автоматизированного производства	250
§ 1. Автоматизация приспособлений для универсального и специального оборудования	250
§ 2. Приспособления автоматических линий	255
§ 3. Приспособления для станков с программным управлением и роботов	262
10 Специфика изготовления и контроля приспособлений	267
§ 1. Специфика изготовления приспособлений	267
§ 2. Приемка и периодический контроль приспособлений в процессе их эксплуатации	272
Примерный перечень лабораторных работ	273
Домашнее задание	274
Тематика научных исследований	274
Список литературы	275

ИБ № 3296

Владимир Сергеевич Корсаков

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

2-е изд., перераб. и доп.

Редактор Н. П. Гурвич

Художественный редактор С. С. Водчик

Технический редактор Ф. П. Мельниченко

Корректоры Л. Л. Георгиевская и Л. Я. Шабашова

Оформление художника А. П. Ковалева

Сдано в набор 09.02.83. Подписано в печать 13.05.83. Т-06140.

Формат 60×90/16. Бумага типографская № 3. Гарнитура литературная.

Печать высокая. Усл. печ. л. 17,5. Уч.-изд. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 17,5.

Тираж 50 000 экз. Заказ 322. Цена 95 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство
«Машиностроение», 107076, Москва, Б-76,
Стромынский пер., д. 4

Ленинградская типография № 6 ордена Трудового Крас-
ного Знамени Ленинградского объединения «Техниче-
ская книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома
при Государственном комитете СССР по делам изда-
тельства, полиграфии и книжной торговли.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.

Издательство «Машиностроение»

НОВЫЕ КНИГИ

по станкостроению и инструментальному производству

Выпуск 1983 года

Власов В. Ф. Повышение эффективности инструментального производства в машиностроении. 17 л., ил. В пер.: 1 р.

Власов С. Н., Годович Г. М., Черпаков Б. И. Устройство, наладка и эксплуатация металлообрабатывающих станков и автоматических линий: Учебник для техникумов. 30 л., ил. В пер.: 1 р. 10 к.

В помощь конструктору-станкостроителю/В. И. Калинин, В. Н. Никифоров, Н. Я. Аникеев и др. 20 л., ил. В пер.: 1 р. 40 к.

Дьячков В. Б., Кабатов Н. Ф., Носинов М. У. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: Справочник. 27 л., ил. В пер.: 1 р. 80 к.

Евгеньев Г. Б. Основы программирования обработки на станках с ЧПУ. 22 л., ил. В пер.: 1 р. 50 к. (По подписке).

Кузнецов В. Г. Приводы станков с программным управлением: Учебн. пособие для техникумов. 17 л., ил. В пер.: 70 к.

Кузнецов Ю. И., Маслов А. Р., Байков А. Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. 30 л., ил. В пер.: 2 р.

Марголит Р. Б. Наладка станков с программным управлением: Учеб. пособие для техникумов. 18 л., ил. В пер.: 90 к.

Микроэлектронные устройства в системах управления/С. Г. Синичкин, Н. И. Стародуб, Е. А. Чернов и др. 12 л., ил. (Электроавтоматика станков). 65 к.

Олеров И. М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений: Справочник. 2-е изд., перераб. 5 л., ил. 30 к.

Поляков Д. И., Костин А. И. Развитие автоматизации в станкостроении, 25 л., ил. (Б-ка технолога). В пер.: 1 р. 70 к.

Пружинно-гидравлическая зажимная оснастка для металлорежущих станков/Н. С. Чикирев, И. Я. Шашилевич, Л. Е. Немировский и др. 15 л., ил. В пер.: 80 к.

Плужников А. И. Точность и оптимизация кинематических цепей станков. 16 л., ил. В пер.: 1 р. 20 к. (По подписке).

Сафро Е. С. Наладка одношпиндельных токарно-револьверных автоматов: Справочник. 15 л., В пер.: 80 к.

Сафронович А. А. Карусельные станки. 18 л., ил. В пер.: 1 р. 30 к.

Сахаров Г. Н. {Обкаточные инструменты. 16 л., ил. В пер.: 1 р. (По подписке).

Справочник по наладке токарных и револьверных автоматов/А. А. Оганян, Э. М. Радинский, Л. Б. Гай, Г. Д. Райвид. 31 л., ил. (Серия справочников для рабочих). В пер.: 2 р. 10 к.

Станочные приспособления: Справочник. В 2-х томах. 90 л., ил. В пер.: 5 р. 60 к. (комплект).

Фолпрехт Я., Заградник И. Управление металлообрабатывающими станками. Пер. с чешск. 25 л., ил. В пер.: 2 р. 10 к. (По подписке).

Шпиндельные узлы агрегатных станков: Альбом/Н. М. Вороничев, Г. И. Плащей, С. С. Гиндин и др. 29 л., ил. В пер.: 1 р. 40 к.

По всем вопросам приобретения новых книг, в том числе оформления предварительных заказов и подписки, читателям следует обращаться непосредственно в местные магазины, распространяющие техническую литературу, а также в специализированные магазины — опорные пункты издательства «Машиностроение».