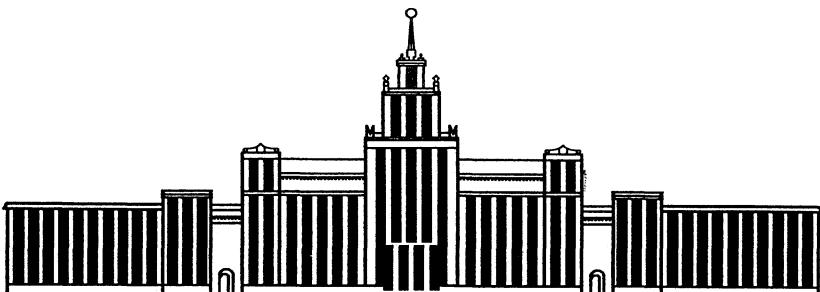

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621(07)
К959

О.Б. Кучина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебное пособие по курсовому проектированию

Челябинск
2011

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621(07)
К959

О.Б. Кучина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА

Учебное пособие по курсовому проектированию

Под редакцией Ю. Г. Микова

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2011

УДК [621:658.27](076.5)
К959

Одобрено
учебно-методической комиссией машиностроительного факультета
филиала ЮУрГУ в г. Миассе

Рецензенты:
Н.И. Олейник, Е.В. Субачев

Кучина, О.Б.

К959 Технологическая оснастка: учебное пособие по курсовому проектированию / О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 60 с.

В учебном пособии изложена методика проектирования станочных приспособлений. Особое внимание уделено разработке схем установки заготовок, расчету погрешности установки, расчету усилия закрепления, определению основных размерных параметров зажимных механизмов. Приведены примеры расчетов, необходимый справочный материал, список рекомендуемой литературы.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 151001 – «Технология машиностроения» очной,очно-заочной и заочной форм обучения. Рекомендуется для курсового проектирования по дисциплине «Технологическая оснастка», курсовых и дипломных проектов по «Технологии машиностроения».

УДК [621:658.27](076.5)

ВВЕДЕНИЕ

Приспособлениями в машиностроении называются вспомогательные устройства, используемые при выполнении операций механической обработки, сборки и контроля. Основную часть приспособлений составляют станочные приспособления, предназначенные для установки и закрепления обрабатываемых заготовок на станке в соответствии с требованиями технологического процесса. Данное учебное пособие содержит методику проектирования станочных приспособлений.

Применение приспособлений позволяет: устраниить разметку заготовок перед обработкой, повысить точность обработки, облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность, расширить технологические возможности оборудования, применить технически обоснованные нормы времени, повысить производительность труда за счет механизации и автоматизации закрепления заготовок.

Современные экономические условия машиностроительного производства требуют создание конструкций и систем приспособлений, методов их проектирования и изготовления, обеспечивающих сокращение сроков подготовки производства и снижения затрат. В зависимости от типа производства применяют различные конструкции приспособлений. В массовом и крупносерийном производстве применяют специальные приспособления необратимых конструкций для обработки определенной детали на конкретной операции. В серийном производстве рационально использовать специализированные переналаживаемые и обратимые системы приспособлений для обработки деталей различных типоразмеров, близких по конструктивно-технологическим признакам. В мелкосерийном и единичном производствах все более широко применяются системы универсально-сборных приспособлений и сборно-разборных приспособлений.

Изучение закономерности влияния приспособления на точность и производительность выполняемых операций позволяет проектировать приспособления, повышающие эффективность производственного процесса. Проводимая работа по унификации и стандартизации элементов приспособлений создала основу для автоматизированного проектирования приспособлений с использованием электронно-вычислительной техники. Это приводит к ускорению технологической подготовки производства.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения».

1. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

1.1. Исходные данные для проектирования

Конструирование приспособления тесно связано с разработкой технологического процесса изготовления данной детали. Конструктор приспособления в качестве исходных данных получает конкретные указания от технолога, который определят схему приспособления.

Исходными данными для проектирования приспособления служат основные сведения из разрабатываемого технологического процесса.

К ним относятся:

- 1) чертёж детали и чертёж заготовки;
- 2) операционные эскизы на предыдущую и выполняемую операцию с указанием принятой технологом схемы базирования и закрепления, а также требуемой точности обработки;
- 3) сведения о применяемом оборудовании, инструменте, режимах обработки;
- 4) сведения о необходимой производительности с учётом времени на установку, закрепление и замену обрабатываемой детали.

Кроме того, необходимо иметь стандарты и нормали на детали и узлы станочных приспособлений, альбомы нормализованных конструкций приспособлений.

Для курсового проектирования студент получает только основные исходные данные, а именно: чертеж детали и данные об обрабатываемой поверхности. Поэтому на первом этапе курсового проектирования он дополняет исходные данные: разрабатывает оптимальную схему базирования, выбирает схему закрепления, рассчитывает режимы резания и величину сил резания [1]. Полученные данные согласовывает с преподавателем.

Основные этапы проектирования приспособления выполняют в следующей последовательности:

- 1) исходя из схемы базирования обрабатываемой детали, точности и шероховатости базовых поверхностей определяют тип и размер установочных элементов, их число, взаимное расположение и рассчитывают составляющие погрешности установки;
- 2) исходя из заданной производительности операции определяют тип приспособления (одно- или многоместное, одно- или многопозиционное);
- 3) по направлению и величине сил резания и выбранной схеме установки составляют схему действия сил на деталь, выбирают точку приложения и направление силы закрепления, рассчитывают ее величину, также рассчитывают погрешность закрепления;
- 4) по силе зажима, и числу мест ее приложения выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные конструктивно-размерные параметры и величину необходимой исходной силы привода;
- 5) по величине исходной силы и регламентированному времени на закрепление выбирают тип силового привода и рассчитывают его основные размерные параметры, по ГОСТам и нормалиям приводят расчетные значения к стандартным;
- 6) в соответствии с назначениями стандартными размерами привода уточняют действительную силу закрепления;
- 7) устанавливают тип и размеры элементов для определения положения и направления режущего инструмента (кондукторные втулки, установки для фрезерных приспособлений);
- 8) выбирают делительные устройства (по необходимости), определяют их конструкцию, размеры, расположение;

- 9) выбирают вспомогательные элементы приспособления, определяют их конструкцию, размеры, расположение;
- 10) выбирают тип корпуса приспособления;
- 11) разрабатывают чертеж общего вида приспособления, определяют точность исполнительных размеров;
- 12) выполняют прочностной расчет нагруженных элементов приспособления, при использовании типовых конструкций данный расчет может быть опущен;
- 13) определяют экономическую целесообразность разработанной конструкции приспособления.

Результаты проработки исходных данных технологического процесса и предварительные расчёты могут привести к более рациональному построению оснащаемой операции, чем это предусмотрено в проектируемом технологическом процессе. В таких случаях проводится обязательное согласование с технологом и вносятся соответствующие изменения в технологический процесс.

1.2. Разработка чертежа общего вида приспособления

Разработку чертежа общего вида приспособления целесообразно начинать с нанесения контура обрабатываемой заготовки. Контуры заготовки обычно выполняются тонкой штрихпунктирной линией в трёх проекциях с разнесением их на расстояния, достаточные для изображения всех элементов приспособления. Затем последовательно к изображённому контуру вычерчиваются:

- 1) детали и узлы для направления инструментов или его правильной установки по отношению к обрабатываемой поверхности детали;
- 2) установочные элементы приспособления;
- 3) зажимные механизмы и их привод;
- 4) вспомогательные устройства;
- 5) корпус, связывающий все элементы в одно целое.

Общие виды приспособлений обычно вычерчиваются в натуральную величину (масштаб 1:1). Для очень крупных и мелких деталей допускается изменение масштаба, но для уменьшения конструктивных и размерных ошибок рекомендуется основные сопряжения выносить отдельно и вычерчивать в натуральную величину. Чертежи общего вида должны быть выполнены в полном соответствии с требованиями ЕСКД.

На общем виде приспособления проставляются следующие основные размеры:

1. Габаритные размеры, то есть размеры сборки по наиболее выступающим частям.

2. Контрольные и координирующие размеры с допусками, характеризующие точность взаимного расположения элементов приспособления. К ним относятся размеры установочных пальцев и точность их расположения по отношению к установочным деталям приспособления. Для кондукторов такими размерами являются расстояния между осями кондукторных втулок и расстояния от этих осей до поверхностей установочных элементов приспособления. Допуски на эти размеры

берут в 2–3 раза меньше допусков на соответствующие размеры деталей. Состав этой группы размеров выявляется из анализа технологических размерных цепей по каждому выдерживаемому на операции показателю точности, в которых размеры приспособления являются составляющими звенями.

3. Допуски на взаимную непараллельность, неперпендикулярность, неплоскость установочных поверхностей и осей центрирующих элементов. Эти допуски указываются на поле чертежа текстом или специальными значками. Точность вышеуказанных размеров и технических требований на расположение отдельных элементов приспособления определяется из расчёта соответствующих технологических размерных цепей. Эти допуски не должны превышать половины соответствующих допусков на расположение сопрягаемых с ними базовых поверхностей детали.

4. Посадки на основные сопряжения в деталях приспособления. К ним относятся посадки сопряжений зажимных устройств, выталкивателей и других вспомогательных устройств.

5. Присоединительные размеры. К ним относятся размеры элементов приспособлений, с помощью которых приспособление крепится к станку. Это размеры и взаимное расположение фиксирующих шпонок, штырей, посадочных диаметров и т.д.

При разработке общей компоновки приспособления и при его конструировании следует иметь в виду выполнение таких требований, как обеспечение удобства установки и снятия заготовки, лёгкость очистки приспособлений от стружки, удобство расположения рабочих рукояток и т.д.

Часто вместо полного проектирования оригинального приспособления бывает целесообразным использовать уже готовые, проверенные практикой решения как полной конструкций, так и отдельных его узлов. Такое использование типовых конструкций не только сокращает время проектирования приспособлений, но и значительно снижает стоимость изготовления, время наладки и гарантирует повышение качества. Для этой цели конструктор должен иметь в своём распоряжении не только альбом стандартных и унифицированных деталей и узлов, но и альбом типовых прогрессивных конструкций приспособлений. При использовании типовых конструкций проверочный расчёт на обеспечение требуемой точности изготовления деталей и прочностной расчёт не обязательны.

1.3. Особенности проектирования приспособлений для станков с ЧПУ

К приспособлениям для станков с ЧПУ предъявляются ряд требований, обусловленных спецификой этих станков. Основные из этих требований следующие.

1. Приспособления для станков с ЧПУ должны иметь повышенную точность и жёсткость. Это требование обусловлено тем, что на станках с ЧПУ, как правило, совмещаются черновые и чистовые операции. Для возможности использования полной мощности станка на черновых операциях приспособления должны иметь

повышенную жёсткость. В то же время конструкция приспособления должна обеспечивать получение высокой точности на чистовых операциях.

2. Приспособления должны иметь полное базирование на станке, что обеспечивает ориентирование заготовки, закреплённой в приспособлении, относительно начала координат станка (нулевой точки).

3. Приспособления должны обеспечивать возможность подвода инструмента к возможно большему числу поверхностей заготовки, так как станки с ЧПУ обеспечивают возможность обработки до четырёх-пяти поверхностей с одной установки.

4. Приспособления должны обеспечивать возможность смены заготовки во время работы станка. Это обусловлено тем, что возможность обработки на станках с ЧПУ максимального количества поверхностей заготовки с одной её установки резко увеличивает цикл обработки заготовки на одном станке. Это даёт возможность смены заготовки вне рабочей зоны станка или вне станка во время обработки на станке другой заготовки.

2. РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОК

2.1. Схемы базирования и погрешность базирования

Основные термины по базированию регламентирует ГОСТ 21495–76 «Базирование и базы в машиностроении». Ниже приведены основные из них.

Базирование – приданье заготовке требуемого положения относительно выбранной системе координат.

База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке и используемая для базирования.

Опорная точка – точка, символизирующая одну из связей заготовки с избранной системой координат. Для обеспечения неподвижности заготовки в избранной системе координат на них необходимо наложить шесть двусторонних геометрических связей, для создания которых необходим комплект баз.

Схема базирования – схема расположения опорных точек на базах заготовки. Все опорные точки на схеме базирования обозначаются условными знаками и порядковыми номерами, начиная с базы, на которой располагается наибольшее количество опорных точек. Число проекций заготовки на схеме базирования должно быть достаточным для полного представления о размещении опорных точек. При наложении в какой-либо проекции опорной точки на другую, изображается одна точка и около нее проставляются номера совмещенных точек.

Погрешность базирования – отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базировании от требуемого. Необходимо подчеркнуть, что погрешность базирования имеет место только при работе на настроенных станках, т.е. когда партия заготовок обрабатывается при неизменном относительном положении режущего инструмента относительно заготовок. Режущий инструмент в этом

случае устанавливается на настроечный размер относительно установочных элементов приспособления.

Установка – процесс базирования и закрепления заготовки в приспособлении.

Погрешность установки – отклонение фактически достигнутого положения заготовки при установке от требуемого.

От правильности решения вопроса о технологических базах в значительной степени зависят точность взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, точность размеров, сложность конструкции приспособлений, удобство и быстрота установки заготовок в приспособление. При выборе технологических баз руководствуются следующими принципами.

1. Принцип совмещения баз: в качестве технологических баз принимают конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. При несовпадении конструкторских и технологических баз возникают погрешности базирования.

2. Принцип постоянства баз: на всех основных операциях используют одни и те же базы.

Кроме этого, поверхности, выбранные в качестве технологических баз должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность установки заготовки в приспособлении.

В зависимости от условий обработки осуществляют полное или неполное базирование заготовки в пространстве относительно режущего инструмента. В первом случае заготовке задается определенное положение в приспособлении, базовые поверхности заготовки доводят до соприкосновения с установочными элементами. Для полной ориентации количества и расположение опор должно быть таким, чтобы при соблюдении условия неотрывности баз от опор заготовка не могла иметь сдвига и поворота относительно трех координатных осей, т.е. лишилась шести степеней свободы. Количество опорных точек в этом случае равно шести, каждая опорная точка лишает одной степени свободы (правило шести точек). Для обеспечения устойчивого положения заготовки в приспособлении расстояние между опорами следует брать большим. В случае неполного базирования количество опорных точек может быть от трех до пяти. Это возможно если по условиям обработки не требуется точной установки заготовки в определенных направлениях или допускается произвольный поворот относительно какой-либо оси (например, установка цилиндрической заготовки в патрон при токарной обработке). Следует иметь в виду, что силы закрепления не базируют. Силы закрепления прикладываются после определения положения деталей относительно опор и фиксируют достигнутое положение, но не базируют.

В таблице 1 приведены наиболее распространенные схемы базирования и примеры их реализации в приспособлении.

Таблица 1

Типовые схемы базирования и примеры их реализации
конструкцией приспособления

Схема базирования	Пример возможной реализации схемы базирования
<p>Базирование по трем взаимно перпендикулярным плоскостям</p>	<p>Установочные элементы – постоянные опоры по ГОСТ 13441–68</p>
<p>Базирования заготовки по плоскости основания, отверстию и боковой плоскости</p>	<p>Установочные элементы – постоянные опоры по ГОСТ 13441–68 и цилиндрический палец по ГОСТ 12209–66</p>

Продолжение табл. 1

Схема базирования	Пример возможной реализации схемы базирования
<p>Базирование по плоскости основания, боковой плоскости и отверстию</p>	<p>Установочные элементы – постоянные опоры по ГОСТ 13441–68 и срезанный ромбический палец по ГОСТ 12210–66</p>
<p>Базирование по плоскости и двум отверстиям</p>	<p>Установочные элементы – постоянные опоры по ГОСТ 13441–68, цилиндрический палец по ГОСТ 12209–66 и срезанный ромбический палец по ГОСТ 12210–66</p>

Продолжение табл. 1

Схема базирования	Пример возможной реализации схемы базирования
<p>Базирования заготовки по плоскости основания, отверстию и боковой плоскости</p>	<p>Установочные элементы – постоянные опоры по ГОСТ 13441–68 и срезанный ромбический высокий палец по ГОСТ 17775–72</p>
<p>Базирование заготовки по внутренней цилиндрической и торцовой поверхностям</p> <p>а) при установке на цилиндрическую опрессовку с зазором</p> <p>б) при установке на разжимную опрессовку без зазора.</p>	<p>Установочные элементы:</p> <p>а) оправка цилиндрическая б) оправка цанговая</p>

Окончание табл. 1

Схема базирования	Пример возможной реализации схемы базирования
<p>Базирование заготовки по наружной цилиндрической поверхности и торцу</p>	<p>Установочные элементы – призмы по ГОСТ 12195–66 и постоянная опора по ГОСТ 13441–68</p>
<p>Базирование заготовки по плоскости и наружной цилиндрической поверхности</p>	<p>Установочные элементы – и постоянные опоры по ГОСТ 13441–68 и призма по ГОСТ 12197–66</p>

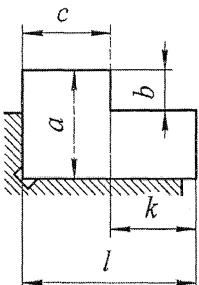
Для обоснования правильности выбора варианта схемы базирования определяют погрешность базирования. Погрешность базирования имеет место при несопряжении измерительной и технологической баз заготовки. Величина погрешности базирования не является абстрактной, она относится к конкретному размеру, этот размер указывается в индексе обозначения погрешности. Например: ε_{bL} – погрешность базирования для размера L . Погрешность базирования в каждом конкретном случае определяют геометрическими расчетами, как сумму погрешностей размеров, соединяющих измерительные и технологические базы. Погрешность базирования равна нулю в следующих случаях:

- 1) при совмещении технологической и измерительной баз;
- 2) для размеров, получаемых мерным инструментом или блоком инструментов;
- 3) для диаметральных размеров.

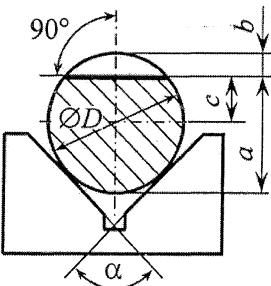
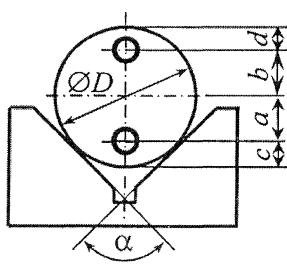
Формулы для расчета погрешности базирования для некоторых схем установки приведены в таблице 2. Более подробную информацию по данной тематике смотри в литературе [2, 3, 6, 7].

Таблица 2

Расчетные зависимости для определения погрешности базирования при обработке деталей на предварительно настроенном оборудовании

Базирование и обрабатываемая поверхность	Схема установки	Выполнляемый размер	Погрешность базирования ε_b
По плоскости на опоры или опорные пластины. Обработка уступа		b	T_a
		c	0
		k	T_l

Продолжение табл.2

Базирование и обрабатываемая поверхность	Схема установки	Выполн-няемый размер	Погрешность базирования ε_b
По двум плоским поверхностям и отверстию с установкой на срезанный ромбический палец. Обработка отверстия (размеры x, y), уступа (размер l) и плоскости (размер H)		x y l H	S_{\max} 0 S_{\max} 0
По наружной цилиндрической поверхности с установкой в призму. Обработка плоской поверхности или паза.		a b c	$\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$ $\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$
Обработка отверстий		a, b c d	$\frac{T_D}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$ $\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} - 1 \right)$ $\frac{T_D}{2} \left(\frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 1 \right)$

Продолжение табл. 2

Базирование и обрабатываемая поверхность	Схема установки	Выполнимый размер	Погрешность базирования ϵ_b
По внешней цилиндрической поверхности с установкой на плоскость и закреплением призмой. Обработка центрального отверстия		l	$0,5T_D$
По внешней цилиндрической поверхности с установкой в жесткую призму для обработки паза		l	$0,5T_D$
		h	0
По коническому отверстию с установкой на жесткой конической оправке. Обработка уступа и верхней плоскости.		h	$\frac{T_D + T_d}{2 \operatorname{tg}(\alpha/2)},$ где T_D – допуск на диаметр базового отверстия; T_d – допуск на диаметр оправки
		R	0
По коническому или цилиндрическому отверстию на плавающей конической оправке с прижимом детали к нижней плоскости. Обработка уступа и верхней плоскости.		h	0
		R	0

Окончание табл. 2

Базирование и обрабатываемая поверхность	Схема установки	Выполнляемый размер	Погрешность базирования ϵ_b
По наружной цилиндрической поверхности и торцу с установкой в отверстие втулки с гарантированным зазором. Обработка уступа		A_1	S_{\max}
		A_2	$S_{\max} + 0,5T_{d1} + 2e$
		A_3	0
По внутренней цилиндрической поверхности с установкой на жесткий цилиндрический палец с гарантированным зазором. Обработка отверстия		a	S_{\max}
		b, c	$S_{\max} + 0,5T_D + 2e$
По плоскости и двум отверстиям с установкой на жесткий цилиндрический и срезанный пальцы. Обработка верхней плоскости и боковой поверхности		h_1	$S_{1\max}$
		h_2	$S_{1\max} \times \frac{2l_1 + l}{l}$
		h_3	$S_{1\max}$
		$\operatorname{tg}\alpha = \frac{S_{1\max} - S_{2\max}}{l}$	
<p>Примечание. T_a, T_l, T_d, T_D – допуски на соответствующие размеры; e – эксцентриситет поверхностей; S_{\max} – максимальный зазор в сопряжении, $S_{\max} = \Delta + T_D + T_d$; Δ – гарантированный минимальный зазор посадки</p>			

2.2. Расчет погрешности установки и выбор установочных элементов

Разработка схемы установки заготовки в приспособлении предполагает выбор типа, размеров установочных элементов, их числа, взаимное расположение, выбор точки приложения и направление силы закрепления. Конструкция применяемых опор унифицирована. Данные по стандартным элементам станочных приспособлений приведены в справочнике [7, с. 327]. Количество и расположение установочных элементов должно обеспечивать необходимую ориентацию заготовки согласно принятой схеме базирования, а также достаточную ее устойчивость в приспособлении. Для придания заготовке устойчивого положения опоры следует располагать на достаточном расстоянии друг от друга, причем так, чтобы силы резания и силы закрепления проецировались либо на опору, либо в многоугольник, образованный соединением опор между собой. Это устранит возникновение опрокидывающих моментов. При обработке недостаточно жестких и устойчивых заготовок может возникнуть необходимость увеличения количества опорных точек сверх шести. В этом случае кроме основных опор, на которые ставят заготовку базовыми поверхностями, применяют дополнительные опоры. Дополнительные опоры обязательно выполняют подводимого или самоустановливающегося типов. При установке каждой заготовки дополнительные опоры индивидуально подводят к поверхности заготовки, не нарушая ранее достигнутого базирования, затем опоры стопорятся, превращая их на время выполнения данной операции в жесткие. Конструкции дополнительных подводимых и самоустанавливющихся опор приведены в литературе [2, с. 28; 3, с. 4; 7, с. 336].

Разработка схемы установки заготовки выполняется в следующей последовательности:

- 1) выбирают главную технологическую базу (поверхность с наибольшим числом опорных точек) и установочные элементы для ее реализации;
- 2) определяют число степеней свободы, которых будет лишена заготовка посредством главной технологической базы и число оставшихся степеней свободы;
- 3) выбирают дополнительные технологические базы и установочные элементы их реализующие, при этом необходимо проверить, что каждая опорная точка лишает заготовку одной степени свободы и не дублирует другую опорную точку;
- 4) рассчитывают погрешность установки заготовки, уточняют конструкцию и точность размеров установочных элементов.

Обеспечение заданной точности механической обработки с использованием приспособлений в значительной мере зависит от выбора технологических баз и схемы установки заготовок. Обработка заготовок в приспособлениях на предварительно настроенных станках (способ автоматического получения размеров) исключает разметку заготовок и последующую выверку их положения на станке. Однако при этом возникает погрешность установки заготовки. Погрешность установки заготовки в приспособлении определяется отклонением фактически достигнутого положения заготовки при установке от требуемого. Погрешность установки заготовки включает в себя три составляющие: погрешность базирования δ_b ,

погрешность закрепления ε_3 , погрешность положения заготовки, вызванная неточностью самого приспособления $\varepsilon_{\text{п.з}}$. Эти составляющие являются векторными величинами. Поэтому погрешность установки рассматривается как векторная сумма этих составляющих и абсолютное значение погрешности установки определяется по формуле

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{п.з}}^2}.$$

Понятие погрешности базирования и формулы для ее определения рассмотрены выше.

Погрешность закрепления ε_3 – разность наибольшей и наименьшей проекции смещения измерительной базы на направление выполняемого размера приложении к заготовке сил закрепления. Приложение силы закрепления вызывает упругие деформации элементов технологической системы – станка, приспособления и заготовки. В результате положение заготовки, достигнутое при базировании, изменится на величину суммарной деформации технологической системы y . При обработке партии заготовок на настроенном оборудовании величина деформации технологической системы колеблется в пределах от y_{\min} до y_{\max} . Согласно определению,

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

где α – угол между направлением выполняемого размера и направлением действия силы закрепления.

Для определения погрешности закрепления необходимо использовать литературу [7, с. 528]. На погрешность закрепления наибольшее влияние оказывают следующие факторы: непостоянство силы закрепления, неоднородность шероховатости и волнистости базовых поверхностей, износ опор, форма и габаритные размеры обрабатываемых заготовок, конструкция приспособления. При обработке заготовок в достаточно жестких приспособлениях погрешность закрепления оказывает незначительное влияние на точность обработки и ее можно в расчетах не учитывать.

Погрешность положения заготовки $\varepsilon_{\text{п.з}}$ возникает в результате погрешностей изготовления и износа элементов приспособления, погрешности установки и фиксации приспособления на станке. Погрешность положения заготовки включает в себя три составляющие.

$$\varepsilon_{\text{п.з}} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_c^2},$$

где ε_{yc} – погрешность вызываемая неточностью изготовления и сборки установочных элементов приспособления; ε_i – погрешность вызываемая износом установочных элементов приспособления; ε_c – погрешность установки и фиксации приспособления на станке.

Погрешность изготовления приспособления ε_{yc} зависит от точности изготовления деталей приспособления и точности их взаимного расположения в конструкции. Точность изготовления опор и других стандартных деталей может быть определена по соответствующим ГОСТам [7, с. 74 – 293]. Методика расчета допусков и посадок ответственных размеров и сопряжений станочных приспособлений приведена в литературе [7, с. 560 – 584]. Допуски на ответственные координирующие размеры приспособлений, оговаривающих точность взаимного расположения отдельных элементов, обычно составляют 10...30% допуска на соответствующий размер обрабатываемой заготовки. Технологические возможности современного инструментального производства обеспечивают выдерживание составляющей погрешности ε_{yc} не более 0,01...0,005 мм [6].

Составляющая ε_i характеризует изменение положения контактных поверхностей установочных элементов в результате их износа в процессе эксплуатации. Интенсивность износа установочных элементов зависит от следующих факторов: конструкции и размеров установочных элементов, от материала и веса заготовки, состояния ее баз, а также условий установки и снятия заготовок (учитывают наличие ударов и скольжения). Величину износа опоры приближенно выражают формулой [6]

$$U = \beta\sqrt{N}, \text{ мкм},$$

где N – количество контактов заготовки с опорой; β – постоянная, зависящая от вида опор и условий контакта. $\beta = 0,5...2$ для постоянных опор; $\beta = 0,3...0,8$ для призм; $\beta = 0,2...0,4$ для опорных пластин; $\beta = 0,05...0,1$ для цилиндрических пальцев; $\beta = 0,2...0,6$ для ромбических пальцев.

Исходя из требуемой точности установки, износ опор регламентируют заранее рассчитанной величиной. Износ контролируют при периодической проверке приспособлений, при достижении износа предельно допустимой величины, приспособление подвергается ремонту путем замены установочных элементов. Допустимая величина износа обычно назначается конструктором как 20% от допуска на ответственный размер установочных элементов, и не выше 0,01 мм.

Составляющая ε_c выражает погрешность установки приспособления на станке. Данная погрешность возникает в результате смещений и перекосов корпуса приспособления на столе, планшайбе или шпинделе. В массовом производстве при однократном неизменном закреплении приспособления на станке эта величина может быть скомпенсирована настройкой. В серийном производстве имеет место многократная периодическая смена приспособлений на станках, погрешность ε_c превращается в некомпенсируемую случайную составляющую. Для уменьшения смещения и перекосов приспособлений на станке применяют направляющие элементы: шпонки для Т-образных пазов, центрирующие пояски, фиксаторы. Это позволяет снизить ε_c до 0,01...0,02 мм.

Анализ составляющих погрешности установки позволяет обосновать принятую схему приспособления и сформулировать технические условия на его изготовление.

Ожидаемый допуск выполнения заданных размеров ℓ может быть определен как

$$T_\ell = \varepsilon_y + \omega,$$

где ω – средняя экономическая точность обработки на металлообрабатывающих станках.

Для принятых методов обработки и схемы установки заготовки ожидаемое значение допуска T_ℓ должно быть меньше заданного по чертежу $[T_\ell]$:

$$T_\ell \leq [T_\ell].$$

Для расчета ожидаемой точности обработки необходимо определить:

- погрешности базирования в зависимости от принятой схемы установки заготовки в приспособлении;

- погрешности закрепления в зависимости от непостоянства сил зажима, неоднородности шероховатости и волнистости поверхностей заготовок, износа установочных элементов приспособлений;

- погрешности, вызываемые износом установочных элементов;
- исполнительные размеры установочных элементов, обеспечивающие заданную точность обработки и возможность установки заготовок.

Решение такого вида задач рекомендуется выполнять, используя литературу [5, 7]. В табл. П1, П2, П3 приложения приведены справочные данные: погрешность закрепления; средняя величина износа для различных установочных элементов, средняя экономическая точность различных методов механообработки.

Пример 2.1. На вертикально-фрезерном станке обрабатывают ступенчатую поверхность втулки, установленную на цилиндрический палец с буртом (рис. 2.1). Диаметр базового отверстия $D=30^{+0,039}$ мм, диаметр установочного пальца $d = 30^{-0,007}_{-0,016}$ мм.

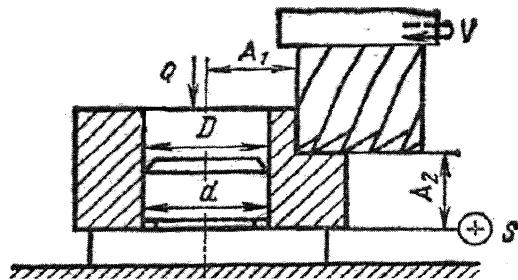


Рис. 2.1. Схема установки

Требуется определить ожидаемую точность выполнения размеров A_1 и A_2 .

Решение. Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, т.к. направление силы Q перпендикулярно выдерживаемому размеру. Погрешность изготовления приспособления ε_{yc} примем 0,01 мм. Назначаем погрешность вызываемую износом установочных элементов приспособления $\varepsilon_i = 0,2$ $T_d = 0,2 \cdot 0,009 = 0,0018$ мм. Погрешность установки приспособления на станке ε_c при использовании направляющих шпонок примем 0,01 мм. Средняя экономическая точность обработки $\omega = 0,120$ мм.

Исходя из схемы установки заготовки в приспособлении погрешность базирования при выполнении размера A_1 определяем по уравнению:

$\varepsilon_{6A1} = S_{\max} - S_{\min} + T_d = 0,039 + 0,007 + 0,09 = 0,055$ мм, а погрешность базирования при выполнении размера A_2 $\varepsilon_{6A2} = 0$, поскольку измерительная и технологическая базы совпадают.

$$\varepsilon_{\text{п.з.}} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_c^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,0018^2 + 0,01^2} = 0,014 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{y_{A1}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{п.з.}}^2} = \sqrt{0,055^2 + 0^2 + 0,014^2} = 0,056 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{y_{A2}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{п.з.}}^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,014^2} = 0,014 \text{ мм}.$$

Ожидаемая точность выполнения размеров:

$$T_{A1} = \varepsilon_{y_{A1}} + \omega = 0,056 + 0,120 = 0,176 \text{ мм},$$

$$T_{A2} = \varepsilon_{y_{A2}} + \omega = 0,014 + 0,120 = 0,134 \text{ мм}.$$

3. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИХ РАСЧЁТ

3.1. Назначение зажимных механизмов и основные требования, предъявляемые к ним

Основное назначение зажимных устройств станочных приспособлений заключается в обеспечении надёжного контакта заготовки с установочными элементами и предупреждении её смещения и вибраций в процессе обработки.

При обработке на заготовку могут действовать: силы резания, объёмные силы, а также силы второстепенного и случайного характера.

Силы резания по величине, направлению и месту приложения являются переменными. При расчёте зажимных сил силы резания следует брать максимально возможной величины, а по месту действия и направление выбирать в самом неблагоприятном с точки зрения возможных смещений месте. Если по схеме обработки без расчёта невозможно определить наиболее неблагоприятное положение

и направление сил резания, то следует провести расчёт для нескольких мест приложения этих сил.

Объёмные силы – это вес заготовки, центробежные и инерционные силы, возникающие при определённых условиях обработки. Вес заготовки учитывается при её установке на вертикальные или наклонно расположенные установочные элементы. Центробежные силы возникают при несовпадении центра масс заготовки с осью её вращения. Величина этих сил определяется по соотношению:

$$P_y = \frac{(3,14)^2 n^2 m R_y}{900},$$

где n – число оборотов заготовки в минуту, об./мин; m – масса заготовки, кг;

R_y – расстояние от центра масс до оси вращения заготовки, м.

Инерционные силы возникают в случае, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или имеет вращательное движение при резком изменении скорости этого движения.

При возвратно-поступательном движении сила инерции определяется зависимостью

$$P = am, \text{Н},$$

где a – ускорение возвратно-поступательного движения, м/с²; m – масса заготовки, кг.

При изменении скорости вращательного движения момент, действующий на заготовку,

$$M = EJ, \text{Н}\cdot\text{м},$$

где E – угловое ускорение заготовки, 1/с²; J – момент инерции заготовки относительно оси вращения.

К силам второстепенного и случайного характера относятся силы, возникающие при отводе режущего инструмента, например, силы трения при выводе сверла из отверстия. Обычно эти силы невелики и в большинстве случаев во внимание не принимается.

К зажимным механизмам предъявляются следующие основные требования.

1. Силы закрепления заготовок должны соответствовать силам резания, а в некоторых случаях силам тяжести, центробежным силам и силам инерции. Предпочтительны самотормозящиеся зажимные механизмы.

2. Зажимные механизмы должны обеспечивать сокращение вспомогательного времени и повышение производительности труда.

3. Обеспечивать повышение точности обработки, которое достигается при стабильных силах закрепления заготовки. При изготовлении точных деталей необходимо избегать чрезмерных сил закрепления, вызывающих большие деформации заготовки или повреждение их поверхностей.

4. Ответственные детали зажимных механизмов должны быть прочными и износостойкими. Необходимо защищать зажимные механизмы от загрязнений и от попадания стружки.

5. Конструкция зажимных механизмов должна быть удобной в наладке и эксплуатации, ремонтопригодной, включать в себя возможно большее число стандартных деталей и сборочных единиц.

В ходе расчета необходимо принимать во внимание упругую характеристику механизма закрепления. Зажимные устройства, применяемые в приспособлениях, разделяются на два типа:

1) самотормозящие устройства: винтовые, клиновые, эксцентриковые и другие механизмы, обеспечивающие жесткое замыкание независимо от вида привода. Упругие отжатия элементов таких устройств прямо пропорциональны приложенной силе;

2) автоматизированные зажимные устройства: пневматические, гидравлические и пневмо-гидравлические механизмы прямого действия без промежуточных элементов. Если к зажимному элементу этих устройств (например, к штоку) приложить возрастающую силу, то перемещение элемента (штока) не произойдет до тех пор пока значение этой силы не превысит определенный уровень, после чего шток сразу переместится на значительную величину.

В расчете усилия закрепления с достаточной точностью принимают следующие соотношения жесткости системы зажимных элементов J_1 и жесткости системы установочных элементов J_{II} :

$$\frac{J_{II}}{J_1} = 1,5 \dots 2,5; \quad \frac{J_1}{J_1 + J_{II}} = 0,3 \dots 0,4; \quad \frac{J_{II}}{J_1 + J_{II}} = 0,6 \dots 0,7.$$

Расчет зажимных механизмов может быть разделен на три этапа:

1) расчет усилия закрепления;

2) по силе закрепления, и числу мест ее приложения выбирают тип зажимного механизма, рассчитывают его основные конструктивно-размерные параметры, передаточное отношение механизма-усилителя и величину необходимой исходной силы привода;

3) по величине исходной силы привода определяют основные размерные параметры силового привода или длины рукояток при ручных зажимах.

3.2. Методика расчета усилий закрепления

Расчет сил закрепления сводится к решению задачи статики на равновесие твердого тела (заготовки) под действием внешних сил. К заготовке с одной стороны приложены сила тяжести и силы, возникающие в процессе обработки, с другой – реакции опор и силы закрепления. Расчет силы закрепления следует выполнять в следующей последовательности.

1. Определить силы резания или моменты резания (при сверлении, зенкеровании, развёртывании), вес и положение центра тяжести заготовки, центробежные и инерционные силы. Все силы следует находить для такой стадии обработки, при которой сила закрепления получается максимальной. Если из расчётной схемы не ясно, при каком положении режущего инструмента зажимные силы максимальны, то следует провести расчёты для нескольких положений инструмента. Все инерционные силы можно не учитывать, если они меньше 10% от расчётной силы резания.

2. Изобразить заготовку в достаточном количестве проекций (обычно 2–3) и нанести координатные оси. Оси следует располагать так, чтобы силы проецировались на них наиболее просто. За начало координат рекомендуется выбрать точку, относительно которой может произойти поворот заготовки.

3. Нанести на проекции заготовки силы резания (или проекции этих сил) и моменты сил резания, выбирая такую стадию обработки, при которой сила зажима получается наибольшей.

4. В точках опор и местах действия зажима на проекциях заготовки нанести силы (проекции сил) реакции опор, силы трения на опорах и зажимном элементе и искомую величину силы закрепления. Следует учитывать, что на схемах для расчета сил закрепления рекомендуется изображать вспомогательные (подводимые) опоры. Силы трения определяются по зависимости

$$F_{\text{тр}} = fN = \operatorname{tg}\phi N,$$

где f – коэффициент трения между соприкасающимися поверхностями; N – нормальная сила, воспринимаемая соприкасающимися поверхностями, N ; ϕ – угол трения на соприкасающихся поверхностях.

Величину коэффициента трения или угла трения можно определить по табл. П4 приложения.

5. Увеличить силу (момент) резания в K раз, где K – коэффициент запаса. Коэффициент запаса учитывает ряд факторов, которые могут привести к увеличению сдвигающих внешних сил: нестабильность сил резания, неоднородность качества материала заготовок, затупление лезвия режущего инструмента, изменение положений реакций опор в результате отклонений в пределах допусков реальных технологических баз от геометрически правильной формы и т.д.

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

где K_0 – гарантированный коэффициент запаса, для всех случаев $K_0 = 1,5$.

Остальные коэффициенты, зависящие от конкретных условий обработки, определяются по таблицам 3,4. Если в результате расчета коэффициент получится менее 2,5, то принимают 2,5.

6. Составить уравнения равновесия и решить их, определив искомую силу закрепления.

Таблица 3

Значения частных коэффициентов запаса

Коэффициент	Значение в зависимости от типа зажимного механизма и условий обработки
K_1	Учитывает увеличение сил резания из-за случайных неровностей на обрабатываемых поверхностях заготовок: при черновой обработке $K_1 = 1,2$; при чистовой и отделочной обработке $K_1 = 1,0$
K_2	Учитывает увеличение сил резания вследствие затупления режущего инструмента. Определяется по табл. 4
K_3	Учитывается увеличение сил резания при прерывистом резании: при прерывистом точении и торцовом фрезеровании $K_3 = 1,2$; если резание не является прерывистым $K_3 = 1,0$
K_4	Характеризует постоянство силы, развиваемой зажимным механизмом: для зажимного механизма с немеханизированным приводом, а также с пневмо- и гидроприводом одностороннего действия $K_4 = 1,3$; при использовании пневмокамер, пневморычажных систем, приспособлений с упругими элементами (мембранных, гидропластовых и др.) на силу закрепления влияют отклонения размеров заготовки $K_4 = 1,2$; при использовании пневмо- и гидроприводов двухстороннего действия, магнитных и вакуумных $K_4 = 1,0$
K_5	Характеризует эргономику немеханизированного зажимного механизма: при неудобном расположении рукоятки и угле ее поворота более 90° $K_5 = 1,2$; при удобном расположении рукоятки $K_5 = 1,0$
K_6	Учитывается при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку, установленную плоской поверхностью: при установке заготовки на опоры с ограниченной площадью контакта, когда расположение точек контакта известно и постоянно $K_6 = 1,0$; при установке заготовки на опорные пластины или другие элементы с большой площадью контакта точки контакта расположены неопределенno, принимают $K_6 = 1,5$

Значения коэффициента запаса K_2

Таблица 4

Метод обработки	Материал заготовки	Параметры	Значение K_2
Сверление	Чугун	Крутящий момент	1,5
		Осевая сила	1,0
Предварительное (по корке) зенкерование (износ по главной задней поверхности зубьев 1,5 мм)	Чугун	Крутящий момент	1,3
		Осевая сила	1,2
Чистовое зенкерование (износ по главной задней поверхности зубьев 0,7...0,8 мм)	Чугун	Крутящий момент	1,2
		Осевая сила	
Предварительное точение и растачивание	Сталь/чугун	P_z	1,0/1,0
		P_y	1,4/1,2
		P_x	1,6/1,25
Чистовое точение и растачивание	Сталь/чугун	P_z	1,0/1,05
		P_y	1,05/1,4
		P_x	1,0/1,3
Предварительное и чистовое фрезерование цилиндрической фрезой	Сталь с содержанием углерода не более 0,3%	Окружная сила	1,6...1,8
	Сталь с содержанием углерода более 0,3% и чугун		1,2...1,4
Торцовое предварительное и чистовое фрезерование	Сталь с содержанием углерода не более 0,3%	Тангенциальная сила	1,6...1,8
	Сталь с содержанием углерода более 0,3% и чугун		1,2...1,4
Шлифование	—	Окружная сила	1,15...1,2
Протягивание (износ по задней поверхности зубьев до 0,5мм)	—	Сила протягивания	1,5

Далее рассмотрены расчетные схемы и вывод формул для определения усилия закрепления.

Расчетная схема 1. Заготовка базируется по трем взаимно перпендикулярным плоскостям. Сила резания P стремится сдвинуть заготовку с установочных элементов (рис. 3.1, а). Эта схема характерна для тех случаев обработки, когда направление подачи меняется: маятниковое фрезерование, фрезерование замкнутых контуров и т.п.

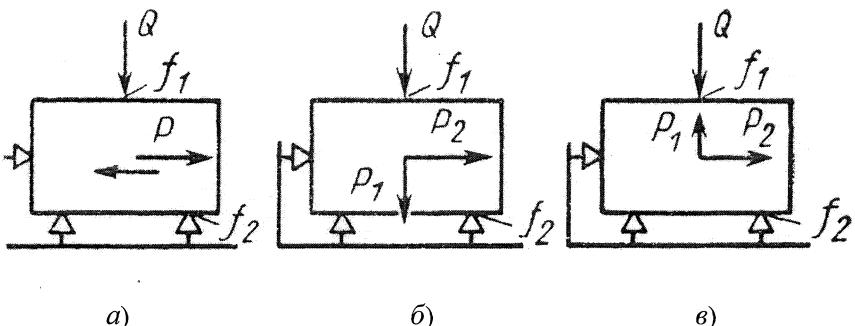


Рис. 3.1. Расчетные схемы для определения сил закрепления

Смещению заготовки препятствуют силы трения в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами. Для сохранения равновесия заготовки должно выполняться условие

$$P < Qf_1 + Qf_2,$$

где f_1 и f_2 – коэффициенты трения между заготовкой и зажимным и установочным элементами приспособления соответственно.

Вводя коэффициент запаса $K > 0$, получаем

$$KP = Qf_1 + Qf_2,$$

Откуда выражаем

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

Эта расчетная схема применяется также в случае установки заготовки по двум отверстиям и перпендикулярную им плоскость. Из условия обеспечения точности обработки и исключения вмятин на поверхности базового отверстия от контакта с ромбическим пальцем, а также снижения износа установочных пальцев заготовка должна удерживаться силой трения между установочной базой и пластинами, т.е. установочные пальцы не должны воспринимать нагрузку.

Расчетная схема 2. Заготовка базируется по трем взаимно перпендикулярным плоскостям. Сила резания P_1 направлена к опорам (рис. 3.1, б); кроме того имеется сдвигающая сила P_2 , действующая в горизонтальном направлении.

Смещению заготовки препятствуют силы трения в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами. Для зажимных устройств второго типа условие сохранения равновесия заготовки имеет вид

$$P_2 < Qf_1 + (Q + P_1)f_2,$$

откуда

$$Q = \frac{KP_2 - P_1f_2}{f_1 + f_2}.$$

Для зажимных устройств первого типа действие силы P_1 приводит к изменению реакций со стороны зажимных элементов R_1 и установочных элементов R_2 .

Реакции R_1 и R_2 можно определить по формулам

$$R_1 = Q - P_1 \left(\frac{J_1}{J_1 + J_2} \right);$$

$$R_2 = Q + P_1 \left(\frac{J_2}{J_1 + J_2} \right).$$

Сдвигу заготовки под действием силы P_2 препятствуют силы трения. Условие равновесия

$$KP_2 = R_1f_1 + R_2f_2.$$

Подставляя выражения для R_1 и R_2 , после преобразования получаем

$$KP_2 = Q(f_1 + f_2) + P_1 \left(\frac{J_2f_2}{J_1 + J_2} - \frac{J_1f_1}{J_1 + J_2} \right);$$

откуда выражаем Q

$$Q = \frac{KP_2 + P_1f_1 \left(\frac{J_1}{J_1 + J_2} \right) - P_1f_2 \left(\frac{J_2}{J_1 + J_2} \right)}{f_1 + f_2}.$$

Расчетная схема 3. В отличие от предыдущего случая сила P_1 направлена против зажимного устройства (рис. 3.1, б). Сила закрепления Q должна быть достаточной, чтобы обеспечить контакт заготовки с опорами и предупредить сдвиг заготовки в направлении действия силы P_2 .

Для зажимных устройств второго типа условие контакта заготовки с опорами имеет вид

$$Q' = K_1 P_1.$$

Условие отсутствие сдвига в направлении действия силы P_2 обеспечивают силы трения в местах контакта заготовки с установочными и зажимными элементами:

$$K_2 P_2 = Q'' f_1 + (Q'' - P_1) f_2,$$

Откуда

$$Q'' = \frac{K_2 P_2 + P_1 f_2}{f_1 + f_2}.$$

Из двух значений Q' и Q'' выбирается наибольшее и принимается для дальнейшего расчета в качестве усилия закрепления.

При использовании зажимных устройств первого типа аналогично составляем два условия.

Первому условию удовлетворяет равенство

$$Q' = K_1 P_1 \left(\frac{J_2}{J_1 + J_2} \right).$$

Второму условию отвечает 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

$$Q'' = \frac{K_2 P_2 - f_1 P_1 \left(\frac{J_1}{J_1 + J_2} \right) + f_2 P_1 \left(\frac{J_2}{J_1 + J_2} \right)}{f_1 + f_2}.$$

Из двух значений Q' и Q'' выбирается наибольшее и принимается для дальнейшего расчета в качестве усилия закрепления.

Расчетная схема 4. Цилиндрическая заготовка закреплена в призме с углом α . Выполняется одновременная обработка n отверстий мерными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, зенковками) с параллельно расположенными осями (рис. 3.2).

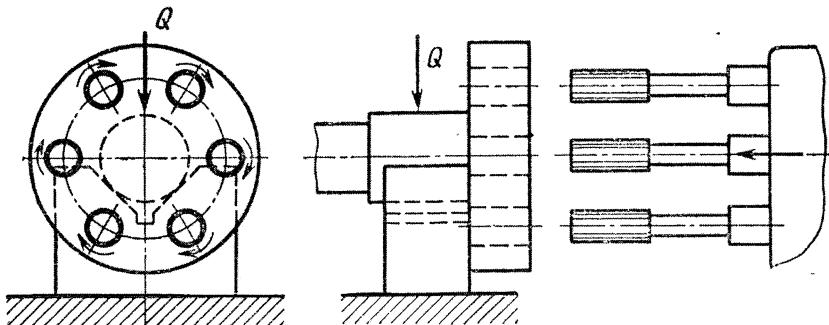


Рис. 3.2. Схема установки цилиндрической заготовки в призму

При малой радиальной жесткости инструментов (закрепление их на удлиненных оправках при работе без кондукторных втулок) на заготовку действует суммарный момент от отдельных инструментов:

$$M = n M_{ii}.$$

Расчетная схема для определения сил закрепления приведена на рис. 3.3. Без учета трения на торце заготовки от поворота вокруг своей оси она удерживается силами трения между цилиндрической поверхностью заготовки, призмой и прихватом. Условие равновесия будет выражено формулой

$$KM = M_{tp1} + M_{tp2}.$$

Т.к. реакция опоры

$$N = \frac{Q}{2} \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}},$$

$$KM = Qf_1R + Qf_2R \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}},$$

откуда

$$Q = \frac{KM}{f_1R + f_2R \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}}.$$

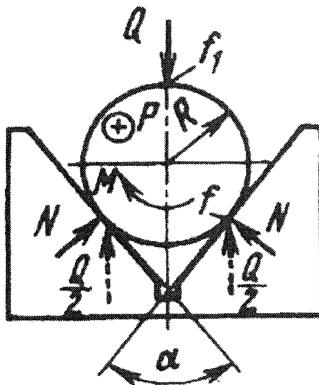


Рис. 3.3. Расчетная схема для определения сил закрепления

Условие отсутствие сдвига заготовки вдоль призмы осевой силой P

$$KP = P_{tp1} + P_{tp2},$$

$$KP = Qf_1 + Qf_2 \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}},$$

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

Из двух значений Q выбирают наибольшее.

Расчетная схема 5. На рис. 3.4 приведена схема базирования корпуса на операции растачивания отверстия. Смещающее воздействие на заготовку при обработке оказывают силы резания P_z и P_y . Особенностью данной схемы является тот факт, что на каждом обороте борштанги силы резания P_z и P_y не только меняют вместе с вершиной резца точку приложения, но изменяют и направление.

На рисунке приведены четыре положения борштанги, когда вершина резца последовательно находится в точках 1–4. При расположении вершины резца в точках 1, 2, 3 силы резания отрывают заготовку от опорной точки O_1 , поворачивая ее

относительно точки O_2 . Когда вершина резца находится в точке 4, сила резания P_z отрывает заготовку от опорной точки O_2 , поворачивая ее вокруг точки O_1 .

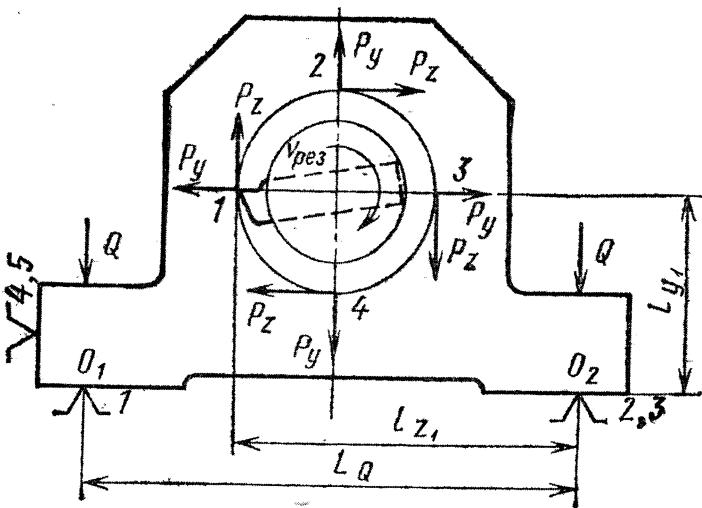


Рис. 3.4. Расчетная схема для определения сил закрепления

Составляем условия равновесия заготовки относительно точки O_2 . Для положения вершины резца в точке 1:

$$P_z \cdot l_{z1} - P_y \cdot l_{y1} < Q \cdot l_Q,$$

где l_{z1} , l_{y1} , l_Q – плечи сил P_z , P_y и Q соответственно для положения вершины резца в точке 1.

Для положения вершины резца в точке 2:

$$P_z \cdot l_{z2} + P_y \cdot l_{y2} < Q \cdot l_Q,$$

где l_{z2} , l_{y2} , l_Q – плечи сил P_z , P_y и Q соответственно для положения вершины резца в точке 2.

Для положения вершины резца в точке 3:

$$P_y \cdot l_{y3} - P_z \cdot l_{z3} < Q \cdot l_Q,$$

где l_{z3} , l_{y3} , l_Q – плечи сил P_z , P_y и Q соответственно для положения вершины резца в точке 3.

Условие равновесия заготовки относительно точки O_1 для положения вершины резца в точке 4:

$$P_z \cdot l_{z4} - P_y \cdot l_{y4} < Q \cdot l_Q,$$

где l_{z4} , l_{y4} , l_Q – плечи сил P_z , P_y и Q соответственно для положения вершины резца в точке 4.

Необходимо учитывать, что величина плеч для определения моментов определяется конкретно для каждой точки положения вершины резца 1–4, на рис. 3.4 обозначены l_{z1} , l_{y1} для положения вершины резца в точке 1.

Вводя коэффициент запаса K , определяют величину Q для каждого из 4-х случаев:

$$Q = K \cdot \frac{\pm P_z \cdot l_z \pm P_y \cdot l_y}{l_Q}.$$

Максимальное значение Q , полученное в этих расчетах, принимают для дальнейшего проектирования зажимного механизма.

Расчетная схема 5. Заготовка установлена в опорную втулку 1, чем обеспечено базирование по наружной цилиндрической поверхности и торцу (рис. 3.5). Закрепление осуществляется с помощью быстросъемной шайбы 2 и тяги 3, соединенной со штоком пневмоцилиндра 4. Имеем второй тип зажимного устройства без промежуточных самотормозящих элементов. Выполняется операция сверления отверстия диаметром d_{cb} . При сверлении возникает осевая сила P_o и момент M_{cb} .

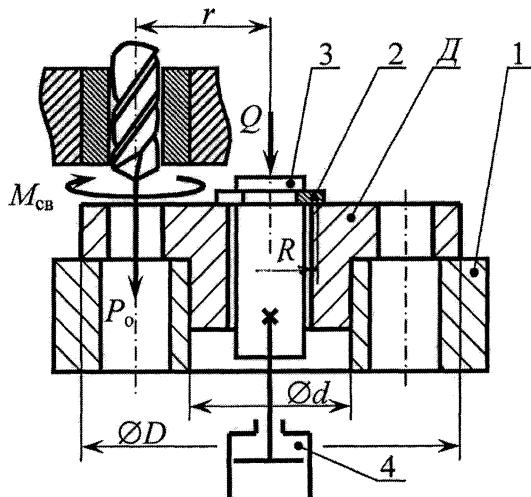


Рис. 3.5. Расчетная схема для определения сил закрепления

Расчет силы закрепления Q проводится по условию отсутствия поворота заготовки относительно своей оси под действием моментов внешних сил:

$$K \cdot M = M_{\text{тр1}} + M_{\text{тр2}},$$

где K – коэффициент запаса; M – момент, стремящийся повернуть заготовку вокруг своей оси, который определяется по следующей формуле

$$M = \frac{M_{\text{cb}}}{0,5d_{\text{cb}}} \cdot r;$$

$M_{\text{тр1}}$ – момент трения, возникающего по поверхности зажимного элемента шайбы, ввиду малой площади контакта определяется для среднего радиуса площадки контакта R по формуле

$$M_{\text{тр1}} = Q \cdot f_1 \cdot R;$$

$M_{\text{тр2}}$ – момент трения, возникающего по поверхности установочного элемента втулки, т.к. заготовка устанавливается на кольцевую поверхность при равномерно распределенной нагрузке имеем

$$M_{\text{тр2}} = (Q + P_o) \cdot f_2 \cdot \frac{1}{3} \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right).$$

С учетом приведенных выражений получаем

$$KM = Q \cdot f_1 \cdot R + \frac{1}{3} Q \cdot f_2 \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \frac{1}{3} P_o \cdot f_2 \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right).$$

Выражаем требуемую силу закрепления

$$Q = \frac{KM - \frac{1}{3} P_o \cdot f_2 \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}{\frac{1}{3} f_2 \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + f_1 \cdot R}.$$

Рекомендуется также ознакомиться с типовыми схемами для расчета сил закрепления приведенными в литературе [2, с. 32; 3, с. 167; 4, с. 75; 6, с. 75].

3.3. Выбор типа зажимного механизма и его основных параметров

Зажимные устройства принято разделять на две группы:

1) элементарные (простые) состоят из одного элементарного механизма, они бывают винтовые, рычажные, клиновые, эксцентриковые и др.;

2) комбинированные состоят из нескольких элементарных устройств, соединенных вместе, применяют клинорычажные, винторычажные, эксцентрикорычажные.

Зажимное устройство включает в себя ведущее звено, на которое действует исходная сила, и одно или несколько ведомых звеньев (прихватов, плунжеров, кулачков), передающих усилие закрепления на заготовку. В зависимости от числа ведомых звеньев зажимные устройства подразделяют на одно- и многозвенные. Многозвенные механизмы позволяют закреплять одну заготовку несколькими прихватами или несколько заготовок одновременно в многоместном приспособлении от одного привода.

Основными характеристиками механизмов закрепления являются передаточные отношения сил i_c и перемещений i_n :

$$i_c = \frac{Q}{W}, \text{ отсюда } Q = W \cdot i_c,$$

где Q – сила закрепления, развиваемая на ведомом звене, Н; W – исходная сила, прикладываемая к ведущему звену механизма;

$$i_n = \frac{S_Q}{S_W}, \text{ отсюда } S_Q = S_W \cdot i_n,$$

где S_Q – перемещение ведомого звена, мм; S_W – перемещение ведущего звена, мм.

Для комбинированных механизмов, состоящих из n числа элементарных механизмов:

$$i_c = i_{c1} \cdot i_{c2} \cdot i_{c3} \dots i_{cn}, \quad i_n = i_{n1} \cdot i_{n2} \cdot i_{n3} \dots i_{nn},$$

где i_{ci} , i_{ni} – передаточные отношения соответственно сил и перемещений каждого i -го элементарного механизма, входящего в комбинированный механизм.

Рационально в станочных приспособлениях использовать зажимные механизмы с передаточным отношением сил $i_c > 1$, получивший название механизма-усилитель.

После определения силы закрепления заготовки необходимо определить силу на ведущем звене механизма-усилителя привода, который рассчитывается следующим образом.

1. Если зажимной механизм привода состоит из нескольких элементарных механизмов необходимо вычленить эти элементарные механизмы, начиная с того механизма, ведомое звено которого контактирует с заготовкой.

2. Последовательно начиная с механизма, ведомое звено которого контактирует с заготовкой и создаёт усилие зажима, рассчитать усилие на ведущих звеньях. Усилие на ведущем звене предыдущего механизма усиления является усилием на ведомом звене последующего механизма. В конечном итоге определяется необходимое усилие.

димое усилие на звене, связанном с силовым приводом, или на рукоятке ручного зажима.

Формулы для расчета зажимных механизмов различных конструкций приведены в литературе [2, с. 37; 3, с. 167; 5, с. 173; 7, с. 400].

3.4. Силовые приводы приспособлений и определение их параметров

Использование силовых приводов позволяет механизировать процессы закрепления и открепления заготовок, что значительно сокращает время на установку, обеспечивает стабильную величину сил закрепления, снижает объем ручного труда. Наиболее распространение в конструкциях станочных приспособлений получили пневмо- и гидроприводы.

При проектировании необходимо по известному усилию на выходном звене силового привода определить параметры этого привода. Такими параметрами для пневмо- и гидроприводов является диаметр цилиндра, для вакуумного привода – величина остаточного давления в рабочей камере, для гидромеханического привода – момент на винтовой передаче, для электромеханического привода – крутящийся момент на валу электродвигателя и его мощность.

В случае применения ручных зажимов рассчитывается длина рукоятки, с помощью которой создаётся усилие зажима исходя из того, что усилие руки рабочего не должно превышать 117 Н (12 кг с).

Конструкции, технические характеристики приводов, формулы для определение основных параметров по требуемому усилию смотри в литературе [2, с. 54; 6, с. 125; 7, с. 425].

3.5. Пример расчёта зажимных механизмов и силовых приводов приспособлений

Рассмотрим пример определения усилия закрепления и диаметра пневмоцилиндра для фрезерного приспособления. Схема закрепления заготовки изображена на рис. 3.6.

Исходные данные: силы резания $P_z = 5000$ Н; $P_y = 2000$ Н; длина заготовки $l = 0,25$ м; $h_1 = 0,06$ м; $h_2 = 0,003$ м; параметры рычага: $l_1 = 0,20$ м; $l_2 = 0,40$ м; фрезерование черновое, материал обрабатываемой заготовки сталь 20.

Решение. Весом заготовки и силами трения на опорах пренебрегаем. Под действием сил резания заготовка может повернуться вокруг точки O . Условие равновесия запишется как сумма моментов относительно точки O :

$$\frac{1}{K} (W \cdot h_2 + f \cdot W \cdot l) - P_z \cdot h_1 - P_y \cdot l = 0.$$

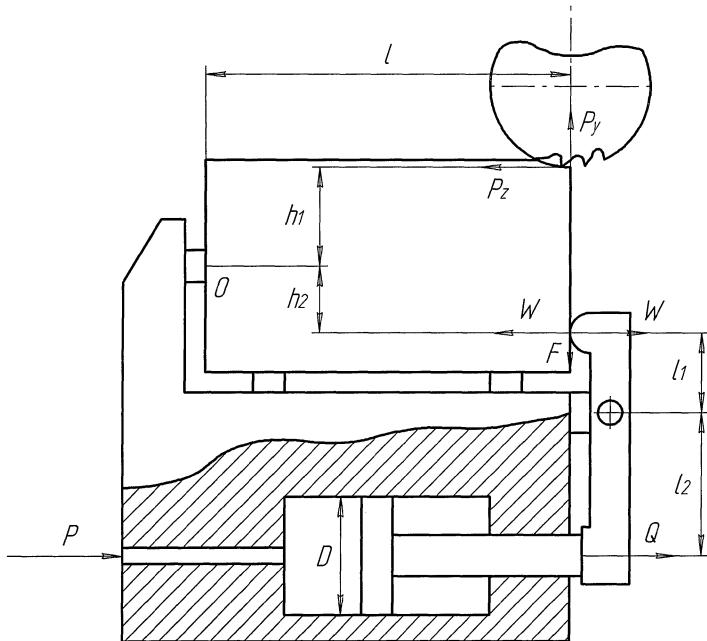


Рис. 3.6. Расчетная схема фрезерного приспособления

По табл. П4 приложения для трения стали по стали примем коэффициент трения между заготовкой и штоком пневмоцилиндра $f = 0,16$.

Коэффициент запаса K определяется по табл. 3 и 4 для конкретных условий обработки: $K_0 = 1,5$; для черновой обработки $K_1 = 1,2$; для фрезерования стали с содержанием углерода до 0,3% $K_2 = 1,6$; для фрезерования $K_3 = 1,2$; так как применяется пневмоцилиндр двухстороннего действия, $K_4 = 1$; для механизированных зажимов $K_5 = 1$; так как установка плоскостью осуществляется на опоры с ограниченной площадью контакта, $K_6 = 1$, тогда:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,5.$$

$$W = \frac{K(P_z \cdot h_1 + P_y \cdot l)}{h_2 + f \cdot l} = \frac{3,5(5000 \cdot 0,03 + 2000 \cdot 0,25)}{0,06 + 0,16 \cdot 0,25} = 22460 \text{ Н.}$$

Механизм-усилитель выполнен в виде рычага. В этом случае усилие на штоке цилиндра находим по формуле

$$Q = \frac{W \cdot l_1}{l_2} = \frac{22460 \cdot 0,2}{0,4} = 11230 \text{ Н.}$$

Принимая давление сжатого воздуха $p = 0,49 \text{ МПа}$, коэффициент полезного действия $\eta = 0,85$, получаем диаметр пневмоцилиндра:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11230}{\pi \cdot 0,49 \cdot 0,85}} = 185 \text{ мм.}$$

Следует округлить полученное значение до ближайшей большей величины диаметра стандартного пневмоцилиндра $D = 200 \text{ мм.}$

4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

4.1. Кондукторные втулки

Для направления мерного инструмента (сверла, зенкера, развертки и борштанги) на станках сверлильно-расточной группы применяют кондукторные втулки. Применение кондукторных втулок устраняет необходимость разметки, повышая жесткость режущего инструмента, уменьшает увод оси и разбивку обрабатываемых отверстий. Они позволяют повысить точность диаметральных размеров, формы и особенно точность расположения отверстий. Конструкция и размеры кондукторных втулок стандартизованы. Постоянные кондукторные втулки без буртика по ГОСТ 18429–73 и с буртиком по ГОСТ 18430–73 (рис. 4.1, а) применяют в кондукторах для мелкосерийного производства при обработке одним инструментом, они запрессовываются в кондукторную плиту по посадке $H7/n6$ или $H7/r6$. Сменные кондукторные втулки по ГОСТ 18431–73 (рис. 4.1, б) используют в условиях массового и крупносерийного производства, после износа их проще и быстрее заменить чем постоянные. Быстроизменные втулки по ГОСТ 18432–73 применяют при обработке отверстий несколькими последовательно сменяемыми инструментами (сверло, зенкер, развертка). Сменные и быстроизменные втулки 1 устанавливают в промежуточные втулки 2 по посадкам либо $H7/g6$, либо $H6/g5$. От проворачивания и подъема втулки при обработке под действием сходящей стружки она фиксируется винтом 5. Быстроизменные втулки отличаются от сменных наличием среза на буртике, что позволяет производить их замену, не вывинчивая крепежный винт. При замене втулку поворачивают вокруг оси так, чтобы срез оказался под головкой винта, после чего ее свободно выни-

мают и заменяют другой. Для удобства использования буртик быстросменной втулки имеет накатку. В кондукторную плиту 3 промежуточные втулки по ГОСТ 18433-73 и ГОСТ 18434-73 запрессовывают по посадке $H7/n6$. Втулки диаметром до 25 мм изготавливают из стали У10А или У12А с закалкой до твердости HRC 62...65. Для втулок с $d > 25$ мм применяют сталь 20 или 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2мм и закалкой до твердости HRC 62...65. Ориентировочный срок службы кондукторных втулок $(1\dots1,5)\cdot10^4$ сверлений при $l \leq d$. Конструкция кондукторных втулок и их размеры приведены в литературе [7, с. 249].

Для уменьшения изнашивания втулок между ее нижним торцем и поверхностью заготовки 4 предусматривают зазор e (см. рис. 4.1, δ) для отвода стружки. При сверлении чугуна $e = (0,3\dots 0,5)d$, при сверлении стали и других вязких материалов зазор увеличивают до $e = d$.

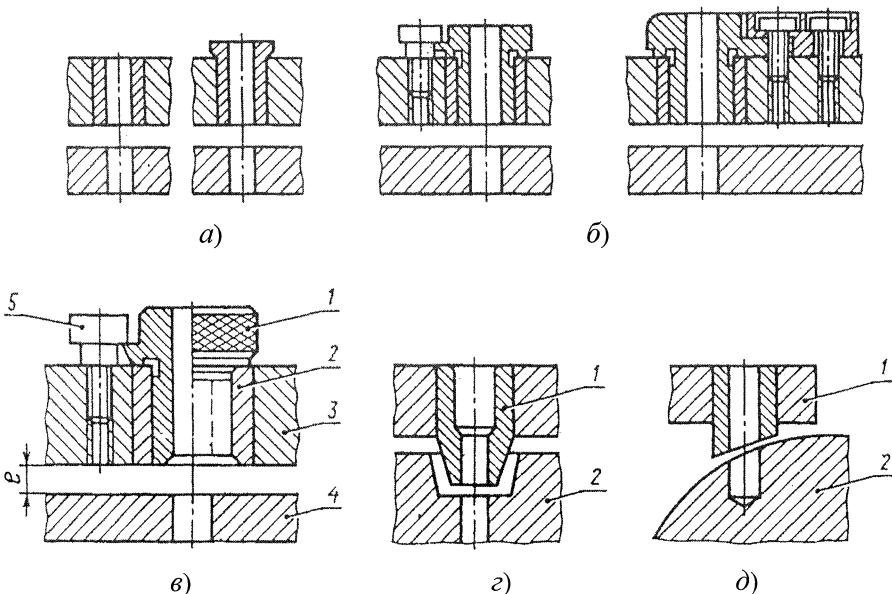


Рис. 4.1. Кондукторные втулки

Специальные кондукторные втулки (рис. 4.1, γ , δ) имеют конструкции, отвечающие особенностям детали и операции. Удлиненная специальная кондукторная втулка втулка (рис. 4.1, γ) служит для направления оси отверстия, расположенного в углублении. На рис. 4.1, δ представлена втулка для обработки

отверстия в криволинейной поверхности. Для обработки близко расположенных отверстий применяют специальные сдвоенные втулки.

В ходе проектирования необходимо решить задачу по определению диаметра отверстия кондукторной втулки. Номинальное значение диаметра отверстия устанавливается по наибольшему предельному диаметру направляемого режущего инструмента. Поле допуска отверстия кондукторной втулки назначают в системе вала $F8$ для направления сверла или зенкера; для направления разверток чистовых, обрабатывающих отверстия с точностью по 6,7 квалитетам – $G6$; для направления черновых разверток – $G7$. Допуск на межцентровое расстояние кондукторных втулок назначают $1/2\dots1/3$ от допуска на межцентровое расстояние обрабатываемых отверстий, обычно $\pm 0,1\dots\pm 0,02$. Более подробную информацию смотри литературу [6, с. 171; 7, с. 563].

4.2. Установы для фрезерных приспособлений

Широкое распространение в конструкциях фрезерных приспособлений получили установы для наладки на размер фрез. Установы выполняют в виде пластин, призм, угольников, прикрепляемых на корпусе приспособлений. Установы размещают на корпусе приспособления так, чтобы они не мешали при установке и обработке заготовок, но в то же время, чтобы к ним был свободный доступ режущего инструмента. На рис. 4.2 приведена схема наладки фрезы с помощью высотного установа и щупа.

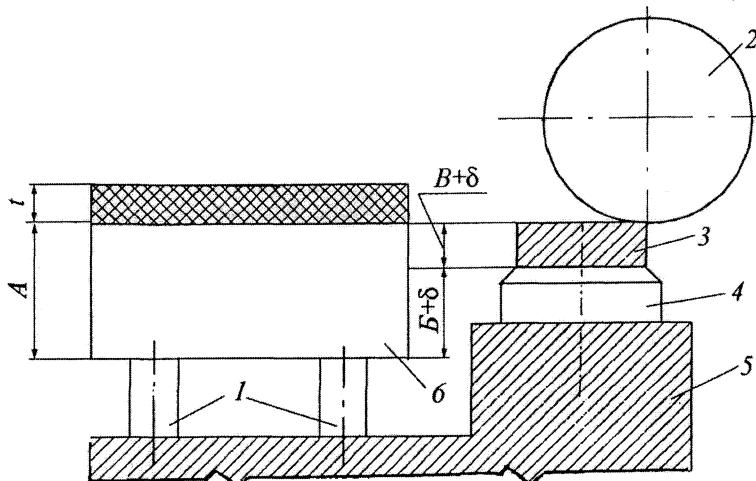


Рис. 4.2. Схема наладки фрезы на размер: 1 – опоры, 2 – фреза, 3 – щуп, 4 – установ, 5 – корпус, 6 – заготовка

Фрезу необходимо настроить на технологический размер A . В процессе наладки между установом и фрезой помещают щуп, который должен плотно, но без защемления входить в зазор. Использование щупа исключает непосредственное соприкосновение фрезы с установом, что позволит избежать повреждения установа как во время наладки, так и при обработке.

Различают высотные и угловые установы. Высотные установы по ГОСТ 13443–68 и ГОСТ 13444 –68 используют для установки фрезы на размер в одном направлении. Угловые установы по ГОСТ 13445–68 позволяют выполнять наладку фрезы в двух направлениях, например, при фрезеровании шпоночного паза нужно настроить фрезу и на размер по глубине паза и соосно с заготовкой. Установы выполняют из сталей У7А с закалкой до 55...60 HRC, или стали 20Х с цементацией на глубину 0,8...1,2 мм и закалкой до твердости 55...60 HRC.

Плоские щупы выполняют в виде пластин толщиной 1, 3 и 5 мм по ГОСТ 8925–68, а цилиндрические – диаметром 3 и 5 мм ГОСТ 8925–68. Толщину и диаметр щупов выдерживают с отклонениями поля допуска $h6$. Щупы изготавливают из стали У7А, закаливают до твердости 56...62 HRC и шлифуют до Ra 0,63 мкм. Конструкция и размеры установов, щупов приведены в литературе [7, с. 286].

При проектировании необходимо выбрать установ, щуп и определить размер B , задаваемый на чертеже приспособления от поверхности установочных опор до рабочей эталонной поверхности установа. Номинальное значение размера B определяется по схеме на рис. 4.2:

$$B = A - B.$$

Суммарный допуск на размер $(B + B)$ принимают как 1/2...1/3 допуска размера A .

5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Рассмотрим пример разработки конструкции специального фрезерного приспособления для условий крупносерийного производства.

5.1. Исходные данные

Требуется спроектировать станочное приспособление для операции фрезерования лыски детали «Стакан» на вертикально-фрезерном станке модели 6Р12Ф3. Чертеж детали представлен на рис. 5.1. Остальные поверхности обработаны окончательно на предыдущих операциях. Материал детали – СЧ 20. Заготовка – отливка. Неуказанные предельные отклонения размеров соответствуют 14 квалитету точности.

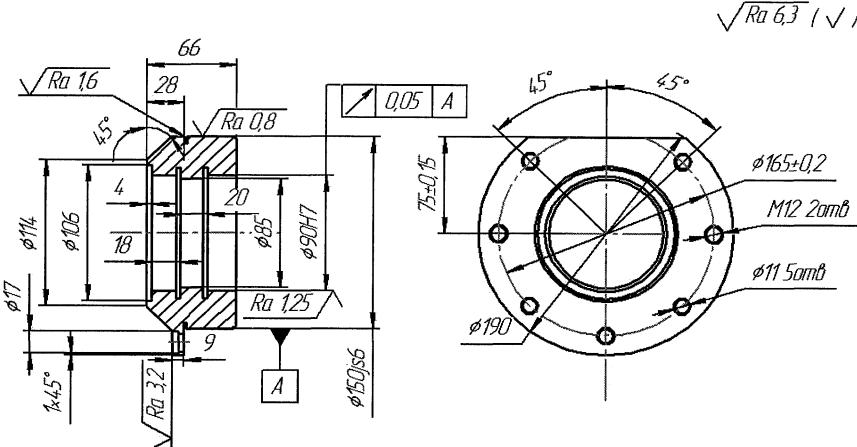


Рис. 5.1. Чертеж детали «Стакан»

Применяемый режущий инструмент: фреза концевая по ГОСТ 17025–71 1 типа, диаметр $D = 25\text{мм}$, общая длина $L = 121\text{ мм}$, длина рабочей части $l = 45\text{ мм}$, число зубьев $z = 6$, материал режущей части – сталь Р6М5.

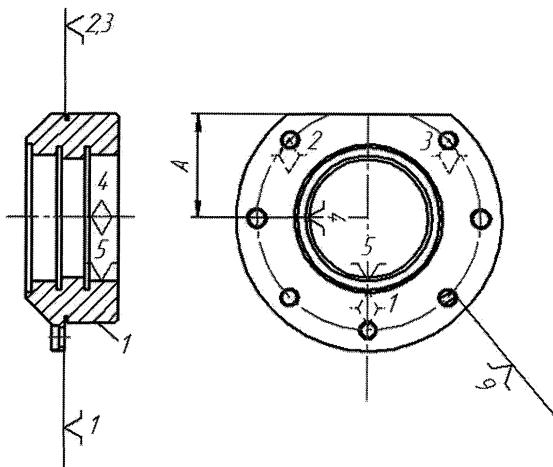
Режимы резания: ширина фрезерования $B = 9\text{ мм}$, глубина резания $t = 5\text{мм}$ (фрезерование выполняется за 4 рабочих хода). Подача на зуб $S_z = 0,12\text{ мм/зуб}$, скорость резания 32 м/мин.

Фрезерование выполняется за 4 рабочих хода, при которых меняется направление подачи. Первый рабочий ход выполняем по корке, схема фрезерования – встречная. Для встречного фрезерования (первый и третий рабочий ход) составляющие сил резания: окружная $P_z = 1909\text{ Н}$, радиальная $P_y = 764\text{ Н}$, осевая $P_x = 382\text{ Н}$, горизонтальная $P_h = 1527\text{ Н}$, вертикальная $P_v = 477\text{ Н}$. Для попутного фрезерования (второй и четвертый рабочий ход) составляющие сил резания: окружная $P_z = 1909\text{ Н}$, радиальная $P_y = 764\text{ Н}$, осевая $P_x = 382\text{ Н}$, горизонтальная $P_h = 955\text{ Н}$, вертикальная $P_v = 1336\text{ Н}$.

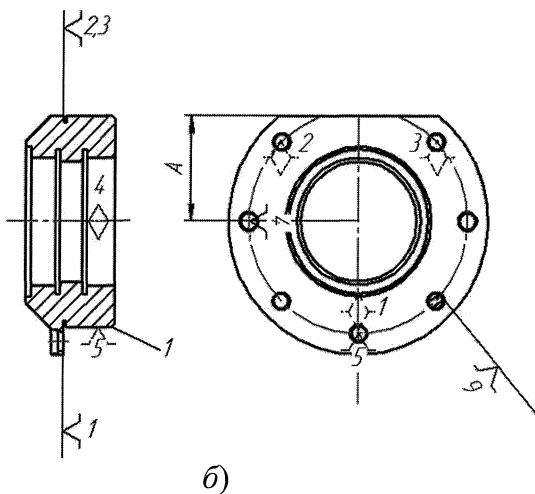
Расчет режимов резания и составляющих сил резания выполнен по литературе [1].

5.2. Схемы базирования и погрешность базирования

Для данной операции предложены две схемы базирования, которые представлены на рис. 5.2.



a)



б)

Рис. 5.2. Схемы базирования: а) базирование по плоскости и двум цилиндрическим отверстиям; б) базирование по плоскости, наружной цилиндрической поверхности и цилиндрическому отверстию

Вариант *а*) реализуется установкой на опорное кольцо, цилиндрическую оправку и срезанный ромбический палец. Вариант *б*) реализуется установкой во втулку с упором в ее фланец и отверстием на срезанный ромбический палец.

И в том и в другом случае размер $A = 75$ мм будет иметь погрешность базирования, определяемую как максимальный возможный зазор в сопряжении.

$$\varepsilon_{\delta A} = S_{\max} = \Delta + T_D + T_d,$$

где Δ – гарантированный минимальный зазор посадки, T_D , T_d – допуски размеров базовой цилиндрической поверхности и установочного элемента (оправки или втулки).

Т.к. наружная цилиндрическая поверхность выполнена точнее по 6 квалитету, погрешность базирования $\varepsilon_{\delta A}$ во втором варианте установки меньше. Кроме того, наружная цилиндрическая поверхность диаметром 150 является конструкторской базой, и базирование по данной поверхности реализует принцип совмещения баз. Поэтому выбираем второй вариант базирования.

5.3. Выбор установочных элементов и определение их основных размеров

Базирование по наружной цилиндрической поверхности реализуется установкой во втулку с упором в ее фланец. Назначаем материал втулки – сталь 20Х, подвергаемая цементации на глубину 0,8...1,2 мм и закалке до твердости 55...60 HRC.

При проектировании необходимо определить рабочий диаметр отверстия втулки D , от которого зависит погрешность базирования. Погрешность базирования на размер $A = 75 \pm 0,15$ равна максимальному зазору в сопряжении

$$\varepsilon_{\delta A} = S_{\max} = \Delta + T_D + T_d,$$

где Δ – гарантированный минимальный зазор посадки, T_D , T_d – допуски размеров соответственно отверстия установочной втулки и базовой цилиндрической поверхности заготовки.

Исполнительный размер диаметра втулки определяем из условия: ожидаемое значение допуска T_A должно быть меньше заданного по чертежу $[T_A]$, т.е.

$$T_A \leq [T_A].$$

Ожидаемый допуск выполнения заданного размера A может быть определен как

$$T_A = \varepsilon_y + \omega,$$

где ω – средняя экономическая точность обработки на металлообрабатывающих станках.

Назначим рабочий диаметр установочной втулки $D = 150 F8 \left(\begin{smallmatrix} +0,106 \\ +0,043 \end{smallmatrix} \right)$ и проверим выполнение требуемого условия. Требуется определить ожидаемую точность выполнения размера A . Погрешность закрепления $\varepsilon_3 = 0$, т.к. направление силы Q перпендикулярно выдерживаемому размеру. Погрешность изготовления приспособления ε_{yc} примем 0,01 мм. Назначаем погрешность вызываемую износом установочных элементов приспособления $\varepsilon_i = 0,01$ мм. Погрешность установки при-

способления на станке ε_c при использовании направляющих шпонок примем 0,01 мм. Средняя экономическая точность обработки $\omega = 0,120$ мм. Диаметр базовой поверхности заготовки $d = 150 \text{ js}6^{(+0,0125)}_{(-0,0125)}$ мм.

Исходя из схемы установки заготовки в приспособлении погрешность базирования при выполнении размера A определяем по уравнению:

$$\varepsilon_{\delta A} = S_{\max} = \Delta + T_D + T_d = 0,0305 + 0,063 + 0,025 = 0,1185 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{n,3} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_c^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2} = 0,017 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{y_A} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{n,3}^2} = \sqrt{0,1185^2 + 0^2 + 0,017^2} = 0,1197 \text{ мм.}$$

Ожидаемая точность выполнения размера:

$$T_A = \varepsilon_{y_A} + \omega = 0,1197 + 0,120 = 0,2397 \text{ мм.}$$

Проверяем условие $T_A \leq [T_A]$, т.е. $0,2397 \leq 0,3$ – условие выполняется. При заданном допуске на размер A $[T_A] = 0,3$ мм принятое поле допуска втулки обеспечивает некоторый запас точности: $[T_A] - T_A = 0,06$ мм. Остальные размеры втулки определяются конструктивно.

Вторым установочным элементом реализующим опорную базу т. б по рис. 5.2. б) является срезанный ромбический палец по ГОСТ 12210–66. Его конструкция представлена на рис. 5.3. Палец запрессовывается в корпус приспособления по посадке $H7/t6$ через промежуточную втулку. При проектировании необходимо определить диаметр рабочей поверхности пальца D и ширину ленточки b .

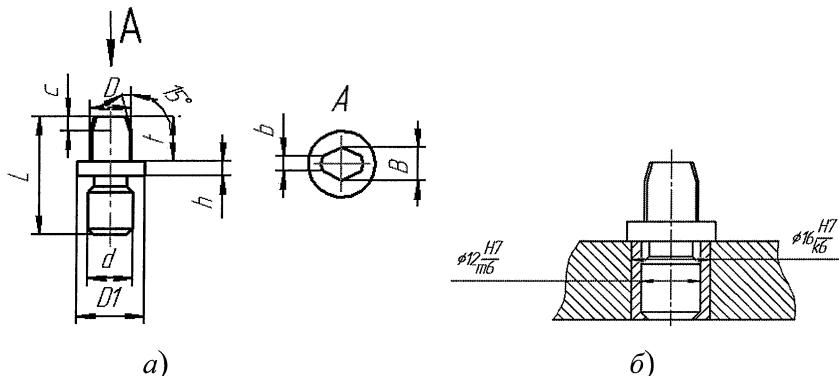


Рис. 5.3. Срезанный ромбический палец: а) конструкция;
б) схема установки в корпус

Диаметр базового отверстия выполнен точнее, чем задан по чертежу: $D_0 = 11H7^{+0,018}$. Диаметр срезанного пальца, учитывая невысокие требования к точности обработки назначаем $D_n = 11f9^{-0,016}_{-0,059}$

Согласно методике, изложенной в литературе [4, с. 64], ширина ленточки цилиндрической поверхности срезанного пальца определяется по формуле:

$$b = \frac{D_2 \cdot S_{2\min}}{2c},$$

где D_2 – номинальный диаметр отверстия, которым заготовка устанавливается на срезанный палец; $S_{2\min}$ – минимальный зазор в сопряжении базового отверстия со срезанным пальцем;

$$2c = TL_o + TL_n - S_{1\min},$$

где TL_o – допуск на размер между базовыми поверхностями заготовки, обеспечим $TL_o = 0,1$ мм; TL_n – допуск на размер между осями установочной втулки и срезанного пальца, выполним $TL_n = 0,05$ мм, $S_{1\min}$ – минимальный зазор в сопряжении установочной втулки и базовой наружной цилиндрической поверхности, т.к. диаметр отверстия втулки $D_1 = 150 F8^{+0,106}_{+0,043}$, диаметр базовой поверхности $d_1 = 150 js6^{+0,0125}_{-0,0125}$, то $S_{1\min} = D_{1\min} - d_{1\max} = 150,043 - 150,0125 = 0,0305$ мм.

Тогда

$$2c = 0,1 + 0,05 - 0,0305 = 0,1195 \text{ мм}; \quad c = 0,05975 \text{ мм.}$$

$$b = \frac{11 \cdot 0,016}{0,1195} - 0,05975 = 1,413 \text{ мм.}$$

То есть для обеспечения возможности установки всех заготовок из партии ширина ленточки срезанного пальца должна быть не более 1,413 мм, принимаем $b = 1,4$ мм. Остальные размеры принимаем в соответствии с ГОСТ 12210–66: $D_1 = 18$ мм, $d = 12$ мм, $L = 28$ мм, $l = 12$ мм, $h = 4$ мм, $c = 4$ мм.

По данной тематике также смотри литературу [6, с. 48; 9, с. 32].

5.4. Расчёт усилия закрепления

Схема действия сил резания для встречного фрезерования приведена на рис. 5.4. Для встречного фрезерования (первый и третий рабочий ход) составляющие сил резания: окружная $P_z = 1909$ Н, радиальная $P_y = 764$ Н, осевая $P_x = 382$ Н, горизонтальная $P_h = 1527$ Н, вертикальная $P_v = 477$ Н. Для попутного фрезерования (второй и четвертый рабочий ход) составляющие сил резания: окружная $P_z = 1909$ Н, радиальная $P_y = 764$ Н, осевая $P_x = 382$ Н, горизонтальная $P_h = 955$ Н, верти-

кальная $P_v = 1336$ Н. Расчет составляющих сил резания выполнен по литературе [1]. Для расчета усилия закрепления выбираются наиболее неблагоприятные условия обработки – черновая обработка при встречном фрезеровании.

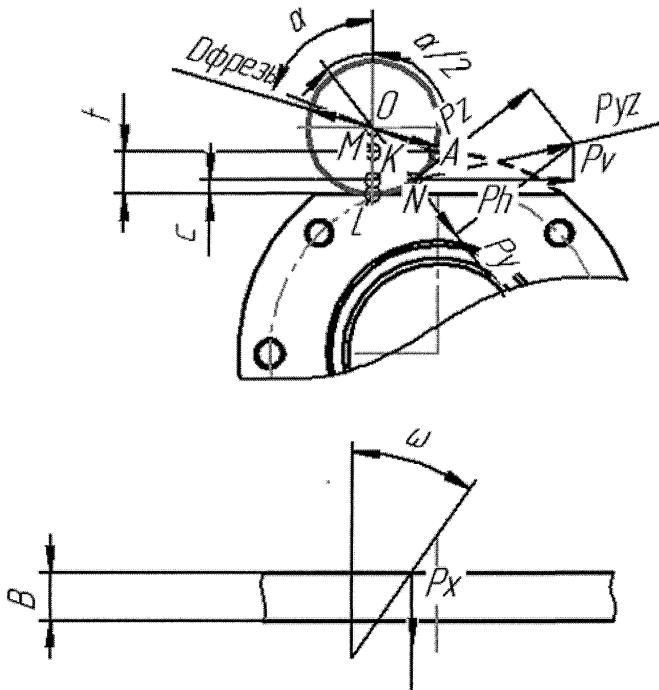


Рис. 5.4. Схема действия сил резания

Заготовка устанавливается наружной цилиндрической поверхностью в установочную втулку, во время обработки под действием сил резания возникает момент стремящийся повернуть заготовку вокруг ее оси. Как видно из рис. 5.4 сдвигающий момент:

$$M_{\text{сдв.}} = P_h (l + c),$$

где l – расстояние от плоскости фрезерования до оси заготовки, $l = 10$ мм; c – расстояние от плоскости фрезерования до точки приложения силы.

По рис. 5.4:

$$c = OL - OK; OL = D_{\text{фп}} / 2,$$

тогда из треугольника OKN находим

$$OK = (D_{\phi p} / 2) \cos(\alpha / 2),$$

из треугольника ONA

$$\sin \alpha = 1 - \frac{2t}{D_{\phi p}},$$

$$\alpha = \arcsin\left(1 - \frac{2t}{D_{\phi p}}\right).$$

В результате вычислений получим $c = 0,6$ мм. Тогда сдвигающий момент $M_{\text{сдв.}} = 1527 \cdot (10+0,6) = 16186$ Н·мм.

На рис. 5.5 приведена расчетная схема для определения усилия закрепления.

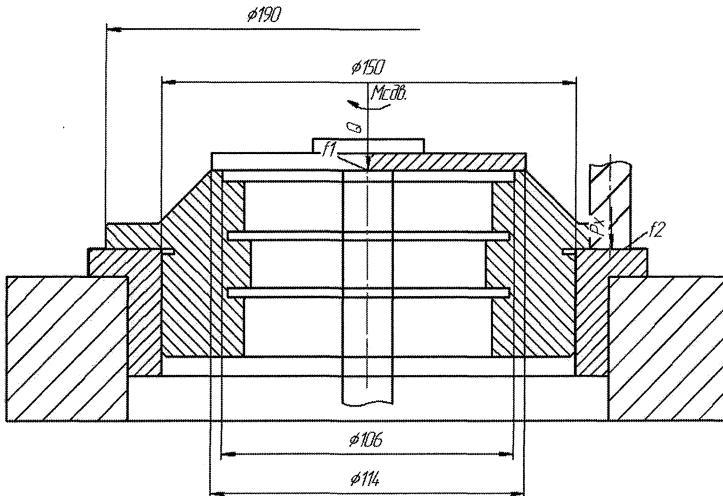


Рис. 5.5. Расчетная схема для определения усилия закрепления

Расчет силы закрепления Q проводится по условию отсутствия поворота заготовки относительно своей оси под действием моментов внешних сил:

$$K \cdot M_{\text{сдв.}} = M_{\text{тр1}} + M_{\text{тр2}},$$

где K – коэффициент запаса; $M_{\text{сдв.}}$ – момент, стремящийся повернуть заготовку вокруг своей оси; $M_{\text{тр1}}$ – момент трения, возникающего по поверхности зажимного элемента шайбы

$$M_{tp1} = Q \cdot f_1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right);$$

M_{tp2} – момент трения, возникающего по поверхности установочного элемента втулки

$$M_{tp2} = (Q + P_x) \cdot f_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right).$$

С учетом приведенных выражений получаем

$$KM = Q \cdot f_1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) + (Q + P_x) \cdot f_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right)$$

Выражаем требуемую силу закрепления

$$Q = \frac{KM - P_x \cdot f_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right)}{f_1 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) + f_2 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D_2^3 - d_2^3}{D_2^2 - d_2^2} \right)}.$$

Коэффициент запаса:

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

Гарантируенный коэффициент запаса для всех случаев $K_0 = 1,5$. Остальные коэффициенты, зависящие от конкретных условий обработки, определены по таблицам 3,4.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 4,86.$$

Так как все поверхности предварительно обработаны, принимаем коэффициенты трения $f_1 = f_2 = 0,16$. По рис. 5.5 $D_1 = 114$ мм, $d_1 = 106$ мм, $D_2 = 190$ мм, $d_2 = 150$ мм.

Подставляя значения в формулу, получаем

$$Q = \frac{16186 \cdot 4,86 - 382 \cdot 0,16 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{190^3 - 150^3}{190^2 - 150^2} \right)}{0,16 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{114^3 - 106^3}{114^2 - 106^2} \right) + 0,16 \cdot \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{190^3 - 150^3}{190^2 - 150^2} \right)} = 3279 \text{ Н.}$$

На рис. 5.6. приведен пример оформления сборочного чертежа приспособления, а на рис. 5.7 – пример оформления спецификации.

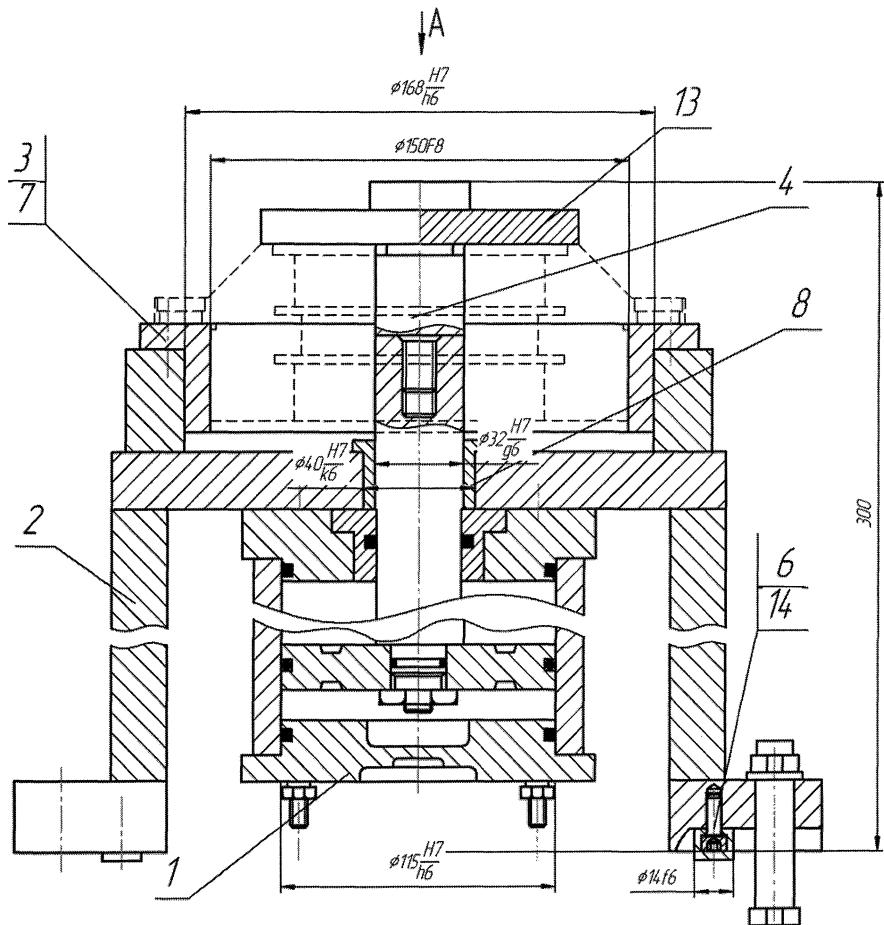
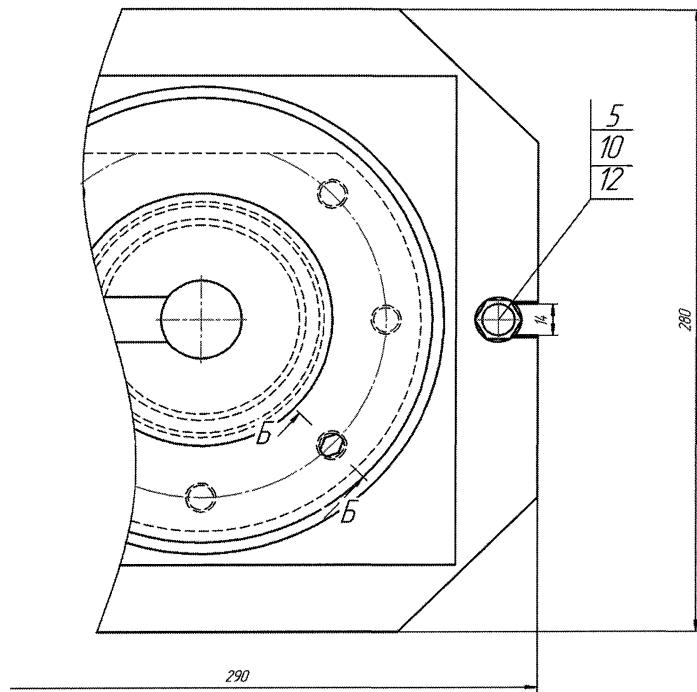
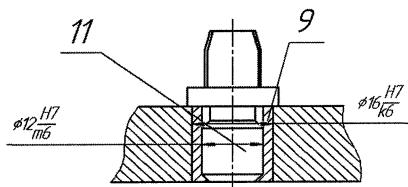


Рис. 5.6. Пример оформления

A



Б-Б (2:1)



сборочного чертежа приспособления

Рис. 5.7. Пример оформления спецификации

5.5. Расчет параметров силового привода

Проектируемое приспособление предназначено для условий крупносерийного производства, поэтому с целью снижения нормы вспомогательного времени на установку заготовки и исключение ручного труда используется пневмопривод.

При проектировании определяют диаметр пневмоцилиндра по приближенной формуле:

$$D_u = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{W}{P}},$$

где W – сила на штоке цилиндра, в нашем случае $W = Q$; P – давление сжатого воздуха, принимаем в расчет $P = 0,49$ МПа.

$$D_u = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{3279}{0,49}} = 115 \text{ мм.}$$

Принимаем ближайший из стандартного ряда диаметр $D_u = 125$ мм. Применяем стандартную конструкцию пневмоцилиндра, остальные параметры определяем по данным литературы [7, с. 427]. Диаметр штока $d_{шт} = 32$ мм.

Так как при закреплении воздух подается в штоковую полость цилиндра, необходима проверка. Находим действительную силу на штоке, соответственно и действительную силу закрепления:

$$W = \frac{\pi \cdot (D^2 - d_{шт}^2) \cdot P \cdot \eta}{4},$$

где D – диаметр цилиндра, мм; $d_{шт}$ – диаметр штока, мм; η – КПД пневмоцилиндра.

$$W_{действ.} = \frac{3,14 \cdot (125^2 - 32^2) \cdot 0,49 \cdot 0,8}{4} = 4493 \text{ Н.}$$

Так как действительное значение силы на штоке больше расчетного $W_{действ.} > W_{расч.}$, необходимое усилие закрепления обеспечивается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник технолога-машиностроителя: справочник: в 2 т. / под ред. А.М. Дальского. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 2. – 941 с.
2. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства: учебник / под ред. Ю.М. Соломенцева. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2001. – 415 с.
3. Косов, Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие для вузов / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М.: Машиностроение, 2005. – 304 с.
4. Технология машиностроения: учебник: в 2 т. / под ред. Г.Н. Мельникова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – Т. 2. – 640 с.
5. Горошкин, А.К. Приспособления для металлорежущих станков: справочник / А.К. Горошкин. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
6. Корсаков, В.С. Основы конструирования приспособлений: учебник / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
7. Станочные приспособления: справочник: в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 1. – 592 с.
8. Станочные приспособления: справочник: в 2 т. / под ред. Б.Н. Вардашкина. – М.: Машиностроение, 1984. – Т. 2. – 656 с.
9. Миков, Ю.Г. Проектирование приспособлений: учебное пособие / Ю.Г. Миков, О.Б. Кучина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 63 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П1

Погрешность закрепления заготовок ε_3 , мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм						
	от 10 до 18	от 18 до 30	от 30 до 50	от 50 до 80	от 80 до 120	от 120 до 180	от 180 до 260
Установка в зажимное приспособление с винтовыми или эксцентриковыми зажимами							
Полученная литьем в песчаную форму	60	70	80	90	100	110	120
Полученная литьем в постоянную форму	50	60	70	80	90	100	110
Полученная литьем по выплавляемой модели	40	50	60	70	80	90	100
Штампованная	100	110	120	135	150	175	200
Горячекатаная	100	110	120	135	150	175	—
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	25	30	35	45	60	70	80
Установка в зажимное приспособление с пневматическим или гидравлическим зажимом							
Полученная литьем в песчаную форму	80	90	100	110	120	140	160
Полученная литьем в постоянную форму	55	60	65	70	80	90	100
Полученная литьем по выплавляемой модели	40	50	55	60	70	80	90
Штампованная	80	90	100	110	120	140	160
Горячекатаная	80	90	100	110	120	140	—
Предварительно обработанная	40	50	55	60	70	80	90
Окончательно обработанная	30	35	40	50	60	70	80
Шлифованная	15	20	25	30	35	40	45

Таблица П.2

Средняя величина износа, полученная опытном путем, U_0 , мкм

Тип установочного элемента	Число контактов с заготовкой								
	до 1000	до 1500	до 2000	до 2500	до 3000	до 3500	до 4000	до 4500	до 5000
Пластина установочная	0,3	1,16	2	2,8	3,7	4,5	5,3	6,2	7
Палец установочный	5,7	6,8	8	9,2	10,3	11,5	12,7	13,8	15
Опора установочная	5,9	7,1	8,4	9,7	10,9	12,2	13,5	14,7	16
Призма установочная	3,7	4,3	5	5,7	6,3	7	7,7	8,3	9
Оправка, отверстие втулки	0,1	0,3	1	1,7	2,3	3	3,7	4,3	5

Таблица П.3

Средняя экономическая точность обработки на
металлообрабатывающих станках ω , мкм

Метод обработки	Диапазон размеров, мм								св 355
	до 18	св 18 до 30	св 30 до 50	св 50 до 80	св 80 до 120	св 120 до 180	св 180 до 250	св 250 до 355	
Точение, растачивание									
Черновое	108...144	126...168	150...200	180...240	324...432	378...504	432...576	840...1120	930...1240
Получистовое	66...88	78...104	96...128	114...152	132...176	150...220	276...368	342...456	378...504
Чистовое	42...56	50...67	60...80	72...96	84...112	96...128	174...232	216...288	240...320
Тонкое	11...14	13...17	15...20	18...24	21...28	24...32	43...58	53...71	58...78
Сверление									
По кондуктору	66...88	78...104	96...128	114...152	132...176	150...220	174...232	216...288	240...320
Без кондуктора	108...144	126...168	150...200	180...240	324...432	378...504	432...576	534...712	582...776
Зенкерование									
Черновое	108...144	126...168	150...200	180...240	324...432	378...504	432...576	534...712	582...776
Получистовое	66...88	78...104	96...128	114...152	132...176	150...220	174...232	216...288	240...320
Чистовое	42...56	50...67	60...80	72...96	84...112	96...128	11...148	138...184	150...200
Тонкое	11...14	13...17	15...20	48...64	21...28	24...32	28...37	34...46	38...50
Развертывание									
Черновое	26...34	31...42	37...50	44...59	52...70	60...80	69...92	84...112	93...124
Получистовое	16...22	20...26	23...31	28...37	32...43	38...50	43...58	53...71	58...78
Чистовое	11...14	13...17	15...20	18...24	21...28	24...32	28...37	34...46	38...50
Тонкое	5...6	5...7	7...9	8...10	13...18	15...20	17...23	22...29	24...32

Окончание табл. П3

Метод обработки	Диапазон размеров, мм															
	до 18		св 18 до 30		св 30 до 50		св 50 до 80		св 80 до 120		св 120 до 180		св 180 до 250		св 250 до 355	
	Шлифование валов															
Однонкратное	26...34	31...42	37...50	44...59	52...70	60...80	111...148	138...184	150...200							
Чистовое	16...22	20...26	23...31	28...37	32...43	38...50	69...92	84...112	93...124							
Тонкое	5 ... 6	5...7	7...9	11...15	13...18	15...20	28...37	34...46	38...50							
Бесцентровое	16...22	20...26	37...50	44...59	84...112	96...128	174...232	216...288	240...320							
Шлифование отверстий																
Черновое	26...34	31...42	37...50	44...59	52...70	60...80	69...92	84...112	93...124							
Получистовое	16...22	20...26	23...31	28...37	32...43	38...0	43...58	53...71	58...8							
Чистовое	11...14	5....7	15...20	18...24	21...28	24...32	28...37	34...46	38...50							
Тонкое	5...6	5...7	7...9	8...10	13...18	15...20	17...23	22...29	24...32							
Хонингование	5...6	5...7	7...9	8...10	13...18	15...20	17...23	22...29	24...32							
Шлифование плоских поверхностей																
Черновое	26...4	31...42	37...50	44...59	52...70	60...80	69...92	84...112	93...124							
Чистовое	16...22	20...26	23...31	28...37	32...43	38...50	43...58	53...71	58...78							
Тонкое	11...14	13...17	15...20	18...24	21...28	24...32	28...37	34...46	38...50							
Фрезерование плоскостей и строгание																
Черновое	66...88	78...104	96...128	114...152	210...280	240...320	276...368	342...456	378...504							
Получистовое	26...34	31...42	37...50	44...59	84...112	96...128	111...148	138...184	150...200							
Чистовое	16...22	20...26	23...31	28...37	52...70	60...80	69...92	84...112	93...124							

Таблица П.4

Коэффициент трения и угол трения

Условия трения	Коэффициент трения	Угол трения
При контакте обработанных поверхностей заготовки с опорами и зажимными механизмами приспособления	0,16	9°
При контакте необработанных заготовок (отливок, поковок) с постоянными опорами (штырями) со сферической головкой	0,2...0,25	11...14°
При контакте заготовок с зажимным механизмом и опорами, имеющими рифление и при больших силах взаимодействия	0,7	35°
При закреплении в кулачковом или цанговом патроне с губками:		
гладкими	0,16...0,18	9...11°
с кольцевыми канаками	0,3...0,4	17...22°
с взаимоперпендикулярными канавками	0,4...0,5	22...27°
с острыми рифлениями	0,7...1,0	35...45°
При трении материалов в элементах приспособлений:		
сталь – сталь		
без смазки	0,12...0,15	9°
со смазкой	0,05...0,1	3...7°
сталь – мягкая сталь		
без смазки	0,2	11°
со смазкой	0,1...0,2	7...11°
сталь – чугун		
без смазки	0,18	11°
со смазкой	0,05...0,15	3...9°
сталь – бронза		
без смазки	0,1	7°
со смазкой	0,07...0,1	4...7°
чугун – бронза		
без смазки	0,15...0,2	9...11°
со смазкой	0,07...0,15	4...9°
бронза – бронза		
смазки	0,2	11°
со смазкой	0,07...0,1	4...7°

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ	
1.1. Исходные данные для проектирования	3
1.2. Разработка чертежа общего вида приспособления	5
1.3. Особенности проектирования приспособлений для станков с ЧПУ	6
2. РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНЫХ СХЕМ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВОВОК	
2.1. Схемы базирования и погрешность базирования.....	7
2.2. Расчет погрешности установки и выбор установочных элементов.	17
3. ЗАЖИМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ И ИХ РАСЧЁТ	
3.1. Назначение зажимных механизмов и основные требования, предъявляемые к ним	21
3.2. Методика расчёта усилий закрепления	23
3.3. Выбор типа зажимного механизма и его основных параметров	34
3.4. Силовые приводы приспособлений и определение их параметров	36
3.5. Пример расчёта зажимных механизмов и силовых приводов приспособлений	36
4. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ	
4.1. Кондукторные втулки.	38
4.2. Установы для фрезерных приспособлений.....	40
5. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	
5.1. Исходные данные	41
5.2. Схемы базирования и погрешность базирования.....	42
5.3. Выбор установочных элементов и определение их основных размеров.....	44
5.4. Расчёт усилия закрепления	46
5.5. Расчет параметров силового привода.....	53
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	54
ПРИЛОЖЕНИЕ	55

Техн. редактор А.В. Миних

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 20.12.2011. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 3,49. Тираж 50 экз. Заказ 456/163. Цена С.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.