

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шамсутдинов Расим Адегамович
Должность: Директор ЛФ КНИТУ-КАИ
Дата подписания: 30.09.2020 16:09:48
Уникальный программный ключ:
d31c25eab5d6fbb0cc50e03a64dfdc00329a085e3a993ad1080663082c961114

Ш.А. Бурчаков, Н.Н. Ухватов

Технология машиностроения

Учебное пособие

Казань

Содержание и объем курсового проекта

Весь комплекс разрабатываемых в курсовом проекте документов может быть разделён на три части: графическая часть; альбом технологической документации; расчетно-пояснительная записка. Графическая часть типового курсового проекта включает 4-5 листов формата А₁; чертежи детали 0,5–1 лист; чертежи заготовки – 0,3-1 лист; сборочный чертёж специального станочного или контрольно-измерительного приспособления - 1-1,5 листа; детализировка станочного или контрольно-измерительного приспособления- 0,5-1 лист; чертежи наладок – 1 лист; операционные эскизы - 1 лист.

В зависимости от темы и содержания проекта в графическую часть при необходимости дополнительно или за счет частичного сокращения объема отдельных пунктов могут входить: графики и схемы, иллюстрирующие анализ точности технологических операций или проектно - точностные расчеты, другие иллюстративные материалы.

Технологическая документация оформляется в виде сброшюрованного альбома и включает в себя: маршрутную карту, эскиз заготовки, операционные карты на все виды механической обработки; карты эскизов; карты технического контроля и комплекс документов, разрабатываемых для станков с ЧПУ.

Объем расчетно-пояснительной записки – 40-50 страниц рукописного текста. Содержание записки должно отразить все виды работ, выполненные студентом по проекту: расчетные, конструкторские, методологические, исследовательские и т.п.

По содержанию курсовой проект состоит из технологической и конструкторской частей.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

ГОСТ 14.301-83 предусматривает следующие основные этапы разработки технологических процессов:

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.
2. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса.
3. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления.
4. Выбор технологических баз.
5. Составление технологического маршрута обработки.
6. Разработка технологических операций.
7. Нормирование технологического процесса.

8. Определение требований безопасности жизнедеятельности.
9. Расчет экономической эффективности технологического процесса.
10. Оформление технологических документов.

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

В этом разделе рассматриваются следующие вопросы: назначение детали в узле, машине, условия её эксплуатации: требования к изготовлению детали; анализируется материал и его свойства; определяются требования к отдельным поверхностям детали. Необходимо выявить лимитирующие с точки зрения долговечности поверхности. На основе проведенного анализа необходимо сформулировать основные задачи, которые следует решить при разработке технологического процесса для достижения заданных свойств детали. Попутно необходимо студентам проверить выданный в качестве задания чертеж детали: достаточность проекции, правильность постановки размеров, технических требований, технологичность детали. Для механообработки ГОСТ 14.204-73 устанавливает следующие основные правила технологичности конструкции детали: конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов, размеры и поверхности детали должны иметь оптимальную точность и шероховатость: конструкция детали должна обеспечивать возможность применения типовых технологических процессов; конструкция должна обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей. Особое внимание следует обращать на обоснованность предельных отклонений размеров детали. Следует учитывать, что чрезмерные требования к точности размеров и шероховатостей поверхностей ведут к увеличению трудоемкости и перерасходу средств на изготовление детали.

На этом этапе определяется тип производства (единичный, серийный, массовый). Для курсового проекта рекомендуется использовать серийный, как наиболее распространённый в промышленности.

2. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса

Разработку ТП необходимо проводить на основе унифицированных технологических процессов (типовой, групповой). Материалы необходимо подбирать на предприятии или по литературным источникам. При отсутствии унифицированных ТП технологический процесс должен разрабатываться на основе принятия прогрессивных решений, содержащихся в единичных ТП изготовления аналогичных деталей.

3. Выбор исходной заготовки и методов её изготовления

Для изготовления деталей машин применяются заготовки следующих пяти видов: заготовки из проката; поковки и штамповки; отливки; заготовки, изготовленные комбинированным методом; заготовки из металлокерамики, пластмасс и других неметаллических материалов. Выбор заготовки определяется рядом факторов: технологическими свойствами материала (литейных свойств штампуемости, структурных изменений и т.д.); требуемой точностью выполнения заготовки и качеством её поверхности; размерами детали и её конструктивной формой программой выпуска деталей; служебным назначением детали. В пособии ограничимся рассмотрением вопросов, относящихся к заготовкам, полученным штамповкой, как наиболее широко используемым в курсовых проектах.

Поковки штампованные.

Детали, работающие в условиях значительного силового нагружения, при знакопеременных или циклических нагрузках рекомендуется изготавливать из штампованных поковок (в дальнейшем поковок). Поковки из стали, в зависимости от назначения и условий работы, изготавливаемых из них деталей и особенностей производства согласно ГОСТ 8479, разделяются по видам испытаний на пять групп (таблица 1). Группа поковки указывается на чертеже детали.

Технические требования

Поковки поставляются в термически обработанном состоянии. Они должны быть очищены от окалины травлением, дробеструйным или иным методом. Допускаются местные дефекты в виде шлаковых включений, закатов, заковов, а также трещин, глубина которых не должна превышать половины номинального припуска на механическую обработку. Трещины должны быть удалены зачисткой.

Таблица 1

К определению группы поковок

Группа поковок	Виды Испытаний	Условия комплектования партии	Сдаточные характеристики
I	Без испытаний	Поковки одной или разных родов стали	-

II	Определение твердости	Поковки одной марки стали совместно прошедшие термическую обработку	Твердость
III	Определение твердости	Поковки одной марки стали прошедшие термическую обработку по одинаковому режиму	Твердость
IV	1. Испытание на растяжение 2. определение ударной вязкости 3. определение твердости	Поковки одной плавки стали, совместно прошедшие термообработку.	Придел текучести Относительное сужение Ударная вязкость
V	Тоже что в IV	Принимается индивидуально каждая поковка	Тоже что в 4

Размеры и допуски поковок. При выполнении курсового проекта номинальные размеры поковок следует определять расчетом. Линейные размеры должны быть установлены от исходных баз механической обработки. Допуски на размеры поковок содержатся в отраслевом стандарте ОСТ 1.41187-78 и в ГОСТ 7505-89.

Значение допусков на размеры штампованных поковок по ОСТ.41187- 78.

Допуски, указанные в отраслевом стандарте, относятся к линейным размерам штампованных заготовок из стали, титановых сплавов и цветных сплавов (алюминиевых, магниевых, медных), изготавливаемых на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах. Кроме того, в стандарте указаны допустимые величины смещений частей штампа, допустимые коробления заготовок (кривизна, прогиб), допустимые отклонения от соосности прошиваемых отверстий, допуски на штамповочные уклоны и незакоординированные радиусы.

Отраслевой стандарт предусматривает шесть классов точности изготовления заготовок. Первый и второй классы предназначены для элементов штамповок, подвергаемых холодной плоскостной калибровке (чеканке), третий класс – для элементов заготовок, подвергаемых горячей плоскостной калибровке, четвертый класс - для штамповок, изготавливаемых обычными методами горячей штамповки с последующей горячей калибровкой. Пятый и шестой классы точности относятся к заготовкам, получаемым обычными методами горячей штамповки.

Для назначения допусков размеры разделяются на вертикальные (H, s, h, h_1 рис.1) - перпендикулярные плоскости разъема штампа, и горизонтальные - параллельные плоскости разъема штампа.

Допуски на вертикальные размеры назначаются в зависимости от площади проекции штампованной заготовки на плоскость разъема штампа (табл. 2, 3), а допуски на горизонтальные размеры в зависимости от абсолютной величины размера (табл.4).

Кроме того, линейные размеры разделяют по характеру влияния на них износа штампов на пять групп:

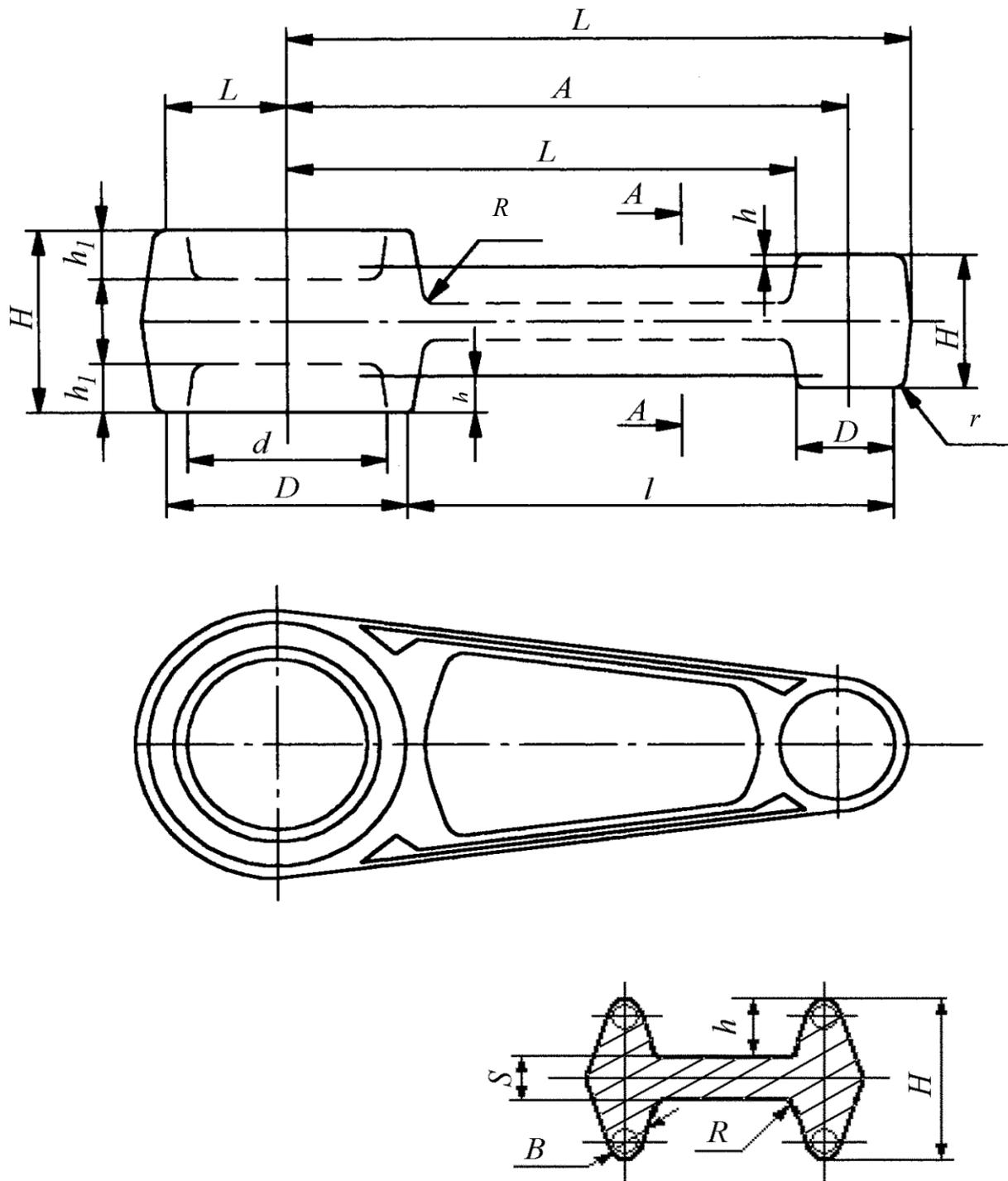


Рис.1. Поковка штампованная.

1. Размеры D, d, H, s, b , изменяющие величину при износе штампа с двух сторон в противоположных направлениях назначают по таблице 2. (вертикальные размеры) и по таблице 4 (горизонтальные размеры) для двухстороннего износа штампа. При этом если размер относится к "охватываемой" (наружной) поверхности заготовки, то отклонение назначают со знаками, указанными в таблице 4. Например, для стальной заготовки 5-го класса точности на размер $D=90$ мм следует назначать допуск $\frac{+0,70}{-0,40}$. Если же размер относится к "охватывающей" (внутренней) поверхности (к выемке) заготовки, то отклонения принимаются по таблице 4 с обратными знаками. Например, для стальной заготовки пятого класса точности на размер $d=65$ мм следует назначить допуск $\frac{+0,40}{-0,70}$.

2. Вертикальные размеры h и h_1 , изменяющие величину при износе штампа с двух сторон, но в одном направлении. Допуск на них назначают:

а) если размер h определяет высоту элемента штампованной заготовки и обуславливает износ штампа в одном направлении - по таблице 2;

б) если размер h_1 определяет глубину выемки в штампованной заготовке и обуславливает износ штампа в одном направлении - по таблице 2, но принимается с коэффициентом 1,54 с обратным знаком. Например, для стальной заготовки 6-го класса точности при площади проекции заготовки на плоскость разреза штампа равной 180 см^2 , допуск на размер h_1 составляет $\frac{+0,9 \times 1,5 = 1,35}{-1,8 \times 1,5 = -2,70}$.

3. Горизонтальные размеры (b) определяющие длину или ширину элемента штампованной заготовки (ширину ребра, ширину и длину бобышки и т.д.) и обуславливающие двухсторонний износ штампа. Допуски на них определяются по табл. 4.

4. Горизонтальные размеры (L и L_1) изменяются при износе штампа с одной стороны. Отклонения на них назначаются равными половинным значениям отклонений удвоенных размеров ($2L, 2L_1$), взятым по таблице 4 (двухсторонний износ). Для размера L_1 отклонения принимаются с противоположными знаками.

Например: а) для $L=60$ мм (стальная заготовка, 5-й класс точности) допуск определяется по таблице 4 на размер $2L=2 \times 60 = 120$

и будет равен $\frac{+0,65}{-0,45}$.

б) Для размера $L_1=70$ мм (стальная заготовка 6-го класса точности) допуск следует принимать по размеру $2L_1 = 2 \times 70 = 140$. Половина допуска с обратными знаками отклонений равна $\frac{+0,45}{-0,65}$.

Примечание: Допуски на размеры заординированных радиусов равны половине допусков на соответствующие диаметры.

5. Горизонтальные размеры (А) на которые не влияет износ штампа. Допуск на них назначают по табл. 5

Таблица 2

Допуски на вертикальные (перпендикулярные плоскости разъема) размеры штамповочных заготовок (двухсторонний износ) ОСТ.1.41187-78.

Площадь штампованной заготовки плоскость разъема штампа, см ²		Заготовки					
		Из стали и титановых сплавов			Из цветных сплавов		
		Классы точности					
Свыше	До	4	5	6	4	5	6
		Отклонения, мм					
	16	+0,25 -0,10	+0,4 -0,2	+0,6 -0,3	+0,2 -0,1	+0,3 -0,2	+0,5 -0,3
16	25	+0,3 -0,15	+0,5 -0,3	+0,7 -0,35	+0,25 -0,15	+0,4 -0,2	+0,6 -0,3
25	40	+0,35 -0,2	+0,6 -0,3	+0,85 -0,4	+0,3 -0,15	+0,4 -0,2	+0,7 -0,4
40	80	+0,45 -0,2	+0,7 -0,4	+1,1 -0,5	+0,35 -0,2	+0,5 -0,3	+0,9 -0,5
80	160	+0,55 -0,25	+0,9 -0,4	+1,4 -0,7	+0,45 -0,2	+0,7 -0,35	+1,1 -0,6
160	320	+0,7 -0,4	+1,1 -0,6	+1,8 -1,1	+0,55 -0,35	+0,85 -0,6	+1,4 -0,9
320	480	+0,85 -0,4	+1,3 -0,6	+2,1 -1,1	+0,7 -0,35	+1,1 -0,35	+1,8 -0,6

Таблица 3

Допуски на вертикальные (перпендикулярные плоскости разъема) размеры
штампованных заготовок (износ в одном направлении),
ОСТ 1.41187-78

Площадь проекции штампованной заготовки на плоскость разъема штампа, см ²		Заготовки					
		Из стали и титановых сплавов			Из цветных сплавов		
		Классы точности					
Свыше	До	4	5	6	4	5	6
		Отклонения мм					
	16	+0,05 -0,10	+0,10 -0,15	+0,15 -0,20	+0,05 -0,05	+0,10 -0,10	+0,15 -0,15
16	25	+0,10 -0,10	+0,15 -0,20	+0,20 -0,25	+0,05 -0,10	+0,10 -0,15	+0,15 -0,20
25	40	+0,10 -0,15	+0,15 -0,25	+0,20 -0,30	+0,10 -0,10	+0,15 -0,15	+0,20 -0,20
40	80	+0,10 -0,20	+0,20 -0,25	+0,30 -0,40	+0,1 -0,15	+0,15 -0,20	+0,25 -0,30

80	160	+0,15 -0,20	+0,20 -0,30	+0,35 -0,5	+0,1 -0,15	+0,28 -0,25	+0,30 -0,40
160	320	+0,20 -0,25	+0,25 -0,40	+0,45 -0,60	+0,15 -0,2	+0,25 -0,36	+0,35 -0,50
320	480	+0,20 -0,30	+0,30 -0,40	+0,55 -0,70	+0,20 -0,20	+0,30 -0,40	+0,45 -0,65

Таблица 4

Допуски на горизонтальные (параллельные плоскости разъема) размеры штампованных заготовок (двухсторонний износ), ОСТ1.41187-78

Размеры штампованной заготовки мм		Заготовки					
		Из цветных сплавов, алюминиевых магниевых, медных.			Из стали и титановых сплавов		
		Классы точности					
свыше	до	4	5	6	4	5	6
		Отклонения, мм					
	16	+0,25 -0,10	+0,30 -0,20	+0,40 -0,20	+0,30 -0,15	+0,40 -0,20	+0,50 -0,30
16	25	+0,30 -0,15	+0,4 -0,20	+0,60 -0,30	+0,35 -0,20	+0,50 -0,30	+0,60 -0,40
25	40	+0,35 -0,15	+0,50 -0,30	+0,70 -0,40	+0,40 -0,25	+0,60 -0,40	+0,70 -0,50
40	60	+0,40 -0,20	+0,60 -0,30	+0,80 -0,50	+0,55 -0,30	+0,70 -0,50	+0,90 -0,60
60	100	+0,55 -0,30	+0,70 -0,40	+0,90 -0,60	+0,70 -0,40	+0,90 -0,60	+1,10 -0,70

100	160	+0,70 -0,40	+0,90 -0,50	+1,10 -0,70	+0,85 -0,55	+1,10 -0,70	+1,30 -0,90
160	250	+0,85 -0,55	+1,10 -0,70	+1,40 -0,90	+1,10 -0,70	+1,30 -0,90	+1,60 -1,10
250	360	+1,10 -0,70	+1,30 -0,80	+1,60 -1,10	+1,30 -0,85	+1,50 -1,1	+1,80 -1,30
360	500	+1,3 -0,85	+1,50 -1,10	+2,10 -1,40	+1,50 -1,10	+1,8 -1,3	+2,10 -1,60

Таблица 5

Допуски на горизонтальные (параллельные плоскости разреза)
размеры штампованных заготовок (не зависящие от износа штампа)
ОСТ 1.41187-78

Размер штампованной заготовки		Заготовки					
		Из стали и титановых сплавов			Из цветных металлов		
		Классы точности					
Свыше	до	4	5	6	4	5	6
		Отклонения мм					
	40	0,10	0,15	0,20	0,05	0,10	0,15
40	60	0,15	0,20	0,30	0,10	0,15	0,20
60	100	0,20	0,25	0,35	0,15	0,20	0,30
100	160	0,20	0,35	0,5	0,20	0,30	0,50
160	250	0,35	0,5	0,7	0,25	0,40	0,70
250	360	0,45	0,70	0,9	0,35	0,55	0,90
360	500	0,55	0,90	1,2	0,45	0,70	1,10

Допуск не незакоординированный радиус R устанавливается в зависимости от величины радиуса по таблице 6.

Таблица 6

Допуски на размеры незакоординированных технологических радиусов штампованных заготовок

Номинальный размер радиуса, мм	Заготовки					
	Из стали и титановых сплавов			Из цветных металлов		
	Класс точности					
	4	5	6	4	5	6

До 1,6	+0,5 -0,5	+1,0 -0,5		+0,5 -0,5	+1,0 -0,5	
св.1,6 до 2,5	+0,5 -0,5	+1,0 -0,5	+1,5 -1,0	+0,5 -0,5	+1,0 -0,5	+1,5 -1,0
св.2,5 до 4,0	+1,5 -1,0	+2,0 -1,0	+2,0 -1,5	+1,0 -0,5	+1,5 -0,5	+2,0 -1,0
св.4,0 до 8,0	+2,0 -1,0	+2,5 -1,0	+3,0 -1,5	+1,5 -1,0	+2,0 -1,0	+2,5 -1,0
св.8,0 до 16	+2,5 -1,5	+3,5 -1,5	+4,0 -2,0	+2,0 -1,0	+3,0 -1,0	+3,5 -1,5
св.16 до 32	+3,0 -2,0	+4,0 -2,0	+5,0 -2,5	+2,5 -1,5	+3,5 -1,5	+4,5 -2,0
св.32 до 50	+4,0 -2,0	+5,0 -2,5	+6,0 -3,0	+4,0 -2,0	+5,0 -2,5	+6,0 -3,0

Допуски на смещение штампованных заготовок в плоскости разреза штампа устанавливаются в зависимости от плоскости проекции штампованной заготовки по таблице 7.

Таблица 7

Допускаемое смещение (в мм) по плоскости разрезов штампа для штампованных заготовок из стали, титановых, алюминиевых, магниевых, медных сплавов.

Площадь проекции штампованной заготовки на плоскость разреза штампа, см ²	Классы точности		
	4	5	6
До 16	0,15	0,2	0,3
Св. 16 до 25	0,15	0,2	0,4
Св. 25 до 40	0,20	0,3	0,5
Св. 40 до 80	0,20	0,3	0,6
Св. 80 до 160	0,25	0,4	0,7
Св. 160 до 320	0,25	0,5	0,8
Св. 320 до 480	0,3	0,6	1,0

Допуски на смещение не зависят от других допусков и являются дополнением к ним.

Допускаемое коробление (кривизна, прогиб и др.) устанавливается по наибольшему габаритному размеру штампованной заготовки по таблице 8.

Таблица 8

Допускаемое коробление штампованных заготовок

Размер штампованной заготовки, мм		Заготовки					
		Из стали, титановых сплавов			Из цветных сплавов		
		Классы точности					
Свыше	До	4	5	6	4	5	6
		Отклонения (+,-), мм					
	16	0,20	0,3	0,4	0,10	0,15	0,2
16	25	0,20	0,3	0,4	0,15	0,2	0,3
25	40	0,25	0,4	0,5	0,15	0,2	0,3
40	60	0,30	0,4	0,6	0,2	0,25	0,4
60	100	0,35	0,5	0,8	0,2	0,3	0,5
100	160	0,40	0,6	0,9	0,25	0,40	0,6
160	250	0,45	0,7	1,0	0,30	0,5	0,7
250	360	0,50	0,8	1,1	0,35	0,5	0,8
360	500	0,60	1,0	1,3	0,40	0,6	1,0

Допуски на коробление являются дополнением к другим допускам.

Допуски на штамповочные уклоны устанавливаются в зависимости от величины штамповочного уклона по таблице 9.

Таблица 9

Допуски на штамповочные уклоны

Номинальный размер Штамповочного уклона, град.		Классы точности		
		4	5	6
От	До	Предельные отклонения		
	2	$\pm 0^{\circ}20'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$
2	5	$\pm 0^{\circ}20'$	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 1^{\circ}00'$
5	7	$\pm 0^{\circ}30'$	$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$
7		$\pm 0^{\circ}45'$	$\pm 1^{\circ}00'$	$\pm 1^{\circ}30'$

Допуски на штамповочные уклоны не зависят от других допусков и являются дополнением к ним.

Допускаемая величина остатка облоя устанавливается по наибольшему габаритному размеру штампованной заготовки и способу обрезки облоя по таблице 10. Остаток облоя является дополнением к другим допускам.

Таблица 10

Допускаемый остаток облоя по периметру среза штампованных заготовок.

Наибольшие габаритные Размеры штампованной Заготовки, мм	Классы точности		
	4	5	6

		Остаток облоя, мм		
От	до			
	25	0,2	0,3	0,5
25	40	0,3	0,4	0,6
40	60	0,4	0,6	0,8
60	100	0,6	0,9	1,3
100	160	0,8	1,2	1,7
160	250	1,0	1,5	2,0
250	360	1,2	1,8	2,4
360	500	1,4	2,0	2,8

Отклонения от соосности прошиваемых отверстий устанавливается в зависимости от наибольшего габаритного размера штампованной заготовки по таблице 11.

Таблица 11

Допускаемое отклонение от соосности прошиваемых отверстий
в штампованных заготовках.

Наибольшие габаритные размеры штампованной заготовки, мм		Классы точности		
		4	5	6
От	до	Отклонения, мм		
	60	0,5	0,8	1,2
60	100	0,6	1,0	1,5
100	160	0,8	1,5	2,5
160	250	1,2	2,0	3,0
250	360	1,6	2,5	3,5
360	500	2,0	3,0	4,5

Если сечение штампованной заготовки в плоскости, перпендикулярной разъему штампа, имеет форму круга, то допуск на диаметр этого круга может быть определен как на вертикальные размеры, так и на горизонтальные. Принимается тот из них, поле которого больше.

Допуски на размеры, которые отсутствуют на чертеже штампованной заготовки, не могут быть рассчитаны на основании имеющихся размеров, определяются по соответствующим таблицам, но не путем решения размерных цепей.

Значение допусков на размеры штампованных поковок по ГОСТ7505-89.

Стандарт распространяется на стальные поковки общего назначения массой до 250 Кг и (или) с линейным габаритным размером не более 2500 мм изготавливаемые горячей объемной штамповкой на различных видах кузнечно–прессового оборудования.

При штамповке поковок из цветных металлов и сплавов в величину допусков следует ужесточать против рекомендуемых для стали на 15-20%. Допуски, припуски и напуски устанавливаются в зависимости от конструктивных характеристик поковок: точности изготовления, группы стали, степени сложности конфигурации поверхности разъёма штампа. По точности изготовления поковки делятся на 5 классов. Класс точности поковки устанавливается в зависимости от технологического процесса и оборудования, а так же исходя из предъявляемых требований к точности размеров поковки (табл. 12)

Таблица 12

Выбор класса точности поковок

Основные деформирующее оборудование, технологические процессы	Класс точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
Кривошипные горячештамповочные прессы: открытая (облойная) штамповка закрытая штамповка выдавливание		+	+	+	+
Горизонтально-ковочные машины				+	+
Прессы винтовые, гидравлические				+	+
Горячештамповочные автоматы		+	+		
Штамповочные молоты				+	+
Калибровка объемная (горячая и холодная)	+	+			
Прецизионная штамповка	+				

Допускается для разных размеров одной поковки назначать различные классы точности. При этом класс точности определяется по преобладающему числу размеров одного класса точности.

По группе, стали поковки делятся на три группы: М1-сталь с массовой долей углерода до 0,35% включительно и с суммарной массовой долей легирующих элементов до 2% включительно;

М2- сталь с массовой долей углерода свыше 0,35% до 0.65% включительно или с суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 2,0% до 5,0%;

М3- сталь с массовой долей углерода свыше 0,65% или суммарной массовой долей легирующих элементов свыше 5,0%

По степени сложности: первая-С1; вторая-С2; третья -С3; четвёртая–С4. Степень сложности поковки (С) определяется отношением массы (объема) поковки к массе (объему) фигуры в которую вписывается поковка. Фигура может быть цилиндром или параллелепипедом. В расчет должна приниматься, та из фигур, объём которой меньше: $C = \frac{G_{пок}}{G_{фиг}}$.

Результирующая величина степени сложности: С1-свыше 0,63 до 1,0; С2- свыше 0,32 до 0,63; С3- свыше 0,13 до 0,32; С4- до 0,16. По конфигурации поверхности разъёма штампа поковки подразделяются на: П - плоскую; И - изогнутую.

Для назначения основных припусков, допусков и допускаемых отклонений поковки в зависимости от массы марки стали, степени сложности и класса точности разбиты на 23 индекса.

Ориентировочную величину расчётной массы поковки ($M_{п.р}$) вычисляют по формуле

$$M_{п.р} = M_g \cdot M_p,$$

Где $M_{п.р}$ – расчетная масса поковки, кг;

M_d - масса деталей, кг;

K_p - расчётный коэффициент, устанавливаемый в соответствие с таблицей 13.

Таблица 13

Коэффициент (K_p) для определения ориентировочной расчетной массы поковки.

Характеристика детали	Типовые представители	K_p
Удлиненной формы: с прямой осью с изогнутой осью	Валы, оси, цапфы, шатуны Рычаги, сошки рулевого управления	1,3-1,5 1,1-1,4
Круглые и многогранные в плане Круглые	Шестерни, ступицы, фланцы	1,5-1,8
Квадратные, прямоугольные, многогранные	Фланцы, ступицы, гайки	1,8-1,7
С отрезками	Крестовины, вилки	1,4-1,6

Примеры (таблица 14)

1 поковка массой 0,5 кГ, группа стали М1, степень сложности С1 класс точности Т2.

Исходный индекс-3.

2 поковка массой 1,5кГ, группа стали М3, степень сложности С2 класс точности Т1.

Исходный индекс-6

Исходный индекс указывают на чертеже поковки. Припуск на механическую обработку включает основной, а так же дополнительные припуски, учитывающие отклонения формы поковки. Величина припуска назначается на одну сторону номинального размера поковки.

Основные припуски устанавливаются по таблице 16 по исходному индексу шероховатости поверхности и линейному размеру.

Припуски на толщину поковки, подвергаемой холодной или горячей калибровке, устанавливается согласно таблице 15.

Таблица 15

Допуски и припуски на толщину поковок, подвергаемых холодной и горячей калибровке.

Площадь поверхности подвергаемой калибровке, см ²	Припуск, мм	Поле допуска при К*, мм	
		До 0.5 вкл.	Свыше 0.5
До 2.5 включительно	0.25	0.32	0.26
Свыше 2.5 до 6.3	0.3	0.36	0.32
6.3 10	0.36	0.4	0.36
10 16	0.40	0.44	0.40
16 25	0.5	0.5	0.44
25 40	0.6	0.6	0.50
40 80	0.7	0.8	0.60

K^* - отношение толщины (расстояние между калибровальными плоскостями) к ширине поковки, подвергаемой калибровке, или ее элемента.

В таблице приведены значения для холодной калибровки. Для горячей калибровки, табличные значения нужно увеличить в 1.5 раза. При одновременной калибровке нескольких плоскостей поковки площадь калибровки определяется как их сумма, а значения допусков и отклонений на все элементы определяют и по наименьшей величине K^* .

Допускаемые отклонения принимаются равными половине поля допуска.

Отклонения от параллельности, плоскостности и прямолинейности калиброванных плоскостей допускается в пределах допуска размера после калибровки.

Таблица 16

Основные припуски на механическую обработку (на сторону)

Исходный индекс	Толщина детали											
	До 25			25-40			40-63			63-100		
	Длина, ширина, диаметр											
	До 40			40-100			100-160			160-250		
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25
1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5

14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
20	2,6	3,2	3,5	2,8	2,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

Продолжение таблицы 16

Исходный индекс	Толщина детали														
	100-160			160-250			Св.250								
	Глубина и высота детали														
	250-400			400-630			630-1000			1000-1600			1600-2500		
	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 12,5	10 1,6	1,25	100 1,25	10 1,6	1,25	100 1,25	10 1,6	1,25
1	0,7	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4						
4	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,1	1,5						
5	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,3	1,8			
6	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
7	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
10	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
11	1,7	2,0	2,0	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
12	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8

14	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7	7,1	9,1	10

К дополнительным припускам поковки относят припуски учитывающие смещение поковки, изогнутость, отклонение от плоскостности и прямолинейности, межцентрового и межосевого расстояний угловых размеров. В зависимости от класса точности Т устанавливаются дополнительные припуски на механическую обработку. Смещение по поверхности разъема штампов по таблице 17.

Таблица 17

Смещение по поверхности разъема штампа

Масса поковки, кг	Припуски для классов точности, мм									
	Плоская поверхность разъема (П)									
	T1	T2	T3	T4	T5					
						Симметрично изогнутая поверхность разъема (Ис)				
						T1	T2	T3	T4	T5
						Несимметрично изогнутая поверхность разъема (Ин)				
					T1	T2	T3	T4	T5	
До 0,5 вкл:					0.1		0.2			0.3
Св. 0,5 до 1,0	0.1	0.1	0.1		0.2	0.2	0.3		0.3	0.3

1,0	1,8			0.2					0.4
1,8	3,2								
3,2	5,6	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6			
5,6	10,0						0.3	0.4	0.5
10,0	20,0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7			
20,0	50,0						0.4	0.5	0.6
50,0	125,0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9			
125,0	250,0						0.4	0.5	0.6

Изогнутость поковки и отклонение от плоскостности и прямолинейности определяется по таблице 18.

Таблица 18

Изогнутость и отклонение от плоскостности и прямолинейности.
мм

Наибольший размер поковки	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
Св.100 до 160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160 250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250 400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400 630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
630 1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
1000 1600	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
1600 2500	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

Минимальная величина радиусов закруглений наружных углов поковки в зависимости от глубины полости ручья штампа устанавливаются по таблице 19.

К определению радиусов закруглений.

Масса поковки, кг	Минимальная величина радиусов закруглений, мм, при глубине полости ручья штампа, мм.			
	До 10 вкл.	10-25	25-50	Св. 50
До 1,0 включ.	1,0	1,6	2,0	3,0
Св. 1,0 6,3	1,6	2,0	2,5	3,6
6,3 16	2,0	2,5	3,0	4,0
16,0 40,0	2,5	3,0	4,0	5,0
40,0 100,0	3,0	4,0	5,0	7,0
100,0 250,0	4,0	5,0	6,0	8,0

Отклонение межосевого расстояния устанавливается по таблице 20.

К определению отклонений межосевого расстояния, мм

Расстояние между центрами, осями	Припуски для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60 включ.	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
Св.60 до 100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
100 160	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
160 250	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
250 400	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
400 630	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
630 1000	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
1000 1600	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0

1600 2500	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0
-----------	-----	-----	-----	-----	-----

При изготовлении стержневых поковок с двухсторонней высадкой или поковок со стержнем неподлежащим деформации при назначении припуска нужно учитывать допуск на длину стержня, который принимают, мм:

До 2 – для Т1;

до 3 - для Т 2;

до 4 - для Т 3;

до 5 - для Т 4 ;

до 6 - для Т 5.

Величина приведенных допусков для поковок с двусторонней высадкой удваивается. Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковки назначаются в зависимости от исходного индекса и размеров по табл.21.

Таблица 21

Допуски и допускаемые отклонения линейных размеров поковок. мм

Исходный индекс	Наибольшая толщина поковки																		
	До 40	40-63	63-100	100-160	160-250	Св. 250													
Длина, ширина, диаметр, глубина и высота поковки																			
	До 40	40-100	100-160	160-250	250-400	400-630	630-1000	1000-1600	1600-2500										
1	0,3	+0,2 -0,1	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0,4	+0,3 -0,1	0,5	+0,3 -0,2	0,5	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	-	-	-	-	-	-	-
3	0,5	+0,3 -0,2	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	-	-	-	-	-
4	0,6	+0,4 -0,2	0,7	+0,6 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	-	-	-	-	-
5	0,7	+0,5 -0,2	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	-	-	-
6	0,8	+0,5 -0,3	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	+1,6 -0,9
7	0,9	+0,6 -0,3	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	+1,8 -1,0
8	1,0	+0,7 -0,3	1,2	+0,8 -0,4	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	+2,1 -1,1
9	1,2	+0,8 -0,1	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	+2,4 -1,2

Продолжение таблицы 21																		
10	1,4	+0,9 -0,5	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,1 -1,2	4,0	+2,7 -1,3
11	1,6	+1,1 -0,5	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5
12	2,0	+1,3 -0,7	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7
13	2,2	+1,4 -0,8	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9
14	2,5	+1,6 -0,9	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1
15	2,8	+1,8 -1,0	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4
16	3,2	+2,1 -1,1	3,6	+2,1 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,0	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7
17	3,6	+2,4 -1,2	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0
18	4,0	+2,7 -1,3	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3
19	4,5	+3,0 -1,5	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,8	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,4 -3,6
20	5,0	+3,3 -1,7	5,6	+3,7 -1,0	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,4 -3,6	12	+8,0 -4,0
21	5,6	+3,7 -1,9	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,4 -3,6	12	+8,0 -4,0	13	+8,6 -4,4
22	6,3	+4,2 -2,1	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,4 -3,6	12	+8,0 -4,0	13	+8,6 -4,4	14	+9,2 -4,8
23	7,1	+4,7 -2,4	8,0	+5,3 -2,7	9,0	+6,0 -3,0	10	+6,7 -3,3	11	+7,4 -3,6	12	+8,0 -4,0	13	+8,6 -4,4	14	+9,2 -4,8	16	+10- 6,0

Определяемые по таблицам стандарта допуски находят на чертеже поковки с соблюдением следующих правил.

Допуски на внутренний размер поволоков должны устанавливаться с обратными знаками.

Допуски на размеры типа H, D, d обуславливающие недоштамповку и двусторонний износ штампа определяется по таблице 21. При этом допуски на размер H устанавливаются по наибольшей высоте поковки и распространяются на все размеры высоты данной поковки.

Допуски на размеры L, l устанавливающие односторонний износ штампов, уменьшаются по сравнению с табличными в 2 раза.

Допуски на размеры h (по перепаду) устанавливающие односторонний износ штампов $\pm 0,5$ поля допуска. Допуски на размеры h_1 (для углублений), учитывающие износ выступов штампов принимают с обратными знаками т.е. вместо табличного значения $+d_1$ принимается $+d_2$. Изменение знаков обусловлено уменьшением значений h_1 в результате износа выступов штампа.

Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штамп не должна превышать значений приведенных в табл. 22.

Таблица 22

К определению величины смещения частей штампа

Масса поковки, кг	Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа, мм							
	Плоская поверхность разъема (П)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
	Симметрично изогнутая поверхность разъема (Ис)							
	T1	T2	T3	T4	T5			
Несимметрично изогнутая поверхность разъема (Ин)								
	T1	T2	T3	T4	T5			
До 0,5включ	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
Св.0,5 до 1,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	
1,0 1,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1,8 3,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	
3,2 5,6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	
5,6 10,0	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	
10,0 20,0	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	
20,0 50,0	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	
50,0 125,0	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	
125,0 250,0	1,0	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	4,0	

23. Допускаемая величина остаточного облоя определяется по таблице

Таблица 23

К определению величины остаточного облоя

Масса поковки, кг	Допускаемая величина остаточного облоя , мм								
	Плоская поверхность разъема (П)								
	T1	T2	T3	T4	T5				
	Симметрично изогнутая поверхность разъема (Ис)								
			T1	T2	T3	T4	T5		
Несимметрично изогнутая поверхность разъема (Ин)									
			T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5включ		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Св. 0,5 до1,0		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1,0 1,8		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2
1,8 3,2		0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4
3,2 5,6		0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
5,6 10,0		0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
10,0 20,0		0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2
20,0 50,0		0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8
50,0 125,0		1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5
125,0 250,0		1,2	1,4	1,6	1,8	2,2	2,8	3,5	4,0

Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя не должна превышать:

2мм -для поковок массой до1,0 Кг включительно;

3мм “ “ “ св.1,0кг до 5,6 кг “;

5мм “ “ “ “ 5,6 кг до 50,0 кг “;

6мм “ “ “ “ 50,0.

А при пробивке отверстия эта величина может быть увеличена в 1,3 раза.

Допускаемая величина заусенца, образовавшегося по контуру пуансона при штамповке в закрытых штампах (без облойной), определяется по таблице 24.

Таблица 24

К определению величины заусенца.

Масса поковки, кг	Степень сложности поковки	Допускаемая величина заусенца при максимальном размере поперечного сечения поковки по поверхности разъема, мм				
		До 40	40-100	100-160	160-250	Св.250
До 0,5 вкл.	С1,С2	1,0	2,0	-	-	-
	С3	2,0	3,0	-	-	-
	С4	3,0	4,0	-	-	-
Св.0,5 до 3,2	С1,С2	2,0	3,0	4,0	-	-
	С3	3,0	4,0	5,0	-	-
	С4	4,0	5,0	6,0	-	-
Св.3,2 до 5,6	С1, С2	3,0	4,0	5,0	-	-
	С3	4,0	5,0	6,0	-	-
	С4	5,0	6,0	7,0	-	-
Св.5,6 до 20,0	С1, С2	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	С3	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	С4	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
Св.20,0 до 50,0	С1, С2	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0
	С3	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	С4	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
Св.50,0	С1, С2	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0
	С3	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	С4	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0

Отклонения от concentричности пробитого в поковке отверстия устанавливается по таблице 25

Таблица 25

К определению отклонения по не concentричности пробитого отверстия.

Наибольший размер поковки	Допускаемое наибольшее отклонение от concentричности пробитого отверстия для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
Св 100 до 160	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5
Св 160 до 250	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0
Св 250 до 400	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5
Св 400 до 630	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Св 630 до 1060	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0

Приведенные значения по не concentричности относятся к стороне входа пуансона. В конце пробивки эти значения должны быть увеличены на 25% .

Допускаемые отклонения по изогнутости, от плоскостности и прямолинейности для плоских поверхностей устанавливаются по таблице 26.

Таблица 26

Отклонения по изогнутости

Наибольший размер поковки, мм	Допускаемые отклонения по изогнутости, мм для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 100 включ.	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
Св.100 160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
160 250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250 400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400 630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630 1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
1000 1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
1600 2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

Допуск на биение цилиндрических поверхностей не должен превышать удвоенной величины, указанной в таблице.

Допускаемые отклонения межосевого расстояния А поковках не должны превышать величин указанных в таблице 27.

Таблица 27

Отклонения размеров поковки на межосевые расстояния,
мм

Межцентровое расстояние	Допускаемые отклонения межосевого расстряния для классов точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 60включ.	+0,10 -0,10	+0,15 -0,15	+0,20 -0,20	+0,25 -0,25	+0,30 -0,30
св.60 100	+0,15 -0,15	+0,20 -0,20	+0,25 -0,25	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50
100 160	+0,20 -0,20	+0,25 -0,25	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,80 -0,80
160 250	+0,25 -0,25	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,80 -0,80	+1,20 -1,20
250 400	+0,30 -0,30	+0,50 -0,50	+0,80 -0,80	+1,20 -1,20	+1,60 -1,60
400 630	+0,50 -0,50	+0,80 -0,80	+1,20 -1,20	+1,60 -1,60	+2,00 -2,00
630 1000	+0,80 -0,80	+1,20 -1,20	+1,60 -1,60	+2,00 -2,00	+3,00 -3,00
1000 1600	+1,20 -1,20	+1,60 -1,60	+2,00 -2,00	+3,00 -3,00	+4,50 -4,50
1600 2500	+1,6 -1,6	+2,00 -2,00	+3,00 -3,00	+4,5 -4,5	+7,00 -7,00

Допуск на радиусы закруглений внутренних и наружных углов по поковки устанавливается по табл.28.

Таблица 28

Допуски на радиусы закруглений,
мм

Радиус закругления	Допуск радиусов закруглений для классов Точности				
	T1	T2	T3	T4	T5
До 4 включ.	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
4-6	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
6-10	1	1	2,0	3,0	5,0
10-16	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
16-25	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
25-40	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
40-60	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
60-100	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

Кузнечные напуски

К кузнечным напускам относятся штамповочные уклоны радиусы закруглений внутренних углов, непробиваемую перемычку в отверстиях и невыполнимыми в поковке поднутрениями и полостями штамповочные уклоны не должны превышать значений таблицы 29.

Таблица 29

Величина штамповочных уклонов.

Оборудование	Штамповочные уклоны, град	
	На наружной поверхности	На внутренней поверхности
Штамповочные молоты, прессы без выталкивателей.	7	10
Прессы с выталкивателями, горизонтальноковочные машины.	5	7
Горячештамповочные автоматы	1	2

На поверхностях отверстий в поковках, изготовленных на горизонтально ковачных машинах штамповочный уклон не более 3%

градусов в поковке выполняют сквозные отверстия если диаметр отверстия не менее 33 мм, толщина поковки в месте пробивки не более диаметра пробиваемого отверстия и ось отверстия совпадает с направлением ползуна прессы. Впадины и углубления в поковке выполняют если диаметр или наименьший поперечный размер не менее 30 мм глубиной до 0,8 диаметра или наименьшего поперечного размера – при изготовлении на молотах и прессах и до трех диаметров при изготовлении на горизонтально –ковочных машинах.

Штамповочную поковку рекомендуется изображать на чертеже в натуральную величину, соблюдая принятый масштаб для всех её элементов. Крупные поковки вычерчивают в масштабе 1:2 или 2:5. Сложные сечения при этом изображают в натуральную величину. Чертежи мелких поковок сложной конфигурации с небольшим габаритным размером примерно до 50 мм составляют в масштабе 2:1. Для наглядности в чертеже поковки вписывают тонкой или штрих пунктирной линией контур готовой детали. Двойное изображение контуров способствует лучшей увязке размеров поковки и детали с учетом припусков и напусков и облегчает также контрольные операции. На чертеже поковки указывают исходные (“черные”) базовые поверхности на первых операциях обработки резанием и наносят необходимые размеры с допусками.

Для штамповочного оборудования с вертикальным движением деформирующего инструмента (такого как молоты) отклонение от номинальных размеров поковки по высоте, обусловленной недоштамповкой, имеют одинаковые значения для всей группы однонаправленных размеров независимо от их величины. В связи с этим необязательно указывать допуски непосредственно у каждого вертикального размера. Обычно допуск ставится у крайних линий, а в надписи на чертеже поковки указывают, что его величина относится ко всем промежуточным однонаправленным (по высоте) размерам. Исключения могут быть для поковок, имеющих сложную конфигурацию, обуславливающую неравномерный износ рабочих элементов штампа (например, выступы небольших размеров). Величина радиусов закруглений, штамповочных уклонов также может оговариваться в надписях.

Порядок изложения технических требований на чертеже поковки устанавливается ЕСКД. Согласно ГОСТ 2.316-88 на чертеже последовательно излагают требования к исходному материалу заготовки-поковки, термической обработки и свойствам детали, указывают марку материала и перечисляют марки-заменители; указывают размеры предельных отклонений и массу; перечисляют требования к качеству поверхности, указания об отделке; оговаривают условия и методы контроля и испытания; дают указания о маркировке, клеймении. Например, в технических требованиях на чертеже поковки-штамповки по ГОСТ 7505-89 должны быть указаны:

1. Вид заготовки (поковка-штамповка) и ГОСТ, по которому она проектировалась.

2. Группа контроля поковки согласно ГОСТ 8479.

- 3.Твердость материала поковки.
- 4.Класс точности поковки.
- 5.Группа стали по ГОСТ 7505-89.
- 6.Степень сложности поковки.
- 7.Исходный индекс поковки.
- 8.Величина неуказанных на чертеже уклонов и отклонений размеров.
- 9.Допускаемые дефекты на поковки и их величина.
- 10.Допускаемая величина смещения по поверхности разъема штампа.
- 11.Допускаемая величина остаточного облоя.
- 12.Допускаемая величина высоты заусенца на поковке по контуру обрезки облоя.
- 13.Допускаемая величина отклонения от концентричности пробитого отверстия.
- 14.Допускаемые отклонения по изогнутости от плоскостности и параллельности.
- 15.Допускаемые отклонения межосевого расстояния.
- 16.Виды отделки поверхности поковки.
- 17.Место маркировки, клеймения.

4.Выбор технологических баз.

Технологические базы подразделяются на контактные, настроечные и проверочные. Выбор технологических баз и порядок их смены связан с точностью операционных размеров, формой детали, техническими требованиями на деталь, видом станочного оборудования, приспособления, режущим и измерительным инструментами, маршрутом обработки детали, построением операции. Технологические базы определяют методы простановки и выполнения операционных размеров. При выборе технологических баз необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. При построении технологического процесса по принципу дифференциации операции, когда изготовление детали производится с помощью большого числа простых операций, состоящих из одного-двух переходов, осуществляемых одиночным инструментом, удобнее всего пользоваться контактными технологическими базами. Широко применяются контактные базы при работе на универсальных станках.

2. Наиболее целесообразно и удобно использовать настроечные базы при построении технологического процесса по принципу концентрации операции, когда обработка заготовки осуществляется за небольшое число сложных по своему содержанию операций с применением комбинированного многолезвийного и фасонного инструмента и сложных настроек станков при многопозиционной обработке на револьверных станках, автоматах, станках с ЧПУ и при групповой обработке.

3. Проверочные базы используют в том случае, когда положение обрабатываемой поверхности заранее не зафиксировано относительно оборудования. Метод работы по проверочным базам не требует применения сложных приспособлений для ориентации заготовки. Метод находит широкое применение в условиях единичного и мелкосерийного производства обычно тяжелого машиностроения. Применяются также в серийном производстве при изготовлении деталей повышенной точности такой, которая не может быть достигнута при работе по контактными базам с использованием приспособлений.

Выбор черновой базы во многом определяет дальнейший ход технологического процесса. По этому этот этап достаточно важный и необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Необходимо выбирать поверхности, которые позволяли бы при первом установе заготовки провести черновую обработку большинства поверхностей и при этом обработать поверхности, которые на следующем установе были бы промежуточными или чистовыми базами.

2. Необходимо чтобы черновая база имела достаточные размеры. Это необходимо для надежного крепления деталей, ибо при черновой обработке производится снятие значительного припуска.

3. У деталей, не подвергающихся полной обработке, технологической

базой для первой операции рекомендуется принимать необрабатываемые поверхности. Это обеспечивает наиболее точное взаимное расположение обработанных поверхностей относительно необработанных.

4. Если с одной из обрабатываемых поверхностей снимается минимальный припуск, то эта поверхность должна быть использована в качестве черновой базы.

При выборе черновых, промежуточных и чистовых баз необходимо придерживаться принципов совмещения и постоянства баз.

Если в конструкции детали отсутствуют базы для обработки, то следует обосновать применение искусственных баз (технологических отверстий, приливов, бобышек, центровых отверстий). В этих случаях в конструкции детали и заготовки вносят соответствующие изменения.

Технологические базы показывают, используя условные обозначения опорных точек по ГОСТ 21495-76 или условные обозначения опор, зажимов и установочных устройств по ГОСТ 3.1107-81 (Приложение 1).

5. Составление технологического маршрута обработки.

Основной задачей данного этапа является составление общего плана обработки деталей и выбора типа оборудования.

Разработка маршрута обработки деталей - многовариантная задача. Её решение должно базироваться на технико-экономических принципах базирования. Маршрут выбирается на основе сопоставления вариантов по себестоимости и трудоемкости обработки. При этом необходимо учитывать следующие положения:

1. Учитывать рекомендации, изложенные в разделе «Выбор технологических баз».

2. Выбрать методы обработки отдельных поверхностей, пользуясь справочными данными экономической точности различных методов обработки. Обработка резанием в большинстве случаев обеспечивает заданные параметры качества деталей. К тому же она переживает второе рождение с внедрением числового управления. Однако необходимо учитывать, что для обработки ряда материалов (твердые сплавы, титановые, жаропрочные, жаростойкие сплавы и т.п.), обработки сложнопрофильных поверхностей, мелких и глубоких отверстий эффективным является использование электрохимических и электрофизических методов обработки.

3. Выбрать методы обработки сочетания поверхностей, на которые заданы требования по точности их взаимного расположения (эксцентриситету, соосности, перпендикулярности, параллельности и т.п.).

4. Выявить необходимость расчленения процесса изготовления деталей на стадии: черновую, чистовую и отделочную. Группируя обработку по указанным стадиям, увеличивают разрыв во времени между черновой и отделочной обработкой отдельной поверхности, что позволяет более точно проявиться остаточным напряжениям в заготовке. Вместе с тем внесение отделочной обработки в конец маршрута уменьшает риск случайного повреждения окончательно обработанных поверхностей в процессе обработки и транспортировки. Однако данный принцип разбиения на стадии в определенной мере противоречит принципу концентрации обработки, когда в одной операции можно совместить переходы черновой и чистовой

обработки (например, при изготовлении детали из прутка на автоматах). Совмещение допускается при обработке жестких заготовок с небольшими припусками и малых размерах обрабатываемых поверхностей.

5. Каждая последующая операция должна быть точнее предыдущей, она должна уменьшать погрешность и улучшать качество поверхности. При этом допуск на промежуточный размер и качество поверхности, полученное на предыдущем этапе обработки, должны находиться в пределах, при которых можно использовать намечаемый последующий метод обработки. Например, после чернового растачивания отверстия нельзя применять чистовое развертывание, ибо в этом случае зубья развертки работали бы с недопустимой глубиной резания. Здесь перед операцией развертывания отверстия необходимо предусмотреть операцию чистового растачивания.

Получение конечной точности обрабатываемой поверхности может быть достигнуто путем применения различных операций. Например, при обработке отверстия Ф25Н8 заготовки из чугуна с предварительно отлитым отверстием конечными операциями могут быть либо развертывание, либо тонкое растачивание, либо протягивание. Первыми черновыми операциями могут быть черновое зенкерование, черновое растачивание. Поэтому при назначении состава технологических операций следует использовать справочные данные о производительности и точности при различных методах обработки и рекомендуемые типовые технологические маршруты.

6.Заканчивается процесс изготовления детали обработкой той поверхности, которая должна быть наиболее точной и имеет наибольшее значение для эксплуатации детали.

7.Если деталь подвергается термической обработке, то маршрут обработки разделяется на части: до термической обработки и после нее.

8.В маршрут технологического процесса включают и такие операции, как снятие фасок, зачистка заусенцев, промывка деталей, контрольные операции, операции термической и химико-термической обработки.

6. Разработка технологических операций.

Можно выделить следующие этапы разработки технологических операций:

- Рациональное построение технологических операций. Выбор структуры операции.
- Установление рациональной последовательности переходов в операции.
- Выбор оборудования, обеспечивающего оптимальную производительность при условии обеспечения требуемого качества.
- Расчет загрузки технологического оборудования. Выбор конструкции и оснастки. Установление принадлежности конструкции к стандартным системам оснастки.

- Установление исходных данных, необходимых для расчетов и расчет припусков и операционных размеров.
- Установление исходных данных, необходимых для расчетов оптимальных режимов обработки, и их расчет. Установление исходных данных, необходимых расчетов норм времени, и их расчет.
- Определение разряда работ и обоснование профессии исполнителей для выполнения операций в зависимости от сложности работ.
- Проектирование технологических процессов обработки заготовок на станках с ЧПУ подчиняется общим правилам разработки технологических процессов, однако вследствие больших технологических возможностей этих станков, специфики формы образования поверхностей и появления нового технологического элемента - управляющей программы (УП) - технологическая подготовка производства при использовании станков с ЧПУ имеет свои особенности. При обработке заготовок на станках с ЧПУ операции проектируют по принципу концентрации переходов. При разработке операции выполняются следующие дополнительные пункты: выбор исходной точки; установление траекторий рабочих и вспомогательных ходов инструмента (заготовки) на основе типовых, постоянных (автоматических и гибких циклов); разработка расчетно-технологической карты (РТК) с оформлением операционного эскиза при ручном программировании; расчет траектории движения инструмента.

Выбор оборудования

Правильный выбор для каждой технологической операции типа и модели оборудования предполагает выполнение следующих основных условий: габариты и основные размеры станка должны соответствовать габаритным размерам детали; выбранная модель оборудования должна обеспечивать заданные требования по точности и качеству поверхности; мощность, жесткость и кинематические возможности станка должны позволять вести обработку на оптимальных режимах резания; производительность станка должна соответствовать программе выпуска.

Основным принципом выбора станка является экономичность процесса обработки. Необходимо принять ту модель станка, которая обеспечивает наименьшие трудоемкость и себестоимость обработки. Для выбора оборудования необходимо пользоваться паспортами станков, каталогами или номенклатурными справочниками.

Выбор режущего инструмента

Режущий инструмент для разрабатываемого технологического процесса рекомендуется применять стандартный, но можно использовать

специальный, комбинированный, фасонный инструмент, позволяющий совмещать обработку нескольких поверхностей. Материал режущей части инструмента должен обеспечивать интенсивный режим резания с учетом характера операции. Для черновых операций рекомендуется назначать твердосплавный инструмент с большим содержанием кобальта и меньшим карбида титана, например, Т5К10, а для чистовых операций наоборот, Т15К6.

При обработке нержавеющей и жаропрочных сплавов и сталей для черновой обработки рекомендуют материал режущего инструмента ВК8, Т5К10, для чистовой - ВК2, ВК3. Обработку цветных материалов ведут режущим инструментом ВК8 (черновая) и ВК2, ВК3 (чистовая). Во всех случаях для фасонного инструмента используют материал Р9, Р18. При обработке титановых сплавов рекомендуется использовать твердый сплав ВК6М.

Выбирая режущий материал шлифовальных кругов, следует придерживаться следующих рекомендаций: карбид кремния зеленый применяется при шлифовании твердых сплавов; карбид кремния черный применяется при шлифовании хрупких с низким пределом прочности на растяжение или относительно мягких металлов (серый отбеленный чугун, алюминий, мягкая бронза); электрокорунд нормальный применяется при шлифовании вязких с высоким пределом прочности на растяжение металлов (углеродистые, инструментальные стали, ковкий чугун); электрокорунд белый применяется взамен электрокорунда нормального, когда требуется получение чистой поверхности и возникает необходимость снижения теплообразования в зоне шлифования; алмазный инструмент рекомендуется использовать при отделочных видах обработки и заточных операциях.

Инструмент для станков с ЧПУ должен обладать высокой режущей способностью и надежностью, достигаемыми использованием наиболее качественных материалов; повышенной точностью; универсальностью, позволяющей обрабатывать сложные детали за один автоматический цикл. Инструмент может быть комбинированным, регулируемым и многоцелевым. Нужно учитывать, что предварительная настройка режущего инструмента для станков с ЧПУ производится вне станка и поэтому необходима, предусматривать в проекте соответствующий комплекс, состоящий из режущего, вспомогательного инструмента и приборов.

Выбор мерительного инструмента.

В серийном и массовом производствах необходимо пользоваться специальным мерительным инструментом (пробки, скобы, шаблоны и т.п.), а в единичном и мелкосерийном - универсальном (штангенциркули, микрометры и т.п.). В отдельных курсовых проектах можно разрабатывать процесс автоматического контроля размеров.

Расчет припусков и операционных размеров.

Технологический процесс механической обработки заключается в том, что с поверхности заготовки удаляется слой или слои металла таким образом, что в конце обработки получается готовая деталь, заданная чертежом. Слой металла, удаляемый с заготовки, называется припуском. Различают операционный и общий припуски.

Операционный припуск - это слой материала, удаляемый с заготовки при выполнении одной технологической операции (ГОСТ 1109-82). Операционный припуск назначают для компенсации производственных погрешностей, возникающих при выполнении технологической операции. Производственные погрешности характеризуются отклонениями размеров, герметическими нарушениями формы, поверхностными микронеровностями, глубиной дефекта поверхностного слоя, а также отклонениями взаимосвязанных поверхностей.

Общий припуск – это слой материала, удаляемый с заготовки с целью получения готовой детали. Его назначают для компенсации погрешностей черновой заготовки и погрешностей, возникающих на технологических операциях.

Припуск измеряется по нормали к обрабатываемой поверхности и отсчитывается на размер. Поэтому при обработке цилиндрической поверхности припуск отсчитывают на диаметр, при обработке плоскости или торца - на линейный размер.

Различают симметричные и асимметричные припуски. Симметричный припуск всегда имеет место при обработке поверхностей вращения.

От припуска необходимо отличать напуск. Напук - это увеличение припуска в целях упрощения конфигурации заготовки из-за невозможности или нерентабельности ее изготовления с контуром, соответствующим контуру детали.

Удаление припуска сопровождается выполнением операционных размеров. Так как операционные размеры имеют номинальное, минимальное и максимальное значения, то различают номинальный припуск, минимальный припуск, максимальный припуск [14,26].

Рассмотрим схему расположения операционных размеров и припусков на примере обработки плоской поверхности (рис. 2).

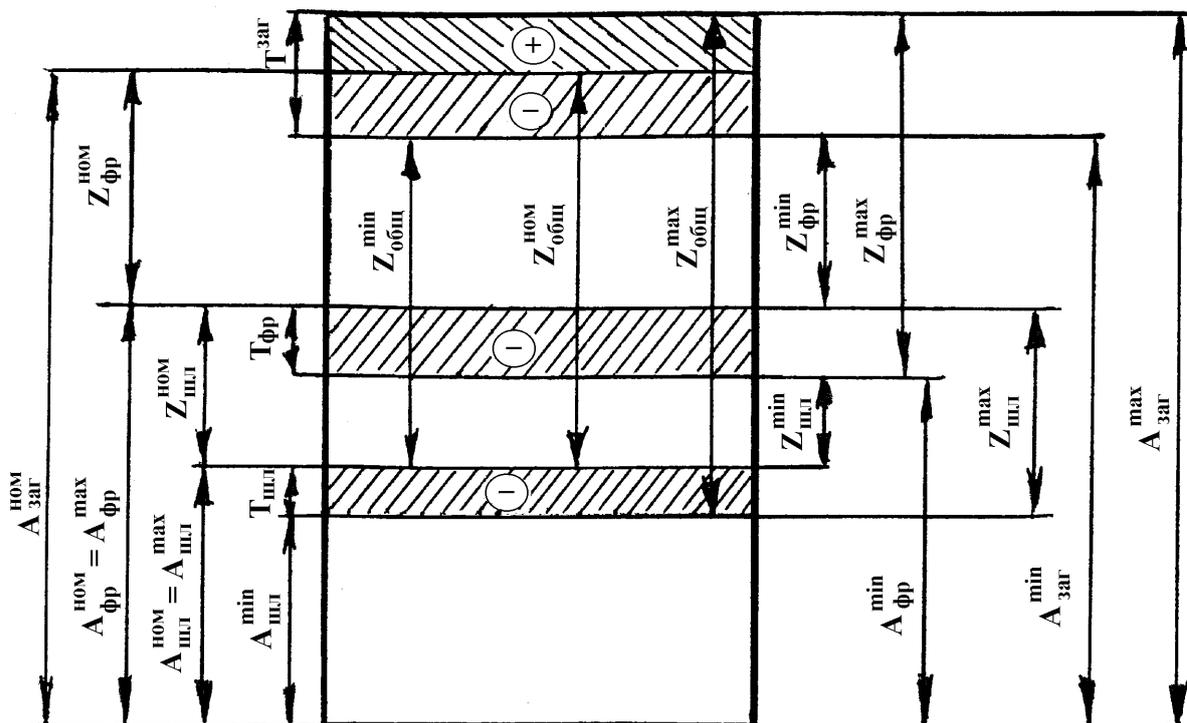


Рис.2. Схема расположения операционных размеров и припусков при обработке плоской поверхности

Здесь A - операционный размер, T - допуск, Z - припуск. В этом примере технологический процесс состоит из двух операций: фрезерования и шлифования. Отклонения на операционные размеры взяты в тело. Все операционные размеры имеют одну измерительную базу (ИБ). На рис. 2 видно, что припуски определяются из трехзвенных размерных цепей. Припуски односторонние.

Рассмотрим схему расположения операционных размеров и припусков при обработке цилиндрической поверхности. Рассмотрим обработку вала в две операции: токарная, шлифование (рис. 3). Здесь, как и в предыдущем примере отклонения на операционные размеры проставлены в тело и оба отклонения одного знака. При обработке цилиндрической поверхности имеем двухсторонние симметричные припуски. Для данной схемы с целью наглядного представления соотношения размеров принято использовать метод графического построения предельных отклонений, при котором предельные отклонения размеров откладывают только с одной стороны размера. Тогда и все припуски будут отложены с одной стороны. Это приводит к тому, что все операционные размеры имеют одну измерительную базу, а припуски определяются из трехзвенных размерных цепей. Это не приводит к ошибкам, однако, необходимо изображённые на рис.3 предельные отклонения и припуски относить к диаметральным размерам.

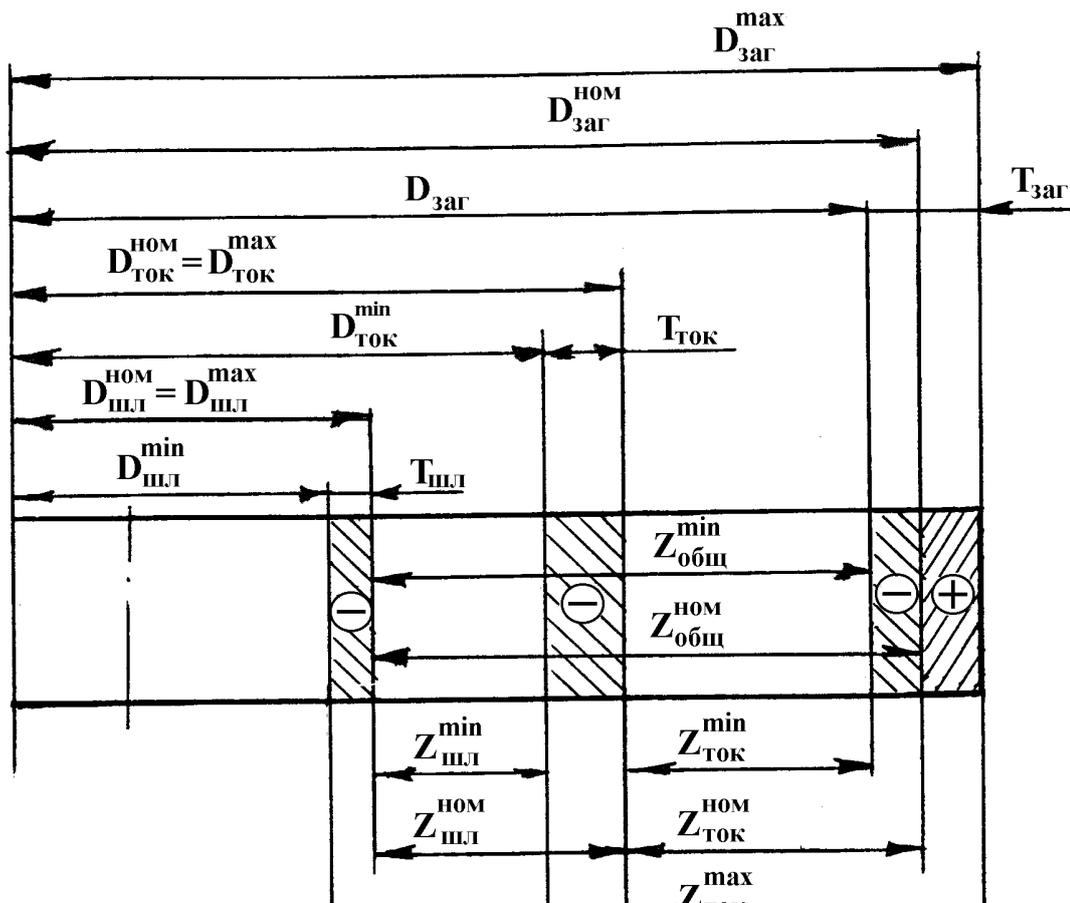


Рис.3. Схема расположения операционных размеров и припусков при обработке цилиндрической поверхности

Для рис. 3 справедливы следующие соотношения:

номинальные значения припусков

$$\begin{aligned} Z_{\text{ток}}^{\text{ном}} &= D_{\text{заг}}^{\text{ном}} - D_{\text{ток}}^{\text{ном}} ; \\ Z_{\text{шл}}^{\text{ном}} &= D_{\text{ток}}^{\text{ном}} - D_{\text{шл}}^{\text{ном}} ; \\ Z_i^{\text{ном}} &= D_{i-1}^{\text{ном}} - D_i^{\text{ном}} ; \\ Z_{\text{общ}}^{\text{ном}} &= \sum Z_i^{\text{ном}} ; \end{aligned}$$

минимальные значения припусков

$$\begin{aligned} Z_{\text{ток}}^{\text{мин}} &= D_{\text{заг}}^{\text{мин}} - D_{\text{ток}}^{\text{макс}} ; \\ Z_{\text{шл}}^{\text{мин}} &= D_{\text{ток}}^{\text{мин}} - D_{\text{шл}}^{\text{макс}} ; \\ Z_i^{\text{мин}} &= D_{i-1}^{\text{мин}} - D_i^{\text{макс}} ; \\ Z_{\text{общ}}^{\text{мин}} &\neq \sum Z_i^{\text{ном}} ; \end{aligned}$$

максимальные значения припусков

$$\begin{aligned} Z_{\text{ток}}^{\text{макс}} &= D_{\text{заг}}^{\text{макс}} - D_{\text{ток}}^{\text{мин}} ; \\ Z_{\text{шл}}^{\text{макс}} &= D_{\text{ток}}^{\text{макс}} - D_{\text{шл}}^{\text{мин}} ; \\ Z_i^{\text{макс}} &= D_{i-1}^{\text{макс}} - D_i^{\text{мин}} ; \\ Z_{\text{общ}}^{\text{макс}} &\neq \sum Z_i^{\text{макс}} . \end{aligned}$$

Здесь i — выполняемая операция, $i - 1$ — смежная предшествующая операция

Из рис.2,3 также следует, что

$$Z_i^{\text{ном}} = Z_i^{\text{мин}} + TA_{i-1} \quad (1)$$

Выражение (1) замечательно тем, что по нему определено номинальное значение припуска, заданное в различных РТМ, ГОСТах, ОСТах, в частности, в ОСТ 1.41512-86 «Детали механообрабатываемые. Размеры технологические нормальные». Таким образом, номинальное значение припуска, заданное в таблицах, определяется как сумма

минимального припуска Z_i^{\min} и допуска размера предшествующей операции. Выражение (1) справедливо при соблюдении следующих трех условий:

- а) размерная цепь, по которой определяется припуск, является трехзвенной;
- б) допуски составляющих звеньев заданы в тело;
- в) знаки предельных отклонений составляющих звеньев одинаковые, то есть оба «+» или оба «-».

Если не соблюдается хотя бы одно из трех условий, то табличное значение припуска может оказаться недостаточным или избыточным по сравнению с необходимым.

Выведем общее выражение для определения $Z^{\text{НОМ}}$. Если рассматривать Z как отдельный размер, то можно записать.

$$\Delta JZ = Z^{\min} - Z^{\text{НОМ}}, \quad (2)$$

где ΔJ – нижнее предельное отклонение размера. Из (2) следует

$$Z^{\text{НОМ}} = Z^{\min} - \Delta JZ. \quad (3)$$

Определим ΔJZ из размерной цепи. С этой целью запишем очевидные выражения:

$$Z^{\min} = \sum A_{\text{ув}}^{\min} - \sum A_{\text{ум}}^{\max}; \quad (4)$$

$$Z^{\text{НОМ}} = \sum A_{\text{ув}}^{\text{НОМ}} - \sum A_{\text{ум}}^{\text{НОМ}}. \quad (5)$$

После вычитания (5) из (4) получим:

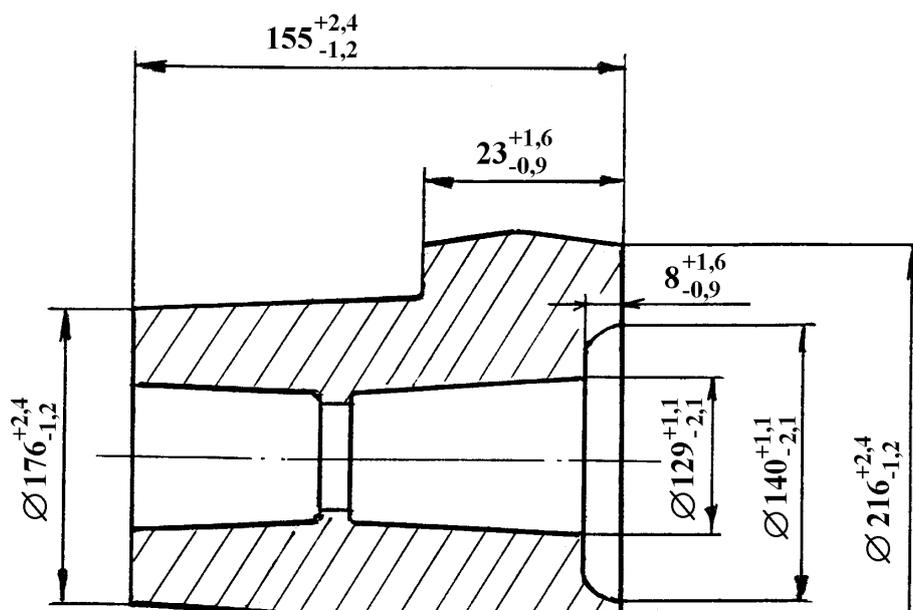
$$\Delta JZ = \sum \Delta J A_{\text{ув}} - \sum \Delta S A_{\text{ум}}. \quad (6)$$

Подставляя (6) в (3), получаем окончательное выражение для определения номинального припуска:

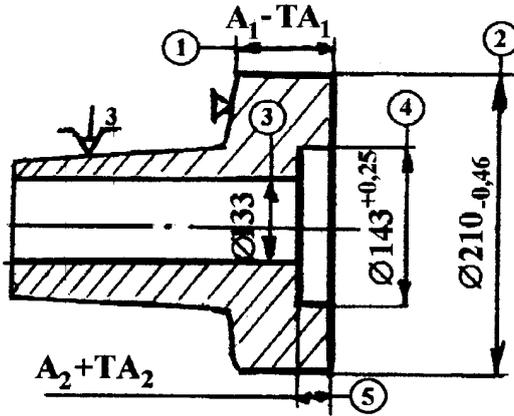
$$Z_i^{\text{НОМ}} = Z_i^{\min} + \sum \Delta S A_{\text{ум}} - \sum \Delta J A_{\text{ув}}. \quad (7)$$

Здесь ΔS — верхнее предельное отклонение размера. Из выражения (7) как частный случай вытекает выражение (1).

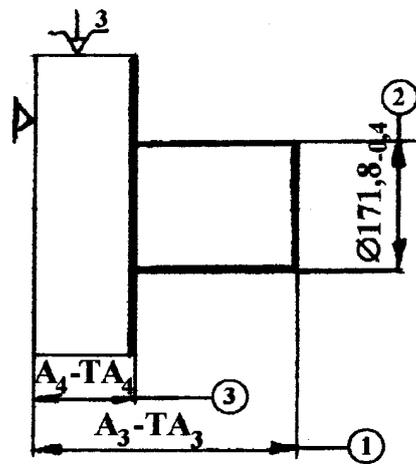
Рассмотрим, как производится расчет операционных размеров и припусков опытно-статистическим методом на примере. Исходными данными является чертеж детали (рис. 4), чертеж заготовки (рис. 5) и технологический процесс изготовления детали (рис. 6). Здесь в качестве заготовки взята поковка штампованная, спроектированная по ГОСТ 7505-89.



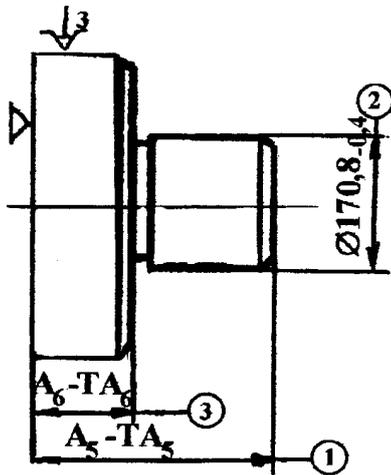
Оп. 005. Токарная (черн).



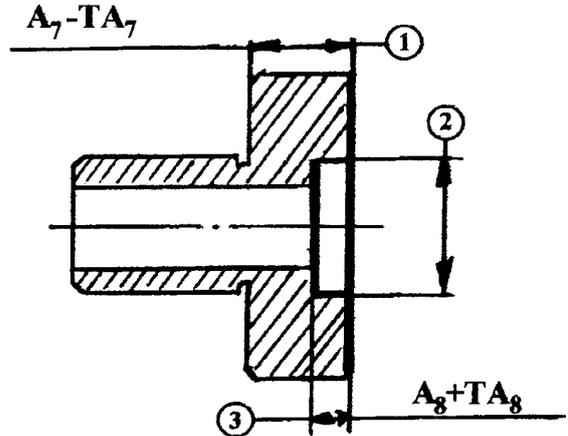
Оп. 010. Токарная (черн).



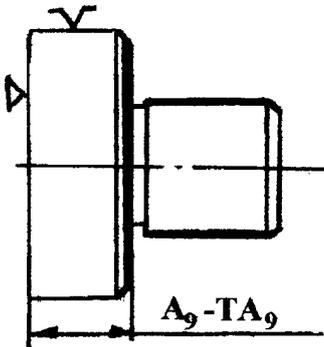
Оп. 015. Токарная (чист).



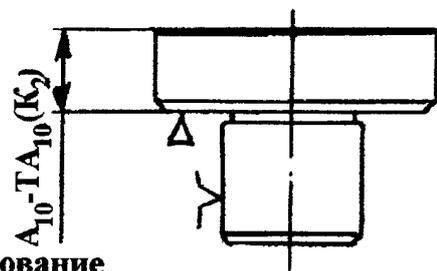
Оп. 020. Токарная (чист).



Оп.025. Шлифование.



Оп.030. Шлифование.



Оп.035. Шлифование.

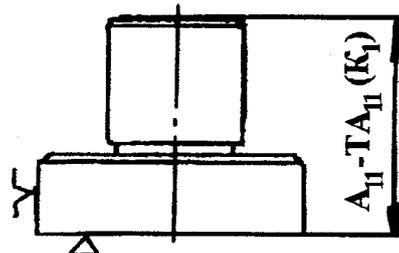


рис. 6. Технологические процессы обработки детали

На эскизах технологических операций линейные размеры обозначены буквами А с цифровыми индексами, которые отражают последовательность выполнения переходов. Ввиду наибольшей сложности рассмотрим расчет линейных операционных размеров и соответствующих припусков. Расчет диаметральных размеров и соответствующих припусков весьма прост ввиду постоянства измерительной базы. Диаметральные размеры определяются из трехзвенных цепей, о которых говорилось выше.

Для выявления размерных связей строим эскиз совмещенных переходов (рис. 7).

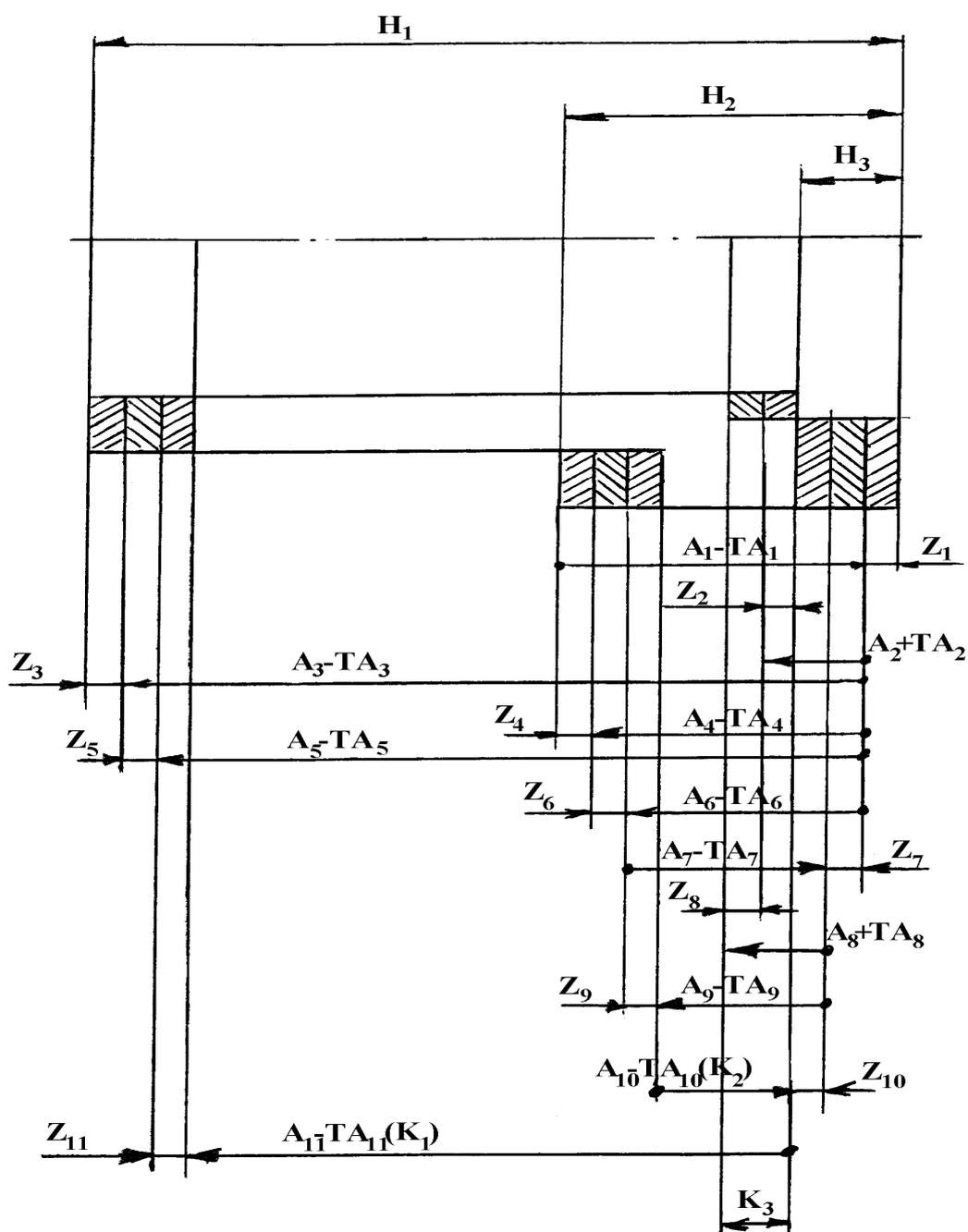


Рис. 7. Эскиз совмещённых переходов

Вычерчиваем эскиз детали и на нем наносим припуски. Проводим вертикальные линии, которые определяют границы размеров. Наносим размеры заготовки. Далее в порядке выполнения технологического процесса проставляем операционные размеры и припуски. Для полноты информации операционные размеры проставляем в виде векторов. На одном конце вектора изображается точка, обозначающая базу, на другом – стрелка, указывающая обработанную на данном переходе поверхность. Далее проставляем конструкторские размеры. Конструкторские размеры K_1 , K_2 являются и операционными. Конструкторский размер K_3 не является операционным, то есть он непосредственно не выполняется, а получается автоматически. Строим размерные цепи, придерживаясь следующих требований: 1) размерные цепи строятся от заготовки к детали; 2) замыкающими звеньями должны быть припуски и конструкторские размеры, которые получаются автоматически; 3) в размерные цепи, где замыкающим звеном является i – припуск, не должны входить размеры с номером больше i ; 4) в размерную цепь не должны входить 2 припуска; 5) размерная цепь должна быть наикратчайшей.

Расчет размерных цепей идет в обратном направлении. Анализ размерных цепей (рис.7) показывает, что первой поддается решению цепь № 10, второй – № 12, третьей – № 9, четвертой – № 7, пятой - №11, шестой – № 8, седьмой – № 6, восьмой – № 5, девятой – № 4, десятой – № 1, одиннадцатой – № 3, двенадцатой – № 12.

При расчете размерных цепей в качестве нормативных таблиц используем ОСТ 1.41512-86, СТ СЭВ 145-75 (приложение 2, табл.1-13). В таблицах этого стандарта указаны величины номинальных значений оптимальных припусков для различных методов обработки и различных размеров деталей. Припуски переходов, указанные в ОСТе, даны вне зависимости от материала деталей и вида заготовок. Это с некоторым допущением возможно, так как припуски стандарта относятся лишь к обработке заготовок после первой ступени их обработки – обдирки. Влияние материала заготовок на величины припусков, последующих после обдирки, несомненно имеются, но оно не столько существенно, как в операциях обдирки. Припуски на обдирку определяются по специальным таблицам или же рассчитываются по методу Кована.

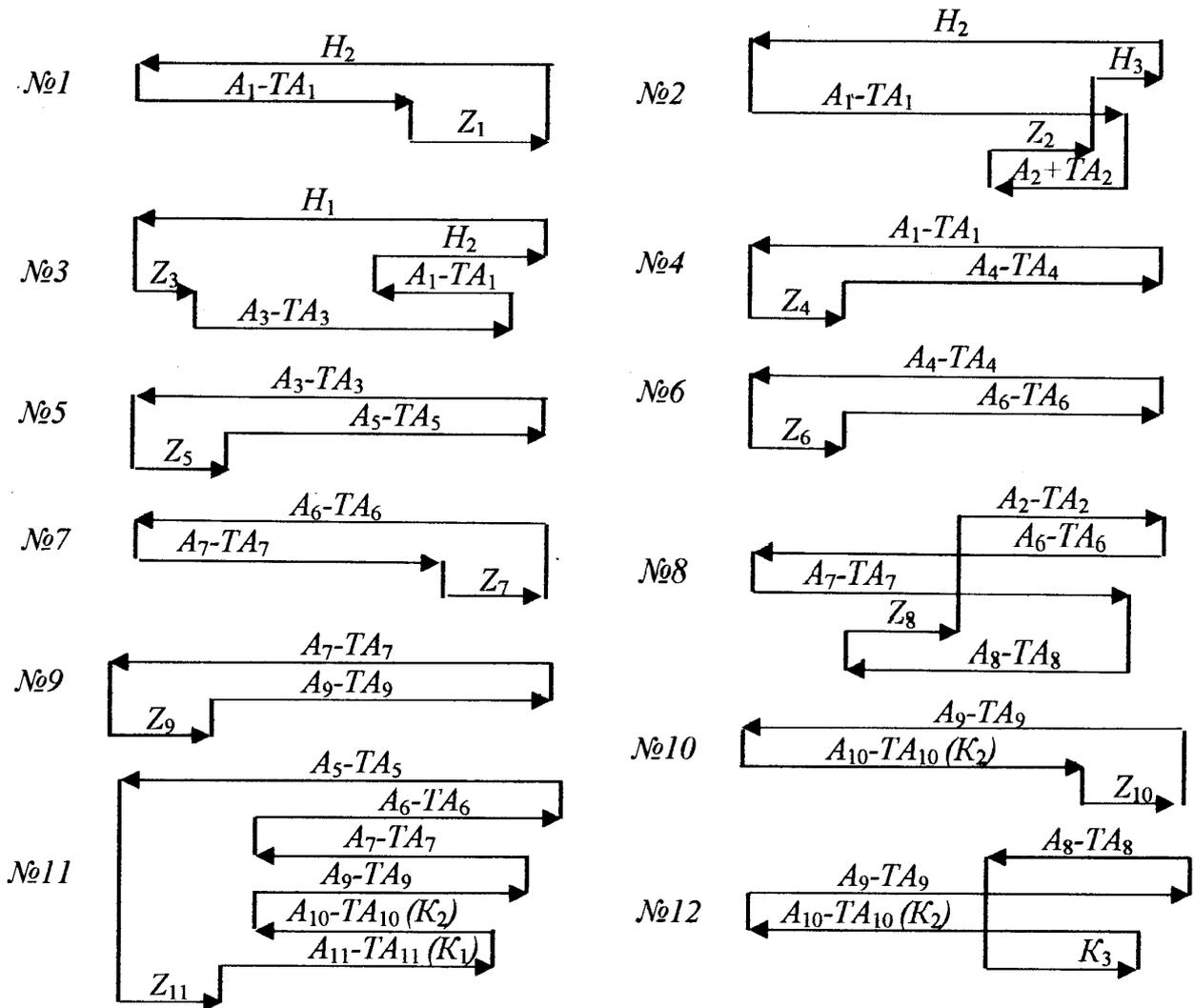
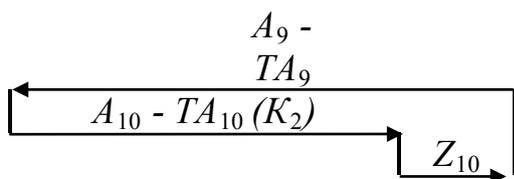


Рис. 8 Размерные цепи

Решаем размерную цепь № 10.



Известно $A_{10} - TA_{10} = K_1 = 18_{-0,04}$.
 Найти $A_9 - TA_9$.

Записываем основное уравнение размерной цепи. Оно имеет вид:

$$Z_{10} = A_9 - A_{10} .$$

Данная размерная цепь «простая», ибо она трехзвенная, допуски составляющих звеньев заданы в тело, знаки предельных отклонений составляющих звеньев одинаковые. Для таких цепей табличный припуск не требует коррекции.

Определяем его по выражению:

$$Z_i^{\text{НОМ}} = Z_i^{\text{мин}} + TA_{i-1} .$$

Здесь $i = 10$, $i - 1 = 9$. Из таблицы ОСТА определяем $Z_{10} = 0,3$ – припуск на шлифование. Из таблицы $TA_9 = 0,052$ – допуск на шлифование.

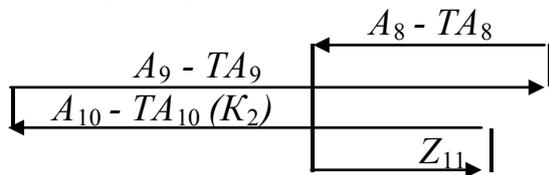
Тогда

$$Z_{10}^{\text{НАМ}} = A_9^{\text{НОМ}} - A_{10}^{\text{НОМ}} ;$$

$$A_9^{\text{НОМ}} = A_{10}^{\text{НОМ}} + Z_{10}^{\text{НОМ}} = 18,0 + 0,3 = 18,3 .$$

В результате $A_9 - TA_9 = 18,3_{-0,052} .$

Решаем размерную цепь № 12.



Известно $A_9 - TA_9 = 18,3_{-0,052} ;$

$$A_{10} - TA_{10} = K_2 = 18_{-0,043} ;$$

$$K_3 = 7^{+0,15} .$$

Найти $A_8 + TA_8 .$

В данной цепи замыкающим звеном является конструкторский размер K_3 , получающийся в результате обработки детали автоматически. Поэтому основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$K_3 = A_8 + A_{10} - A_9 .$$

Должно выполняться $TA_{\Delta} = \sum TA_i$, то есть

$$TK_3 = TA_8 + TA_{10} + TA_9 . \quad (8)$$

Если $TA_{\Delta} < \sum TA_i$, то надо или уменьшить допуски TA_i или увеличить TA_{Δ} . В свою очередь уменьшение TA_i вызывает необходимость перерасчета уже рассчитанных размерных цепей.

Применительно к нашему примеру условие(8) выполнимо. Тогда можно рассчитать размер A_8 следующим образом.

$$K_3^{\text{НОМ}} = A_8^{\text{НОМ}} + A_{10}^{\text{НОМ}} - A_9^{\text{НОМ}} ,$$

отсюда

$$A_8^{\text{НОМ}} = K_3^{\text{НОМ}} + A_9^{\text{НОМ}} - A_{10}^{\text{НОМ}} = 7 + 18,3 - 18 = 7,3 ,$$

$$K_3^{\text{max}} = A_8^{\text{max}} + A_{10}^{\text{max}} - A_9^{\text{мин}} ,$$

тогда

$$A_8^{\text{max}} = K_3^{\text{max}} - A_{10}^{\text{max}} + A_9^{\text{мин}} = 7^{+0,15} - 18 + 18,3_{-0,052} = 7,3^{+0,098} ,$$

$$K_3^{\text{мин}} = A_8^{\text{мин}} + A_{10}^{\text{мин}} - A_9^{\text{max}} ,$$

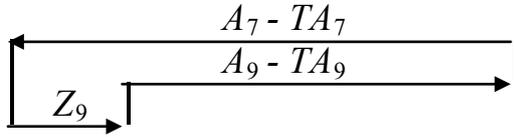
тогда

$$A_8^{\min} = K_3^{\min} - A_{10}^{\min} + A_9^{\max} = 7 - 18_{-0,043} + 18,3 = 7,3^{+0,043}.$$

Получим $A_8 = 7,3_{+0,043}^{+0,098}$ или $A_8 = 7,343_{+0,055}^{+0,055}$. Округляем, тогда

$$A_8 = 7,34^{+0,058}.$$

Решаем размерную цепь № 9.



Известно $A_9 - T_9 = 18,3_{-0,052}$.

Найти $A_7 - TA_7$.

Данная цепь «простая». Записываем основное уравнение

$$Z_9 = A_7 - A_9,$$

где $Z_9 = 0,3$ — припуск на шлифование после чистовой подрезки; Известно $A_7 - TA_7 = 18,6_{-0,13}$.

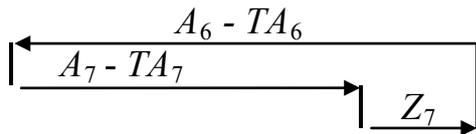
$TA_7 = 0,13$ — чистовая обработка от механически обработанной базы. Найти $A_6 - TA_6$.

Тогда

$$A_7^{\text{НОМ}} = A_9^{\text{НОМ}} + Z_9^{\text{НОМ}} = 18,3 + 0,3 = 18,6.$$

В результате $A_7 = 18,6_{-0,13}$.

Решаем размерную цепь № 7.



Данная цепь «простая». Записываем основное уравнение

$$Z_7 = A_6 - A_7,$$

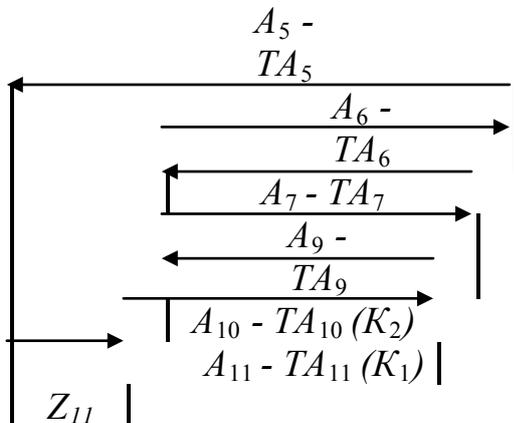
где $Z_7 = 1,2$ — припуск на чистовую подрезку после черновой обработки;

$TA_6 = 0,13$ — чистовая обработка от механически обработанной базы. Тогда

$$A_6^{\text{НОМ}} = A_7^{\text{НОМ}} + Z_7^{\text{НОМ}} = 18,6 + 1,2 = 19,8.$$

В результате $A_6 = 19,8_{-0,13}$.

Решаем размерную цепь № 11.



Известно: $A_6 - T_6 = 19,8_{-0,13}$;

$A_7 - TA_7 = 18,6_{-0,13}$;

$A_9 - TA_9 = 18,3_{-0,052}$;

$A_{10} - TA_{10} = 18,0_{-0,043}$;

$A_{11} - TA_{11} = K_I = 148_{-0,1}$.

Найти $A_5 - TA_5$.

Основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$Z_{11} = A_5 + A_7 + A_{10} - A_6 - A_9 - A_{11} .$$

Размерная цепь сложная, поэтому табличный припуск требует коррекции. Расчетный

припуск определяем по выражению:

$$Z_{11(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_{11}^{\text{мин}} + \sum \Delta SA_{\text{ум}} - \sum \Delta SA_{\text{ум}} - \sum \Delta JA_{\text{ув}} .$$

Здесь: $Z_{11(\text{табл.})}^{\text{НОМ}} = Z_{11}^{\text{мин}} + TA_5,$

отсюда $Z_{11}^{\text{мин}} = Z_{11(\text{табл.})}^{\text{НОМ}} - TA_5$ т.к. $i=11, i-1=5$

$Z_{11(\text{табл.})}^{\text{НОМ}} = 0,5$ — припуск на шлифование после чистовой подрезки;

$TA_5 = 0,25$ — чистовая обработка от механически обработанной базы.

Тогда $Z_{11}^{\text{мин}} = 0,5 - 0,25 = 0,25;$

$$\begin{aligned} Z_{11(\text{расч})}^{\text{НОМ}} &= Z_{11}^{\text{мин}} + \Delta SA_6 + \Delta SA_9 + \Delta SA_{11} - \Delta IA_5 - \Delta IA_7 - \Delta IA_{10} = \\ &= 0,25 + 0 + 0 + 0 - (-0,25) - (-0,13) - (-0,043) = 0,673. \end{aligned}$$

Из основного уравнения размерной цепи следует:

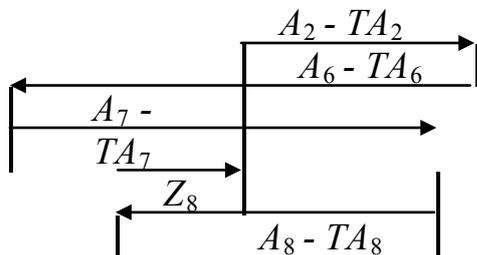
$$Z_{11(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = A_5^{\text{НОМ}} + A_7^{\text{НОМ}} + A_{10}^{\text{НОМ}} - A_6^{\text{НОМ}} - A_9^{\text{НОМ}} - A_{11}^{\text{НОМ}}$$

Решаем это уравнение относительно $A_5^{\text{НОМ}}$.

$$\begin{aligned} A_5^{\text{НОМ}} &= Z_{11(\text{расч.})}^{\text{НОМ}} + A_6^{\text{НОМ}} + A_9^{\text{НОМ}} + A_{11}^{\text{НОМ}} - A_7^{\text{НОМ}} - A_{10}^{\text{НОМ}} = \\ &= 0,673 + 19,8 + 18,3 + 148 - 18,6 - 18 = 150,173. \end{aligned}$$

Полученный результат округляем в сторону увеличения припуска Z_{11} и окончательно получаем $A_5 = 150,2_{-0,25}$.

Решаем размерную цепь № 8.



Известно: $A_6 - TA_6 = 19,8_{-0,13};$

$A_7 - TA_7 = 18,6_{-0,13};$

$A_8 + TA_8 = 7,34^{+0,058}.$

Найти: $A_2 + TA_2.$

Основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$Z_8 = A_6 + A_8 + A_2 - A_7 .$$

Размерная цепь сложная, поэтому табличный припуск требует коррекции. Расчетный припуск определяем по выражению:

$$Z_{8(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_8^{\text{мин}} + \sum \Delta SA_{\text{ум}} - \sum \Delta IA_{\text{ув}} .$$

Здесь $Z_8^{\text{мин}}$ определяем следующим образом:

$$Z_{8(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = Z_8^{\text{мин}} + TA_2,$$

отсюда

$$Z_8^{\text{мин}} = Z_{8(\text{табл})}^{\text{НОМ}} - TA_2 \quad \text{т.к. } i = 8, \quad i - 1 = 2$$

где $Z_{8(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = 1,0$ — припуск на чистовую подрезку после черновой обработки;

$TA_2 = 0,15$ — черновая обработка от обработанной базы.

$$\text{Тогда } Z_8^{\text{мин}} = 1,0 - 0,15 = 0,85;$$

$$Z_{8(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_8^{\text{мин}} + \Delta SA_2 + \Delta SA_7 - \Delta JA_6 - \Delta JA_8 = 0,85 + 0,15 + 0 - (-0,13) - 0 = 1,13.$$

Из основного уравнения размерной цепи следует:

$$Z_8^{\text{НОМ}} = A_6^{\text{НОМ}} + A_8^{\text{НОМ}} - A_2^{\text{НОМ}} - A_7^{\text{НОМ}}.$$

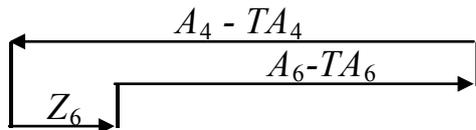
Решаем это уравнение относительно $A_2^{\text{НОМ}}$.

$$A_2^{\text{НОМ}} = A_6^{\text{НОМ}} + A_8^{\text{НОМ}} - A_7^{\text{НОМ}} - Z_{8(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = 19,8 + 7,34 - 18,6 - 1,13 = 7,41.$$

Округляем, и получаем:

$$A_2 = 7,4^{+0,15}.$$

Решаем размерную цепь № 6



Известно $A_6 - TA_6 = 19,8_{-0,13}$.

Найти $A_4 - TA_4$.

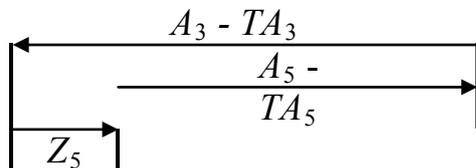
Данная цепь «простая». Записываем основное уравнение:

$$Z_6 = A_4 - A_6,$$

где $Z_6 = 1,2$ — припуск на чистовую подрезку после черновой обработки; $TA_4 = 0,21$ — черновая обработка от обработанной базы.

$$\text{Тогда } A_4^{\text{НОМ}} = A_6^{\text{НОМ}} + Z_6^{\text{НОМ}} = 19,8 + 1,2 = 21. \text{ Окончательно } A_4 = 21_{-0,21}.$$

Решаем размерную цепь № 5.



Известно $A_5 - TA_5 = 150,2_{-0,25}$.

Найти $A_3 - TA_3$.

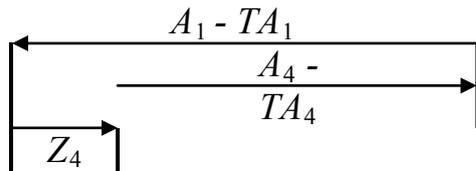
Данная цепь «простая». Записываем основное уравнение $Z_5 = A_3 - A_5$,

где $Z_5 = 1,5$ — припуск на чистовую подрезку после черновой обработки; $TA_3 = 0,4$ — черновая обработка от обработанной базы.

$$\text{Тогда } A_3^{\text{НОМ}} = A_5^{\text{НОМ}} + Z_5^{\text{НОМ}} = 150,2 + 1,5 = 151,7.$$

$$\text{В результате } A_3 = 151,7_{-0,4}.$$

Решаем размерную цепь № 4 .



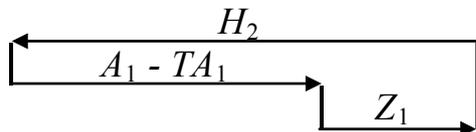
Известно $A_4 - TA_4 = 21_{-0,21}$.

Найти $A_1 - TA_1$.

Данная цепь «простая». Записываем основное уравнение: $Z_4 = A_1 - A_4$, где $Z_4 = 1,8$ - припуск на черновую подрезку. Этот припуск рассчитывается по методу Кована или берется из специальных таблиц. В ОСТе 1.41512-86 припуски на черновую обработку не приведены. В данных расчетах припуск на черновую подрезку получен путем увеличения припуска на чистовую подрезку в 1,5 раза; $TA_1 = 0,52$ - черновая обработка от черновой базы.

Тогда $A_1^{ном} = A_4^{ном} + Z_4^{ном} = 21 + 1,8 = 22,8$. В результате $A_1 = 22,8_{-0,52}$.

Решаем размерную цепь № 1.



Известно $A_1 - TA_1 = 22,8_{-0,52}$.

Найти H_2 .

Предельные отклонения на размер H_2 известны и равны:

$$\Delta SH_2 = +1,6; \Delta IH_2 = -0,9.$$

Основное уравнение размерной цепи имеет вид: $Z_1 = H_2 - A_1$.

Размерная цепь сложная, так как размер H_2 имеет отклонение не в тело.

Поэтому

$$Z_{1(расч)}^{ном} = Z_1^{мин} + \sum \Delta SA_{ум} - \sum \Delta IA_{уб}.$$

Здесь $Z_1^{мин}$ — определяем следующим образом:

$$Z_{1(табл)}^{ном} = Z_1^{мин} + TA_{1-1}.$$

В этом выражении в качестве TA_{1-1} необходимо взять такое отклонение размера $H_2 (A_{1-1})$, которое бы делало рассматриваемую размерную цепь «простой». Поэтому в качестве TA_{i-1} берем ΔIH_2 .

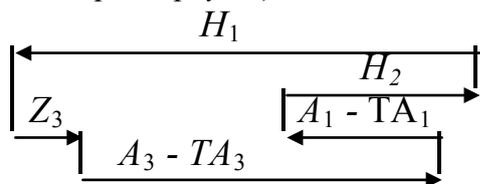
Тогда $Z_{1(табл)}^{ном} = Z_1^{мин} + \Delta IH_2$. Отсюда $Z_1^{мин} = Z_{1(табл)}^{ном} - \Delta IH_2$, где $Z_{1(табл)}^{ном} = 1,8$ - припуск на черновую подрезку.

Тогда $Z_1^{мин} = Z_{1(табл)}^{ном} - \Delta IH_2 = 1,8 - 0,9 = 0,9$;

$$Z_{1(расч)}^{ном} = Z_1^{мин} + \sum \Delta SA_{ум} - \sum \Delta IA_{уб} = Z_1^{мин} + \Delta SA_1 - \Delta IH_2 = 0,9 + 0 - (-0,9) = 1,8.$$

Из основного уравнения следует: $Z_{1(расч)}^{ном} = H_2^{ном} - A_1^{ном}$, тогда $H_2^{ном} = A_1^{ном} + Z_{1(расч)}^{ном} = 22,8 + 1,8 = 24,6$. Окончательно $H_2 = 24,6_{-0,9}^{+1,6}$.

Решаем размерную цепь № 3.



Известно $A_1 - TA_1 = 22,8_{-0,52}$

$A_3 - TA_3 = 151,7_{-0,4}$

$H_2 = 24,6_{-0,9}^{+1,6}$

Найти H_1 .

Предельные отклонения на размер H_1 известны и равны:

$$\Delta SH_1 = +2,4; \quad \Delta IH_1 = -1,2.$$

Основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$Z_3 = A_1 + H_1 - A_3 - H_2.$$

Размерная цепь сложная, поэтому

$$Z_{3(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_3^{\text{мин}} + \sum \Delta SA_{\text{ум}} - \sum \Delta IA_{\text{ув}}.$$

Здесь $Z_3^{\text{мин}}$ определяем следующим образом:

$$Z_{3(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = Z_3^{\text{мин}} + TA_{A_1}.$$

В этом выражении в качестве TA_{A_1} берем ΔIH_1 . В этом случае отклонения на выполняемый и предшествующих размер оба в тело и оба одного знака, что позволяет пользоваться табличным припуском.

$$\text{Тогда } Z_3^{\text{мин}} = Z_{3(\text{табл})}^{\text{НОМ}} - \Delta IH_1,$$

где $Z_{3(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = 2,25$ — припуск на черновую подрезку.

$$\text{Тогда } Z_3^{\text{мин}} = Z_{3(\text{табл})}^{\text{НОМ}} - \Delta IH_1 = 2,25 - 1,2 = 1,05;$$

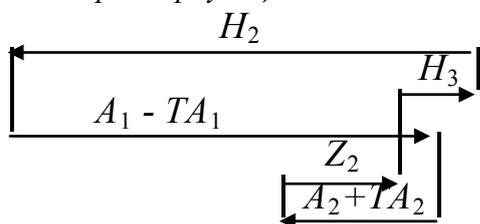
$$Z_{3(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_3^{\text{мин}} + \Delta SA_3 + \Delta SH_2 - \Delta IA_1 - \Delta IH_1 = 1,05 + 0 + 1,6 - (-0,52) - (-1,2) = 4,37$$

Основное уравнение размерной цепи решаем относительно $H_1^{\text{НОМ}}$:

$$H_1^{\text{НОМ}} = Z_{3(\text{расч})}^{\text{НОМ}} + A_3^{\text{НОМ}} + H_2^{\text{НОМ}} - A_1^{\text{НОМ}} = 4,37 + 151,7 + 24,6 - 22,8 = 157,87.$$

Округляем и окончательно получаем $H_1 = 157,9_{-1,2}^{+2,4}$.

Решаем размерную цепь № 2.



Известно: $A_1 - TA_1 = 22,8_{-0,52}$;

$A_2 + TA_2 = 7,4_{-0,15}^{+0,15}$;

$H_2 = 24,6_{-0,9}^{+1,6}$.

Найти H_3 .

Предельные отклонения на размер H_3 известны и равны:

$$\Delta SH_3 = +1,6; \quad \Delta IH_3 = -0,9.$$

Основное уравнение размерной цепи имеет вид:

$$Z_2 = A_2 + H_2 - A_1 - H_3.$$

Размерная цепь сложная, поэтому

$$Z_{2(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = Z_2^{\text{мин}} + \sum \Delta SA_{\text{ум}} - \sum \Delta IA_{\text{ув}}$$

Z_2^{\min} определяем из выражения:

$$Z_{2(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = Z_2^{\min} + TA_{1-1},$$

где $TA_{1-1} = \Delta SH_3$;

$Z_{2(\text{табл})}^{\text{НОМ}} = 1,5$ — припуск на черновую подрезку.

$$\text{Тогда } Z_2^{\min} = Z_{2(\text{табл})}^{\text{НОМ}} - \Delta SH_3 = 1,5 - 1,6 = -0,1$$

Тогда назначаю $Z_2^{\min} = 0,5$

$$Z_{2(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = 0,5 + \Delta SA_1 + \Delta SH_3 - \Delta IA_2 - \Delta IH_2 = 0,5 + 0 + 1,6 - 0 - (-0,9) = 3.$$

Основное уравнение размерной цепи решаем относительно $H_3^{\text{НОМ}}$:

$$H_3^{\text{НОМ}} = A_2^{\text{НОМ}} + H_2^{\text{НОМ}} - A_1^{\text{НОМ}} - Z_{2(\text{расч})}^{\text{НОМ}} = 7,4 + 24,6 - 22,8 - 3 = 6,2.$$

Окончательно $H_3 = 6,2_{-0,9}^{+1,6}$.

Размеры заготовки, рассчитанные по ГОСТ 7505-89, необходимо заменить на размеры, рассчитанные с помощью размерных цепей.

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ПРИПУСКОВ (МЕТОД В.Н. КОВАНА)

Расчетной величиной операционного припуска в методе Кована является минимальный припуск. Как следует из выражения (1), (7), величина минимального припуска не зависит от допусков на размеры предшествующий и выполняемый операции. Поэтому рассчитанные или взятые из таблицы Z_i^{\min} можно использовать непосредственно во всех случаях: как при простых формах размерной связи, когда справедливо выражение (1), так и в случаях обработки со сменой технологических баз, когда используется выражение (7).

Величина минимального пропуса определяется следующими составляющими:

- 1) R_{zi-1} - высота неровностей профиля на предшествующем переходе;
- 2) T_{i-1} - глубина дефектного поверхностного слоя на предшествующем переходе (обезуглероженный или отбеленный слой);
- 3) ρ_{i-1} - суммарные отклонения расположения поверхности, полученные на предшествующем переходе.
- 4) ε_i - погрешность установки заготовки на выполняемом переходе. Здесь погрешность установки рассматривается с позиции её влияния на смещения и повороты обрабатываемых поверхностей при установке и закреплении заготовки. При последовательной обработке противоположных плоских поверхностей (односторонний припуск) справедливо:

$$Z_i^{\min} = (R_z + T)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i$$

При переменной обработке плоских поверхностей (двухсторонний припуск)

$$2Z_i^{\min} = 2[(R_z + T)_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i]$$

при обработке проточки векторы ρ_{i-1} ε_i могут принимать любое угловое положение, поэтому их суммирование в этом случае производится квадратично

$$2Z_i^{\min} = 2[(R_z + T)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}]$$

Расчет режимов резания

Расчет режимов резания производится по эмпирическим формулам с учетом поправочных коэффициентов для четырех- пяти разнохарактерных переходов или операций (токарный, фрезерный, сверлильный, шлифовальный). Для остальных переходов и операций режимы резания устанавливаются по нормативным таблицам с использованием поправочных коэффициентов, учитывающих изменения условий резания. Если приводится та или иная величина из нормативных таблиц, то надо сослаться на литературный источник. Порядок расчета режимов резания следующий:

1. В соответствие с припуском на данный переход назначается глубина резания и число переходов.
2. Назначается подача с учетом требований к шероховатости обрабатываемой поверхности, жесткости и виброустойчивости системы СПИД, прочности инструмента, прочности и мощности станка.
3. По эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки, рассчитывается скорость резания. Далее рассчитывается сила резания и потребляемая мощность.
4. По скорости резания рассчитывают число оборотов детали, а затем по паспорту станка подбирают обороты и подачу. По выбранным оборотам рассчитывают истинную скорость резания, которую и проставляют в операционных картах.
5. Режим резания, скорректированный по паспортным данным станка, проверяется по мощности электродвигателя. Если мощность электродвигателя недостаточна, то необходимо понизить скорость резания.

Нормирование технологического процесса

В этом разделе производится расчет технической нормы времени на выполнение каждой операции. Методика технического нормирования широко освещена в учебной и справочной литературе, поэтому здесь дается лишь краткое изложение вопросов, связанных с расчетом норм.

В массовом производстве определяется норма штучного времени (мин.):

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{т. об} + T_{орг. об} + T_{л. н.}$$

Здесь T_o -основное (машинное) время, определяется на основе рассчитанных режимов резания;

T_v - вспомогательное время, рассчитывается с учетом возможных совмещений переходов и перекрытий элементов штучного времени;

$T_{т. об.}$ - время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{л. н.}$ - время на личные надобности рабочего (отдых и т.п.).

В серийном производстве необходимо учитывать еще подготовительно-заключительное время $T_{п.з.}$, рассчитываемое на операционную партию деталей. Норму времени на операцию в условиях серийного производства называют штучно-калькуляционной нормой времени и определяют по формуле:

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n},$$

где n – число деталей в партии.

7. Оформление технологических документов

Разработка технологического процесса обработки детали заканчивается оформлением комплекта документов определяемого стандартами ЕСТД.

Состав и форма карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического производства (единичное, типовое или групповое), типа производства (единичное, серийное, массовое) и степени использования средств вычислительной техники. По степени детализации различают следующие виды описания технологических процессов: маршрутное, операционное, маршрутно-операционное.

При маршрутном описании технологического процесса весь ТП излагается в маршрутной карте (МК). В МК указывается содержание операций и переходов, а также выдерживаемые размеры. Маршрутное описание применяется в единичном и мелкосерийном производстве.

При операционном описании маршрутная карта выполняет роль сводного документа, в котором указывается адресная информация (номер цеха, участка, рабочего места, операции); наименование операции; перечень документов, применяемых при выполнении операций; технологическое оборудование; трудозатраты.

Сами операции разрабатываются на операционных картах и картах эскизов (КЭ).

Операционное описание применяется в крупносерийном и массовом типах производства. В большинстве своём курсовые проекты выполняются на уровне операционного описания.

Маршрутно-операционное описание предусматривает разработку сложных операций на операционных картах и картах - эскизов, а остальная

часть только в маршрутной карте. Применяется в единичном и мелко серийном производстве сложных деталей.

Маршрутная карта является обязательным документом любого технологического процесса. Форма и правила оформления МК определены ГОСТ 3.1118-82. В целом в курсовом проекте оформляются следующие документы: титульный лист (ТЛ), карта эскизов (КЭ), маршрутная карта (МК), карта технологического процесса (КТП), карта типового (группового) технологического процесса (КТТП), операционная карта (ОК) карта типовой (групповой) операции (КТО), карта кодирования информации (ККИ), карта наладки (КН. КН/П).

Важной частью разработки технологического процесса является создание графических документов. Общие требования к которым регламентированы ГОСТ 3.1104-81 «ЕСТД». Они следующие:

1. Графические изображения следует выполнять с целью наглядной и дополнительной информации к документам.

2. Эскизы следует разрабатывать на технологические процессы, операции, переходы.

3. Эскизы следует исполнять с соблюдением масштаба или без соблюдения масштаба, но с примерным соблюдением пропорций.

4. Графические изображения следует выполнять с применением чертежного инструмента. Допускается выполнять изображения от руки.

5. Изображать изделия на эскизах необходимо в рабочем положении изделия на операции. Если эскиз изделия разработан для нескольких операций, допускается изображать изделия на эскизе в нерабочем положении.

6. Изображение изделия на эскизе должно содержать размеры, предельные отклонения, обозначение шероховатости, баз, опор, зажимов и установочно-зажимных устройств, необходимых для выполнения операций, для которых разработан эскиз.

Кроме того, при выполнении операционных эскизов необходимо соблюдать следующие требования:

1. Поверхность, обрабатываемую на данной операции, обводят линией толщиной 2S.

2. Проставляют только те размеры, которые выполняют на данной операции.

3. Проставлять размеры надо с учетом способа получения этого размера.

4. Все размеры или конструктивные элементы обрабатываемых поверхностей нумеруются арабскими цифрами. Номер размера или конструктивного элемента обрабатываемой поверхности проставляют в окружности диаметром 6-8мм и соединяют размерной или выносной линией. При этом размеры, предельные отклонения обрабатываемой поверхности в тексте содержания операций или перехода не указывают (приложение 3). Допускается в тексте содержание операций или перехода номер размера или

конструктивного элемента не обводить окружностью, например: «Развернуть отверстие 1» «Точить канавку 2». Нумерацию следует производить в направлении часовой стрелки.

5. Технические требования следует помещать на свободной части документа справа от изображения изделия или под ним и излагать по ГОСТ 2.316-68.

6. Таблицы и графики, поясняющие изображения изделий, следует помещать на свободной части документа справа от изображения изделия и выполнять по ГОСТ 2.105-79.

7. Если изображение изделия на эскизе относится к нескольким операциям технологического процесса, то номера этих операций следует указывать над изображением изделия и подчеркивать. Допускается не записывать все номера операций, если изображение относится к нескольким последовательным операциям. Например, изображение изделия на эскизе относится к операциям 005, 010, 015, 020, в этом случае можно записать 005-020.

8. Если на поле для графической информации содержится несколько отдельных эскизов для различных операций (переходов) технологического процесса, то над каждым эскизом следует указать номер операции (перехода) и подчеркнуть.

9. Эскизы обработки на наиболее сложных и оригинальных операциях могут быть показаны в графической части проекта (формат А1).

При выполнении эскизов наладок необходимо придерживаться следующих требований:

1. Выполнять эскизы наладок в графической части проекта (формат А1). На одном листе формата А1 размещают 3-4 эскиза наладок разнообразных операций (токарных, фрезерных и т.д.)

2. Заготовка показывается закрепленной в приспособлении, второстепенные подробности которой могут быть опущены (полуконструктивный вид). Необходимо изображать элементы приспособления, обеспечивающие базирование и закрепление заготовки, ориентацию и закрепление приспособления на станке. Изображение должно быть в плане.

На заготовке указывают размеры и шероховатость обрабатываемых поверхностей, обрабатываемые поверхности обводят толстой линией (толщиной 2S). Допускается изображать только часть заготовки с обрабатываемой поверхностью, указывая её размеры и шероховатость.

3. Указывают схему размещения инструментов и приспособлений. Приспособление для крепления инструментов указывают в полуконструктивном виде.

Режущий инструмент изображают в конце рабочего хода. Если необходимо, то штриховой линией показывают и исходное положение инструмента. Если инструмент затемняет чертеж, то его можно изображать отведенным от заготовки. При применении (последовательно) нескольких

различных инструментов, например сверла, зенкера, развёртки, один из них показывает в конечном положении, а остальные вычерчивают рядом в порядке выполнения переходов. Сложный инструмент не следует вычерчивать полностью, достаточно, например, показать габариты и форму фрезы, два-три зуба и способ их крепления. Винтовые канавки, например, у сверл можно показать наклонными линиями. Во всех случаях из эскиза должен быть ясен способ крепления инструмента на шпинделе, суппорте и т.п. Стрелками показывают направление движения режущего инструмента или заготовки.

При проектировании наладок для станков с ручным управлением на листе вычерчивают таблицу, на которой указывают режим резания.

Для станков с ЧПУ в графической части карт наладки, кроме отмеченного выше, указывают взаимное расположение нулевых точек станка и заготовки и основные размеры заготовок. На схеме размещения инструментов отмечают координаты положения вершин инструментов по осям и порядок расположения инструментов в резцовой головке.

Для станков с ЧПУ существует специальная табличная форма карт наладки инструмента по ГОСТ 3.1418-82. В эти карты вносят данные по исходной заготовке, режущему инструменту, технологической оснастке, указывают материал, род и основные размеры исходной заготовки; шифр и материал режущей части инструмента: номер корректора, закрепленного за инструментом; наименование и шифр технологической оснастки, указывают материал, род и основные размеры исходной заготовки; шифр и материал режущей части инструмента: номер корректора, закрепленного за инструментом; наименование и шифр технологической оснастки. Для каждого установка заготовки приводят численные значения координат вершин инструментов по осям и наладочные размеры. Данные о применяемом режущем инструменте записывают в строгой последовательности вступления инструментов в работу. Кроме указанных сведений включают наименование и номер чертежа детали, модель и номер станка, номер программы.

Запись технологической и геометрической информации, необходимой для разработки управляющей программой, а также данных, используемых для настройки станка ЧПУ, производится в специальных формах документации. Основной формой является операционная технологическая карта (РТК), предназначенная для ручного способа подготовки программ механической обработки изделий на станках с ЧПУ.

Для наладки станка с ЧПУ в производственных условиях используют карту наладки произвольной формы, а при составлении РТК для обработки заготовок повышенной сложности, как правило, вычерчивают схему движения режущего инструмента. В карте наладки должны содержаться все сведения необходимые для наладки станка на конкретную операцию. По карте производится установка заготовки на станке и режущих инструментов в резцовой головке или в магазине закрепление блоков коррекции положение инструментов, устанавливается порядок смены инструментов и изменения

положения заготовок. Карта наладки состоит из графической части и таблицы.

В тексте содержания технологических операций для записи технологических переходов применяют следующие ключевые слова: вальцевать, врезаться, галтовать, гравировать, довести, долбить, закруглить, заточить, затыловать, зенкеровать, навить, нарезать, обкатать, отрезать, подрезать, полировать, притирать, протянуть, развернуть, развальцевать, раскатать, рассверлить, расточить, сверлить, строгать, суперфинишировать, точить, хонинговать, шевинговать, шлифовать, цековать, центровать, фрезеровать, выверить, закрепить, настроить, переустановить; переустановить и закрепить; переустановить, выверить и закрепить; переместить, подогнать, проверить, смазать, установить; установить и выверить; установить и закрепить; установить, выверить и закрепить.

Важным вопросом является простановка предельных отклонений на операционные размеры. По этому признаку конструктивные элементы классифицируются на три группы: валы, отверстия, элементы, не относящиеся к валам и отверстиям (рис.9).

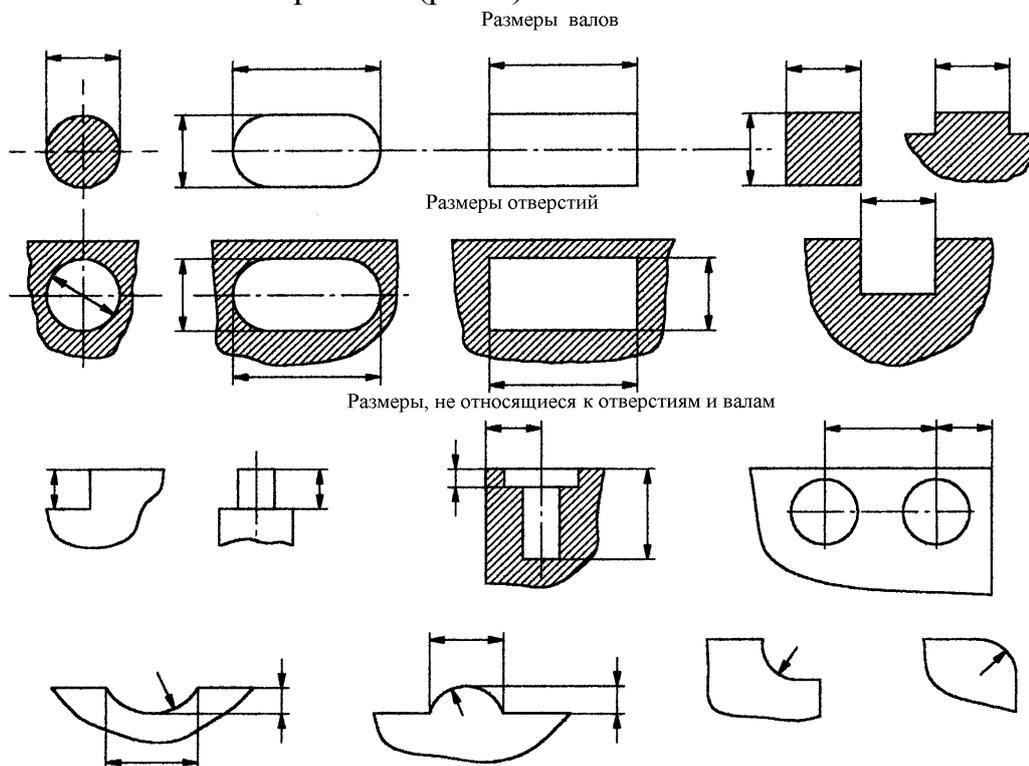


Рис.9. Классификация конструктивных элементов деталей

Для операционных размеров валов и отверстий предельные отклонения принято назначать по квалитетам односторонними - «в тело» материала (для валов - от нуля в минус, для отверстий от нуля в плюс). Для размеров элементов, не относящихся к валам и отверстиям, назначаются симметричные предельные отклонения по классам точности, как более простые для использования и измерения универсальными средствами. К этим

конструктивным элементам относятся уступы, глубины отверстий, высоты выступов, расстояние между осями отверстий или плоскостями симметрии, размеры, определяющие расположение осей или плоскостей симметрии элементов (отверстий, пазов, выступов). Однако в зависимости от требований конструкции или рациональной технологии возможно и иное расположение поля допуска. По такому же принципу как для операционных размеров назначают неуказанные предельные отклонения конструктивных размеров. Неуказанные предельные отклонения не указываются непосредственно после номинальных размеров, а оговариваются общей записью в технических требованиях и правила их назначения установлены ГОСТ 25670-83, ГОСТ 25346-89, ГОСТ 25348-82 [4, 8, 11].

Для дальнейшего изучения вопроса о простановке размеров рассмотрим отклонения и допуски расположения поверхностей (ГОСТ 24642-81). Отклонением расположения называется отклонение реального (действительного) расположения элемента (поверхности, оси или плоскости симметрии) от номинального расположения. Для оценки точности расположения поверхностей, как правило, назначают базы. База определяет привязку детали к плоскости или оси координат, относительно которой задаются допуски расположения или определяется расположение нормируемого элемента. Базой может быть поверхность (например, плоскость) её образующая или точка (например, вершина конуса, центр сферы), для поверхности вращения базой является её ось.

Допуском расположения называется предел, ограничивающий допускаемое значение отклонения расположенных поверхностей. Для плоскости, симметричности, пересечения осей и позиционного допуска допуск расположения может быть задан в радиусном и диаметральном выражениях.

Отклонения расположения поверхностей и отклонения размеров (диаметров, ширины и т.п.) элементов деталей в зависимости от условий сборки и работы изделий могут проявляться как совместно, так и независимо друг от друга. Установлены понятия о зависимых и независимых допусках расположения. Независимым называется допуск расположения, числовое значение которого, постоянно для всей совокупности деталей, изготавливаемых по данному чертежу и не зависит от действительного размера нормируемого или базового элемента. Зависимым называется допуск расположения, числовое значение которого переменное для различных деталей, изготавливаемых по данному чертежу и зависит от действительных размеров нормируемого или базового элементов.

В чертежах зависимый допуск задается своим минимальным значением, которое допускается превышать на величину, соответствующую отклонению действительного размера детали от проходного предела (наибольшего предельного размера вала или наименьшего предельного размера отверстия):

$$T_{\text{зав}} = T_{\text{min}} + T_{\text{доп}}$$

где T_{min} - минимальная часть допуска, указываемая в чертежах (постоянная для всех деталей);

$T_{доп}$ - дополнительное значение допуска, зависящее от действительных размеров рассматриваемых элементов (переменная часть допуска).

Как правило, зависимые допуски рекомендуется назначать для тех элементов деталей, к которым предъявляются только требования собираемости в соединениях с гарантированным зазором. В этих случаях допуски расположения рассчитывают исходя из гарантированного (наименьшего) зазора. Если этот зазор фактически будет увеличен (что и происходит при отклонениях действительных размеров сопрягаемых элементов от проходного предела), то становится допустимым и соответственно увеличенное отклонение расположения, разрешаемое зависимым допуском. Примеры назначения зависимых допусков расположения: допуски расположения сквозных отверстий под крепежные детали; допуски соосности ступенчатых валов и втулок, собираемых с зазором; допуски перпендикулярности осей отверстий под заглушки, стаканы, крышки.

Зависимые допуски расположения более экономичны, ибо позволяют увеличивать действительные допуски расположения, дают возможность контролировать детали с помощью комплектных калибров расположения (при этом калибры расширяют допуск на величину $T_{доп}$.)

На рис.10 показана деталь с отверстиями разных размеров $\Phi 25H8^{+0,033}$ и $\Phi 15H8^{+0,027}$.

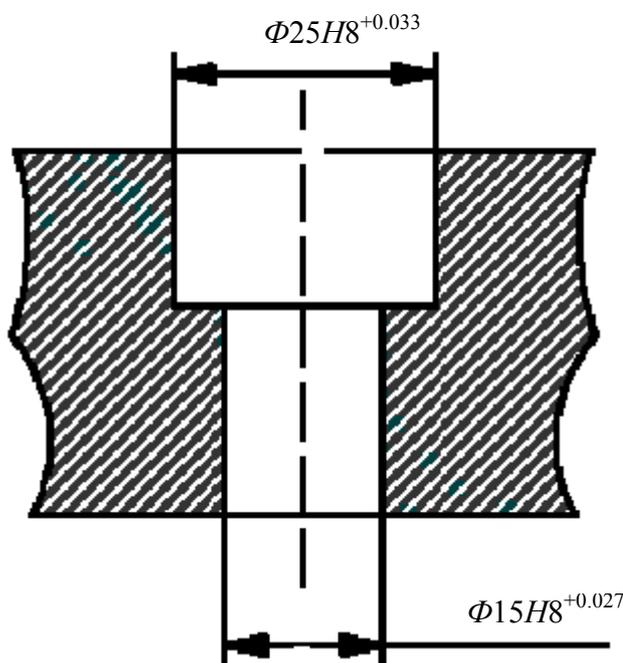


Рис.10. Деталь с соосными отверстиями

Допустим, что, исходя из наименьших зазоров в соединении, на отклонение от соосности размеров установлен допуск 0,05 мм. При выполнении отверстий с наибольшими предельными размерами (25,033 и

15,027) суммарный зазор в сопряжении с контр деталью увеличивается в сравнении с минимальным значением на величину 0,06 мм (0,033+0,027). В этом случае может быть допущена дополнительная часть допуска на отклонения от соосности, равная половине увеличенного зазора, т.е. 0,03 мм, и допустимое отклонение от соосности составит 0,08 мм (0,05+0,03). Таким образом, отклонения от соосности расширилось, но собираемость деталей не нарушается.

Одним из видов отклонений и допусков расположения является позиционное отклонение и позиционный допуск. В ГОСТ 10356-63, ГОСТ 2308-68 понятию позиционного отклонения соответствовал термин «смещение оси от номинального расположения».

Позиционное отклонение (смещение от номинального расположения) – наибольшее расстояние между реальным расположением элемента (его оси, центра или плоскости симметрии) и его номинальным расположением в пределах нормируемого участка. Различают позиционные допуски оси, прямой, точки, плоскости симметрии в радиусном и диаметральной выражениях. Поэтому, например, позиционный допуск оси (прямой) в пространстве - это область в пространстве, ограниченная цилиндром.

Точность расположения элементов, заданного проставленными на чертежах линейными и угловыми координирующими размерами нормируются двумя способами:

1. Указанием предельных отклонений координирующих размеров;
2. Указанием позиционного допуска элемента (его оси, плоскости симметрии).

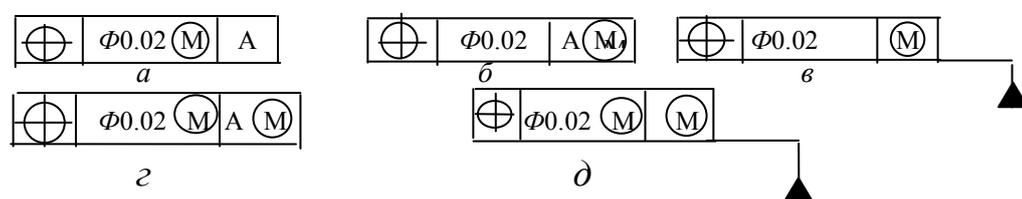
Нормирование позиционных отклонений предполагает, что чертежом определено к каким элементам относится позиционный допуск и какими размерами определяется номинальное расположение, от которого отсчитывается позиционное отклонение. Такие размеры указываются на конструкторских чертежах номинальными значениями без предельных отклонений и заключаются в прямоугольные рамки.

Между обоими способами нормирования существует взаимосвязь. Позиционные допуски обеспечивают комплексное нормирование расположения элементов, так как позволяют ограничить отклонения расположения каждого из элементов, как от общей базы - номинального расположения, так и в любом из направлений. По отношению к позиционным допускам предельные отклонения координирующих размеров являются поэлементными отклонениями, ограничивающими отклонения в координатных направлениях и отдельно для каждой пары элементов, связанных соответствующим координирующим размером.

Позиционные допуски упрощают анализ взаимозаменяемости, расчет допусков и простановку их в чертежах. Они обеспечивают более широкие поля допусков расположения, чем эквивалентные им предельные отклонения координирующих размеров. Метод позиционных допусков может быть использован при любых методах изготовления и контроля, при назначении

как зависимых, так и независимых допусков расположения. Но в первую очередь его преимущества проявляются при назначении зависимых допусков для деталей, в которых необходимо обеспечить точность взаимного расположения более чем двух элементов, объединенных общими точностными требованиями, например, требованием собираемости с парной деталью одновременно по нескольким сопрягаемым элементам. Чаще всего метод позиционных допусков применяется для нормирования расположения осей отверстий под крепежные детали. Он может быть применен также для нормирования точности деления шкал, расположения рабочих элементов штампов, кондукторов и другой технологической оснастки, расположение измерительных элементов комплектных калибров и т.д.

Примеры указания зависимых допусков



\textcircled{M} - означает зависимый допуск расположения и формы.

\oplus - знак позиционного отклонения.

a - зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента; \textcircled{M} стоит после числового значения допуска.

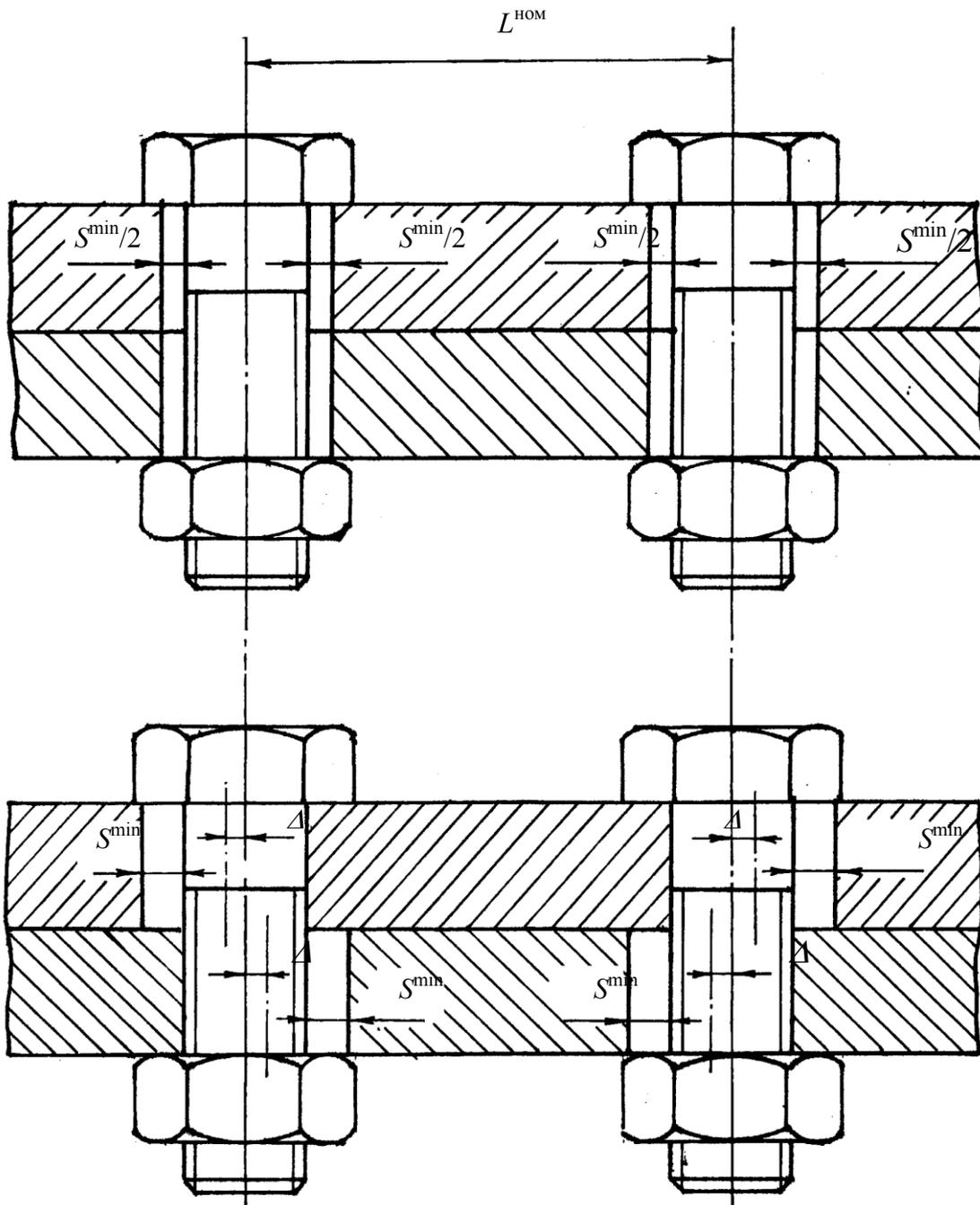
б, в - зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента. *б* - \textcircled{M} после буквенного обозначения базы, *в* - \textcircled{M} при отсутствии буквенного обозначения базы.

г, д - зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

Если допуск расположения или формы не указан как зависимой, то его считают независимым.

Рассмотрим допуски расположения осей отверстий под крепежные детали.

Соединение двух деталей с помощью крепежных элементов подразделяются на два типа: тип А и тип В. При соединении типа А (рисунок 11) в соединяемых деталях (1,2) предусмотрены сквозные отверстия под проход крепежной детали с гарантированным зазором *S* (болтовые, заклепочные соединения).



а

б

Рис.11. Соединение типа А
 а – номинальное положение;
 б – предельное (крайнее) положение.

При соединении типа В (рис 12) сквозные отверстия под проход крепёжной детали предусмотрены только в одной из соединяемых деталей, а

в другой детали имеются или резьбовые отверстия или отверстия обеспечивающий натяг.

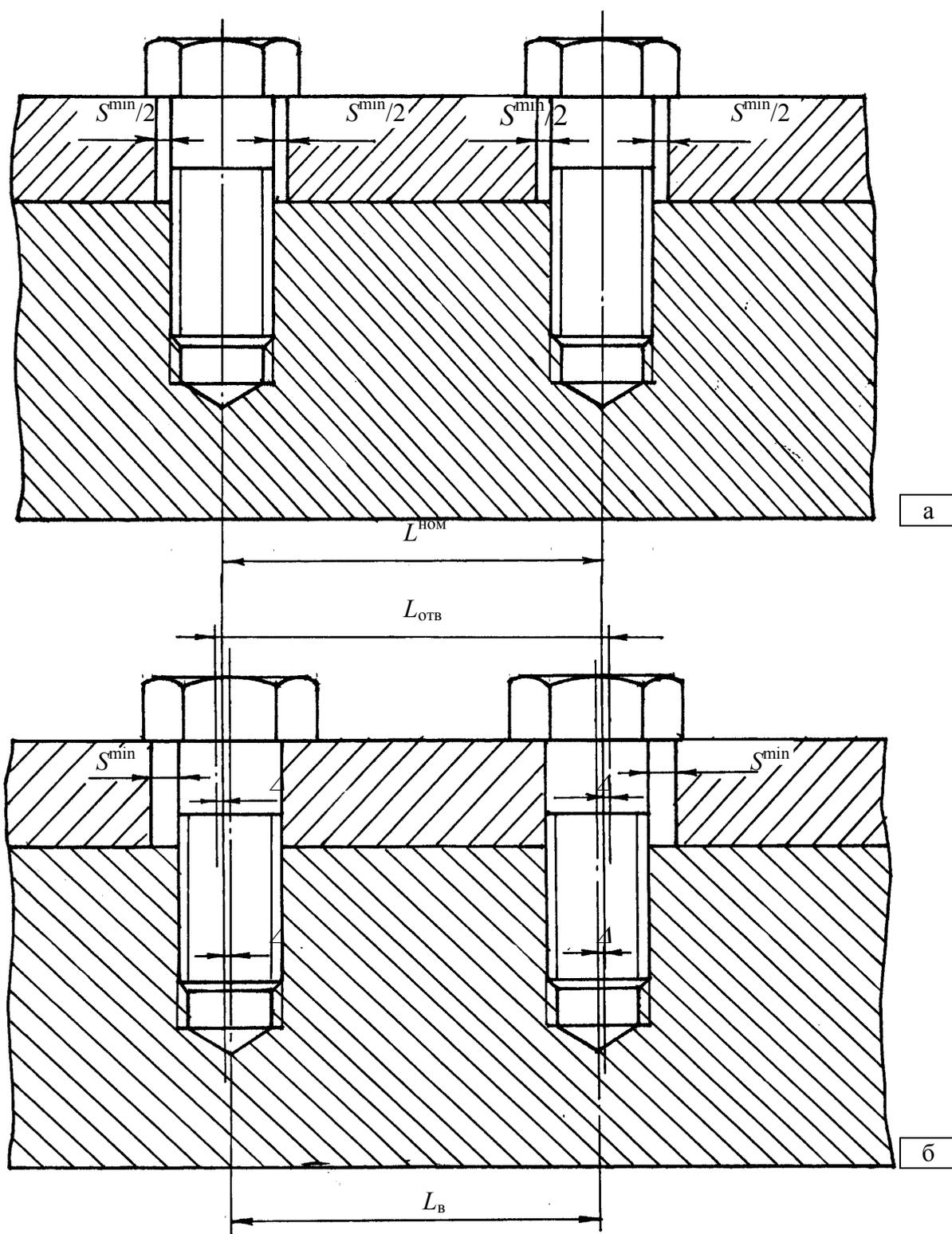


Рис.12. Соединение типа В
а – номинальное положение;
б – предельное (крайнее) положение.

Для соединения типа А определим условия собираемости, в данном случае, условие прохождения болтов в отверстия. При этом к деталям предъявляются требования полные взаимозаменяемости.

В тех случаях, когда к деталям не предъявляются требования взаимозаменяемости, их собираемость допускается обеспечивать различными способами совместной обработки в парных соединяемых деталях например, когда сверление отверстий производится сначала в одной детали, используемой затем в качестве кондуктора для сверления отверстий в парной детали.

В этих случаях назначают предельные отклонения на размеры, координирующие оси отверстий в одной из сопрягаемых деталей, более удобной для разметки, например в детали, имеющей меньшую массу. При этом исходят из экономической точности обработки и назначают симметричные предельные отклонения по квалитетам или по классам точности.

На рис.11.а. показано номинальное расположение верхней, нижней деталей и болтов. L-координирующий размер. Анализ необходимо вести по минимальному (гарантированному) зазору S^{\min} , ибо расчеты по S^{\min} обеспечивают взаимозаменяемость. Зазор S^{\min} имеет место при $D_{\text{отв}} = D_{\text{отв}}^{\min}$, $d_{\text{болта}} = d_{\text{болта}}^{\max}$. Далее выбираем зазоры между каждым болтом и отверстием до тех пор, пока проходит болт (рис.11.б). Осуществляем это за счет смещения осей отверстий верхней и нижней деталей в разные стороны. В крайнем положении оси отверстий $D_{\text{отв}}^{\min}$ смещены в радиусном выражении на $\Delta = S^{\min}/2$. Тогда для соединения типа А позиционный допуск оси отверстия в диаметральном выражении равен $T = 2\Delta = S^{\min}$.

Кроме смещения оси отверстия от номинального положения существуют и другие погрешности, влияющие на прохождение болта в отверстия:

а) отклонение от перпендикулярности оси отверстий к опорной плоскости в обоих соединяемых деталях (учитывается в тех случаях, когда при соединении деталей необходимо обеспечить плотное соприкосновение по опорным плоскостям, а отклонение от перпендикулярности не включено в позиционный допуск);

б) отклонение от соосности ступеней крепежной детали учитывается в тех случаях, когда крепёжная деталь ступенчатая, например, несоосность резьбовой и гладкой части стержня винтов и шпилек. Кроме того, может быть оставлена часть минимального зазора для последующей регулировки взаимного расположения деталей или для облегчения сборки тогда $T = kS^{\min} = S_p$,

где S_p – расчетный зазор,

k – коэффициент использования зазора для компенсации отклонения расположения осей принимают $k=0,8-1,0$ для соединений, не требующих регулировки взаимного расположения деталей; $k=0,6$ - для соединений, в

которых требуется регулировка взаимного расположения деталей при сборке.

В соединении типа В при смещении осей отверстий верхней и нижней деталей в разные стороны смещаются и винты, поэтому $\Delta = S^{\min}/4$. Тогда позиционный допуск оси отверстия в диаметральном выражении равен $T = 2\Delta = 0,5 \cdot S^{\min}$. Если учесть другие погрешности, то $T = 0,5 \cdot k S^{\min} = 0,5 \cdot Sp$.

Предельные отклонения координирующих размеров определяют исходя из соответствующего позиционного допуска осей отверстий. Для этого производится геометрическое разложение позиционного допуска на координатные составляющие: T_x, T_y в прямоугольных координатах (рис 13,а) и T_R, T_α в полярных координатах (рис 13,б).

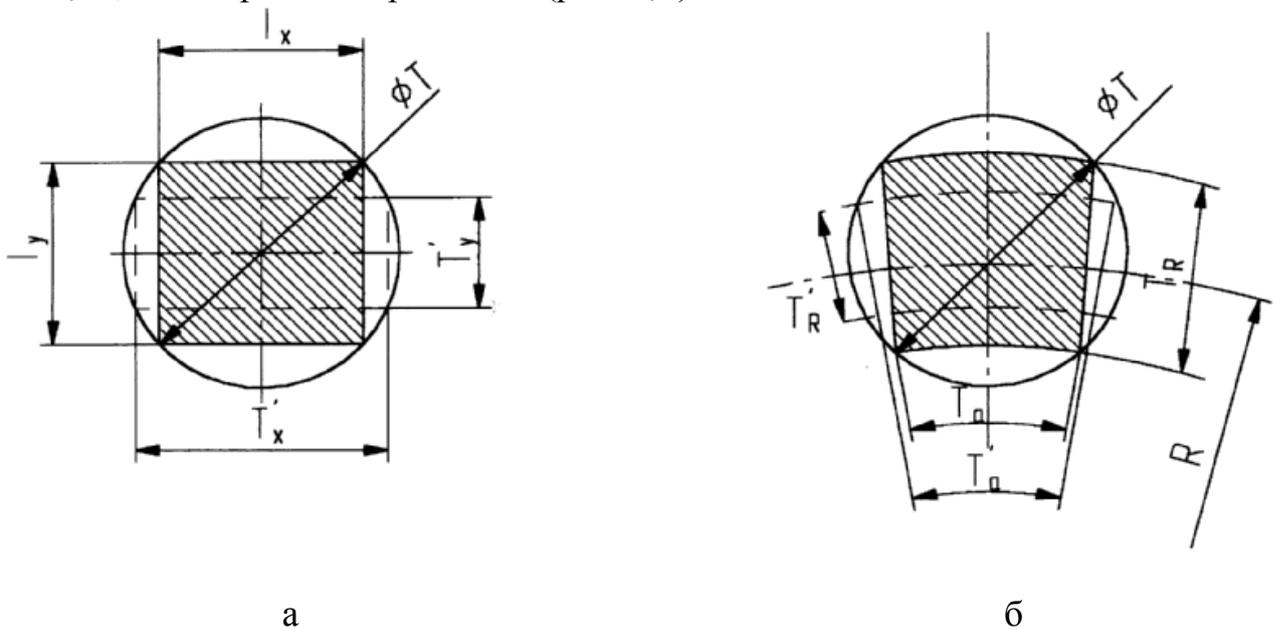


Рис.13. Геометрическое разложение геометрического допуска
а – прямоугольные координаты;
б – полярные координаты

Соотношения между координатными составляющими и позиционным допуском следующие:

$$\sqrt{T_x^2 + T_y^2} = T, \quad \sqrt{T_R^2 + \left(\frac{RT_\alpha}{3400}\right)^2} = T,$$

здесь R, T_R, T - в мм; T_α - в мин.

За основу берется разложение, когда приняты одинаковые отклонения оси в обоих координатных направлениях, в этом случае круговое поле допуска заменяется вписанным в него квадратным полем в прямоугольной системе координат, а в системе полярных координат приближенно квадратным полем. Тогда обе координатные составляющие позиционного допуска будут одинаковы и будет справедливо:

$$T_x = T_y \approx 0.7T; \quad T_R = T_\alpha \frac{R}{3440} \approx 0.7T$$

На этот случай в справочной литературе [4, 11] приводятся данные по переходу с позиционных допусков на предельные отклонения координирующих размеров для различного характера расположения отверстий. Рассмотрим пример. Определить допуски расположения осей 4-х отверстий под болты М12-6gx60,58 ГОСТ 7798-70 (рис.14а).

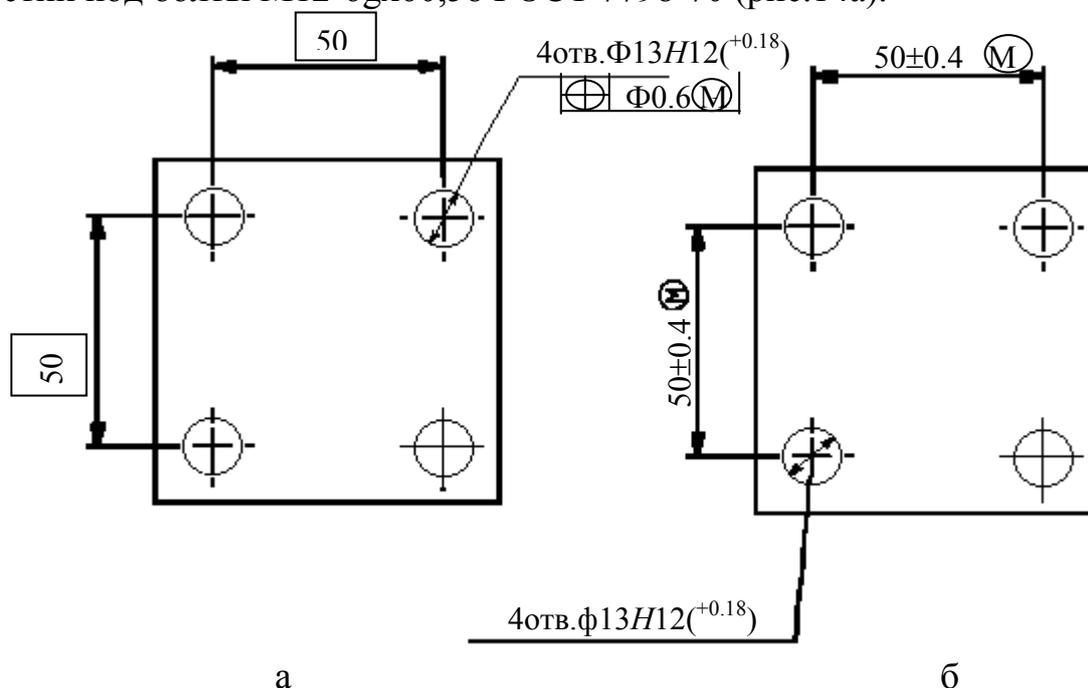


Рис.14. Расположение осей 4-х отверстий под болты
 а – конструкторский документ;
 б – технологический документ

У данного болта номинальные размеры гладкой и резьбовой частей равны, отклонения «в тело». Согласно ГОСТ 11284–75 «Диаметры сквозных отверстий под крепежные детали и соответствующие им наименьшие гарантированные зазоры» диаметр отверстий $D=13H12^{+0,18}$, тогда $S^{\min}=1\text{мм}$. Имеем соединение типа А, значит позиционный допуск $T = S_p = kS^{\min}$. Беру $k=0,6$ для соединений, в которых требуется регулировка взаимного расположения деталей при сборке. Тогда $T = S_p = kS^{\min} = 0,6 \cdot 1 = 0,6\text{мм}$ - есть минимальное значение зависимого допуска, указываемого на чертеже. Расчетное значение Т сопоставляем с табличным [4,11]. В данном примере они равны. Позиционные допуски указываются на конструкторских документах, на которых также указываются координирующие размеры номинальными значениями в прямоугольных рамках без предельных отклонений [рис14,а].

- Ⓜ - означает зависимый допуск,
- ⊕ - позиционное отклонение.

Предельные отклонения координирующих размеров проставляют в технической документации, т.е. на операционных эскизах. Определим эти отклонения.

$$T_x = T_y = 0.7T = 0.7 \cdot 0.6 = 0.42.$$

Так как предельные отклонения координирующих размеров определяются позиционными отклонениями двух отверстий, то отклонения координирующих размеров $\pm 0,42$. Табличные $\pm 0,40$. Тогда координирующие размеры равны $50 \pm 0,4$ М.

Расположение отверстий под крепежные детали по ГОСТ 2.308-79 и ГОСТ 2.397-68 разделено на одиннадцать видов. Рассмотрим и проанализируем некоторые из них.

Характеристика расположения: три и более отверстия расположены в один ряд, сборочная база отсутствует (рис.15)

При нормировании позиционных отклонений имеем следующий эскиз (конструкторский документ):

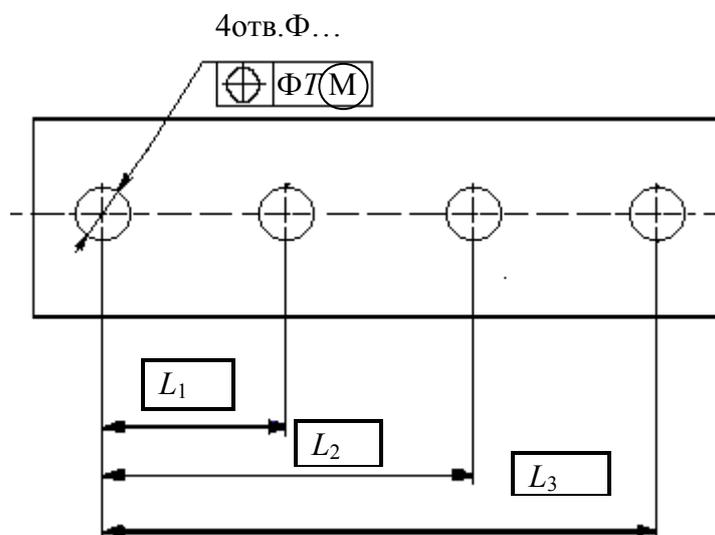


Рис.15. Расположение отверстий под крепежные детали.
Конструкторский документ

Здесь координирующие размеры проставлены координатным методом (лесенкой), ибо в этом случае погрешность размера, получающегося автоматически, складывается из суммы погрешности двух размеров. При простановке же координирующих размеров цепным методом эта сумма складывается из погрешностей всех $(n-1)$ размеров, где n -число отверстий. Поэтому при числе отверстий $n > 3$ не рекомендуется координирующие размеры задавать цепным методом (цепочкой).

При нормировании предельных отклонений координирующих размеров имеем следующий эскиз (технологический документ) (рис.16).

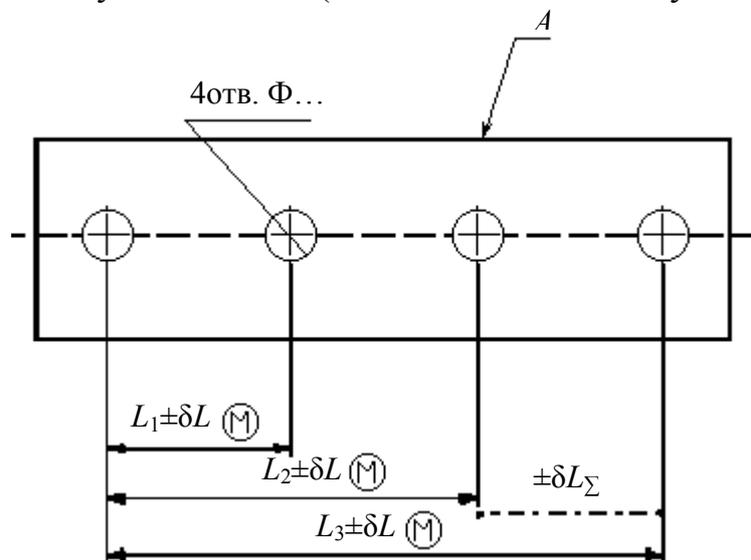


Рис.16. Расположение отверстий под крепежные детали.
Технологический документ

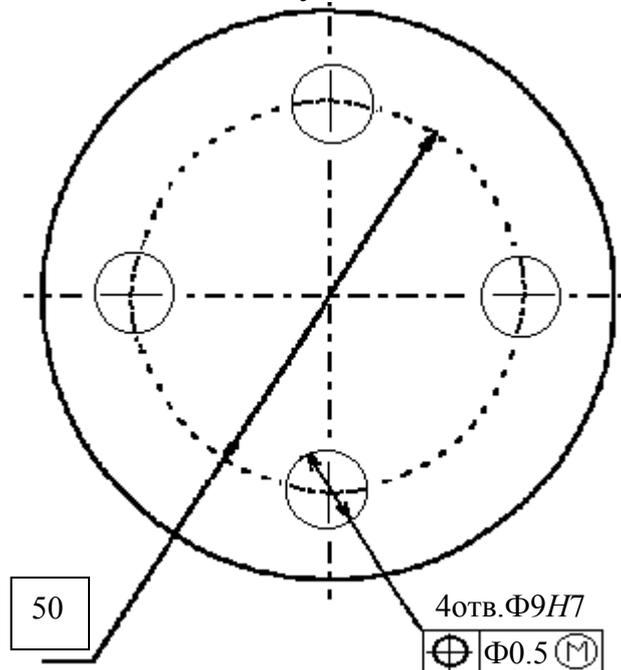
Отклонение между осями двух любых отверстий не более $\pm \delta L_{\Sigma}$ (допуск зависимый).

Отклонение осей отверстий от плоскости А не более δ_y (допуск зависимый).

При однорядном расположении отверстий и отсутствие сборочной базы наиболее эффективным способом нормирования координирующих размеров является нормирование отклонений между осями любых (смежных и несмежных) отверстий в ряду $\pm \delta L_{\Sigma}$. Здесь $\pm \delta L_{\Sigma}$ - максимальное отклонение. Этим обеспечиваются наибольшие технические возможности, и уменьшается доля брака. Выявим связь между расчетным позиционным отклонением T_p и отклонениями на координирующие размеры $\delta L_{\Sigma}, \delta L$. Так как нормирование идет по δL_{Σ} , то $\delta L_{\Sigma} = T_{xp} = T_{yp} = 0.7 \cdot T_p$, тогда $T_p = 1.4 \delta L_{\Sigma}$

Т.к. $\pm \delta L_{\Sigma}$ есть сумма отклонений двух размеров, то $\delta L = \frac{\delta L_{\Sigma}}{2}$, тогда $T_p = 2.8 \delta L$.

Характеристика расположения: три и более отверстий расположены по окружности, сборочная база отсутствует (рис17). При нормировании позиционных отклонений имеем следующий эскиз:



Примечание. При равномерном расположении осей отверстий по окружности угловые размеры не проставляются

Рис.17. Расположение отверстий под крепежные детали.

Характеристика расположения: три и более отверстия расположены по окружности, сборочная база отсутствует. Конструкторский документ

Для данного вида расположения рассмотрим задачу следующего содержания. Определить допуски расположения четырех отверстий $\Phi 9H7$ под винты М8. Для компенсации смещения осей может быть использован весь гарантированный зазор.

Гарантированный зазор $S^{\min} = D_{\text{оте.}}^{\min} - d_{\text{винта}}^{\max} = 9 - 8 = 1 \text{ мм}$. Для соединений типа В расчетный позиционный допуск в диаметральном выражении равен

$$T_p = 0,5KS^{\min} = 0,5 \cdot 1 \cdot 1 = 0,5 \text{ мм.}$$

$T_p = 0,5 \text{ мм}$ и проставлено на конструкторском эскизе.

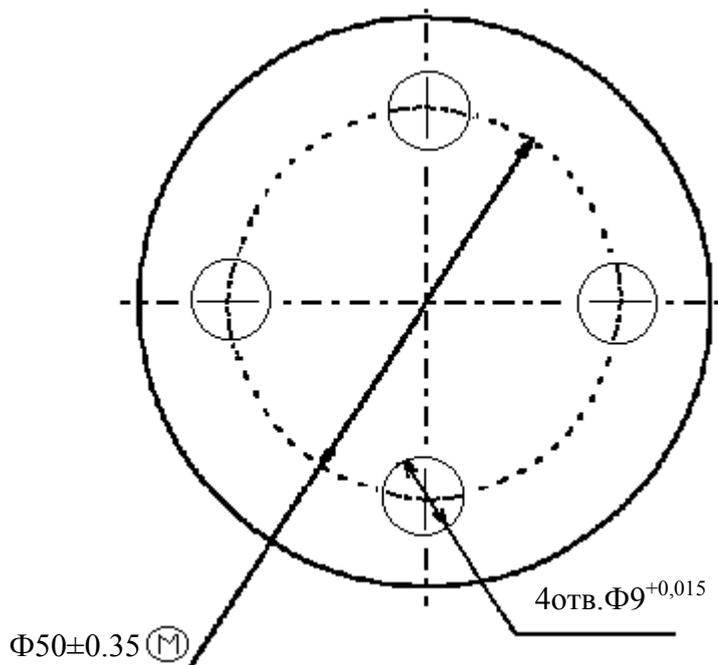
В полярных координатах $T_R = T_\alpha \frac{R}{3440} \approx 0,7T$, тогда

$$T_R = 0,7T_p = 0,7 \cdot 0,5 = 0,35 \text{ мм}$$

Для диаметрального размера имеем $\Phi 50 = \pm 0,35 \text{ М}$ отклонения от центрального угла соответствующее T_p

$$T_{\alpha} = \frac{0.7 \cdot T_p \cdot 3440}{R} = \frac{0.7 \cdot 0.5 \cdot 3440}{25} \approx 50'$$

Тогда операционный эскиз имеет следующий вид (рис18).



Отклонение центрального угла между осями двух любых отв. не более $\pm 50'$ (допуск зависимый)

Рис.18. Расположение отверстий под крепежные детали.
Характеристика расположения: три и более отверстия расположены по окружности, сборочная база отсутствует. Технологический документ

В тех случаях, когда в одну группу с отверстиями под крепежные детали входит центрирующий элемент (отверстия, выступы и т.п.), для него назначают отдельный позиционный допуск T_0 , который для каждой из соединяемых деталей рассчитывается по формуле

$$T_0 = 0,5 \cdot K_0 \cdot S_0^{\min},$$

где T_0 - позиционный допуск центрирующего элемента в диаметральном выражении (удвоенное предельное отклонение его оси от центра окружности центров или оси симметрии группы отверстий под крепежные детали; S_0^{\min} - наименьший предельный зазор между центрирующими элементами соединяемых деталей; K_0 - коэф. использования зазора S_0^{\min} . Допуски расположения центрирующих элементов соединяющихся по посадке с зазором, рекомендуется назначать зависимыми. Если $S_0^{\min}=0$ (например, центрирование по скользящей посадке) или $K_0=0$

(гарантированный зазор является функциональным параметром и не может быть использован для компенсации позиционного отклонения центрирующего элемента), то центрирующий элемент должен быть принят в качестве базы при назначении допусков расположения осей отверстий под крепежные детали.

КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ ПРОЕКТА

Основным содержанием конструкторской части проекта является расчет и проектирование станочного приспособления или контрольно-измерительного приспособления,

Выбор, описание конструкции и расчет элементов станочного приспособления производится для одной из операций технологического процесса. Так как типовой курсовой проект выполняется для серийного производства, то и соответствующим должно быть приспособление.

Приступая к проектированию, необходимо проанализировать имеющиеся конструктивные приспособления, наметить пути их совершенствования или замены новыми приспособлениями, принципиально отличающимися от старых.

Существует большое разнообразие конструкций приспособлений, отражающий мировой и отечественный опыт и классифицирующихся по типу станков, степени специализации, уровню механизации, виду привода. Вместе с тем, во всех приспособлениях выделяются отдельные конструктивные группы элементов: корпуса, установочные, зажимные, направляющие, самоцентрирующие. Это унифицирует конструкции приспособлений и упрощает проектирование.

Приспособления предназначены главным образом для установки объекта в качестве которого выступает заготовка, деталь или сборочная единица. Установка включает в себя базирование объекта и его закрепление. Поэтому основными частями приспособления являются корпус, базирующие и зажимные элементы. Дополнительно приспособления могут выполнять следующие функции: обеспечивать направление режущего инструмента, изменять положение детали, увеличивать жесткость базирующего объекта, служить базой для установки контрольно-измерительных приборов.

Улучшение существующих и применяющихся на заводе конструкций приспособлений может преследовать следующие цели: в замену ручных зажимов быстродействующими механическими пневматическими гидравлическими и электрическими; превращение местных приспособлений в многоместные автоматизации процесса загрузки приспособления и снятия заготовки.

При использовании принципиально новой схемы приспособления необходимо предусматривать максимальное использование нормализованных сборочных единиц (пневматических и гидравлических приводов, цилиндров, зажимов, конструкторских втулок базовых деталей и т.п.); возможность быстрой переналадки приспособления для обработки

других подобных заготовок; обеспечение наименьшего вспомогательного времени на базирование и закрепление обрабатываемых заготовок при сохранении требуемой точности обработки.

Проектирование приспособлений рекомендуется проводить в следующем порядке.

Первый этап. Разрабатывается принципиальная схема приспособления в следующей последовательности. На основе исходных данных, которыми являются операционный эскиз и карты механической обработки, разрабатывается схема базирования заготовки, которая, как известно, зависит от формы заготовки и от операционных размеров. Схема базирования заготовки предопределяет комплект вспомогательных баз у приспособления. Например, если комплект технологических баз заготовки на данную операцию представляет собой сочетание плоскости и двух цилиндрических отверстий, то у приспособлений под заготовку должен быть комплект вспомогательных баз образованный плоскостью и двумя цилиндрическими штырями, один из которых будет срезанным. Далее разрабатывается схема зажима заготовки, выбирается тип привода, определяется кинематика передачи усилия от привода к зажимным элементам. Затем определяется схема установки самого приспособления на станке, вид направляющих элементов для режущего инструмента, техника удаления стружки и условия безопасной эксплуатации приспособления.

Второй этап. Рассчитывают силы зажима, на основе которых определяют параметры силового привода. Производится расчет на точность, целью которой является определение точностных параметров приспособления, обеспечивающих выполнение операционных размеров. Производят расчет на прочность. Определяют слабое звено приспособления и в соответствии с характером нагрузки на это звено рассчитывают его по соответствующим формулам.

Третий этап. Разработка чертежа общего вида приспособления. Согласно принципиальной расчетной схеме вычерчивают контур заготовки в необходимом количестве проекций расположенных на расстоянии, достаточном для дальнейшего нанесения деталей приспособления. Заготовка считается условно «прозрачной», ее контуры вычерчиваются цветным карандашом или утолщенными штриховыми линиями. Чертеж заготовки на главном виде должен соответствовать рабочему положению заготовки при обработке на станке.

Вычерчивают контур выбранных установленных элементов приспособления (штыри, планки, пальцы, призмы, оправки и т.п.). При размещении опор следует учитывать принятую схему базирования заготовки, направление действия сил резания и зажима; действующие стандарты на детали и узлы станочных приспособлений.

Вычерчивают контуры зажимного устройства с учетом выбранного типа приспособления.

Вычерчивают направляющие детали приспособления, определяющие положение режущего инструмента (кондукторные втулки, установы).

Выбирают по стандартам и вычерчивают контуры вспомогательных деталей и механизмов приспособлений (краны, выталкиватели).

Наносят контуры корпуса приспособления, объединяя в одно целое

все элементы приспособления, используя при этом по возможности стандартные формы корпусов.

Вычерчивают остальные проекции приспособления и определяют правильность расположения всех элементов и механизмов приспособления с учетом удобства его сборки и разборки, ремонта, установки и снятия заготовки.

Вычерчивают необходимые проекции разрезов и сечений, поясняющих конструкцию приспособления.

Проставляют размеры, посадки на основные сопряжения деталей, определяющие точность обработки, наладочные размеры, а также габаритные, контрольные и координирующие размеры с отклонениями, характеризующими расстояние между осями конструкторских втулок, пальцев и т.д.

В соответствие с ЕСКД составляют спецификацию деталей. Над штампом чертежа записывают техническую характеристику и технические требования на изготовление, эксплуатацию и сборку приспособления.

Разработка конструкции приспособления заканчивается технико-экономическим обоснованием целесообразности спроектированного приспособления и оформлением соответствующего раздела пояснительной записки с описанием устройства и принципа работы приспособления с указанием позиций по чертежу. Спецификацию приспособления помещают в приложение к пояснительной записке.

При выполнении курсового проекта студент должен спроектировать одно приспособление средней сложности или два менее сложных с объемом графических работ 1-1,5 листа формата листа А1.

Кроме общего вида приспособления необходимо выполнять его частичную детализацию для этого необходимо выбирать сопрягаемые ненормализованные детали.

Проектирование контрольно-измерительных приспособлений

Для одной из операций технологического процесса (желательно для окончательного контроля) студент должен спроектировать специальный мерительный инструмент или контрольное приспособление, предназначенное для контроля детали по следующим параметрам сложности: точности выполнения размеров, точности геометрических форм, точности взаимного расположения поверхностей.

Методика проектирования контрольно-измерительных приспособлений аналогична методике проектирования приспособлений механической обработки.

1. Расчет усилия зажима для закрепления заготовок в приспособлениях.

ускорениями (например, при торможении шпинделя). Зажимные устройства должны обеспечивать надежный контакт с установочными элементами приспособлений, предупреждать смещение и вибрацию заготовки в процессе обработки. Зажимные устройства используются также для правильной установки и центрирования заготовки, выполняя функцию установочно-зажимных устройств. К ним относятся самоцентрирующие патроны, цанговые зажимы и другие устройства. В процессе обработки на заготовку действуют силы резания, объемные силы, а также силы случайного характера. Величина, направление и место приложения сил резания являются переменными. Сила закрепления должна определяться при условии действия на заготовку максимальных сил и моментов для расчетного вида обработки. Объемные силы - силы тяжести заготовки, учитываются при установке заготовки на вертикальные и наклонно расположенные элементы. Центробежные силы возникают в процессе обработки при смещении центра тяжести заготовки относительно оси вращения. Инерционные силы возникают, когда заготовка совершает возвратно-поступательное движение или вращается с большими угловыми

Величины центробежных и инерционных сил обычно малы по сравнению с силами и моментами резания. Для расчета сил закрепления необходимо знать величину, направление и место приложения сил резания сдвигающих заготовку, а также схему установки и закрепления заготовки. Силу закрепления P_3 определяют из равновесия силовых факторов, действующих на заготовку. Составляющие силы резания определяют по формулам теории резания [12].

Рассчитывая силу закрепления, необходимо учитывать упругую характеристику зажимного устройства.

В приспособлениях применяют зажимные устройства двух типов.

В зажимных механизмах типа I существует линейная зависимость между силой и перемещением элементов приспособления в направлении приложенной силы. Если к зажимному элементу механизмов типа I приложить дополнительную силу от заготовки, то величина упругого отжима элемента приспособления в направлении приложенной силы будет изменяться по линейному или близкому к нему закону. К устройствам типа I относятся самотормозящиеся механизмы (винтовые, клиновые, эксцентриковые и др.) независимо от вида привода (ручной, пневматический, гидравлический).

К зажимным механизмам второго типа относят пневматические, гидравлические и пневмогидравлические механизмы прямого действия. Если к зажимному элементу этих устройств приложить возрастающую силу, направленную против силы зажима, то перемещение элемента штока не

произойдет пока приложенная сила не превзойдет силу зажима. В устройствах этого типа величина упругого отжима зажимных инструментов сначала изменяется по линейному закону, а затем элемент перемещается на большую величину. На рисунке 19 показана закрепленная в приспособлении заготовка и действие сил.

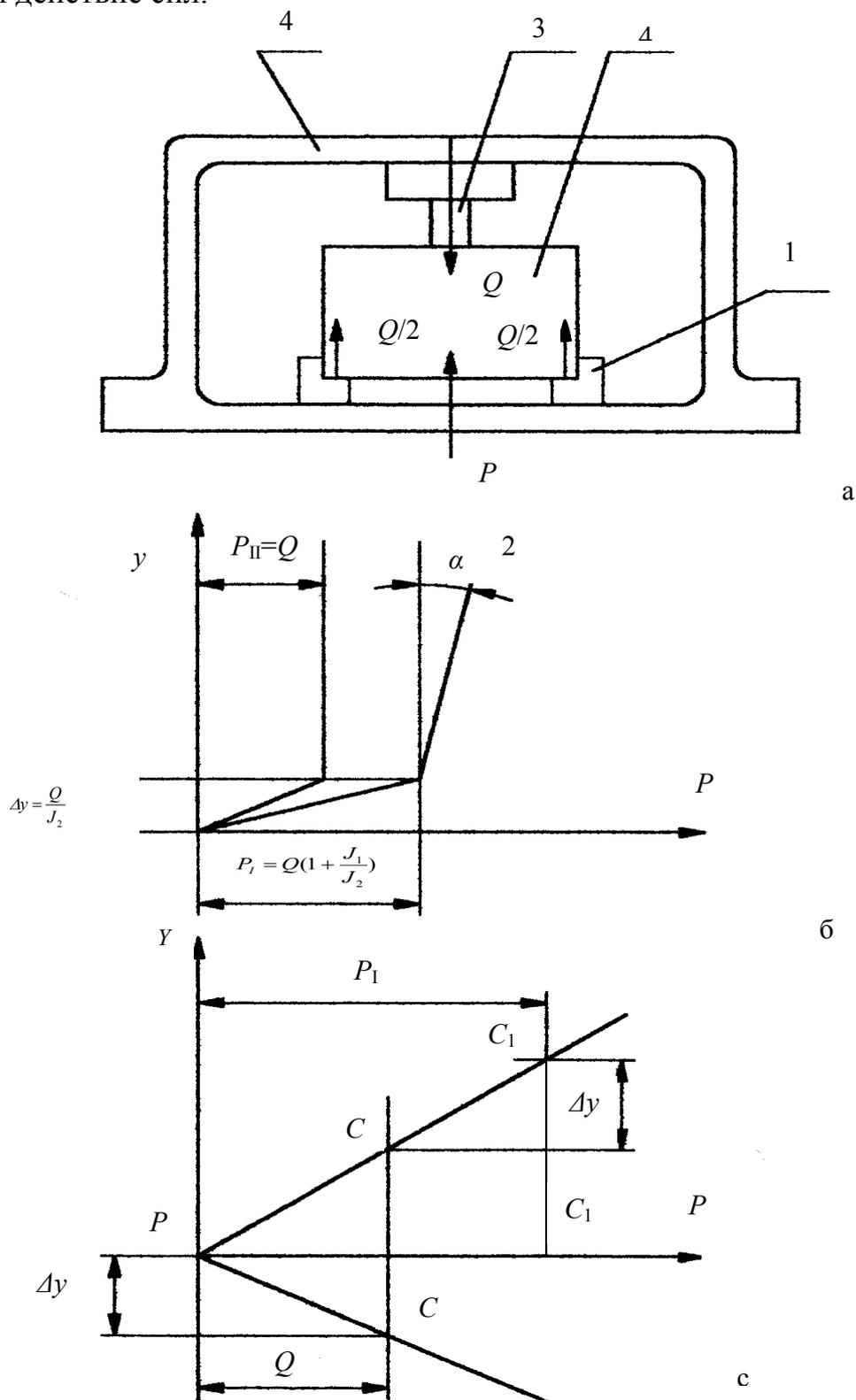


Рис.19. Действие сил на закрепленную в приспособлении заготовку

Из рисунка видно, что сила закрепления Q воспринимается установочными элементами 1 заготовкой 2 зажимными элементами 3 и корпусом 4 приспособления. Если сила P возникающая при обработке, направлена против силы закрепления, то зависимость смещения заготовки «У» от силы P будет определяться упругой характеристикой этого устройства.

При действии силы зажима Q установочные элементы приспособления будут испытывать деформации сжатия. Также деформации сжатия будут испытывать и зажимные элементы устройства типа I. На рисунке 19б показаны упругие характеристики зажимных устройств I и II типов соответственно ломаные линии 2 и 1. Усилие P_{II} при котором произойдет отрыв заготовки от установочных элементов в устройствах II будет равно силе Q .

Усилие P_I отрыва заготовки от установочных элементов в механизмах типа I будет $P_I = Q \left(1 + \frac{J_2}{J_1} \right)$,

где J_2 и J_1 – жесткости установочных и зажимных элементов.

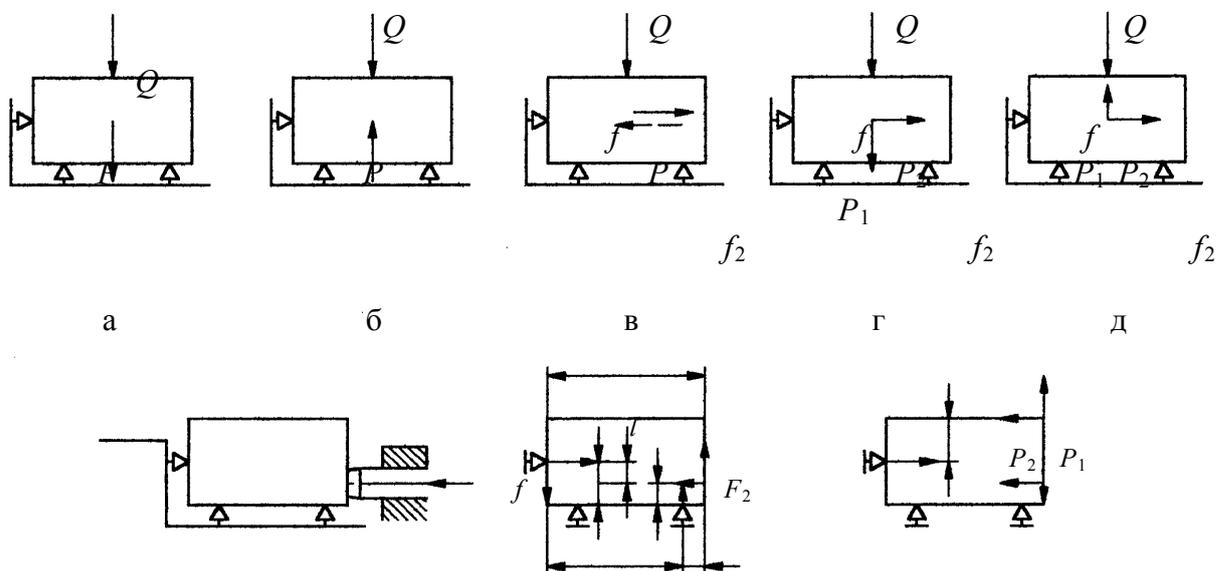
Величина жесткости $J = \frac{P}{\Delta y}$

Δy – величина упругого восстановления

Сила отрыва P_I (Смотри рис.19, с) расходуется на упругое восстановление системы установочных элементов, $\Delta y = Q \frac{1}{J_2}$ на такую же величину возрастает упругая составляющая зажимного устройства. Состояние системы при наличии силы Q характеризуется линией С-С, а состояние в момент отрыва заготовки от опор линией C_1-C_1 .

2. Расчет зажимных устройств предупреждающих смещение заготовки от действия силы.

Схемы для расчета сил закрепления показаны на рисунке 20.



$$\begin{array}{ccccccc}
 R & a & Q & f_2 & & e & \\
 o & F & c & n & R_1 & O_2 & O & e & Q & Qf_2 \\
 & & & & & f_1 & F_1 & & & \\
 & & & b & O_1 & m & & & &
 \end{array}$$

Рис.20. Схемы для расчета сил закрепления заготовки от смещения

1. На рис 20а, сила P , возникающая при обработке деталей, и сила закрепления Q прижимают заготовку к опорам приспособления.

Если сила P постоянная, то $Q=0$. Например, эта схема сил будет при обтачивании заготовки в центрах, при протягивании отверстий, цековании бобышек и др. Если имеются дополнительные силы N , направленные против силы Q , то $Q=kN$, где k -коэффициент запаса ($k>1$).

При непостоянной силе P (например, при фрезеровании) $Q>1$ для предупреждения вибраций и повышения жесткости.

2. Сила P направлена против силы Q (рис 10,б).

Для зажимного устройства второго типа $Q=kP$, а для первого типа

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

3. Силы P стремятся отодвинуть заготовку от опор.

Эта схема характерна когда меняется направление подачи инструмента (маятниковое фрезерование, фрезерование замкнутых контуров, постановка заготовки на два пальца и перпендикулярную к ним плоскость).

Сила Q определяется выражением $Q = \frac{kP}{f_1 + f_2}$, где

f_1 и f_2 -коэффициенты трения заготовки с установочными и зажимными элементами.

4. Сила P_1 и P_2 направлены в направлении зажатия и хотят сдвинуть заготовку. Если зажимное устройство второго типа

$$Q = \frac{kP_2 - P_1 f_2}{f_1 + f_2}$$

Если $kP_2 < P_1 f_1$, то $Q=0$.

В приспособлениях первого типа сила P_1 вызовет изменение реакций в установочных и зажимных элементах.

Значение реакций будет:

$$R_1 = Q + P_1 \frac{J_1}{J_2 + J_1}, R_2 = Q + P_1 \frac{J_2}{J_2 + J_1}.$$

Сила Q определяется из выражения:

$$Q = \frac{kP_1 + f_1 P_1 \frac{J_1}{J_1 + J_2} - f_2 P_1 \frac{J_2}{J_1 + J_2}}{f_1 + f_2}$$

Если $f_1 = f_2 = f$ и $J_1 = J_2$, то

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

5. Сила P_1 направлена на встречу силе закрепления, а сила P_2

стремится сдвинуть заготовку. Сила закрепления должна быть достаточной, чтобы не нарушался контакт заготовки с установочными элементами и не было сдвига.

В механизмах второго типа для надежного контакта заготовки

$Q' = kP_1$, а чтобы не произошел сдвиг

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

В механизмах первого типа для надежного контакта сила зажима должна быть

$$Q' = \kappa_1 P_1 \frac{J_2}{J_2 + J_1}.$$

Чтобы исключить сдвиг сила зажима должна быть

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

Силу закрепления выбирают большую из значений Q' и Q'' . Для схемы обработки, показанной на рисунке 20, е. Заготовка крепится горизонтально направленной силой Q . Чтобы заготовка была плотно прижата к установочным элементам приспособления, плечо от силы Q должно быть рассчитано по формуле:

$$a = \frac{(b + f_1 c)(n + f_2 m) f}{c - fb} - (b + f_1 + c) + f_2 l.$$

При установившемся процессе резания на заготовку действуют силы P_1 и P_2 (рис. 20,3) из условия равновесия можно вычислить силу зажима

$$Q = \frac{k(P_2 e + P_1 l)}{a + f_2 l}.$$

где k – коэффициент запаса.

3. Расчет зажимных устройств, предотвращающих проворот заготовки от действия момента.

1. Заготовка установленная в 3-х кулачковом патроне находится под действием осевой силы P и момента (рис.21,а).

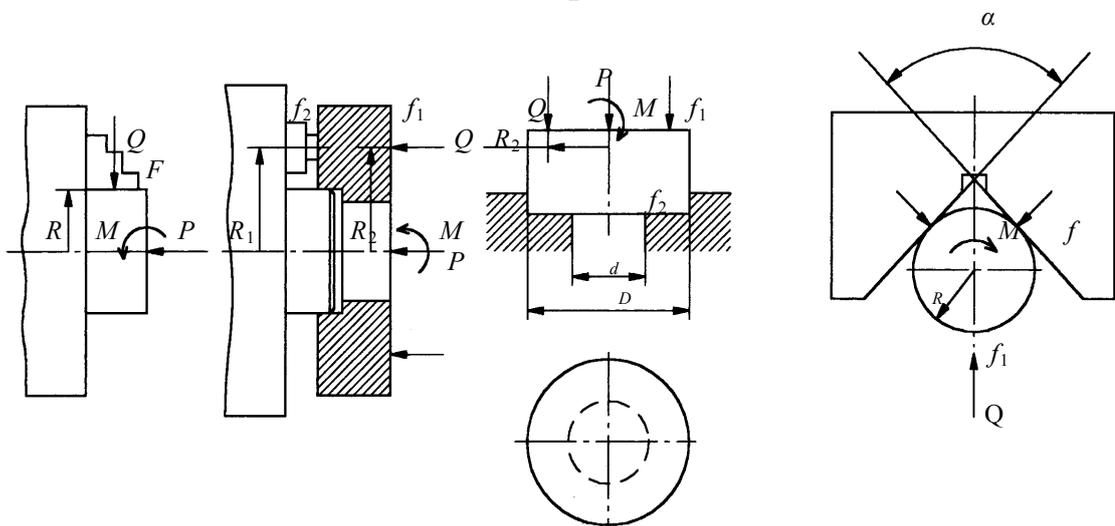


Рис.21. Схемы для расчета сил закрепления заготовки от проворачивания
Сила закрепления на одном кулачке может быть найдена из уравнения

$$Q = \frac{kM}{3fR},$$

где R - радиус заготовки, M - момент от силы резания, f - коэффициент трения заготовки в кулачках, а k - коэффициент запаса.

Чтобы не произошло сдвига заготовки в осевом направлении необходимо выполнение условия $kP < 3f_1Q$

При закреплении заготовок большей силой P может возникнуть дополнительная сила трения между торцами кулачков и детали. В этом случае сила закрепления определяется из выражения

$$Q = \frac{kM - f_2 R_1 P}{3fR - 3f_1 f_2 R_1},$$

где f_2 - коэффициент трения заготовки с уступами кулачков, R_1 средний радиус площадки контакта.

2. заготовка, центрируемая по выточке (рис. 21,б) прижимается к трем опорам прихватами. В процессе обработки возникают момент M и осевая сила.

При зажимном устройстве II типа и достаточной тангенциальной жесткости закрепления (учитываются силы трения между заготовкой и прихватами). Сила закрепления определяется из выражения

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

При малой тангенциальной жесткости (силы трения между заготовкой и прихватами не учитываются) сила закрепления будет

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

При зажимном устройстве первого типа сила P вызовет изменения реакций опор. Величина реакции со стороны установочных элементов будет

$$T_2 = Q + P \frac{J_2}{J_2 + J_1}$$

а со стороны зажимного элемента

$$T_1 = Q - P \frac{J_1}{J_2 + J_1}$$

Для случая большой жесткости устройства тангенциальном направлении сила будет

$$Q = kM - f_2 R_1 P \frac{J_2}{J_1 + J_2} + f_1 R_2 P \frac{J_1}{J_1 + J_2}$$

и малой жесткости

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

3. Заготовка устанавливается на кольцевую поверхность (рис. 21,в) в процессе обработки на нее действуют момент M , сила P , а также сила закрепления Q . Аналогично пункту 2 (рис21,б) возможно четыре случая расчета:

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

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

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

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

4. цилиндрическая заготовка закреплена в призме с углом альфа (рис21,г) сила Q для предотвращения вращения должна быть

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

для предотвращения сдвига заготовки по оси

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

5. при обтачивание длинной заготовки консольно зажатой в трехручачковом патроне сила закрепления должна надежно держать ее.

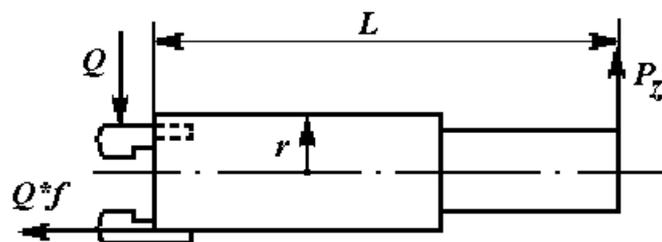


Рис. 22. Обтачивание длинной заготовки

$$Q = \frac{kP_z L}{1.5rf},$$

где f коэффициент трения скольжения: для гладких губок 0,16-0,18, для губок с кольцевыми канавками 0,3-0,4, для губок с взаимно перпендикулярными канавками 0,4-0,5, при губках с острыми рифлениями 0,7-1,0.

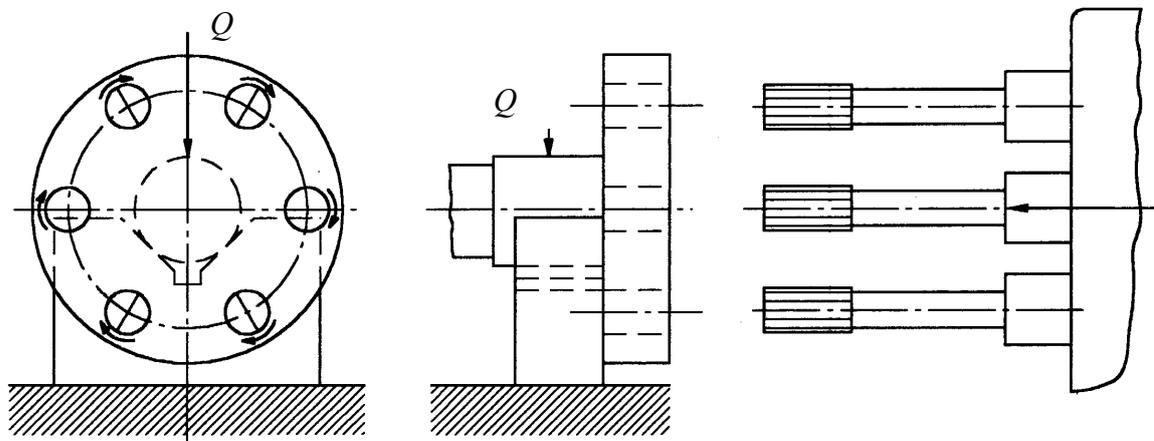
Сила закрепления при обработке на 4-х кулачковом патроне определяется выражением

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

4. Расчет зажимных устройств, предотвращающих смещение заготовки от действия нескольких действующих

моментов.

1. В заготовке одновременно обрабатывают n отверстий мерными инструментами (сверлами, зенкерами, развертками, цековками) с параллельно расположенными осями. При малой жесткости инструментов (закрепление их на удлиненных оправках, работа без кондуктора на заготовку действует суммарный момент от инструментов $\sum_{i=1}^n M_i$. Силу и место закрепления выбирают из условия, чтобы момент трения, удерживающий заготовку, $M_{т,р} = k \sum_{i=1}^n M_i$. Если заготовка закреплена в призме рис (23,а), то сила закрепления определится по схеме на рисунке 21,г.



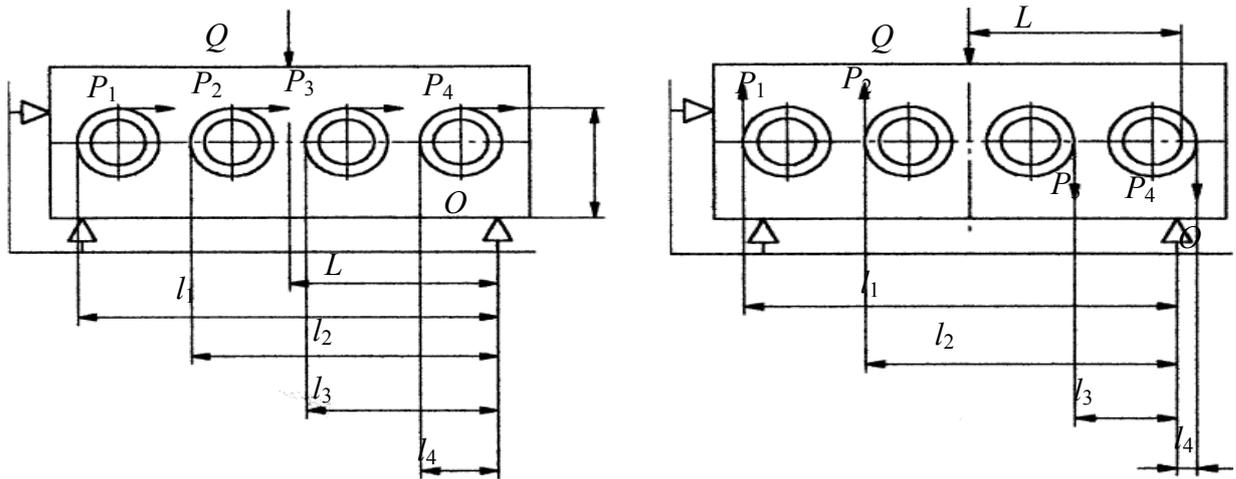


Рис.23. Схемы для расчета сил закрепления заготовок при многоинструментальной обработке

При большей жесткости инструментов (работа по кондукторным втулкам, растачивание многорезцовыми головками) силу закрепления можно уменьшить, так как сами инструменты будут удерживать заготовку от поворота, но точность в этом случае, уменьшится от бокового давления. Силу можно также уменьшить, применяя в конструкции приспособления штыри, упоры или выполнить для части инструмента левое вращение.

2. В заготовке растачивается несколько отверстий однорезцовыми скалками. Сила зажатия от сдвига заготовки определится выражением

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

где f_1 и f_2 - коэффициенты трения между заготовкой и опорами и зажатыми элементами

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n.$$

Сила зажатия от действия моментов резания и закрепления будет

$$Q = \frac{KP_n}{L} \text{ или } Q = \frac{k(P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n)}{L}$$

Для данных условий обработки выбирают максимальную силу Q , производя расчеты по приведенным формулам.

5. Расчет зажимного устройства, предотвращающего поворот заготовки на базовой плоскости от действия боковых сил.

1. Заготовка установлена на три опоры и базируется боковыми плоскостями (рис.24).

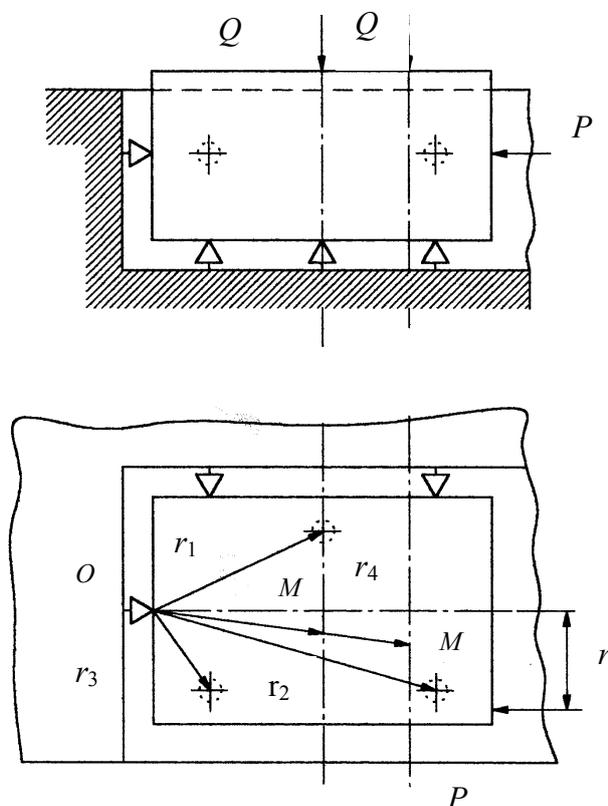


Рис.24. Схема для расчета зажимного устройства предотвращающего поворот заготовки

Сила резания P стремится повернуть заготовку вокруг боковой опоры O . Смещению препятствуют силы трения с опорами (коэффициент трения f_1) и зажимным элементом (коэффициент трения f_2). При приложении силы Q в центре тяжести опорного треугольника сила закрепления будет

$$Q = \frac{3kPr}{f_1(r_1 + r_2 + r_3)} + 3f_2r_4.$$

При несовпадении точки приложения силы Q с центром тяжести опорного треугольника равенство реакций опор нарушается. Сила закрепления определяется из выражения

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

где a, b, c - в сумме составляющие единицу, определяются из уравнений статики.

6. Расчетные величины для определения сил закрепления.

Если не известны величины жесткостей J_1 и J_2 , то в вышеприведенных формулах для расчета сил закрепления можно брать

$$\frac{J_1}{J_2 + J_1} = 0,3 \text{--} 0,4 \text{ и } \frac{J_2}{J_2 + J_1} = 0,6 \text{--} 0,7.$$

Меньшие значения в первом соотношении и большие во втором берутся для зажимных устройств пониженной жесткости.

При контакте обработанных поверхностей заготовки с установочными поверхностями коэффициент трения $f=0,16$ и мало зависит от шероховатости, давления и смазки. Если установочные элементы имеют сферическую форму, то при уменьшении радиуса сферы и увеличении давления коэффициент трения увеличивается с 0,18 до 0,3. При обычных нагрузках $f=0,20\text{--}0,25$. При рефлених установочных элементах $f=0,7\text{--}0,9$.

Зависимость между коэффициентом трения и нормальной силой можно представить для серого чугуна и стали в виде $f=5 \cdot 10^{-5} N + 0,2$

где N нормальная сила в Н на 1 см^2 площади установленного элемента. Коэффициент запаса в формулах нужно подбирать дифференцированно как произведение коэффициентов

$k_0 k_1 k_2 \dots$ отражающих поправки на этапах расчета

k_0 – коэффициент, учитывающий неточность расчетов

$$k_0 = k'_0 k''_0 k'''_0$$

$k'_0=1,1\text{--}1,3$ меньшие значения для однолезвийных, а большие - для многолезвийных;

$k''_0=1,1\text{--}1,2$ большие значения для сложных многозвенных зажимных систем, а также многоместных приспособлений, где нужно обеспечить равномерное закрепление заготовки;

$k'''_0=1,2\text{--}1,3$ – учитывает внезапные факторы (выкрашивание режущей кромки инструмента и др.)

Практически $k_0=1,5\text{--}2$

Коэффициент k_1 учитывает наличие случайных неровностей на поверхности заготовки.

При черновой обработке $k_1=1,2$; а при чистовой и отделочной обработке $k_1=1,0$

Коэффициент k_2 – учитывает увеличение сил резания от износа режущего инструмента $k_2 = 1,0 \text{--} 1,7$ (смотри табл. 30)

Коэффициент k_3 учитывает увеличение силы резания при прерывистом резании. При точении и торцевом фрезеровании k_3 достигает значения 1,2.

Коэффициент k_4 зависит от постоянства зажимных сил. При ручных устройствах силы зажима не постоянны и $k_4=1,3$. При наличии пневматических, гидравлических устройств прямого действия $k_4=1,0$. Если допуск на размер заготовки влияет на силу закрепления, что имеет место при использовании пневмокамер, мембранных патронов и др. устройств $k_4=1,2$.

Коэффициент k_5 учитывает расположение рукояток в ручных

зажимных устройствах. При удобном расположении рукоятки и малом угле поворота (до 90°) $k_5=1$. Более 90° $k_5=1,2$.

k_6 - коэффициент учитывается при наличии моментов, стремящихся повернуть заготовку. Если заготовка установлена на опоры с ограниченной поверхностью $k_6=1,0$. При установке на планке устойчивость заготовки хуже и $k_6=1,5$. Выбирая значения коэффициентов k_1, k_2, \dots, k_6 для заданных условий выполнения операций, можно получить расчетные значения $k=k_0, k_1, k_2, k_3, \dots, k_6$. (Табл.30)

Таблица 30

Значение коэффициента k_2

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

7. КОНСТРУКЦИИ ЗАЖИМНЫХ УСТРОЙСТВ И ПРИВОДЫ

В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ

Для создания силы зажима детали в приспособлениях используют простые и комбинированные зажимные устройства. К простым относятся винтовые, клиновые, эксцентриковые, рычажные и др., а к комбинированным комбинацию из нескольких простых. Например: винто-клиновые, винто-рычажные и др. Расчет и конструкцию таких зажимных устройств можно взять из технической литературы (1, 2, 3).

Для механизации закрепления деталей в приспособлениях используют пневматические, гидравлические, пневмогидравлические, магнитные, вакуумные и др. приводы.

В крупносерийном и массовом производствах широко используют сжатый воздух, жидкости под давлением, электроэнергию. По скорости действия пневмоприводы значительно превосходят многие механизированные приводы. Выполняя компоновку зажимных устройств в приспособлении по требуемой силе зажима деталей рассчитывают исходную силу для привода элементов приспособления. По исходной силе производят выбор конструкций привода и расчет. Например, для пневмоцилиндра или пневмокамеры по известной величине давления воздуха определяется диаметр пневмоцилиндра и другие конструктивные параметры.

Например, для многозвенной конструкции зажимного устройства, показанного на рис.25 передача силы зажима происходит через прихват и кулачки.

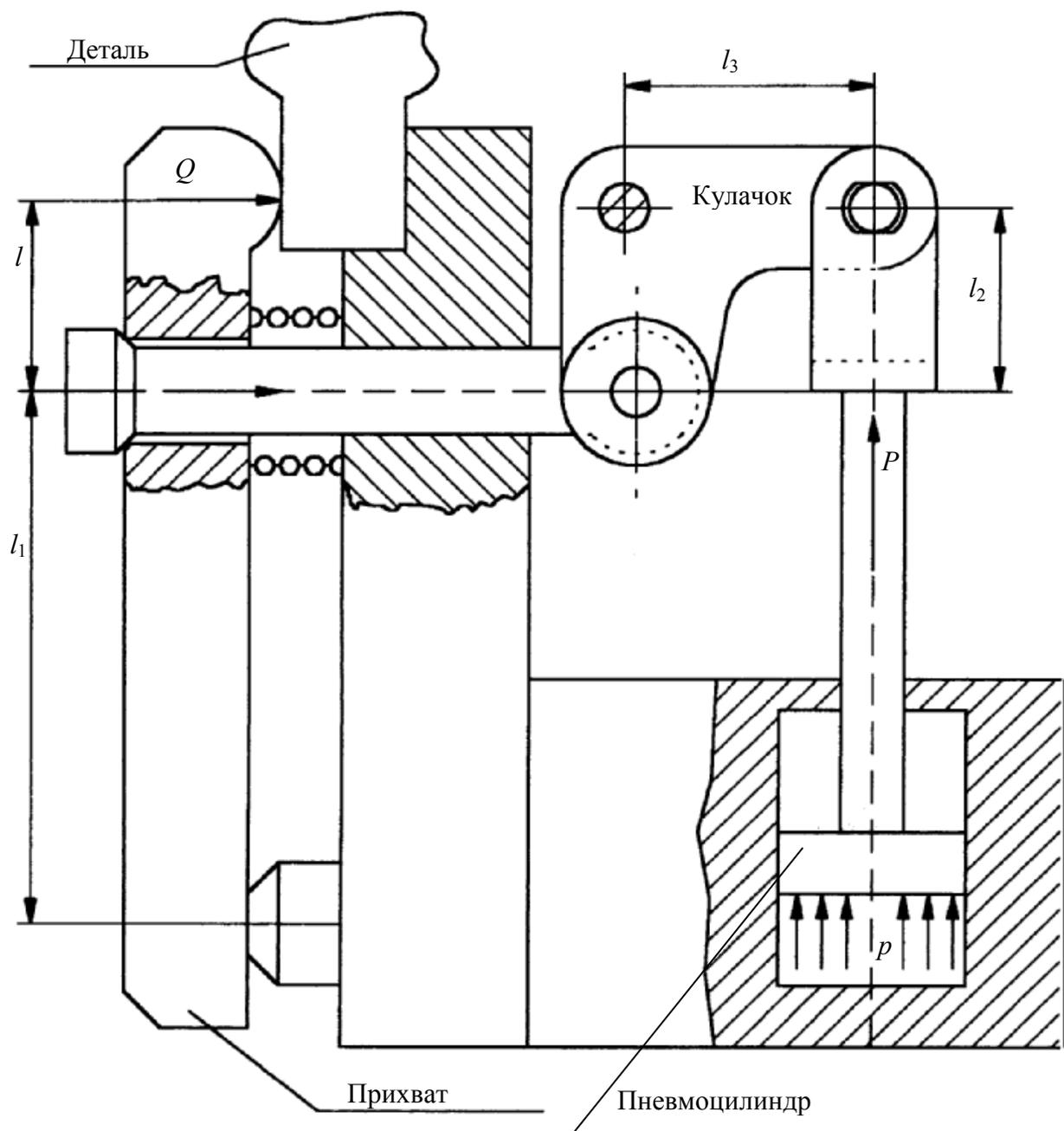


Рис.25. Многозвенное зажимное устройство

Из уравнения равновесия и учитывая потери от трения в звеньях зажимного устройства коэффициентом η .

Зависимость исходной силы и силы зажима можно представить уравнением

$$Q = \left(P \frac{l+l_1}{l_1} + q \right) \frac{l_2}{l_3} \cdot \frac{1}{\eta},$$

где q сила пружины возврата прихвата.

По силе Q можно найти диаметр пневмоцилиндра из выражения

$$Q = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta,$$

где D -диаметр цилиндра ,

p - давление сжатого воздуха (обычно 0,4-0,5 МПа),

η - КПД, учитывающий потери в цилиндре (при $D=120\text{-}200\text{мм}$ $\eta=0,9\text{-}0,95$)

8. Расчет точности обработки заготовок в приспособление

В технологии машиностроения под точностью изготовления деталей понимается степень приближения геометрических параметров детали параметром, заданным на чертеже. Различают три показателя точности: точность выполнения размеров, формы поверхностей и их взаимного расположения. Отклонения параметров реальной детали от заданных номинальных значений называются погрешностями. Общая (суммарная) погрешность является следствием влияния отдельных факторов, вызывающих первичные погрешности, которые делятся на систематические постоянные, систематические закономерно изменяющиеся и случайные. Точность выполнения размеров регламентируется допусками, в которые, как правило, входят допустимые отклонения формы поверхностей и их взаимного расположения. Поэтому при анализе точности обработки заготовок наиболее важным является анализ точности операционных размеров, выполняемых в приспособлениях. Этот анализ и рекомендуется выполнять в курсовом проекте.

В результате выполнения технологической операции суммарная погрешность рассматриваемого размера Δ_{Σ} не должна превышать заданного допуска т.е. $\Delta_{\Sigma} \leq TA$.

Приспособления для обработки заготовок и сама заготовка являются элементами системы СПИД. Поэтому в самом общем случае для анализа точности требуется построение и решение размерной цепи системы СПИД, которая показывает роль каждого звена в достижении точности операционного размера. Такой анализ сложен и трудоемок, поэтому на стадии проектирования приспособления отделяют приспособление от остальных элементов системы СПИД. Далее все погрешности разбивают на две группы. Первая группа это Δ_0 - погрешность связанная с методом обработки. Это есть суммарная погрешность обработки, вызываемая факторами не связанными с приспособлением, а именно: упругими отжатыми системы СПИД под действием сил резания, погрешностью настройки станка, размерным износом инструмента, тепловыми деформациями системы, геометрическими погрешностями станка и деформацией заготовки при обработке. В литературе [3] Δ_0 очень удачно рассматривается, как сумма погрешностей статической и динамической настройки. Δ_0 определяется как экономическая точность метода обработки [5,12,14,15,17]. По данным [14] она имеет следующие значения (табл. 31).

Экономическая точность методов обработки

Методы обработки	Точность обработки (ориентировочная)			
	Класс точности	Квалитет точности	Средняя экономическая точность, мм	Пределы колебаний размера (50-80мм)
Обточка, расточка, зенкерование, строгание черновые чистовые точные	5	IT11-IT12	0,4	0,2-0,8
	4	IT10-IT11	0,2	0,12-0,2
	3	IT9-IT10	0,06	0,03-0,12
Обточка и расточка тонкие	2	IT9-IT10	0,02	0,01-0,03
Фрезерование черновое чистовое и точное	4	IT11	0,2	0,12-0,4
	3	IT9-IT10	0,06	0,03-0,2
Развертывание предварительное окончательное	3	IT10	0,06	0,05-0,12
	2	IT8-IT9	0,03	0,01-0,05
Протягивание чистовое отделочное	2а	IT9	0,05	0,02-0,06
	2	IT8	0,03	0,01-0,03
Шлифование зубьев	3а	IT9	0,12	0,06-0,2
Шлифовка точное точное	2	IT8-IT9	0,02	0,01-0,0
	точнее 1-го	IT7-IT8	0,01	0,003-0,013
Хонингование предварительное окончательное	2	IT8-IT9	0,03	0,02-0,05
	1	IT6	0,02	0,01-0,03
Притирка	точнее 1-го	IT5-IT6	0,01	0,002

Под экономической понимается точность, затраты для обеспечения которой при данном способе обработки будут меньшими, чем при других способов. Значение этой величины может изменяться также в зависимости от условий обработки. Под достижимой понимается точность, обеспечиваемая при обработке на хорошо отлаженном станке рабочим высокой квалификации при неограниченных затратах труда и времени на обработку. Выбранное по таблицам для данных условий значение Δ_0 следует понимать как среднюю экономическую точность обработки. Вторая группа это $\Delta_{уст}$ - погрешность установки заготовки в приспособление. Здесь приспособление рассматривается совместно с заготовкой. Заготовка рассматривается как

жесткий элемент, контактирующий с приспособлением. Деформации заготовки кроме контактных учтены в Δ_0 . Здесь заготовка выполняет роль элемента, на котором выполняется анализируемый нами операционный размер.

Известно, что существует правило арифметического, алгебраического и квадратичного суммирования погрешностей. Правило суммирования определяются природой погрешностей, точностными требованиями к анализируемым изделиям. По своей природе арифметически суммируются случайная погрешность с постоянной, алгебраически – закономерно изменяющиеся погрешности, квадратично- случайные погрешности.

При проектировании приспособлений практика такова, что все погрешности суммируются квадратично, а результирующую умножают на коэффициент запаса точности $k= 1,2$. Погрешности можно суммировать и арифметически. Арифметическая сумма является максимально возможной, что ведет к ужесточению допусков размеров, влияющих на точность обработки. Расчет с использованием арифметического суммирования можно рекомендовать применительно к прецизионным приспособлениям, создаваемым для обработки деталей высокой точности. Используя квадратичное суммирование можно записать:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_{ycr}^2}.$$

Погрешность установки складывается из погрешностей базирования, закрепления и приспособления.

$$\Delta_{уст} = \sqrt{\Delta_{б}^2 + \Delta_{закр}^2 + \Delta_{пр}^2}.$$

Погрешность базирования - это отклонение фактически достигнутого положения заготовки при базирование от требуемого. Погрешность имеет место при несовмещении измерительной и контактных баз заготовки и равна расстоянию между предельными положениями проекций измерительной базы на направление получаемого при обработке размера. Эта погрешность является геометрической, то есть определяется взаимным положением геометрических элементов приспособление и заготовки. Погрешность базирования определяют соответствующими геометрическими расчетами или анализом размерных цепей, что в ряде случаев обеспечивает более простое решение. Схемы базирования и расчетные формулы подробно рассматриваются в лекционном курсе «Основы технологии машиностроения» и также отражены в литературе [12,29,37].

Погрешность закрепления $\Delta_{закр}$ состоит в изменении положения заготовки в результате приложения к ней усилия закрепления и определяется как разность между наибольшей и наименьшей проекциями смещения измерительной базы в направлении выполняемого размера. Погрешность закрепления возникает в связи с изменением контактных деформаций стыка заготовки – опоры приспособлений. Смещение заготовки вследствие контактных деформаций вычисляют по эмпирическим зависимостям, коэффициенты, которых представлены в [12], а также численные значения

$\Delta_{закр.}$ на основе работы [29] представлены в таблице 32-35.

Таблица 32

Погрешность закрепления заготовок e_3 при установке на опорные пластины, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм						
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
Установка в приспособление с винтовым или эксцентриковыми зажимами							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	110	120	135	150	175	200
в постоянную форму	60	70	80	90	100	110	120
по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	110
под давлением	40	50	60	70	80	90	100
Полученная горячей штамповкой	100	110	120	135	150	175	200
Горячекатанная	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 зажимом							
Полученная литьем:							
в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	140	160
в постоянную форму	55	60	65	70	80	90	100
по выплавляемой модели	40	50	55	60	70	80	90
под давлением	30	35	40	50	60	70	80
Полученная горячей штамповкой	80	90	100	110	120	140	160
Горячекатанная	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

Примечание: 1. Установка на магнитной плите не исключает погрешности закрепления.

2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.

3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 33

Погрешность закрепления заготовок e_3 при установке на опоры с

точечным и линейным контактом (опорные штифты, призмы), мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм						
	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
Установка в приспособление с винтовым или эксцентриковыми зажимами							
Полученная литьем: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	100	125	150	175	200	225	250
	100	110	120	130	140	150	160
	90	100	110	120	130	140	150
	80	90	100	110	120	130	140
Полученная горячей штамповкой	100	125	150	175	200	225	250
Горячекатанная	100	125	150	175	200	225	-
Предварительно обработанная	90	100	110	120	130	140	150
Окончательно обработанная	80	90	100	110	120	130	140
Шлифованная	50	60	70	80	90	100	110
Установка в зажимное приспособление с пневматическим зажимом							
Полученная литьем: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	90	100	120	140	160	180	200
	80	90	100	110	120	140	140
	70	75	80	90	100	110	120
	45	50	60	70	80	90	100
Полученная горячей штамповкой	90	100	120	140	160	180	200
Горячекатанная	80	100	120	140	150	180	-
Предварительно обработанная	70	75	80	90	100	110	120
Окончательно обработанная	60	70	80	90	90	100	110
Шлифованная	35	40	45	50	55	60	70

Примечания: 1. Установка на магнитной плите не дает погрешности закрепления.

2. Поперечный размер заготовки необходимо принимать наибольшим в сечении по нормали к обрабатываемой поверхности.

3. Погрешность закрепления дана в таблице по нормали к обрабатываемой поверхности.

Таблица 34

Погрешность закрепления заготовок e_3 при установке в радиальном направлении для обработки на станках, мкм

Характеристика базовой поверхности	Поперечные размеры заготовок, мм
------------------------------------	----------------------------------

поверхности	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
Установка в зажимной гильзе (цанге) и на цанговой оправке							
Холоднотянутая калиброванная	50	60	70	80	-	-	-
Предварительно обработанная	40	50	60	70	-	-	-
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	-	-	-
Шлифованная	20	20	25	25	-	-	-
Установка в трехкулачном патроне с пневматическим зажимом							
Полученная литьем: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	220	260	320	380	440	500	580
в постоянную форму	140	170	200	240	280	320	380
по выплавляемой модели	50	60	70	80	90	100	120
под давлением	25	30	35	40	45	50	60
Полученная горячей штамповкой	220	260	320	380	440	500	580
Горячекатанная	220	260	320	380	440	500	-
Предварительно обработанная	50	60	70	80	90	100	120
Окончательно обработанная	25	30	35	40	45	50	60
Шлифованная	10	10	15	15	20	20	25

Примечания: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в жестких центрах не дает погрешности в реальном направлении. Погрешности закрепления, получающиеся при установке в плавающий передний и вращающийся задний центры, не учитывается, так как перекрывается отклонением заготовки под действием силы резания.

Таблица 35

Погрешность закрепления заготовок e_3 при установке в осевом направлении для обработки на станках, мкм

Характеристика базовой	Поперечные размеры заготовок, мм
------------------------	----------------------------------

поверхности	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	120-180	180-260
Установка на цанговой оправке							
Предварительно обработанная	20	30	40	50	60	70	-
Установка на цилиндрической оправке с ручным зажимом							
Предварительно обработанная	10	15	20	25	30	30	-
Установка в зажимной гильзе (цанге) по упору							
Холоднотянутая калиброванная	40	50	60	70	80	-	-
Предварительно обработанная	30	40	50	60	70	-	-
Окончательно обработанная точением	25	30	35	40	-	-	-
<i>Установка в трехкулачковом самоцентрирующем патроне с ручным приводом</i>							
Полученная литьем: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	80	90	100	110	120	130	140
в постоянную форму по выплавляемой модели	70	80	90	100	110	120	130
под давлением	60	70	80	90	100	110	120
Полученная горячей штамповкой	40	50	60	70	80	90	100
Горячекатанная	80	90	100	110	120	130	140
Предварительно обработанная	110	140	170	200	230	260	-
Окончательно обработанная	50	60	70	80	90	100	110
Шлифованная	30	40	50	60	70	80	90
Шлифованная	15	15	20	20	25	25	30
Установка в трехкулачковом патроне с пневматическим приводом							
Полученная литьем: в песчаную форму машинной формовки по металлической модели	70	80	90	100	110	120	130
в постоянную форму по выплавляемой модели	60	65	75	80	90	100	110
под давлением	50	55	65	75	80	85	90
Полученная горячей штамповкой	35	45	60	55	65	70	80
Горячекатанная	60	70	80	90	100	110	120
Предварительно обработанная	100	120	150	160	200	230	-
Окончательно обработанная	40	50	60	70	80	90	100
Шлифованная	20	30	40	50	60	70	80
Шлифованная	10	10	15	15	20	20	25

Примечание: 1. При установке на оправку надо учитывать погрешность базирования и принимать погрешность закрепления в зависимости от крепления оправки в гильзе, патроне или зажимном приспособлении.

2. Установка в центрах не исключает погрешности закрепления, но при этом возникает погрешность базирования в осевом направлении.

Погрешность, обусловленная приспособлением $\Delta_{пр}$. - состоит из погрешностей: вызываемая неточностью изготовления приспособления по выбранному параметру $\Delta_{изг}$, обусловленная износом элементов

приспособления $\Delta_{изн.}$, обусловленная установкой приспособления на станке $\Delta_{уст.присп.}$.

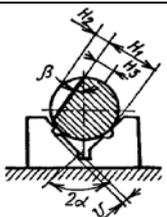
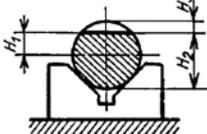
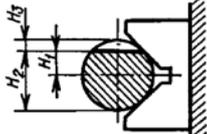
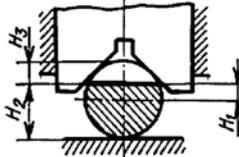
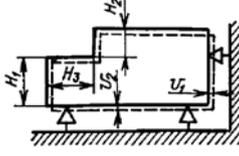
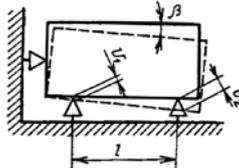
$$\Delta_{пр} = \sqrt{\Delta_{изз}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_{уст.пр.}^2}$$

При наличии в приспособление элементов для направления инструмента (кондукторные втулки) следует учитывать погрешность от переноса инструмента. Как отмечалось выше, все погрешности необходимо рассматривать спроектированными на направление выполняемого размера.

На износ влияют размеры и конструкция установочных элементов, материал и масса обрабатываемой детали, состояние ее базовых поверхностей. Наиболее интенсивно изнашиваются опоры с точечным и линейным контактами, наименее - опорные пластины с большими поверхностями контакта. В таблице 36 даны расчетные зависимости для определения погрешностей износа.

Таблица 36

Износ установочных элементов

Схема базирования	Обрабатываемый размер	Погрешность износа
	H_1, H_2, H_3	$\frac{U \sin \beta}{\sin \alpha}$
	H_1, H_2, H_3	$\frac{U}{\sin \alpha}$
	H_1, H_2, H_3	0
	H_1	U
	H_2	0
	H_1	U_2
	H_2	U_2
	H_3	U_1
	α	$tg\alpha = (U_2 - U_1)/l$

Приблизительно износ установочных элементов может определяться по

соотношению: $U = U_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$,

где U_0 - средний износ установочных элементов для чугуновой заготовки при усилии зажима $P_0=10$ кН и базовом числе установок $N=100000$ (таблица 37,38) k_1, k_2, k_3, k_4 соответственно коэффициенты учитывающие влияние материала заготовки, оборудования, условий обработки и числа установок, отличающихся от принятых при определении U_0 .

Таблица 37

Значения среднего износа U_0 установочных элементов (при $N_0=100 \cdot 10^3$, материал заготовки - чугун), мкм.

Тип установочных элементов	Материал установочных элементов				
	сталь 20 цементованная закаленная	сталь 40X закаленная	сталь У10 А закаленная	сталь 45 с хромовым покрытием	твердый сплав ВК8
Постоянные опоры: со сферической головкой с плоской головкой с насеченной головкой	$\frac{170}{100 \dots 240}$	$\frac{155}{90 \dots 220}$	$\frac{145}{90 \dots 200}$	$\frac{70}{40 \dots 160}$	-
	$\frac{85}{50 \dots 120}$	$\frac{75}{45 \dots 105}$	$\frac{70}{40 \dots 100}$	-	$\frac{13}{11 \dots 15}$
	$\frac{145}{90 \dots 200}$	$\frac{135}{85 \dots 185}$	$\frac{130}{80 \dots 180}$	-	-
Призмы	$\frac{125}{70 \dots 180}$	$\frac{115}{65 \dots 165}$	$\frac{110}{60 \dots 150}$	$\frac{65}{40 \dots 90}$	$\frac{18}{16 \dots 20}$
Опорные пластины гладкие	$\frac{45}{25 \dots 65}$	$\frac{40}{25 \dots 55}$	$\frac{38}{25 \dots 50}$	$\frac{25}{20 \dots 30}$	$\frac{12}{10 \dots 14}$
Опорные пластины с косыми срезами	$\frac{50}{30 \dots 70}$	$\frac{45}{30 \dots 90}$	$\frac{42}{25 \dots 60}$	$\frac{28}{20 \dots 33}$	-
Пальцы установочные: Срезанные Цилиндрические	$\frac{100}{60 \dots 140}$	$\frac{90}{55 \dots 125}$	$\frac{85}{50 \dots 120}$	$\frac{50}{30 \dots 70}$	-
	$\frac{65}{40 \dots 90}$	$\frac{55}{35 \dots 75}$	$\frac{50}{30 \dots 70}$	$\frac{25}{20 \dots 30}$	-
Оправки цилиндрические	$\frac{60}{40 \dots 80}$	$\frac{50}{30 \dots 70}$	$\frac{45}{25 \dots 65}$	$\frac{25}{20 \dots 30}$	-

Примечания: 1. В числителе даны средние значения V_0 , в знаменателе - рекомендуемый интервал.

2. Большие значения V_0 принимаются для случаев закрепления заготовки переменным усилием, возможных ударов при контакте и значительными временем контакта заготовки и установочного элемента,

усилиями закрепления и массы заготовки.

Таблица 38

Коэффициенты, учитывающие условия износа

Учитываемые условия	Коэффициент	Значения					
		Чугун		Сталь не закаленная		Сталь закаленная	
Материал детали	k_1	1,0	0,97	0,91			
Тип оборудования	k_2	Универсальное		Специальное		Автоматические линии	
		1,0		0,25		1,57	
Условия обработки	k_3	Точение, фрезерование, сверление, зенкерование			Шлифование		
		стали с охлаждением	стали без охлаждения	чугуна без охлаждения	стали с охлаждением	чугуна без охлаждения	
		0,94	1,0	1,12	1,32	1,58	
Число установок	k_4	Число установок $N \times 10^3$					
		до 5	до 10	до 20	до 40	50..100	до 150
		2,8	2,4	1,8	1,3	1	0,9

Погрешность, обусловленная установкой на станке $\Delta_{уст. присп.}$. Зависит от смещений или перекосов корпуса приспособлений на столе, планшайбе или шпинделе станка. Для уменьшения зазоров рекомендуется повышать точность посадочных мест приспособления, разносить на корпусе ориентирующие его элементы и подгонять посадочные места к станку. В массовом, серийном производствах при использовании одного приспособления и неизменным его закреплением погрешность установки может быть частична или полностью устранена настройкой станка. При использовании нескольких одинаковых приспособлений (дублеров и спутников) эта величина не компенсируется настройкой станка и полностью учитывается.

В серийном производстве при частой переустановке приспособления

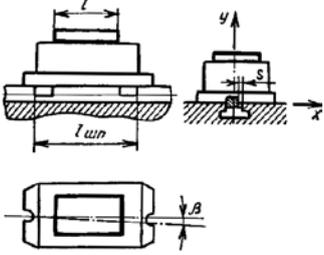
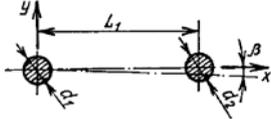
на $\Delta_{\text{уст. присп.}}$ влияют и повреждение сопрягаемых поверхностей. При соблюдении требований к смене приспособлений и правильном выборе зазоров в сопряжениях $\Delta_{\text{уст. присп.}} = 0,02 \dots 0,1 \text{ мм}$.

В каждом конкретном случае рекомендуется выполнять расчет по определению $\Delta_{\text{уст. присп.}}$ в зависимости от её схемы установки и заданной точности изготовления посадочных мест. В таблице 39 приведены зависимости для определения $\Delta_{\text{уст. присп.}}$.

Таблица 39

Погрешность установки приспособления

Принцип установки приспособления	Схема установки	$\Delta_{\text{уст. присп.}}$ в направлении		
		Оси x	Оси y	Угла β
На горизонтальный шпindel по торцу и центрирующему пояску		ΔT	s	$2 \arctg \frac{\Delta T}{D}$
На вертикальный стол по торцу и центрирующему пояску		s	ΔT	$2 \arctg \frac{\Delta T}{D}$
На конус шпинделя		0.03...0.06	-	$\delta\alpha$
В шпindel: С конусом Морзе: №0 №1,2,3 №4,5 №6 С метрическим конусом: №80 №100		0.01...0.2 0.01...0.2 0.2...0.4 0.25...0.5 0.25...0.5 0.3...0.6		$\delta\alpha$

<p>В центр На горизонтальный стол по Т – образному пазу</p>		<p>0.01...0.03</p> <p>s</p>	<p>-</p>	<p>ls/l_{штп}</p>
<p>По двум шрифтовым отверстиям</p>			<p>$\Delta L_1 + 0.25$ $\sum s'$</p>	

Примечание. Буквы в таблице обозначают: ΔT – торцевое биение опорной поверхности приспособления, принимается в пределах 0.01...0.04мм; s – максимальный зазор в сопряжениях базирующих поверхностей; $\sum s'$ – сумма максимальных зазоров между штифтами и отверстиями; $\delta\alpha$ – погрешность половины угла конуса α , принимается в пределах 2'...8'; δL_1 – допуск на расположение координат штифтовых отверстий; D – диаметр

Погрешность изготовления приспособления $\Delta_{изг.}$ характеризует неточность положения установочных элементов приспособления (на которые устанавливается заготовка) относительно базовых поверхностей, осей приспособления (по которым она ориентирована на станке). То есть $\Delta_{изг.}$ есть погрешность взаимного положения или отклонения размеров между поверхностями контактирующими с заготовкой и станком. Например, биение опорной поверхности цилиндрической оправки для обтачивания наружной поверхности заготовки относительно её базовых поверхностей (центровых гнёзд); допуск на размер между установочными элементами планшайбы к токарному станку и осью отверстия планшайбы совпадающего с осью вращения шпинделя и определяющего положения режущего инструмента; непараллельность установочных элементов приспособления для фрезерования горизонтальной поверхности относительно опорной поверхности приспособления. Если параметры точности между поверхностями, контактирующими с заготовкой и станком определяются размерами нескольких деталей, то для анализа точности используется размерная цепь.

Исходя из вышеизложенного следует, что без учета коэффициента запаса точности:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_{\delta}^2 + \Delta_{закр.}^2 + \Delta_{изг.}^2 + \Delta_{изн.}^2 + \Delta_{уст.присп.}^2} \leq TA \quad (9)$$

С учетом коэффициента запаса точности:

$$\Delta_{\Sigma} = 1.2 \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_{\delta}^2 + \Delta_{закр.}^2 + \Delta_{изг.}^2 + \Delta_{изн.}^2 + \Delta_{уст.присп.}^2} \leq TA$$

При расчете точности самого приспособления из приведенных выше формул выделяют $\Delta_{изг.}$. Далее, если $\Delta_{изг.}$ входит в размерную цепь, производится решение размерной цепи. Соответственно получаем:

$$\Delta_{изг} \leq \sqrt{TA^2 - (\Delta_0^2 + \Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{закр}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_{уст.пресн.}^2)},$$

$$\Delta_{изг} \leq \sqrt{0.7TA^2 - (\Delta_0^2 + \Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{закр}^2 + \Delta_{изн}^2 + \Delta_{уст.пресн.}^2)},$$

В целом необходимо отметить, что анализ технической литературы и нормативных материалов различных предприятий позволяет заключить, что в настоящее время нет единой стандартной методики по расчету точности обработки заготовок в приспособлении, расчету точности самих приспособлений. Поэтому при использовании студентами материалов отличных от данного пособия необходимо давать подробное их разъяснение и обоснование.

Особенности расчета точности обработки в кондукторах

Особенность расчета определяется наличием направляющих режущий инструмент (сверла, зенкеры, развертки) элементов в виде кондукторных втулок. Расчет можно выполнять по вышеприведенным формулам. При этом за погрешность $\Delta_{изг.}$ принимаются допуски расположения втулок относительно установочных поверхностей приспособления, допуски межцентровых расстояний между кондукторными втулками и допуски перпендикулярности или параллельности осей втулок относительно рабочих поверхностей установочных элементов и опорной поверхности корпуса приспособления.

Конструкция и размеры кондукторных втулок стандартизованы. Различают три вида стандартных втулок: постоянные, сменные и быстросменные. Постоянные втулки применяются тогда, когда отверстие на операции обрабатывается лишь одним инструментом (сверлом или зенкером). При установке в кондукторную плиту они запрессовываются по посадке $\frac{H7}{h6}$.

Сменные втулки, как и постоянные, используются при обработке отверстий одним инструментом, но в тех случаях, когда необходимо сравнительно частая их замена из-за износа. В табл. 40-42 приведены рекомендуемые значения допусков инструментов и кондукторных втулок при обработке отверстий с полями допусков *H7-H11*. Целесообразно принимать посадки сменных кондукторных втулок в постоянные втулки $\frac{H6}{g5}$, $\frac{H7}{g6}$, $\frac{H8}{g7}$.

Таблица 40

Диаметр инструментов для обработки отверстий

Применяемый инструмент	Поля до пусков обрабатываемых отверстий	Номинальные диаметры, мм						
		до 3	св. 3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
		Предельные отклонения, мкм						
Сверла:								
общего назначения		0 -25	0 -30	0 -36	0 -43	0 -52	0 -62	0 -74
точного исполнения		0 -14	0 -18	0 -22	0 -27	0 -33	0 -39	0 -46
Зенкеры:								
под развертывания	H11	-	-	-	-210 -245	-245 -290	-290 -340	-350 -410
для окончательной обработки	H11	-	-	-	+60 +25	+75 +30	+90 +40	+110 +50
Развертки:								
черновые под чистовые развертывание	H10	-25 -34	-30 -40	-40 -50	-50 -62	-60 -74	-70 -87	-80 -105
для окончательной обработки	H10	+30 +23	+36 +26	+43 +32	+52 +40	+63 +48	+75 +57	+90 +70
то же	H9	+18 +11	+22 +14	+26 +17	+31 +20	+37 +24	+43 +29	+54 +35
»	H8	+9 +4	+12 +7	+15 +9	+18 +10	+22 +13	+26 +15	+30 +17
для окончательной обработки	H7	+6 +2	+7 +3	+9 +5	+11 +6	+13 +7	+16 +9	+20 +12
то же	K7	-4 -8	-2 -6	-1 -5	-1 -6	-2 -8	-2 -9	-1 -9

Продолжение таблицы 40

Примечание: Отклонения заданы от номинального диаметра.

Таблица 41

Диаметр отверстий кондукторных втулок.

Применяемый инструмент	Поля допусков		Номинальные диаметры, мм						
	обрабатываемых отверстий	кондукторных втулок	до 3	св.3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80
			Предельные отклонения, мкм						
Сверла: общего назначения	-	F8	+20 +6	+28 +10	+35 +13	+43 +16	+53 +20	+64 +25	+76 +30
точного исполнения	-	G7	+12 +2	+16 +4	+20 +5	+24 +6	+28 +7	+34 +9	+40 +10
Зенкеры: под развертывание	-	F8	-	-	-	-167 -194	-192 -225	-226 -265	-274 -320
то же	-	G7	-	-	-	-186 -204	-217 -218	-256 -281	-310 -340
для окончательной обработки	-	F8	-	-	-	+103 +76	+128 +95	+154 +115	+186 +140
для окончательной обработки	H10	G7	+42 +32	+52 +40	+63 +48	+76 +38	+91 +70	+109 +84	+130 +100
для окончательной обработки	H9	G7	+30 +20	+38 +26	+46 +31	+55 +37	+65 +44	+79 +54	+94 +64
для окончательной обработки	H10	G7	+42 +32	+52 +40	+63 +48	+76 +38	+91 +70	+109 +84	+130 +100
для окончательной обработки	H9	G7	+30 +20	+38 +26	+46 +31	+55 +37	+65 +44	+79 +54	+94 +64
то же	H8	G7	+21 +11	+28 +16	+35 +20	+42 +24	+50 +29	+60 +35	+70 +40

Продолжение таблицы 41

Применяемый инструмент	Поля допусков		Номинальные диаметры, мм						
	обрабатываемых	кондукторных	до 3	св.3 до 6	св.6 до 10	св.10 до 18	св.18 до 30	св.30 до 50	св.50 до 80

	отверстий	втулок	Предельные отклонения, мкм						
для окончательной обработки	H7	G7	+18 +8	+20 +11	+29 +16	+35 +17	+41 +20	+50 +25	+60 +3
»	H7	G6	+14 +8	+19 +11	+28 +14	+28 +17	+33 +20	+41 +25	+49 +3
»	K7	G7	+8 +2	+14 +2	+19 +4	+23 +5	+26 +5	+32 +7	+39 +9
для окончательной обработки	K7	G6	+4 +2	+10 +2	+12 +4	+16 +5	+18 +5	+20 +7	+25 +9

Примечания: 1. Отклонения от номинального диаметра.

2. Данные получены при полях допусков *F8* или *G6* и наибольшим предельном размере инструмента, определяемом по таблице.

Таблица 42

Погрешность от смещения и перекоса инструмента при обработке отверстий.

Вид обработки	Размер, m	Погрешность	
		От смещения инструмента	От перекоса и смещения инструмента
Сверление сталей	d	0,5s	$0.5s + s(l_1 + m) / l$
Сверление чугуна	$(0.3...0.5)d$		
Зенкерование	$\leq 0.3d$		

Примечание. Буквы в таблице обозначают: m -расстояние от поверхности заготовки до кондукторной втулки; l - длина кондукторной втулки, l_1 - длина обрабатываемого отверстия; s - максимальный диаметральный зазор между кондукторной втулкой и инструментом.

Быстросменные втулки применяются в тех случаях, когда отверстие обрабатывается последовательным несколькими инструментами, например сверлом, зенкером и разверткой. Для направления каждого из них предусматривается своя быстросменная втулка. Все втулки имеют одинаковый наружный диаметр, а внутренние – диаметр соответствующего инструмента. Быстросменные втулки устанавливаются в постоянные втулки

по тем же посадкам, что и сменные.

Режущий инструмент направляется в отверстие всех кондукторных втулок по подвижной посадке с гарантированным зазором. При этом инструмент принимается за основной вал.

Исходя из изложенного в выражение (9) добавятся погрешности, обусловленные наличием кондукторных втулок. Рассмотрим расчет точности обработки заготовки в кондукторе на конкретном примере (рис.26).

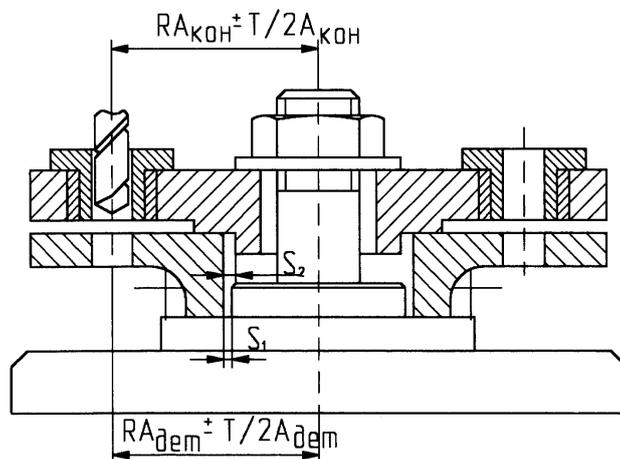


Рис. 26. Кондукторная наладка

Здесь деталь базируется на центрирующий пояс, кондукторная плита базируется по центрирующему пояску, на фланце выполнены отверстия под крепежные детали. Согласно схемы простановки размеров и допусков (предельных отклонений), определяющих расположение осей отверстий под крепежные детали в полярных координатах (по ГОСТ 2.308-79 и ГОСТ 2.307-68) в том случае, когда центральный элемент является сборочной базой, при нормировании предельных отклонений координирующих размеров на чертеже ставится радиус с предельными отклонениями между осью центрального отверстия и осью окружности, на которой расположены оси отверстий под крепежные детали. Если же центральный элемент не является сборочной базой, то ставится диаметр (с предельными отклонениями) на котором расположены оси отверстий под крепежные детали.

Ставим радиус и анализируем погрешности на этот размер заготовки. Погрешность, связанная с методом обработки может быть определена по данным работы [15] (табл.43). Погрешность базирования Δ_δ определяется зазорами S_1, S_2 ,

где S_1 – зазор между отверстием заготовки и центрирующим валом приспособления S_2 - зазор между отверстием заготовки и валом кондукторной плиты. Это случайные погрешности, поэтому

$$\Delta_\delta = \sqrt{(S_1^{\min})^2 + (S_2^{\max})^2},$$

Так как сила закрепления перпендикулярна анализируемому размеру $RA_{дем}$, то $\Delta_{закр.} = 0$. Погрешностью изготовления $\Delta_{изг}$ является допуск на межцентровое расстояние между кондукторной втулкой и центральным

отверстием кондукторной плиты $TA_{кон}$. Рекомендуется [14, 29] брать

$$TA_{кон} = (0.2...0.5)TA_{дет}.$$

Для точного определения можно пользоваться зависимостью:

$$TA_{дет} \leq [0.8TA_{кон} - 0.25(\sum S^{max} + \sum \mathcal{E}^{max})]$$

где $\sum S^{max}$ - сумма максимальных зазоров между инструментами и втулкой; $\sum \mathcal{E}^{max}$ - сумма максимальных эксцентриситетов кондукторных втулок.

Таблица 43

Средняя точность и параметры шероховатости обработанной поверхности цилиндрических отверстий.

Способ обработки	Квалитет	Параметр шероховатости R_a , мкм
1	2	3
В сплошном металле		
Сверление	12	25...12,5
Сверление и зенкерование	11	6,3...3,2
Сверление и развертывание	8...9	3,2...1,6
Сверление и протягивание	9...8	3,2...0,4
Сверление, зенкерование и развертывание	9...8	1,6...0,8
Сверление и двукратное развертывание	8...7	1,6...0,4
Сверление, зенкерование и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Сверление, зенкерование и шлифование	8...7	0,8...0,4
Сверление, протягивание и калибрование	8...7	0,8...0,4
В заготовках с отверстиями		

Зенкерование или растачивание	12	6,3...3,2
Рассверливание	12	25...6,3
Двукратное зенкерование или двукратное растачивание	11	12,5...6,3
Зенкерование или растачивание и развертывание	9...8	3,2...1,6
Зенкерование и растачивание	9...8	6,3...3,2
Двукратное зенкерование и развертывание или двукратное растачивание и развертывание	9...8	1,6...0,8
Зенкерование или растачивание и двукратное развертывание	8...7	0,8...0,4
Зенкерование или двукратное растачивание и двукратное развертывание или тонкое растачивание	8...7	0,8...0,2
Зенкерование или двукратное растачивание и хонингование	8...7	0,2...0,05
Зенкерование и растачивание, тонкое растачивание и хонингование	8...7	0,1...0,025
Протягивание и шлифование	8...7	0,8...0,2

Наличие кондукторных втулок определяет смещение оси отверстия кондукторной втулки относительно номинального положения $\Delta_{см}$ и увод оси сверла $\Delta_{ув}$.

$$\Delta_{см} = \sqrt{TA_{кон}^2 + (2e_{н.в.})^2 + (2e_{б.в.})^2 + S_{вт}^2}$$

Здесь $TA_{кон}$ рассматривается как $\Delta_{изг}$;

$e_{н.в.}$ - эксцентриситет постоянной втулки, то есть несоосность внутренней и наружной поверхностей постоянной втулки; $e_{б.в.}$ - эксцентриситет быстросменной втулки; $S_{вт}$ - максимальный зазор между быстросменной и постоянной втулками. По литературным источникам $e_{н.в.}, e_{б.в.} = 0,0025 - 0,005$ мм.

Ось внутренней поверхности сменной втулки, определяющая положение инструмента, при наличие $e_{н.в.}, e_{б.в.}$ смещается относительно номинального положения в произвольном направлении, поэтому $e_{н.в.}, e_{б.в.}$ рассматриваются как случайные величины. Рассмотрим случайные погрешности увода оси сверла $\Delta_{ув}$. (рис.27).

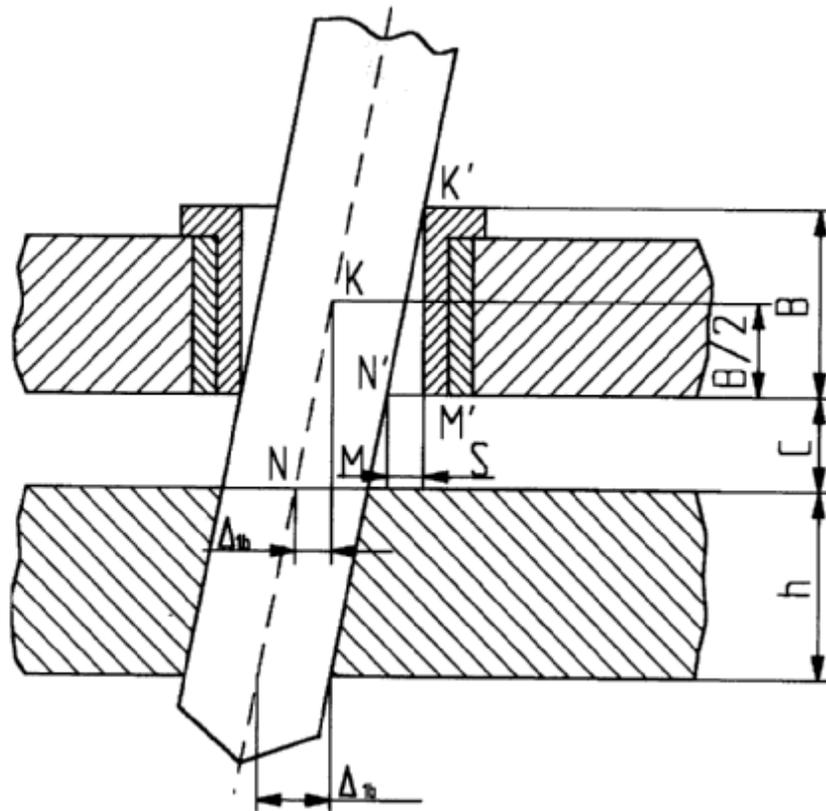


Рис.27. Схема увода оси сверла

Здесь B - высота втулки, C - зазор между нижним торцом втулки и поверхностью заготовки.

Через зазор C осуществляется удаление стружки, что способствует уменьшению износа кондукторной втулки. При сверлении чугуна и других хрупких материалов $C = (0,3 \div 0,5)d$; при сверлении стали и других вязких материалов $C = d$; при зенкерование $C = 0,3d$ (d -диаметр инструмента).

Под действием неуравновешенных сил, возникающих при обработке отверстия, инструмент смещается на зазоре S^{\max} между смежной втулкой и инструментом. В результате этого возникает погрешность пространственного положения оси обрабатываемого отверстия, причем место контакта инструмента со втулкой при вращении инструмента меняется.

Из подобия треугольников KMN и $K'M'N'$, ввиду равенства углов, следует:

$$\frac{MN}{M'N'} = \frac{KM}{K'M'}, \quad \frac{\Delta_{yb}}{S_1^{\max}} = \frac{C + \frac{B}{2}}{B}.$$

Тогда $\Delta_{yb} = S^{\max} (C/B + 1/2)$

При $C=0$; $\Delta_{yb} = 0,5 \cdot S^{\max}$

На противоположном торце увод оси сверла будет больше и будет равен:

$$\Delta_{yв} = S^{\max} \left(\frac{C+h}{B} + \frac{1}{2} \right) = 0.5 \cdot S^{\max} + S^{\max} \frac{C+h}{B};$$

$\Delta_{yв}$ обычно для всех деталей в партии имеет направление одного знака, определяемое перекосом сверла. Поэтому в расчетные формулы необходимо вносить $\Delta_{yв}$ в радиальном направлении.

Износ кондукторной втулки приводит к искажению формы её направляющего отверстия в диаметральном и осевом сечениях. По мере износа зазор между втулкой и инструментом увеличивается, что и определяет характер расположения оси отверстия в обрабатываемой детали, т.е. влияет на $\Delta_{yв}$.

$$\text{С учетом износа можно записать: } \Delta_{yв} = (S^{\max} + \Delta d_{\text{изн}}) \cdot \left(\frac{C+h}{B} + \frac{1}{2} \right);$$

где $\Delta d_{\text{изн}}$ - увеличение диаметров втулки за счет износа. $\Delta d_{\text{изн}}$ определяется экспериментально, поэтому в проектных расчетах определяется допустимый износ. При этом предельным износом считается нижнее допустимое отклонение обрабатываемого отверстия. Для рассматриваемого примера расчетная формула имеет вид:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_0^2 + \Delta_{\delta}^2 + \Delta_{\text{закр.}}^2 + \Delta_{\text{изг}}^2 + (2e_{\text{н.в.}})^2 + (2e_{\text{б.в.}})^2 + S_{\text{вт}}^2 + \Delta_{yв}^2 + \Delta_{\text{изн.}}^2 + \Delta_{\text{уст.присп.}}^2};$$

Базирование заготовки по двум цилиндрическим отверстиям с параллельными осями и плоскости перпендикулярной осям отверстий

Эта схема базирования используется при обработке плит, рам, станин, корпусных и других деталей. Она обеспечивает простую конструкцию приспособления, позволяет достаточно точно выдерживать принцип постоянства баз и дает возможность относительно просто осуществлять передачу и фиксацию заготовок на автоматических линиях. Установочными элементами служат два пальца (жестких или выдвижных) и опорные планки (рис. 28). Плоскость и два отверстия заготовки – всегда точные чистовые базы. Плоскость обрабатывается начисто на одной из первых операций, отверстия, как правило, развертывают по 7 качеству. На плоскости располагается три опорные точки, на поверхности одного цилиндрического отверстия – две, на поверхности другого цилиндрического отверстия – одна опорная точка.

Заготовка может базироваться на два цилиндрических пальца (рис.28б) или на один цилиндрический, один ромбический палец (рис. 28в). Сопряжение пальцев с отверстием осуществляется по посадке с гарантированным зазором.

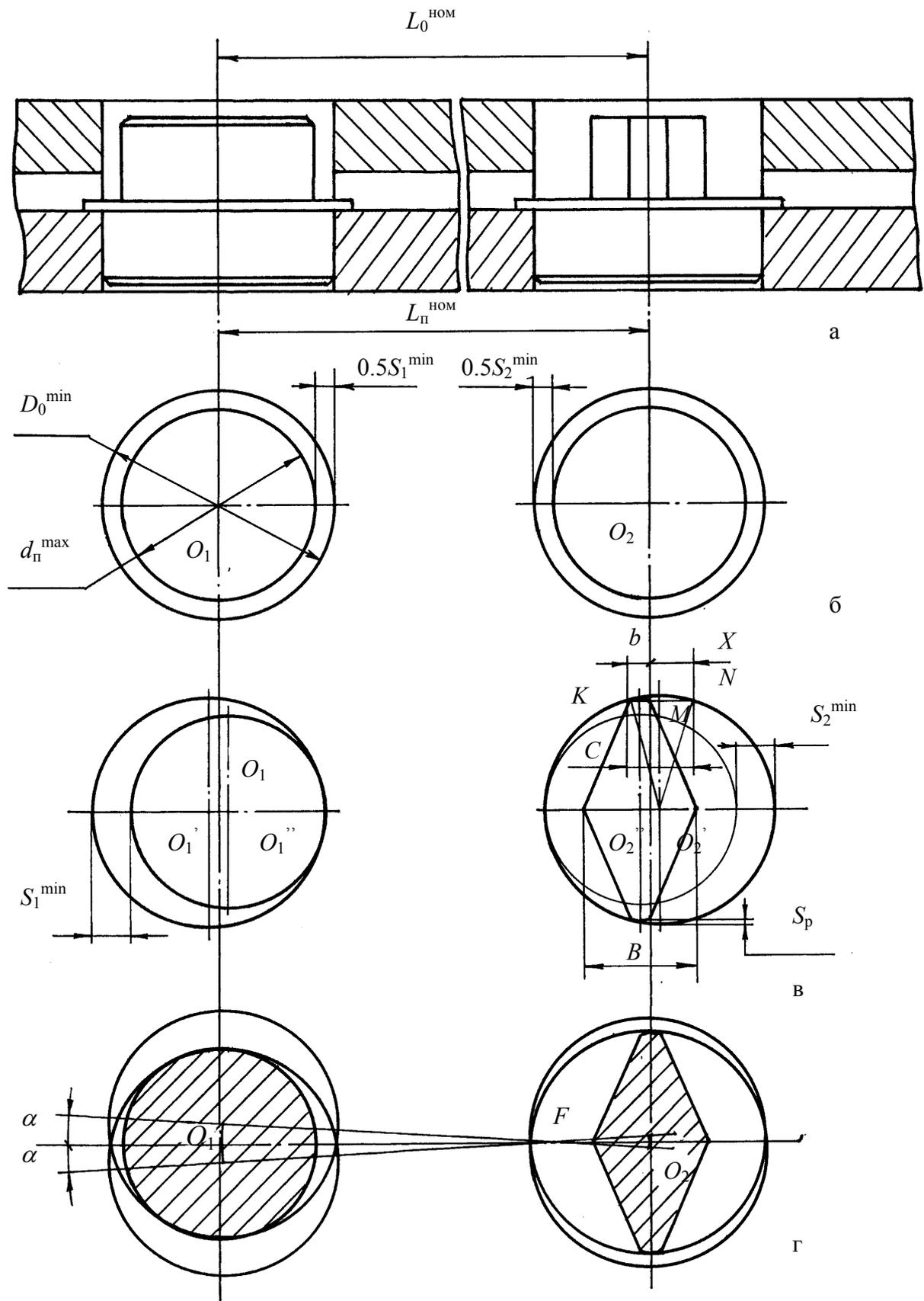
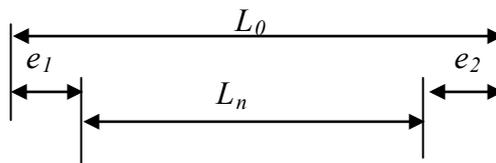


Рис.28. Базирование заготовки по двум цилиндрическим отверстиям с параллельными осями и плоскости перпендикулярной осям отверстия: а,б – номинальное положение; в – предельное положение; г – поворот заготовки

Существует условие, определяющее возможность установки заготовок на два цилиндрических пальца, которое может быть получено из рассмотрения следующей размерной цепи:



Здесь e_1 - эксцентриситет между осью отверстия 1 и осью пальца, e_2 - эксцентриситет между осью отверстия 2 и осью пальца.

Рассматриваем предельный случай, когда зазоры в сопряжениях пальцев с отверстиями минимальны, ибо в противном случае пальцы не войдут в отверстие.

Основное уравнение размерной цепи имеет вид: $e_1 + e_2 = L_0 - L_n$. Использование метода максимума – минимума дает:

$$S_1^{\min} + S_2^{\min} = TL_0 + TL_n \quad (10)$$

Тогда условие базирования на два цилиндрических пальца имеет вид:

$$S_1^{\min} + S_2^{\min} \geq TL_0 + TL_n \quad (11)$$

Диаметр одного из пальцев задают равным номинальному диаметру базового отверстия, а поле допуска назначают по $f6, f7, e9$ в зависимости от точности отверстия. Если и второй палец устанавливать с такими малыми зазорами, то допуски на межцентровые расстояния $L_{омв}, L_n$ должны быть очень малы. Это делает обработку базовых отверстий дорогой. Обычно допуски на межцентровые расстояния пальцев и отверстий значительно шире допусков на их диаметры. Поэтому, чтобы выдержать условия базирования заготовки на два цилиндрических пальца, диаметр второго пальца приходится значительно уменьшать. Поэтому возникает задача расчета размеров второго пальца при заданных $TL_{омв}, TL_n$ размеров отверстий и первого пальца.

$$S_2^{\min} = D_{o_2}^{\min} - d_{п_2}^{\max}$$

Подставляем это выражение в (10) и получаем

$$d_{п_2}^{\min} = S_1^{\min} + D_{o_2}^{\min} - TL_0 - TL_n$$

Рассмотрим пример, изложенный в [37]. В приспособлении необходимо установить заготовки имеющие базовые отверстия $20^{+0,021}(H7)$ и допуск на межцентровые расстояния $TL_0 = \pm 0,05$ мм, $TL_n = \pm 0,02$ мм

Решение. В первое отверстие устанавливаем палец с полем допуска $f7$

т.е. $d20 \begin{matrix} -0,020 \\ -0,041 \end{matrix}$

Тогда $S_1^{\min} = D_o^{\min} - d_{п}^{\max} = 20 - 20_{-0,020} = 0,020$ мм.

Определяем $d_{II_2}^{\max} = S_1 + D_{o_2}^{\min} - TL_{омв} - TL_{II} = 0,020 + 20 - 0,1 - 0,04 = 19,88 \text{ мм}$

Окончательно $d_{II_2} = 19,88_{-0,021} \text{ мм}$

Тогда $S_2^{\min} = D_{o_2}^{\min} - d_{II_2}^{\max} = 20 - 19,88 = 0,12 \text{ мм}$

Зазор в сопряжении второго пальца и отверстия по сравнению с зазором сопряжении первого пальца и отверстия увеличился на $0,12 - 0,02 = 0,1 \text{ мм}$. Это ведет к снижению точности установки. Значительно повысить точность удастся, если второй палец будет срезанным (ромбическим), а не цилиндрическим (рис.28). При этом имеем следующее: в осевом направлении имеем зазоры S_1^{\min} и X . Геометрические параметры таковы, что $S_1^{\min} < X$. Поэтому положение заготовки в осевом направлении определяется цилиндрическим пальцем и отверстием. В то время, когда зазор выбран цилиндрическим пальцем, он не будет выбран ромбическим пальцем. Это позволяет увеличить допуск на $L_{омв}$, L_{II} , что является положительным фактором. Говорят, что применение ромбического пальца снижает влияние допуска межосевого расстояния отверстий заготовки на точность её установки в приспособлении. В виду наличия зазоров заготовка поворачивается. Наличие ромбического пальца уменьшает поворот.

Рассмотрим аналитические соотношения. Минимальный зазор между ромбическим пальцем и отверстием есть X . Условие базирования на цилиндрический и ромбический пальцы получаем, заменив в выражении (11) S_2^{\min} на X .

$$S_1^{\min} + X \geq TL_o + TL_{II} \quad (12)$$

X определим рассмотрев два треугольника $O_2''KM$ и $O_2'KN$, которые имеют общую высоту h

$$h^2 = (O_2''K)^2 - (KM/2)^2 = O_2'K^2 - (KN/2)^2;$$

$O_2'K = d_{II_2}^{\max} / 2$ - есть радиус описанной окружности, из которой и вырезается палец. Тогда

$$(d_{II_2}^{\max} / 2)^2 - (b/2)^2 = (D_{o_2}^{\min} / 2)^2 - (C/2)^2.$$

$$\text{Отсюда } C = \sqrt{(D_{o_2}^{\min})^2 - (d_{II_2}^{\min})^2 + b^2}.$$

Так как $C = X + b$, то

$$X = \sqrt{(D_{o_2}^{\min})^2 - (d_{II_2}^{\min})^2 + b^2} - b. \quad (13)$$

Определим d_{n_2} . Подставив (13) в (12) получим:

$$S_1^{\min} + \sqrt{(D_{o_2}^{\min})^2 - (d_{II_2}^{\min})^2 + b^2} - b \geq TL_o + TL_{II}.$$

Из условия равенства найдем $d_{n_2}^{\max}$

$$d_{II_2}^{\max} = \sqrt{(D_{o_2}^{\min})^2 + b^2 - (TL_o + TL_{II} - b - S_1^{\min})^2}.$$

Установочные пальцы стандартизованы, цилиндрические по ГОСТ 12209-66, ромбические по ГОСТ 12210-66. Рекомендованные размеры ромбических пальцев приведены в таблице 44.

Таблица 44

РАЗМЕРЫ РОМБИЧЕСКИХ ПАЛЬЦЕВ, ММ	
Диаметр пальца, d	b
Св.4 до 6	1.0
6 - 8	2.0
8 -10	3.0
10 -20	3.0
20 -25	3.0
25 -32	3.0
32 -40	4.0
40 -50	5.0

Ширина ленточки “ *b* ” зависит от диаметра цилиндрического пальца. Исходя из требуемой точности базирования можно было бы изготовить вместо ромбического пальца пластину шириной “ *b* ”, но для придания ему большей жесткости задают ромб с размером “ *B* ”. В рассмотренном примере *b*=3. Тогда

$$d_{II_2}^{\max} = \sqrt{20^2 + 3^2 - (0.1 + 0.04 + 3 - 0.02)^2} = 19.98 \text{ мм.}$$

С учетом предельного отклонения $d_{II_2} = 19,98_{-0,021}$ мм. Минимальный зазор между ромбическим пальцем и отверстием в направлении перпендикулярном оси отверстий будет равен: $S_2^{\min} = D_{o_2}^{\min} - d_{II_2}^{\max} = 20 - 19,98 = 0,02$ мм.

При наличии же цилиндрического пальца ранее было получено, что $S_2^{\min} = 0,12$ мм.

Таким образом, использование ромбического пальца вместо цилиндрического значительно повышает точность базирования в направлении перпендикулярном оси отверстий.

Направлении оси отверстий, используя выражение (13), получаем:

$$X = \sqrt{20^2 - 19.98^2 + 3^2} - 3 = 0.13.$$

В этом направлении положение заготовки определяется зазором S_1 .

В виду наличия зазоров, кроме смещения в осевом и перпендикулярном оси направлениях заготовка имеет возможность поворота (перекоса) относительно номинального положения (рис.28г). Максимальный

угол поворота будет определяться из выражения:

$$\operatorname{tg}\alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha \approx \frac{\frac{S_1^{\max}}{2} + \frac{S_2^{\max}}{2}}{L}$$

Угол поворота уменьшается с увеличением L . Поэтому у корпусных деталей базовые отверстия размещают по диагонали. Это позволяет уменьшать погрешность базирования до 30%. Положение точки F (оси поворота) на линии межцентрового расстояния O_1O_2 пропорционально зазорам S_1 и S_p (зазор между ромбическим пальцем и отверстием, определенный в номинальном положении).

Список литературы

Технология машиностроения (общие вопросы)

1. *Маталин А.А.* Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». Л.: Машиностроение, 1985.
2. *Колесов И.М.* Основы технологии машиностроения: Учебник для машиностр. спец. вузов. М.: Высшая школа, 2001.
3. *Гусев А.А. и др.* Технология машиностроения (специальная часть): Учебник для машиностроительных вузов. М.: Машиностроение, 1986.

Справочная литература

4. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Машиностроение, 1978.
5. *Балабанов А.Н.* Краткий справочник технолога-машино-строителя. М.: Изд-во стандартов, 1992.
6. Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. /Под ред. В.Д. Мягкова. Л.: Машиностроение, 1983.
7. *Дунаев П.Ф. и др.* Допуски и посадки. Обоснование выбора: Учебное пособие для студентов машиностроительных вузов. М.: Высшая школа, 1984.
8. Краткий справочник металлиста /Под общ. ред. Н.Н. Орлова. М.: Машиностроение, 1987.
9. *Косилова А.Г. и др.* Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. М.: Машиностроение, 1976.
10. *Маракулин И.В.* Краткий справочник технолога тяжелого машиностроения. М.: Машиностроение, 1987.
11. *Палей М.А. и др.* Допуски и посадки: Справочник: В 2 ч. Л.: Политехника, 1991.
12. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещарякова. М.: Машиностроение, 1986.

Методическая литература

13. *Дунин Н.А.* Технологические расчеты при проектировании процессов механической обработки деталей: Учебное пособие /Казан. авиац. ин-т. Казань, 1977.

14. *Дунин Н.А.* Основы проектирования технологических процессов производства деталей машин: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 1998.

15. *Бабук В.В., Шкред В.А.* Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учебное пособие /Под ред. В.В. Бабука. Минск: Высшая школа, 1987.

16. *Бурчаков Ш.А.* Основы технологии машиностроения: Учебное пособие /Казан. авиац. ин-т. Казань, 1992.

17. *Худобин Л.В. и др.* Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для машиностроительных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1989.

Методы получения заготовок и расчет припусков

18. *Афонькин М.Г., Магницкая М.В.* Производство заготовок в машиностроении. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд., 1987.

19. *Бурчаков Ш.А.* Расчет операционных размеров и припусков: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. тех. ун-та. 2000.

20. ГОСТ 7505–89. Поковки стальные штампованные.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Содержание и объем курсового проекта.....

Технологическая часть проекта.....

1. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса.....
2. Выбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса.....
3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.....
4. Выбор технологических баз.....
5. Составление технологического маршрута обработки.....
6. Разработка технологических операций.....
7. Оформление технологических документов.....

Конструкторская часть проекта.....

1. Расчет усилия зажима для закрепления заготовок в приспособлениях.....
 2. Расчет зажимных устройств, предупреждающих смещение заготовки от действия силы.....
 3. Расчет зажимных устройств, предотвращающих проворот заготовки от действия момента.....
 4. Расчет зажимных устройств, предотвращающих смещение заготовки от действия нескольких действующих моментов... ..
 5. Расчет зажимных устройств, предотвращающих поворот заготовки на базовой плоскости от действия боковых сил... ..
 6. Расчетные величины для определения сил закрепления.....
 7. Конструкции зажимных устройств и приводы в приспособлениях.....
 8. Расчет точности обработки заготовки в приспособлении....
 9. Особенности расчета точности обработки в кондукторах... ..
 10. Базирование заготовки по двум цилиндрическим отверстиям с параллельными осями и плоскости, перпендикулярной осям отверстий.....
- Приложение.....
- Приложение 1.....
- Приложение 2.....
- Приложение 3.....

Список литературы.....