



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет)
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Факультет “Специальное машиностроение”

Кафедра СМ12 “Технологии ракетно-космического машиностроения”

РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

НА ТЕМУ:

Проектирование технологического процесса изготовления корпусной детали

Студент СМ12-71

(Подпись, дата)

Вагулин Н. В.

Руководитель курсового проекта

(Подпись, дата)

Филимонов А. С.

Консультант

(Подпись, дата)

Филимонов А. С.

2023 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет)
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой СМ12

_____ А.Л. Галиновский

14 сентября 2023 г.

ЗАДАНИЕ на выполнение курсового проекта

По дисциплине: Технология ракетно-космической техники

Студент группы СМ12-71

Вагулин Никита Владимирович
(Фамилия, имя, отчество)

Тема курсового проекта: Проектирование технологического процесса корпусной детали

Направленность КП: учебный

Источник тематики: кафедра

График выполнения проекта: 25% к 4 нед., 50% к 8 нед., 75% к 12 нед., 100% к 14 нед.

Задание: разработать технологический процесс изготовления корпусной детали, а также спроектировать необходимый специальный инструмент и оснастку

Оформление курсового проекта:

1. Расчетно-пояснительная записка на 40 листах формата А4.
2. Перечень графического (иллюстративного) материала (чертежи, плакаты, слайды и т.п.): 5 листов формата А1

Дата выдачи задания: 14 сентября 2023 г.

Руководитель курсового проекта

(Подпись, дата)

Филимонов А. С.

Студент

(Подпись, дата)

Вагулин Н. В.

Примечание: Задание оформляется в двух экземплярах: один выдается студенту, второй хранится на кафедре.

Содержание

Введение.....	4
1. Назначение детали в узле, анализ технических требований и выявление технологических задач, возникающих при ее изготовлении.....	5
1.1. Назначение детали в узле.....	5
1.2. Описание конструкции	5
1.3. Технические требования, предъявляемые к детали.....	6
2. Тип производства и метод работы.....	9
2.1. Тип производства	9
2.2. Метод работы.....	9
3. Технологический анализ конструкции детали	10
4. Выбор и обоснование метода изготовления заготовки	12
5. Разработка технологических процессов.....	13
5.1. Маршрутный технологический процесс.....	13
5.2. Операционный технологический процесс.....	16
6. Расчеты режимов резания.....	20
6.1. Торцевое фрезерование.....	20
6.2. Фрезерование.....	22
6.3. Точение	23
6.4. Сверление.....	25
7. Расчет операционного времени.....	28
8. Специальные инструменты.....	31
8.1. Резец специальный резьбовой.....	31
8.2. Фреза специальная концевая.....	31
8.3. Фреза специальная фасонная	32
8.4. Штангенфаскомер	33
9. Специальное станочное приспособление.....	34
9.1. Устройство и принцип работы.....	34
9.2. Расчет момента затяжки прихвата.....	35
10. Стенд для испытаний на герметичность	36
10.1. Схема и алгоритм проведения испытаний	36
10.2. Расчет предварительной силы затяжки болтового соединения	38
Заключение	39
Список литературы	40

Введение

Данный курсовой проект является комплексной работой по созданию технологических процессов изготовления машин и их деталей, конструированию технологической оснастки и обоснованному выбору технологических решений.

Целью курсового проектирования является закрепление и углубление знаний, полученных во время лекционных и практических занятий по технологии машиностроения на примере разработки технологического процесса корпусной детали.

В пояснительной записке приведены:

1. Описание объекта производства, его назначение и предъявляемые технические требования;
2. Разработка маршрутного технологического процесса;
3. Описание, расчет и методика использования спроектированных приспособлений для обработки, обрабатывающих инструментов и контрольных приспособлений.

Также в рамках курсового проекта разработаны чертежи, выпущенные отдельным документом (5 листов формата A1). В них представлены:

1. Рабочий чертеж объекта производства (лист 1);
2. Пооперационные эскизы к технологическому процессу (лист 2);
3. Сборочный чертеж резьбового резца (лист 3);
4. Сборочный чертеж концевой фрезы (лист 3);
5. Сборочный чертеж фасонной фрезы (лист 3);
6. Сборочный чертеж штангенфаскомера (лист 3);
7. Сборочный чертеж универсального станочного приспособления для токарного обрабатывающего центра (лист 4);
8. Сборочный чертеж стенда для проведения испытаний на герметичность (лист 5).

1. Назначение детали в узле, анализ технических требований и выявление технологических задач, возникающих при ее изготовлении

1.1. Назначение детали в узле

Корпусная деталь предназначена для обеспечения базирования и взаимной ориентации деталей сборочной единицы (изделия), а также силового замыкания конструкции.

Шифр детали согласно внутренней кодификации предприятия – 14Ф11-6324-1. Известно, что сборочная единица, в состав которого входит деталь, выполняет свое функциональное назначение в рамках изделия семейства ракет-носителей “Рокот”.

1.2. Описание конструкции

Конструкция детали представляет собой комплекс поверхностей, различным образом ориентированных в пространстве. Среди этих поверхностей можно выделить исполнительные, с помощью которых деталь выполняет основные из возложенных на нее функций, и связующие, которые объединяют исполнительные поверхности в единое целое, пространственно ограниченное тело, являющееся деталью.

Исполнительными поверхностями корпусной детали являются: присоединительные поверхности нижнего, верхнего и внутреннего штуцеров, а также присоединительные поверхности на фланце корпуса.

Корпусная деталь имеет сложную форму. Очевидно, что нижний штуцер присоединительный, притом он имеет внутреннюю резьбу $M20 \times 1,5$, посадочную поверхность с шероховатостью $Ra = 1,25$, и внешнюю резьбу $M30 \times 1,5$, служащую для дополнительной фиксации соединения. Также в его внутренней полости имеется канавка с $Ra = 2,5$, предназначенная для уплотнительной прокладки, герметизирующей соединение. Для ответственных поверхностей, обеспечивающих герметичность, используется 9 квалитет, для неответственных – 12 квалитет. То же самое относится и к другим штуцерам детали, с поправкой на диаметры резьбы.

Резьбовые поверхности выполнены с полями допусков $6H$ и $6g$, что соответствует переходным посадкам, с помощью которых необходимо обеспечить неподвижность соединений без большого натяга. Очевидно, что данные соединения оказываются ненагруженными.

Данная корпусная деталь используется при повышенных механических и термических нагрузках. Основная ее задача – обеспечивать необходимые герметичность и жесткость при соединении с другими элементами узла. Также немаловажно то, что деталь не должна корродировать при длительном контакте с химически-активными жидкостями.

1.3. Технические требования, предъявляемые к детали

Исходя из условий эксплуатации, к детали предъявляются следующие технические требования:

1) Покрытие: Ан.Окс.нхр.

Требование назначено из условия обеспечения коррозионной стойкости детали при выполнении возложенных на неё задач. Под действием кислорода алюминий быстро покрывается оксидной пленкой, не обладающей достаточными прочностными свойствами. Покрытие, получаемое с помощью анодирования с наполнением в хроматах, позволяет решить эту проблему.

Невыполнение требования вызовет коррозирование отдельных участков детали и понижение ее прочностных характеристик. В связи с длительным производственным циклом изделия, может ставиться под вопрос работоспособность узла, в состав которого входит деталь.

Требование обеспечивают при окончательной обработке поверхности, до испытаний на герметичность с помощью воздушно-гелиевой смеси, речь о которых пойдет позднее. После получения покрытия проводится визуальный контроль.

2) Внутреннюю полость опрессовать воздухом давлением 6,6 МПа (66 кгс/см²).

Требование назначено из условия обеспечения прочностных характеристик детали. Невыполнение требования значит, что прочностные характеристики детали при соответствующей нагрузке не соблюдаются. Работоспособность узла, в состав которого входит деталь, не обеспечена.

Контроль проводится с помощью пневмостенда, в котором нагнетается давление, и бронекамеры, в которую помещена деталь. Пневматическое испытание должно проводиться воздухом и только в светлое время суток по методике предприятия-изготовителя. Во время осмотра подъем давления не допускается. Места утечки определяются по звуку просачивающегося воздуха, а также визуально по наличию возникающих трещин. Устранимые дефекты исправляются при снижении избыточного давления до нуля и отключении пневмостенда.

3) Проверить герметичность воздушно-гелиевой смесью с содержанием гелия не менее 50% давлением 4,4 Мпа (44 кгс/см²) методом “вакуумирования” по ОСТ 92-1527-89. Негерметичность более $1,33 \cdot 10^{-6}$ Вт не допускается.

Требование назначено из условия обеспечения герметичности детали. Использование гелия в ходе масс-спектрометрического испытания позволяет определять особо маленькие утечки благодаря размерам одноатомного газа и методике проведения испытания. Однако цена гелия высока, поэтому в целях экономии его “разбавляют” воздухом.

Невыполнение требования является следствием недостаточной эксплуатационной герметичности детали, что может привести к просачиванию жидкости и уменьшению нагнетаемого давления, что влечет за собой понижение эксплуатационных характеристик изделия в целом.

Требование обеспечивается пневматическими испытаниями на герметичность с помощью пульта-смесителя, бронекамеры и гелиевого течеискателя НЛТ-560 (рис.1).

Подготовка рабочего места и зоны проведения работ осуществляется по методике предприятия-изготовителя. Оснастка и оборудование выбирается согласно внутренней документации предприятия-изготовителя.

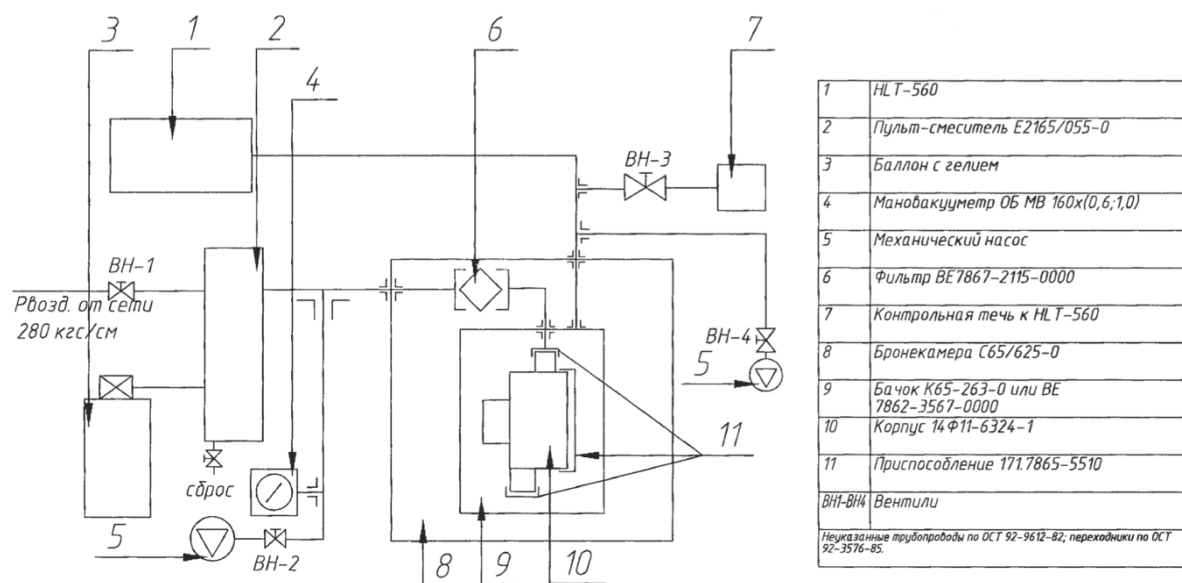


Рисунок 1 – Схема пневматических испытаний

Внутренняя полость корпуса вакуумируется механическим насосом до давления $p = -1 \text{ кг/см}^2$. Давление контролируется по мановакууметру. Далее в пульт-смеситель подается гелий и воздух, после чего они смешиваются до необходимого давления воздушно-гелиевой смеси. После этого ВГС подается в изделие. Суммарная негерметичность по гелию не должна превышать упомянутого выше значения.

- 4) Допуск радиального биения поверхности $\varnothing 25Н9$ относительно поверхности $\varnothing 63Н9$ не более 0,02 мм.

К детали предъявлено несколько требований по радиальному биению для различных поверхностей, поэтому будет проанализировано лишь требование с минимальным допуском. Ограничение радиального биения назначено исходя из обеспечения высокой concentricности поверхностей $\varnothing 25Н9$ и $\varnothing 63Н9$.

Невыполнение требования приведет к потере соосности корпусной детали и детали, монтируемой в корпус в процессе сборки. Это вызовет неравномерное распределение нагрузки на обе детали, а также потерю герметичности.

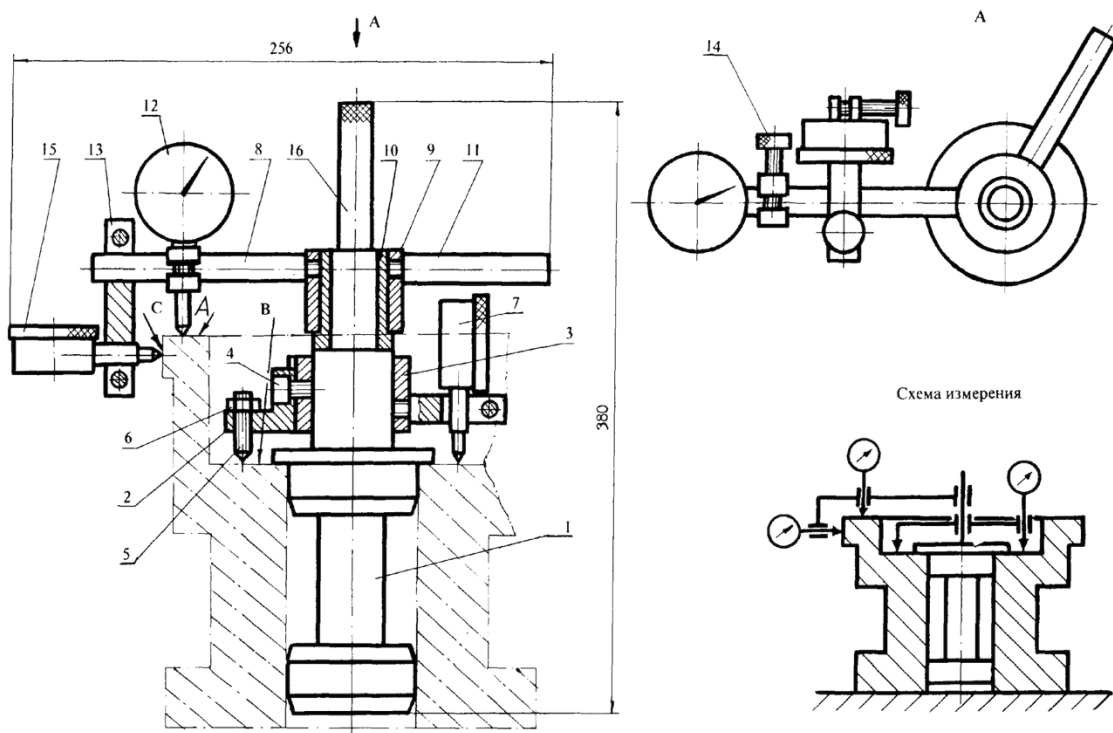
Схема контроля требования показана на рис. 2.

- 5) Допуск торцового биения круга, ограниченного $\varnothing 14Н12$ и $\varnothing 17Н8$, относительно поверхности $\varnothing 17Н8$ не более 0,05 мм.

К детали предъявлено несколько требований по торцовому биению для различных поверхностей, поэтому будет проанализировано лишь одно из них. Ограничение торцового биения назначено исходя из условия обеспечения равномерного прилегания прокладки и корпусной детали.

Невыполнение требования может привести к неплотному прилеганию прокладки к штуцерной части корпуса, что повлечет за собой разгерметизацию соединения.

Схема контроля требований показана на рис. 2.



*Рисунок 2 – Многомерное приспособление
для контроля торцового и радиального биения*

1 – оправка, 2 – кронштейн, 3 – ступица, 4 – винт, 5 – упор, 6 – гайка, 7 – ИГ, 8 – скалка, 9 – ступица, 10 – втулка, 11 – рукоятка, 12 – ИГ, 13 – кронштейн, 14 – винт, 15 – ИГ, 16 – ручка.

2. Тип производства и метод работы

2.1. Тип производства

В задании на курсовой проект определен годовой объем выпуска корпусной детали N_d , равный 100 шт. При этом известно, что режим работы предприятия-изготовителя является односменным, поэтому эффективный годовой фонд времени работы $F_d = 2000$ ч для станков, на которых данная деталь будет изготавливаться.

Тогда действительный такт выпуска деталей

$$\tau_c = \frac{60F_d}{N_d} = \frac{60 \cdot 2000}{100} = 1200 \text{ мин/шт.}$$

Также из условия задания известно среднее штучное время $(t_{шт})_{cp} = 40$ ч по операциям для действующего на производстве технологического процесса. Тип производства становится возможным оценить по коэффициенту закрепления операций $K_{зо}$, определяемому при курсовом проектировании по формуле:

$$K_{зо} = \frac{\tau_c}{(t_{шт})_{cp}} = \frac{1200}{40} = 30$$

Значению $K_{зо} = 30$ соответствует мелкосерийное производство, так как данный коэффициент находится в интервале $20 < K_{зо} = 30 \leq 40$. Это согласуется с приближенной оценкой типа производства по числу изготавливаемых деталей в год.

2.2. Метод работы

Проектирование технологического процесса изготовления корпусной детали осуществляется для мелкосерийного производства. В условиях производства данного типа наиболее целесообразным методом работы при изготовлении детали является непоточный метод. Его используют при незначительных объемах выпуска, частых сменах выпускаемых деталей, а также при изготовлении деталей высокой ответственности, что в принципе характерно для производств ракетно-космической техники. При непоточном методе строгого закрепления операций за конкретными рабочими местами не производится, длительность операций не синхронизируется. На каждом рабочем месте стремятся осуществить максимальное технологическое воздействие на предмет производства, операции строятся по принципу концентрации переходов.

3. Технологический анализ конструкции детали

На основании конструкции детали, ее материала и известного типа производства становится возможным провести ее технологический анализ.

Для обеспечения требований, предъявляемых к детали, её изготавливают из алюминиевого сплава АК6-Т1 ОСТ 92-1008-77. Содержание химических элементов в сплаве приведено в таблице:

Химический элемент	Содержание, %
<i>Fe</i>	до 0,7
<i>Si</i>	0,7 – 1,2
<i>Mn</i>	0,4 – 0,8
<i>Ni</i>	до 0,1
<i>Ti</i>	до 0,1
<i>Al</i>	93,3 – 96,7
<i>Cu</i>	1,8 – 2,6
<i>Mg</i>	0,4 – 0,8
<i>Zn</i>	до 0,3

Такой химический состав позволяет деформировать АК6-Т1 в горячем и холодном состояниях, производить из него поковки сложной конфигурации. Относительное удлинение сплава $\delta = 6..8\%$. Данный сплав после деформирования хорошо обрабатывается на режущих станках вследствие невысокой твердости по Бринеллю $HB = 95..100$. Предел текучести $\sigma_T = 280..320$ МПа, что позволяет применять высокопроизводительные режимы обработки в принципе. Обладает высокой коррозионной стойкостью. Отличается малой плотностью, равной 2750 кг/м^3 . Из-за совокупности данных факторов он нашел широкое применение в авиационной и ракетно-космической отраслях при изготовлении штамповок компрессоров реактивных двигателей и других сложных деталей, работающих при повышенных температурах и умеренных нагрузках. Данный сплав подходит для изготовления корпусной детали.

Конструкция детали содержит большое число поверхностей простой геометрической формы, обусловленных ее функциональным назначением. Число технических требований, предъявляемых к детали невысоко, однако все они являются обоснованными, определенными ее назначением и ответственностью. Изготовление большого количества резьбовых поверхностей не требует специального инструмента.

Габариты детали небольшие ($86 \times 72 \times 117$ мм), что обуславливает небольшой объем механической обработки. Однако изготовление детали осложняют наличие поверхностей с шероховатостями $Ra = 1,25$ и $Ra = 2,5$, высокие требования к торцевому и радиальному биению (*не более 0,02 мм, не более 0,05 мм*). Также изготовление детали осложняется наличием прецизионных поверхностей $\varnothing 20H9$, $\varnothing 25H9$ и т.п., расположенных во внутренней части детали. Уровень унификации конструктивных элементов детали и их размеров невысок.

Конструкция детали содержит развитые поверхности простой формы, позволяющие их использование в качестве удобных установочных баз. Изготовление детали возможно за большое число установов. Размеры на основные поверхности детали проставлены так, что при обработке и контроле не требуется дополнительных вычислений и измерений. Возможно использование универсальных средств измерений.

При сверлении отверстий во фланце и “ухе” возможно образование заусенцев, для удаления которых может потребоваться дополнительная слесарная операция. Для отверстия $\varnothing 8,5H12$ было бы более целесообразно предусмотреть фаски, например $1 \times 45^\circ$. Для отверстий во фланце такое решение будет опрометчивым, ввиду их малого размера.

Средний квалитет точности $(IT)_{\text{ср}}$ размеров поверхностей деталей

$$(IT)_{\text{ср}} = \frac{\sum (IT)_i n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 107 + 12 \cdot 15 + 9 \cdot 6 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 8}{107 + 15 + 6 + 1 + 8} \approx 13$$

Коэффициент точности $K_{\text{тид}}$ изготовления детали

$$K_{\text{тид}} = 1 - \frac{1}{(IT)_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{13} \approx 0,92$$

Среднее значение шероховатости $(Rz)_{\text{ср}}$ поверхностей детали

$$(Rz)_{\text{ср}} = \frac{\sum (Rz)_i n_i}{\sum n_i} = \frac{20 \cdot 130 + 40 \cdot 7}{130 + 7} \approx 21$$

Коэффициент шероховатости $K_{\text{ш}}$ поверхностей детали

$$K_{\text{ш}} = 1 - \frac{1}{(Rz)_{\text{ср}}} = 1 - \frac{1}{21} \approx 0,95$$

Коэффициент использования $K_{\text{им}}$ материала

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = \frac{0,230}{2,668} \approx 0,09$$

Трудоемкость $T_{\text{д}}$ изготовления детали

$$T_{\text{д}} = \sum t_{\text{шт}i} \approx 40 \text{ ч}$$

Коэффициент удельной трудоемкости $K_{\text{ут}}$ изготовления детали

$$K_{\text{ут}} = \frac{T_{\text{д}}}{M_{\text{д}}} = \frac{40}{0,230} \approx 174$$

Полученные значения укладываются в допустимые интервалы, что свидетельствует о технологичности конструкции детали. Несмотря на обилие труднообрабатываемых поверхностей, небольшие размеры детали, технические требования к детали, ее конструкцию и материал можно считать технологичными для малосерийного типа производства.

4. Выбор и обоснование метода изготовления заготовки

Чтобы определиться с видом заготовки, необходимо рассмотреть основные признаки, наиболее часто используемые при выборе вида заготовки.

Имеющаяся корпусная деталь имеет сложную форму, развитые внутренние полости, в том числе глухие, множество фасонных поверхностей, фланец. Ответственность детали высокая. Ее выход из строя влечет катастрофические последствия для других систем изделия, возможно, связанные с угрозой человеческой жизни. Тип производства детали – мелкосерийный. По сравнению с единичным производством заготовка из чего-либо, кроме проката, становится более оправданной.

Алюминий марки АК6-Т1 отличается удовлетворительной пластичностью в горячем и холодном состояниях. После деформации обладает удовлетворительной обрабатываемостью на металлорежущих станках. Свариваемость алюминиевых сплавов неудовлетворительная из-за образования оксидной пленки и повышенной текучести алюминия, поэтому заготовку сваркой стоит избегать. Плотность материала низкая. Аббревиатура марки не содержит указания на улучшенные литейные свойства, что делает отливку одним из самых низкоприоритетных методов заготовки. Удельная стоимость алюминия невысокая, сплав АК6-Т1 тоже не отличается высокой стоимостью вследствие низкой концентрации легирующих добавок.

Резюме можно дать в виде таблицы, где в соответствие признакам и их значениям будут избраны приоритетные виды заготовок.

Признак		Значение	Приоритетные виды заготовок
Форма детали		Сложная	О, СК, ОД
Ответственность		Высокая	ОД, П
Тип производства		Серийное	П, ОД, СК, О
Плотность материала		Низкая	✓
Удельная стоимость материала		Обычная	✓
Заготовительные свойства материала	Пластичность	Удовлетворительная	ОД, П, ПМ
	Обрабатываемость	Удовлетворительная	П, ПМ, ОД
	Свариваемость	Неудовлетворительная	/СК
	Жидкотекучесть	Неудовлетворительная	/О

Примечание. О – отливка; ОД – полученная обработкой давлением; П – прокат; СК – сварная или комбинированная; ПМ – полученная методами порошковой металлургии; / – исключая; ✓ – любая.

Выбор закономерно ложится на прокат или штамповку. Однако малосерийный тип производства сильно поднимает технологическую себестоимость изготовления детали с помощью штамповки, по большей мере из-за необходимости изготовления уникального штампа, являющегося неоправданным вложением. Поэтому окончательный вид заготовки – прокат. Исходные размеры заготовки: 95 × 80 × 130 мм.

5. Разработка технологических процессов

5.1. Маршрутный технологический процесс

Операция 005. Контроль входной.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 010. Фрезерная.

Оборудование: Станок фрезерный 6Р12.

Операция 015. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 020. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 025. Комбинированная с ЧПУ. (I)

Оборудование: Обрабатывающий центр МАНО MC-5-NS.

Операция 030. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 035. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 040. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Обрабатывающий центр МАНО MC-5-NS.

Операция 045. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 050. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 055. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Обрабатывающий центр МАНО MC-5-NS.

Операция 060. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 065. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 070. Токарная с ЧПУ. (II)

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 eco.

Операция 075. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 080. Комбинированная с ЧПУ. (III)

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Операция 085. Комбинированная с ЧПУ. (IV)

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Операция 090. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 095. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Операция 100. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 105. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Операция 110. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Операция 115. Фрезерная с ЧПУ. (V)

Оборудование: Станок специальный фрезерный FKr-SRS-250.

Операция 120. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 125. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 130. Разметка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 135. Сверлильная.

Оборудование: Станок сверлильный 2A125

Операция 140. Слесарная.

Оборудование: Верстак ГОСТ Р 58863-2020.

Операция 145. Промывка.

Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 150. Контроль на соответствие КД.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 155. Контроль входной.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 160. Подготовка к испытаниям.
Оборудование: Пневмостенд С65/865-0

Операция 165. Испытания на прочность пневматические.
Оборудование: Пневмостенд С65/865-0, Бронекамера С65/865-0

Операция 170. Контроль операционный.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 175. Получение покрытия.
Оборудование: Ванна со стандартным электролитом, Ванна с хроматными солями.

Операция 180. Контроль входной.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 185. Промывка.
Оборудование: Ванна с бензином-растворителем

Операция 190. Обезжиривание.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 195. Сушка вакуумная.
Оборудование: Вакуумный сушильный шкаф ВСШ-250.

Операция 200. Подготовка к испытаниям.
Оборудование: Пульт-смеситель Е2165/055-0

Операция 205. Испытания на герметичность пневматические.
Оборудование: Бронекамера С65/865-0, Гелиевый течеискатель HLT-560.

Операция 210. Контроль входной.
Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

Операция 215. Контроль массы.
Оборудование: Весы ВНЦ-2

Операция 220. Упаковывание.
Оборудование: Оборудование: Плита 1000 × 630 ГОСТ 10905-86.

5.2. *Операционный технологический процесс*

I. **Операция 025. Комбинированная с ЧПУ.**

Оборудование: Обрабатывающий центр МАНО MC-5-HS.

Станочное приспособление: УСП.

Режущий инструмент:

1. Фреза торцевая $\varnothing 100$ 2214-0501 ГОСТ 16223-81;
2. Фреза концевая $\varnothing 20\delta/R$ $l_{\text{реж}} = 45$ $z = 2$ 92.2223-0357 ОСТ 92.3172-83;
3. Фреза концевая $\varnothing 16\delta/R$ $l_{\text{реж}} = 32$ 92.2223-0335 ОСТ 92.3172-83;
4. Сверло $\varnothing 4,9$ $l_{\text{реж}} = 47$ 2300-7561 ГОСТ 10902-77;
5. Резец резьбовой СМ12-71.10.00;
6. Сверло $\varnothing 10,5$ $l_{\text{реж}} = 87$ 2301-0032 ГОСТ 10903-77;
7. Метчик $M12 \times 1,5 - 6H$ 2620-3223 ГОСТ 17932-72.

Мерительный инструмент:

1. Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89;
2. Радиусные шаблоны РШ-1 ГОСТ 4126-82;
3. Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93;
4. Штангенциркуль цифровой ШЦЦ I-150-0,01 ГОСТ 166-89;
5. Калибр-пробка 8133-0910 H10 ГОСТ 14810-69;
6. Микрометр МК 75-100-0,01 ГОСТ 6507-90;
7. Калибр-пробка 8261-3054 ГОСТ 17756-72.

Переходы:

0. Установить и закрепить деталь, раскрепить и снять деталь;
1. Фрезеровать деталь по плоскости, выдерживая размеры согласно эскизу;
2. Фрезеровать фланец по контуру на глубину $24 \pm 0,5$ мм (с 3-х сторон), выдерживая размеры согласно эскизу;
3. Фрезеровать фланец на глубину 6-0,5 со стороны штуцера $M22 \times 1,5 - 6g$, выдерживая размеры согласно эскизу;
4. Фрезеровать подсечку $\varnothing 60 + 0,3$ на глубину $1 \pm 0,5$ мм;
5. Сверлить 4 отверстия $\varnothing 4,91 + 0,08$ на глубину $16 \pm 0,5$, выдерживая размер $\varnothing 78 \pm 0,05$;
6. Нарезать в 4 отверстиях резьбу $M6 - 6H$ на глубину $14 \pm 0,5$, выдерживая размер $\varnothing 78 \pm 0,05$;
7. Сверлить отверстие $\varnothing 10,63 + 0,16$ под резьбу $M12 \times 1,5 - 6H$ на глубину $25 \pm 1,0$;
8. Нарезать резьбу $M12 \times 1,5 - 6H$ на глубину $23 \pm 1,0$.

II. Операция 070. Токарная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Станочное приспособление:

1. Патрон трехкулачковый;
2. Оправка резьбовая;
3. Стойка С-I-28-100 × 40 ГОСТ 10197-70;
4. 2 МИГ 0-2-0,002.

Режущий инструмент:

1. Резец подрезной 2112-0061 ГОСТ 10197-70.

Мерительный инструмент:

1. Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89.

Переходы:

1. Установить и закрепить деталь, раскрепить и снять деталь;
2. Подрезать торец в размер 87,8 – 0,1 мм;
3. Точить $\varnothing 35,5 - 0,3$ на $L = 28 \pm 0,3$ мм.

III. Операция 080. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Станочное приспособление:

1. Патрон трехкулачковый;
2. Стойка С-I-28-100 × 40 ГОСТ 10197-70;
3. Индикатор 2 МИГ 0-2-0,002.

Режущий инструмент:

1. Резец подрезной 2112-0061 ГОСТ 10197-70;
2. Сверло $\varnothing 20$ 2300-2534 ГОСТ 10902-77;
3. Сверло $\varnothing 12,4$ 2300-2646 ГОСТ 10902-77;
4. Сверло $\varnothing 18$ 2300-2675 ГОСТ 10902-77;
5. Резец расточной 2141-0023 P18 ГОСТ 18883-73;
6. Резец канавочный 2120-0519 ГОСТ 18874-73.

Мерительный инструмент:

1. Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89;
2. Штангенглубиномер ШГ-160-0,05 ГОСТ 162-90;
3. Калибр-пробка $\varnothing 12,4H12$ ГОСТ 21401-75;
4. Калибр-пробка $\varnothing 20H9$ ГОСТ 21401-75;

5. Нутромер индикаторный 18-50-0,01 ГОСТ 868-82;
6. Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93.

Переходы:

0. Установить и закрепить деталь, раскрепить и снять деталь;
1. Подрезать торец в размер $87,7 - 0,1$, выдерживая размер $19 - 0,2$ мм;
2. Сверлить отверстие $\varnothing 20 + 0,3$ на $L = 45 \pm 0,3$ мм;
3. Сверлить отверстие $\varnothing 12,4H12$ на $L = 81,8 + 0,2$ мм;
4. Рассверлить отверстие до $\varnothing 18 + 0,3$ на $L = 77,8 \pm 0,1$ мм;
5. Расточить, выдерживая $\varnothing 62 + 0,3$ мм и $14 + 0,2$;
6. Расточить, выдерживая $\varnothing 27,5 + 0,3$ мм и $26 \pm 0,2$;
7. Расточить, выдерживая $\varnothing 21 + 0,3$ мм и $46,5 \pm 0,2$;
8. Расточить, выдерживая $\varnothing 24 + 0,3$ мм и $46,5 \pm 0,2$;
9. Расточить, выдерживая $\varnothing 20H9$;
10. Расточить, выдерживая размеры: $20,5H12$, $77,8 \pm 0,1$, $15 \pm 0,2$, $R2 \pm 0,5$;
11. Расточить канавку, выдерживая: $\varnothing 30H12$, $54,8 \pm 0,1$, $15 \pm 0,2$, $R2 \pm 0,5$.

IV. Операция 085. Комбинированная с ЧПУ.

Оборудование: Токарный обрабатывающий центр DMG CTX 510 есо.

Станочное приспособление:

1. Специальное приспособление СМ12-71.60.00;

Режущий инструмент:

1. Резец подрезной 2112-0061 P18 ГОСТ 18880-83;
2. Фреза концевая СМ12-71.20.00;
3. Резец резьбовой 2662-0005 1,5 P18 ГОСТ 18885-73;
4. Резец расточной 2141-0002 P18 ГОСТ 18883-73;
5. Резец канавочный 2120-0519 P18 ГОСТ 18874-73;
6. Резец резьбовой 2662-0001 1,5 P18 ГОСТ 18885-73.

Мерительный инструмент:

1. Штангенциркуль ШЦ II-250-0,05 ГОСТ 166-89;
2. Штангенрейсмас ШР 250-0,05 ГОСТ 164-90;
3. Микрометр МК 75-100-0,01 ГОСТ 6507-90;
4. Штангенфаскомер СМ12-71.40.00;
5. Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93;
6. Кольцо 8211-0112 6g ГОСТ 17763-72;
7. Кольцо 8211-1112 6g ГОСТ 17764-72;
8. Угломер типа 2-2 ГОСТ 5378-88;
9. Кольцо 21.30.066 ГОСТ 2832-77;
10. Калибр-пробка 8133-1912 H12 ГОСТ 14810-69;
11. Калибр-пробка 8261-3155 H8 ГОСТ 17756-72;

12. Нутромер индикаторный 18-50-0,01 ГОСТ 868-82;
13. Микроскоп ММИ-2 с радиусной и угловой головками ГОСТ 599-72;
14. Компар-С ТУ 2243-015-0048 2134-2001.

Переходы:

0. Установить и закрепить деталь, раскрепить и снять деталь;
1. Подрезать торец, выдержав $60 \pm 0,2$ мм;
2. Сверлить отверстие $\varnothing 12 \pm 0,3$ напроход;
3. Расфрезеровать отверстие до $\varnothing 20 \pm 0,3$ на $L = 15 \pm 0,2$, выдерживая размер $44 \pm 0,1$ мм;
4. Снять фаску $1,6 \times 45^\circ$
5. Точить, выдерживая: $\varnothing 29,85 - 0,12$ (под резьбу $M30 \times 1,5 - 6g$), $2,5 \pm 0,2$, $R0,5 \pm 0,3$, $\angle 45^\circ$;
6. Точить, выдерживая: $\varnothing 27,8h12$, $15 \pm 0,2$, $R1 \pm 0,5$, $\angle 45^\circ$;
7. Нарезать резьбу $M30 \times 1,5 - 6g$;
8. Расточить, выдерживая: $\varnothing 21H9$, $15 \pm 0,2$, $\angle 15^\circ \pm 1^\circ$;
9. Расточить, выдерживая: $\varnothing 18,63 + 0,16$ (под резьбу $M20 \times 1,5 - 6H$), $\angle 45^\circ$;
10. Расточить, выдерживая: $\varnothing 17H8$, $4 \pm 0,2$, $R0,2 \pm 0,1^*$;
11. Расточить $\varnothing 14H12$ напроход;
12. Расточить, выдерживая: $\varnothing 20,7H12$, $31 \pm 0,2$, $3 \pm 0,2^*$, $R0,2 \pm 0,1^*$, $R0,5 \pm 0,3^*$;
13. Снять фаску $0,5 \times 45^\circ$;
14. Нарезать резьбу $M20 \times 1,5 - 6H$.

V. Операция 115. Фрезерная с ЧПУ.

Оборудование: Станок специальный фрезерный FKr-SRS-250.

Станочное приспособление: УСП.

Режущий инструмент: Фреза фасонная CM12-71.30.00.

Мерительный инструмент:

1. Штангенциркуль цифровой ШЦЦ I-150-0,01 ГОСТ 166-89;
2. Радиусные шаблоны РШ-1 ГОСТ 4126-82.

Переходы:

1. Установить и закрепить деталь, раскрепить и снять деталь;
2. Фрезеровать $R3 \pm 0,3$, не зарезая боковой штуцер.

6. Расчеты режимов резания

Скорость резания $v_{тб}$ рассчитывают по эмпирическим формулам, установленным для каждого вида обработки. Они все имеют общий вид:

$$v_{тб} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}.$$

Значения коэффициента C_v и показателей степени, содержащихся в этих формулах, период стойкости T инструмента, применяемого для данного вида обработки, приведены в справочной литературе, например в справочнике технолога-машиностроителя. Вычисленная с использованием табличных данных скорость резания $v_{тб}$ учитывает конкретные значения глубины резания t , подачи s и стойкости T , и действительна для определенных табличных значений ряда других факторов. Поэтому для получения действительного значения скорости резания v с учетом конкретных значений упомянутых факторов вводится поправочный коэффициент K_v . Тогда действительная скорость резания определяется так:

$$v = v_{тб} K_v.$$

Коэффициент K_v является произведением ряда коэффициентов, где важнейшими из них считаются:

- 1) K_{Mv} – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;
- 2) $K_{Пv}$ – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;
- 3) $K_{Иv}$ – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

Стойкость T – период работы инструмента до затупления, приводимый для различных видов обработки, соответствует условиям инструментальной обработки. Он зависит от числа одновременно работающих инструментов, отношения времени резания ко времени рабочего хода, материала инструмента, вида оборудования и т.д.

6.1. Торцевое фрезерование

Торцевое фрезерование осуществляется торцевыми фрезами по схеме, приведенной на рис. 3.

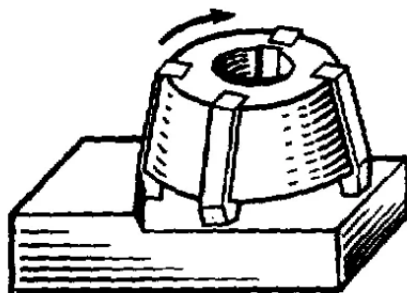


Рисунок 3 – Схема торцевого фрезерования

Глубина фрезерования t и ширина фрезерования B – понятия, связанные с размерами слоя заготовки, срезаемого при фрезеровании. При торцовом фрезеровании глубина фрезерования t , определяющая длину лезвия зуба фрезы, участвующую в резании, отсчитывают в направлении, параллельном оси фрезы. Ширину фрезерования B , определяющую продолжительной контакта зуба фрезы с заготовкой, считают в направлении, перпендикулярном оси фрезы. Диаметр фрезы при этом принимается на 20..50 % больше, чем ширина заготовки.

При фрезеровании с частотой вращения фрезы n и числом зубьев фрезы z различают подачу на один зуб s_z , подачу на один оборот фрезы s_n и минутную подачу s_m , которые находятся в следующем соотношении:

$$s_m = s_n n = s_z z n .$$

Исходной величиной подачи при черновом фрезеровании является величина ее на один зуб s_z , а при чистовом фрезеровании – на один оборот фрезы s_n , по которой для дальнейшего использования вычисляют величину подачи на один зуб s_z .

Окружная скорость фрезы или скорость резания v вычисляется по формуле ниже, где значения коэффициентов можно определить в справочной литературе:

$$v = K_v \cdot \frac{C_v D^q}{T^m t^x s_y B^n z^p} .$$

Далее будет приведен пример расчета на основе **Операции 025 Перехода 1**.

Исходные данные:

- 1) Режущий инструмент: фреза торцевая 2214-0501 ГОСТ 16223-81.
- 2) Материал зуба: сталь Р6М5;
- 3) Диаметр фрезы $D = 100$ мм;
- 4) Число зубьев $z = 4$;
- 5) Глубина резания $t = 2$ мм;
- 6) Ширина фрезерования $B = 126$ мм.

Данной фрезе и материалу обработки соответствуют:

- 1) Подача на один зуб $s_z = s = 0,2$ мм, т.к. глубина фрезерования небольшая;
- 2) $C_v = 155$;
- 3) $q = 0,25$;
- 4) $x = 0,1$;
- 5) $y = 0,4$;
- 6) $n = 0,15$;
- 7) $p = 0,1$;
- 8) $m = 0,2$;
- 9) $T = 180$ мин;
- 10) $K_{Mv} = 1,0$ для сплава АК6-Т1;
- 11) $K_{Пv} = 0,9$ для проката АК6-Т1;
- 12) $K_{Иv} = 1,0$ для Р6М5.

Тогда скорость резания

$$v = K_v \cdot \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y B^n z^p} = 0,9 \cdot \frac{155 \cdot 100^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 2^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 126^{0,15} \cdot 4^{0,1}} \approx 117 \text{ м/мин}$$

Частота вращения инструмента

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 117}{100\pi} \approx 372 \text{ об/мин}$$

6.2. Фрезерование

Фрезерование в рассматриваемых операциях осуществляется либо концевыми, либо фасонными фрезами по схеме, представленной на рис. 4.

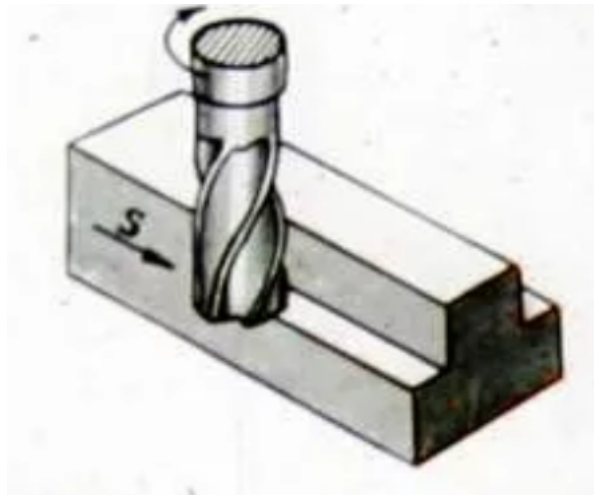


Рисунок 4 – Схема фрезерования концевой фрезой

Теория процесса та же, за исключением того, что теперь глубина фрезерования t и ширина фрезерования B имеют смысл, противоположный тому, что был при торцевом фрезеровании.

Пример расчета на основе **Операции 025 Перехода 2.**

Исходные данные:

- 1) Режущий инструмент: фреза концевая 92.2223-0357 ОСТ 92.3172-83.
- 2) Материал зуба: сталь Р6М5;
- 3) Диаметр фрезы $D = 20$ мм;
- 4) Число зубьев $z = 2$;
- 5) Глубина резания $t = 20$ мм;
- 6) Ширина фрезерования $B = 24$ мм.

Данной фрезе и материалу обработки соответствуют:

- 1) Подача на один зуб $s_z = s = 0,1$ мм;
- 2) $C_V = 185,5$;
- 3) $q = 0,45$;
- 4) $x = 0,3$;
- 5) $y = 0,2$;
- 6) $n = 0,1$;
- 7) $p = 0,1$;
- 8) $m = 0,33$;
- 9) $T = 120$ мин;
- 10) $K_{Mv} = 1,0$ для сплава АК6-Т1;
- 11) $K_{Pv} = 0,9$ для проката АК6-Т1;
- 12) $K_{Iv} = 1,0$ для Р6М5.

Тогда скорость резания

$$v = K_v \cdot \frac{C_V D^q}{T^m t^x s^y B^n Z^p} = 0,9 \cdot \frac{185,5 \cdot 20^{0,45}}{120^{0,33} \cdot 20^{0,3} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 24^{0,1} \cdot 2^{0,1}} \approx 122 \text{ м/мин}$$

Частота вращения инструмента

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 122}{20\pi} \approx 2000 \text{ об/мин}$$

6.3. Точение

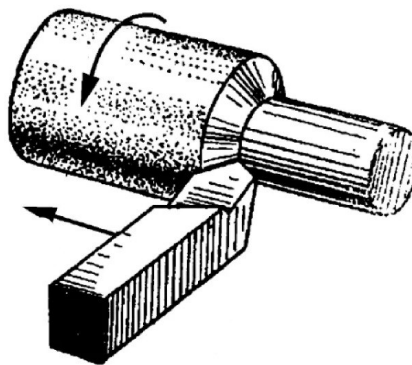


Рисунок 5 – Схема точения

Глубина резания t при черновом точении и отсутствии ограничений по мощности оборудования, а также жесткости системы СПИЗ принимается равной припуску на обработку. При чистовом точении припуск срезается за два прохода и более. На каждом последующем проходе следует назначать меньшую глубину резания, чем на предшествующем.

При параметре шероховатости обработанной поверхности $Ra = 3,2$ мкм включительно глубина резания $t = 0,5..2,0$ мм, а при шероховатости $Ra \geq 0,8$ мкм глубина резания $t = 0,1..0,4$ мм.

Подача s при черновом точении принимается максимально допустимой по мощности оборудования, жесткости системы СПИЗ, прочности режущей пластины и прочности державки. Рекомендуемые подачи при черновом наружном точении и черновом растачивании находятся в справочной литературе. Подачи при чистовом точении выбираются в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности и радиуса при вершине резца.

При прорезании пазов и отрезании величина поперечной подачи зависит от свойств обрабатываемого материала, размеров паза и диаметра обработки.

Скорость резания v при наружном продольном и поперечном точении и растачивании рассчитывается по эмпирической формуле:

$$v = K_v \cdot \frac{C_v}{T^m t^{xy}}.$$

А при отрезании, прорезании и фасонном точении – по формуле:

$$v = K_v \cdot \frac{C_v}{T^m s^y}.$$

Среднее значение стойкости $T = 30..60$ мин при одноинструментальной обработке. Значения коэффициента C_v и других показателей степеней можно найти в справочных таблицах. Нижние значения подач соответствуют меньшим размерам державки резца и более прочным обрабатываемым материалам, верхние значения подач – большим размерам державки и менее прочным обрабатываемым материалам.

При внутренней обработке (растачивании, прорезании канавок в отверстиях, внутреннем фасонном точении) необходимо принимать скорость резания, равную скорости резания для наружной обработки с введением поправочного коэффициента 0,9.

При токарной обработке наряду с поправочным коэффициентом K_{iv} , учитывающим влияние инструментального материала на скорость резания, необходимо учитывать влияние параметров резца.

Важно отметить, что отделочная токарная обработка имеет ряд особенностей, отличающих ее от чернового и межоперационного точения, поэтому рекомендуемые режимы резания при тонком (алмазном) точении на быстроходных токарных станках повышенной точности и расточных станках также приведены в соответствующих таблицах справочной литературы.

Далее приведен пример расчета режима точения для **Операции 070 Перехода 2**.

Исходные данные:

- 1) Режущий инструмент: резец подрезной 2112-0061 P18 ГОСТ 18880-83;
- 2) Размер державки резца $h \times b = 25 \times 16$ мм;
- 3) Диаметр детали $D = 36$ мм;
- 4) Глубина резания $t = 0,5$ мм.

Данному резцу и материалу обработки соответствуют:

- 1) Подача $s = 0,5$ мм;
- 2) $C_V = 328$;
- 3) $x = 0,12$;
- 4) $y = 0,5$;
- 5) $m = 0,28$;
- 6) $T = 60$ мин;
- 7) $K_{Mv} = 1,0$ для сплава АК6-Т1;
- 8) $K_{Пv} = 0,9$ для проката АК6-Т1;
- 9) $K_{Иv} = 1,0$ для Р18;
- 10) $K_{\varphi v} = 0,7$ для главного угла в плане $\varphi = 90^\circ$;
- 11) $K_{\varphi_{1v}} = 1,0$ для вспомогательного угла в плане $\varphi_1 = 0^\circ$;
- 12) $K_{1v} = 0,94$ для радиуса при вершине резца $r = 1$ мм.

Тогда скорость резания

$$v = K_v \cdot \frac{C_V}{T^m t^x s^y} = 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0,94 \cdot \frac{328}{60^{0,28} \cdot 0,5^{0,12} \cdot 0,5^{0,5}} \approx 95 \text{ м/мин.}$$

Частота вращения заготовки

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 95}{36\pi} \approx 840 \text{ об/мин}$$

6.4. Сверление

При сверлении глубина резания $t = 0,5D$ (рис. 6, а), а при рассверливании, зенкерования и развертывании $t = 0,5(D - d)$ (рис. 6, б).

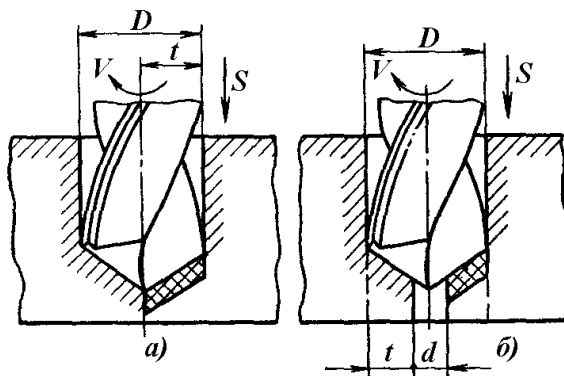


Рисунок 6 – Схема сверления

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбирают максимально допустимую по прочности сверла подачу. При рассверливании отверстий подача, рекомендованная для сверления, может быть увеличена до 2-х раз. Однако при наличии ограничивающих факторов подачи при сверлении и рассверливании равны.

Точность с использованием стандартных подач обычно не превышает 12-го квалитета в условиях жесткой технологической системы и глубины отверстия $l \leq 3D$. Если глубина отверстия больше, то вводят поправочные коэффициенты: 0,9 для отверстий $l \leq 5D$ и 0,75 для $l \leq 10D$. Для достижения более высокой точности (9-11 квалитеты), а также при подготовке отверстий под следующую обработку их одной разверткой или под нарезание резьбы метчиком следует вводить поправочный коэффициент $K = 0,7$.

Подачу следует уменьшать при чистовом развертывании в один проход с точностью по 9-11 квалитетам и параметром шероховатости поверхности $Ra = 3,2 \dots 6,3$ мкм или при развертывании под полирование и хонингование, умножая на коэффициент $K = 0,8$.

Скорость резания v при сверлении можно вычислить по формуле:

$$v = K_v \cdot \frac{C_v D^q}{T^m s^y}.$$

А при рассверливании, зенкерования и развертывании по зависимости:

$$v = K_v \cdot \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y}.$$

Значения коэффициентов C_v , показателей степени и значения периода стойкости T для сверления, рассверливания, зенкерования и развертывания приведены в справочной литературе.

Общий поправочный коэффициент на скорость резания, учитывающий фактические условия резания, можно вычислить как:

$$K_v = K_{Mv} K_{Ev} K_{lv}.$$

При этом K_{Mv} – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал, K_{Ev} учитывает инструментальный материал, а K_{lv} – коэффициент, учитывающий глубину сверления.

Далее приведен пример расчета режима сверления для **Операции 025 Перехода 5**.

Исходные данные:

- 1) Режущий инструмент: сверло 2301-0032 ГОСТ 10903-77;
- 2) Материал сверла: сталь Р6М5;
- 3) Диаметр сверла $D = 4,9$ мм;
- 4) Глубина резания $t = 2,45$ мм;
- 5) Глубина отверстия $l = 16$ мм.

Данному сверлу и материалу обработки соответствуют:

- 1) Подача $s = 0,24$ мм;
- 2) $C_v = 36,3$;
- 3) $q = 0,25$;
- 4) $y = 0,55$;
- 5) $m = 0,12$;

- 6) $T = 25$ мин;
- 7) $K_{Mv} = 1,0$ для сплава АК6-Т1;
- 8) $K_{Iv} = 1,0$ для Р6М5;
- 9) $K_{lv} = 0,9$

Тогда скорость резания

$$v = K_v \cdot \frac{C_v D^q}{T^{m_{sy}}} = 0,9 \cdot \frac{36,3 \cdot 4,5^{0,25}}{25^{0,12} \cdot 0,24^{0,55}} \approx 71 \text{ м/мин}.$$

Частота вращения инструмента

$$n = \frac{1000v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 71}{4,5\pi} \approx 5000 \text{ об/мин}.$$

7. Расчет операционного времени

Расчет штучного времени операции, состоящей из n переходов, производится по формуле:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{п.з.}} + \sum_{i=1}^n (t_o + t_b) ,$$

где t_o – основное (машинное) время, мин;

$t_b = 0,1t_o$ – вспомогательное время;

Основное время t_o для многих операций считается по формуле:

$$t_o = \frac{li}{sn} ,$$

где l – расчетная длина рабочего хода режущего инструмента, т.е. путь, проходимый режущим инструментом в направлении подачи, мм;

i – число рабочих ходов режущего инструмента;

n – частота вращения шпинделя станка, об/мин;

s – подача режущего инструмента, мм/об.

Подготовительно-заключительное время $t_{\text{п.з.}}$ нормируется на партию деталей, и часть его, приходящаяся на одну деталь, включается в норму штучного времени. Оно включает в себя: время на получение задания, ознакомление с работой, получение режущего инструмента, настройку оборудования на выполнение данной работы, пробную обработку детали, сдачу продукции и сдачу инструмента и приспособлений.

Оно складывается из времени:

1. Наладки обрабатывающего центра МАНО MC-5-HS – 77 мин;
2. Наладки токарного обрабатывающего центра DMG CTX 510 есо – 91 мин;
3. Наладки фрезерного станка FKr-SRS-250 – 31 мин;

При этом количество деталей в серии равно 100 шт. Отсюда часть подготовительно-заключительного времени, приходящаяся на одну деталь:

$$t_{\text{п.з.1}} = \frac{77 + 91 + 31}{100} = 1,99 \text{ мин}$$

В качестве примера будет рассмотрен расчет операционного времени **Операции 25**.

Переход 1

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 126$ мм;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,2$ мм/об;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 372$ об/мин.

$$t_o = \frac{li}{sn} = \frac{126 \cdot 1}{0,2 \cdot 372} = 1,69 \text{ мин}$$

$$t_b = 0,1t_o = 0,1 \cdot 1,69 = 0,17 \text{ мин}$$

Переход 2

- 5) Длина линии резания с учетом перебега $l = 453$ мм;
- 6) Подача режущего инструмента $s = 0,1$ мм/об;
- 7) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 8) Частота вращения шпинделя станка $n = 2000$ об/мин.

$$t_o = \frac{li}{sn} = \frac{453 \cdot 1}{0,1 \cdot 2000} = 2,27 \text{ мин}$$

$$t_b = 0,1t_o = 0,1 \cdot 2,265 = 0,23 \text{ мин}$$

Переход 3

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 56$ мм;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,15$ мм/об;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 1800$ об/мин.

$$t_o = \frac{li}{sn} = \frac{56 \cdot 1}{0,15 \cdot 1800} = 0,21 \text{ мин}$$

$$t_b = 0,1t_o = 0,1 \cdot 0,21 = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 4

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 462$ мм;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,15$ мм/об;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 3500$ об/мин.

$$t_o = \frac{li}{sn} = \frac{462 \cdot 1}{0,15 \cdot 3500} = 0,88 \text{ мин}$$

$$t_b = 0,1t_o = 0,1 \cdot 0,88 = 0,09 \text{ мин}$$

Переход 5

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 275$ мм;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,24$ мм/об;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 5000$ об/мин.

$$t_o = \frac{li}{sn} = \frac{275 \cdot 1}{0,24 \cdot 5000} = 0,23 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,1t_0 = 0,1 \cdot 0,23 = 0,02 \text{ мин}$$

Переход 6

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 708 \text{ мм}$;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,25 \text{ мм/об}$;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 8000 \text{ об/мин}$.

$$t_0 = \frac{li}{sn} = \frac{708 \cdot 1}{0,25 \cdot 8000} = 0,35 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,1t_0 = 0,1 \cdot 0,35 = 0,04 \text{ мин}$$

Переход 7

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 25 \text{ мм}$;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,35 \text{ мм/об}$;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 2600 \text{ об/мин}$.

$$t_0 = \frac{li}{sn} = \frac{25 \cdot 1}{0,35 \cdot 2600} = 0,03 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,1t_0 = 0,1 \cdot 0,03 = 0,01 \text{ мин}$$

Переход 8

- 1) Длина линии резания с учетом перебега $l = 23 \text{ мм}$;
- 2) Подача режущего инструмента $s = 0,55 \text{ мм/об}$;
- 3) Число рабочих ходов $i = 1$;
- 4) Частота вращения шпинделя станка $n = 2000 \text{ об/мин}$.

$$t_0 = \frac{li}{sn} = \frac{23 \cdot 1}{0,55 \cdot 2000} = 0,02 \text{ мин}$$

$$t_{\text{в}} = 0,1t_0 = 0,1 \cdot 0,02 = 0,01 \text{ мин}$$

Итого штучное время операции:

$$t_{\text{шт}} = \sum_{i=1}^n (t_0 + t_{\text{в}}) = 6,26 \text{ мин}$$

черновой обработки, а небольшое количество зубьев позволяет снимать больше материала за счет увеличенного объема отводной канавки. Конструкция фрезы представлена на рис. 8.

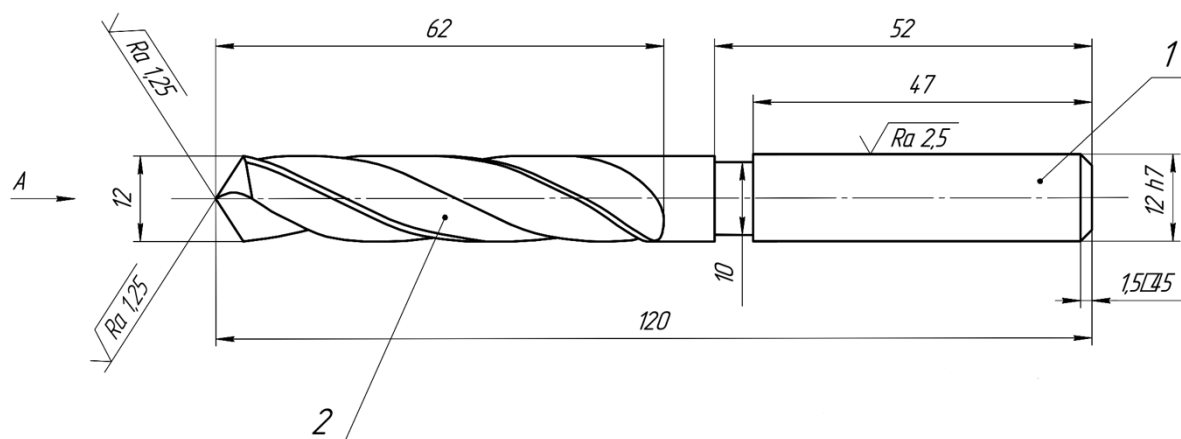


Рисунок 8 – Чертеж концевой фрезы

8.3. Фреза специальная фасонная

Фреза специальная фасонная (или радиусная) СМ12-71.30.00 предназначена для создания скруглений радиусом 3 мм. Обработка линии пересечения поверхностей заготовки осуществляется посредством поступательного движения шпинделя с вращающейся фрезой и вращательного движения поворотного стола, на котором располагается заготовка. Сложная геометрия скругления не позволяет обработать заготовку с помощью стандартных нецилиндрических радиусных фрез без конструирования специального приспособления для ориентации заготовки на столе. Поэтому сконструированный инструмент – относительно дешевое решение для выполнения подобных операций с заготовками из алюминия или меди, отличающимися небольшой твердостью. Конструкция фрезы приведена на рис. 9.

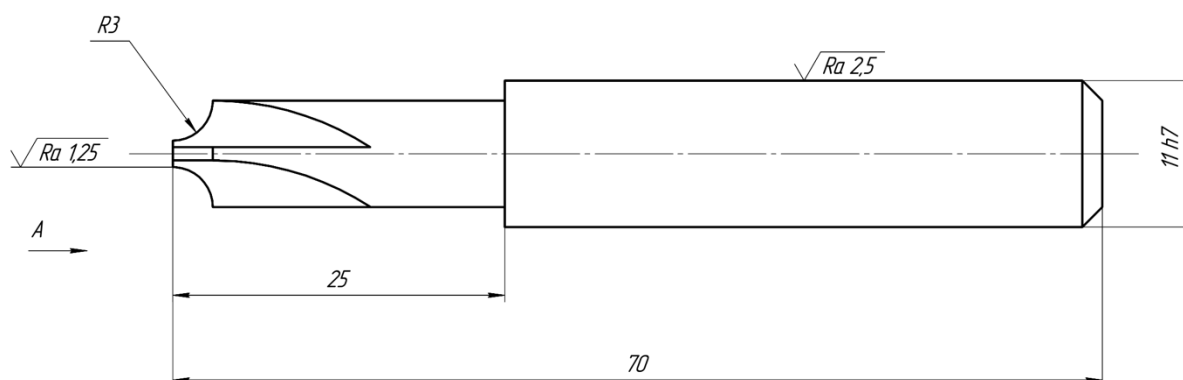


Рисунок 9 – Чертеж фасонной фрезы

8.4. Штангенфаскомер

Замыкает раздел конструирования специального инструмента штангенфаскомер – мерительный инструмент, предназначенный для быстрого измерения линейного размера фасок с углом наклона 45° . Его конструкция, состоящая из штанги 1 и рамки 2, берет за основу решения, реализованные в штангенциркуле ШЦ П-250-0,05 ГОСТ 166-89: заостренная неподвижная лапка, нониусная и измерительная шкалы и общий вид инструмента. В ходе проектирования была составлена нониусная шкала с ценой деления 4,5 мм, позволяющая производить измерения фасок с точностью до десятых долей миллиметра, была подобрана оптимальная длина неподвижной лапки, позволяющая измерять внешние фаски отверстий глубиной от 20 мм, также была совмещена длина подвижной лапки и измерительной шкалы, что позволило добиться измерения размеров фасок вплоть до 70 мм. Выступающий элемент неподвижной лапки делает возможным точную отметку “нулевого” положения за счет стопорения рамки. Преимущество предлагаемого инструмента заключается в способности быстро и с достаточной для практики точностью измерить размеры наружных фасок отверстий.

Принцип выполнения измерений с помощью штангенфаскомера прост.

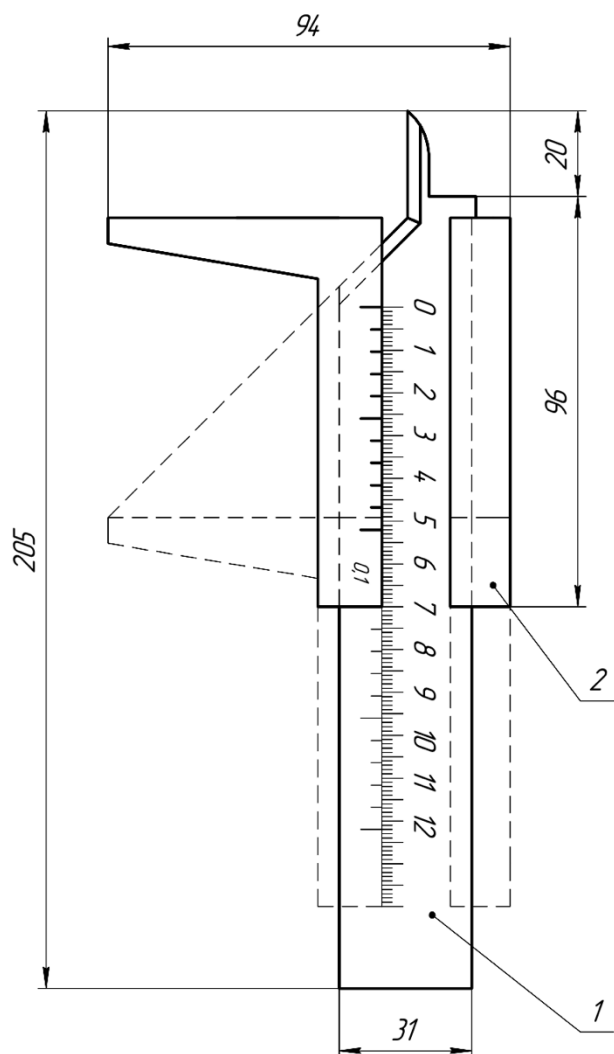


Рисунок 10 – Чертеж штангенфаскомера

Необходимо:

1. Совместить заостренную кромку неподвижной лапки штанги 1 штангенфаскомера с диаметральной размерной линией отверстия;
2. Плавное отодвинуть на себя рамку 2 до полного совмещения плоскости фаски и заостренной наклонной кромки штанги;
3. Убедиться, что плоскость подвижной лапки рамки полностью прилегает к торцу детали или заготовки;
4. Снять размер фаски с точностью до целых по измерительной шкале штанги;
5. Найти деление на нониусной шкале, совпадающее с одним из делений измерительной шкалы;
6. Отсчитать число делений нониусной шкалы вплоть до совпавшего деления;
7. Поделить число полученных делений нониусной шкалы на 10;
8. Прибавить полученный результат к линейному размеру, найденному в п. 4

9. Специальное станочное приспособление

9.1. Устройство и принцип работы

Разработанное универсальное станочное приспособление СМ12-71.60.00 для токарного обрабатывающего центра призвано обеспечить совмещение осей штуцеров корпусной детали и шпинделя токарного центра для их дальнейшей обработки. Достигается это посредством закрепления заготовки 9 в тройнике 7 приспособления на необходимом расстоянии от оси шпинделя 1. Вилка 2 посредством своей конструкции позволяет это расстояние регулировать, что делает приспособление пригодным для обработки корпусных деталей и тройников иной геометрии. Закрепление детали также производится посредством регулирования прихвата 5. Положение иных заготовок может фиксироваться лапой 3. Траверса 6 необходима для закрепления приспособления в токарном центре с помощью кулачков 4. Элементы конструкции соединяются друг с другом посредством резьбовых соединений и принятых по рекомендациям посадок. Для защиты шпинделя станка от стружки и СОЖ, возникаемых при обработке, на траверсу сажается диск 10. Для защиты оператора станка и в целях обеспечения должной работоспособности приспособления также в его конструкции предусмотрен барабан 8.

Максимальные габариты заготовки - $\varnothing 115 \times 135$ мм. Общий вид приспособления представлен на рис. 11.

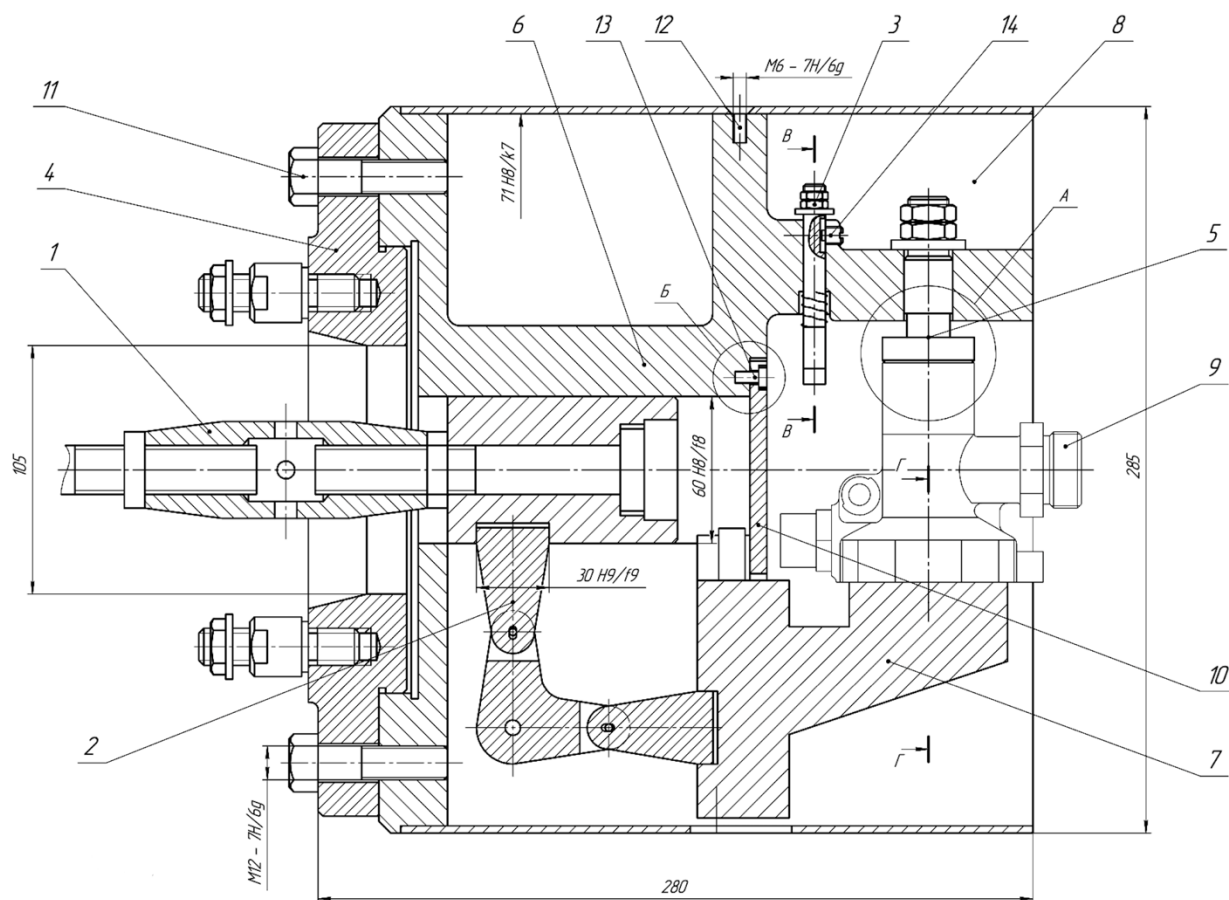


Рисунок 11 – Универсальное станочное приспособление

Для установки и дальнейшей обработки заготовки необходимо извлечь из приспособления тройник 7 и насадить на него заготовку, далее установить их в приспособление, закрепив тройник в вилке 2. С помощью регулирования заранее установленного прихвата 5 обеспечить соосность штуцера заготовки и шпинделя станка 1.

9.2. Расчет момента затяжки прихвата

Расчетная сила затяжки прижима с диаметром резьбы $d_p = 16$ мм и запасом прочности $[\sigma]_p = 150$ МПа

$$F_{\text{расч}} = \frac{\pi d_p^2 [\sigma]_p}{4} = \frac{\pi \cdot 16^2 \cdot 150}{4} = 30 \text{ кН}$$

Тогда сила предварительной затяжки болтов F_0 с учетом коэффициента запаса предварительной затяжки $K_{\text{зат}} = 1,2$ и коэффициентом $\chi = 0,2$ для соединений стальных деталей без упругих прокладок:

$$F_0 = \frac{F_{\text{расч}}}{1,3 + \frac{\chi}{K_{\text{зат}}(1 - \chi)}} = \frac{30}{1,3 + \frac{0,2}{1,2 \cdot (1 - 0,2)}} = 19,9 \text{ кН}$$

Из этого следует, что для обеспечения нераскрытия стыка одну из гаек М16 с размером под ключ $s = 22$ прижима необходимо затянуть с моментом:

$$M = F_0 s = 19,9 \cdot 22 = 438 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Чтобы обеспечить задуманную работу соединения с помощью контргайки, ее необходимо затянуть с моментом, большим чем момент затяжки основной гайки.

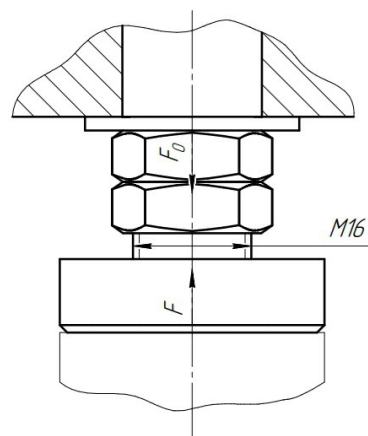


Рисунок 12 – Расчетная схема затяжки прижима

10. Стенд для испытаний на герметичность

10.1. Схема и алгоритм проведения испытаний

В качестве одного из видов контроля качества детали для описания было решено выбрать стенд для проведения испытаний на герметичность. Схема испытательной установки приведена на рис. 14. В качестве испытательной среды используется воздушно-гелиевая смесь (ВГС) с содержанием гелия не менее 50%. Гелий позволяет находить течи небольших размеров, однако его цена высока, поэтому воздух в составе смеси используется для поддержания необходимого давления без значительного увеличения стоимости испытаний.

Для исследования герметичности детали было разработано специальное приспособление СМ12-71.50.00 (рис. 13), включающее в себя заглушку СМ12-71.50.01, стаканы СМ12-71.50.02 и СМ12-71.50.03, диск СМ12-71.50.04, а также комплект стандартных изделий, предназначенных для сборки приспособления.

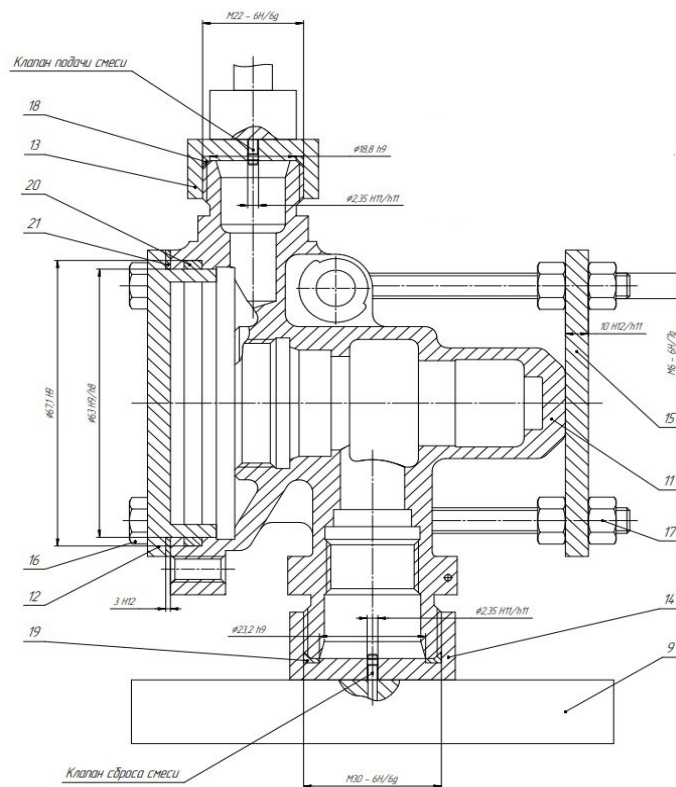


Рисунок 13 – Сборочный чертеж приспособления и детали

Заглушка СМ12-71.50.01 вставляется в корпус и крепится посредством болтового соединения к фланцу корпуса, при этом из-за конструктивных особенностей детали зафиксировать соединение в районе фланца возможным не представляется, поэтому 4 болта соединяются со специальным диском СМ12-71.50.04, опирающимся на одну из внешних поверхностей детали. В таком случае давления на торец детали почти не оказывается: нагнетаемое давление внутри корпуса уравнивается давлением, передающимся на диск с болтового соединения и фланца. Соединение заглушки и корпуса герметизируется двумя прокладками: по диаметру и по торцу детали.

Два оставшихся стакана СМ12-71.50.02 и СМ12-71.50.03 сопрягаются с деталью по резьбовым соединениям на верхнем и нижнем штуцерах соответственно. Дополнительно их соединение герметизируется комплектом стандартных резиновых прокладок. Также в верхнем и нижнем стаканах выполнены отверстия под клапаны подачи и сброса ВГС. Далее собранная конструкция устанавливается на стол испытательного бачка 9.

Посадки сопрягаемых деталей выбираются с учетом квалитетов точности корпусной детали и по общим рекомендациям ГОСТ 25347-82.

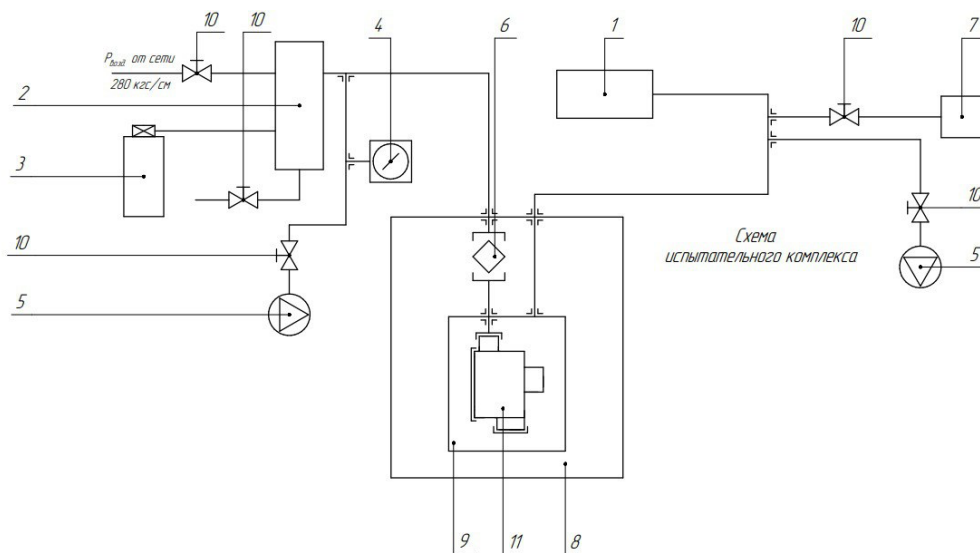


Рисунок 14 – Схема испытательного комплекса

Алгоритм проведения испытаний таков:

1. Установить корпус 11 с оснасткой в бачок 9, герметично закрыть бачок. Поместить бачок в бронекамеру 8, подсоединить бачок к схеме испытаний;
2. К бачку подсоединить гелиевый течеискатель 1 и закрыть бронекамеру;
3. Механическим насосом 5 провести вакуумирование контрольной течи 7 и бачка до давления не более $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.;
4. Отвакуумировать внутреннюю полость корпуса механическим насосом 5 до давления $p = -1$ кг/см². Давление контролировать по мановакууметру 4;
5. Подать воздух из магистрали и гелий из баллона 3 в пульт-смеситель 2, после чего в пульт-смесителе произвести смешивание гелия давлением не менее 24 кгс/см² с воздухом, доведя давление ВГС до требуемого $p = 44 \pm 0,9$ кгс/см². Подать ВГС в изделие. Давление контролировать по манометрам пульт-смесителя;
6. Испытать корпус на герметичность по ОСТ 92-1527-89 с помощью масс-спектрометрического анализа (выделение проникающего через течи пробного вещества путем разделения ионов смеси газов по отношению их массы к заряду и регистрации содержания пробного газа этой смеси);
7. После окончания испытаний сбросить давление до 0, произвести сброс гелия из полостей изделия в магистраль сброса, заполнить бачок атмосферным воздухом;
8. Вынуть бачок из камеры;
9. Осмотреть корпус на отсутствие механических повреждений и загрязнений визуально;
10. Разобрать схему испытаний.

10.2. Расчет предварительной силы затяжки болтового соединения

Известно, что внутреннюю полость детали нагружают давлением $p = 4,4$ МПа, а внутренний диаметр d заглушки равен 63 мм. Тогда сила, приходящаяся на каждый болт резьбового соединения фланца и заглушки

$$F = \pi p d^2 = \pi \cdot 4,4 \cdot 63^2 = 870 \text{ Н}$$

Расчетная сила затяжки болта с диаметром резьбы $d_p = 12$ мм и запасом прочности $[\sigma]_p = 150$ МПа

$$F_{\text{расч}} = \frac{\pi d_p^2 [\sigma]_p}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 150}{4} = 17 \text{ кН}$$

Можно определить силу предварительной затяжки болтов F_0 :

$$F_0 = \frac{F_{\text{расч}} - 0,2F}{1,3} = \frac{17 - 0,2 \cdot 0,87}{1,3} = 12,9 \text{ кН}$$

Из этого следует, что каждый из 4 болтов соединения необходимо затянуть силой 12,9 кН. Для гайки М6 диаметр под ключ s равен 10 мм. Тогда момент затяжки каждой из гаек соединения с внешней стороны диска (той, которая не прилегает к торцу детали)

$$M = F_0 s = 12,9 \cdot 10 = 129 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Остальные гайки в соединении затягивать с моментом, равным половине от полученного. Это позволит равномерно распределить нагрузку на торец детали во время испытания за счет равенства давления, действующего во внутренней полости детали, и давления, приходящегося на торец детали со стороны диска. Также такой момент затяжки позволит не допустить срыва резьбы фланца, оставляя ее почти ненагруженной на время проведения испытания.

Расчет моментов затяжки соединений стаканов и штуцеров можно провести аналогично, решив задачу на нагружение резьбового соединения растягивающей силой.

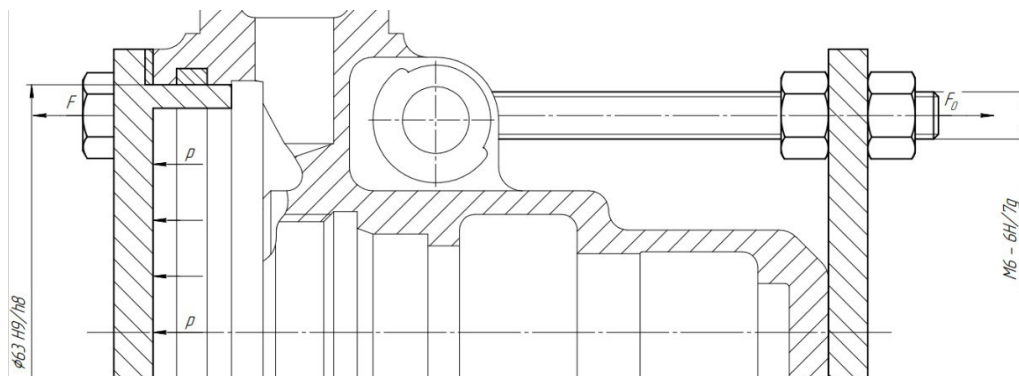


Рисунок 15 – Расчетная схема соединения

Заключение

В результате выполнения курсового проекта был разработан технологический процесс изготовления корпусной детали, в который входят маршрутный и операционный технологические процессы, виды станков для обработки, инструменты для обработки и способы контроля качества получаемой детали.

Также для выполнения некоторых из операций ТП были разработаны 6 уникальных сборочных единиц:

1. Резец специальный резьбовой СМ12-71.10.00;
2. Фреза специальная концевая СМ12-71.20.00;
3. Фреза специальная фасонная СМ12-71.30.00;
4. Штангенфаскомер СМ12-71.40.00;
5. Специальное приспособление для проверки детали на герметичность СМ12-71.50.00;
6. Универсальное станочное приспособление для токарного обрабатывающего центра СМ12-71.60.00.

Для операций были произведены соответствующие расчеты элементов режима резания и технической нормы времени, а также описаны методики применения спроектированных инструментов.

Список литературы

1. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник / Изд. 6-е. М., “Машиностроение”, 1971. – 340 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т., т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова; Мю; Изд-во “Машиностроение”, 1986. – 656 с.
3. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / А.И. Кондаков. – М.: КНОРУС, 2012. – 400 с.
4. Лукичев А.Н., Митрофанов Ф.М. Техническое нормирование операций технологического процесса. Методические указания к выполнению курсового и дипломного проектов / ЛИАП.Л., 1992. – 45 с.
5. Методические указания по выбору метода формообразования заготовки / Под ред. Н.Г. Ковалевской. – М.: Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1988. – 32 с.
6. Технологии ракетно-космического машиностроения / В.А. Тарасов, Л.А. Кошуба.; Под ред. д-ра техн. наук, проф. В.А. Тарасова. – изд. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 351 с.
7. Обработка металлов резанием: Справочник технолога / Под. общ. ред. канд. техн. наук А.А. Панова.: Изд-во “Машиностроение”, 1988 – 736 с.
8. Альбом контрольно-измерительных приспособлений / Ю.С. Степанов, Б.И. Афонасьев, А.Г. Схиртладзе, А.Е. Щукин, А.С. Ямников.; Под общ. ред. Ю.С. Степанова.; М.: Изд-во “Машиностроение”, 1998 – 184 с.
9. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во “Машиностроение”, 1983. – 277 с.
10. Делимбетова Л.И., Фролов А.В. Задачи и приемы по проектированию технологических процессов.; М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1989.
11. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособие для техникумов по предмету “Основы учения о резании металлов и режущий инструмент”. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: “Машиностроение”, 1990. – 448 с.
12. Кузнецов В.С., Пономарев В.А. Универсально-сборные приспособления в машиностроении. Альбом чертежей, 3-е издание, дополненное и переработанное.; М.: “Машиностроение”, 1971 г.
13. Марков В.В. Расчет режимов резания. Курсовое и дипломное проектирования по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Марков, А.В. Сметанников, П. И. Кискеев, Л.И. Лебедева, Д.А. Ветчинников. – Орел: Орел ГТУ, 2010. – 112 с.
14. Варламова Л.П., Тибанов В.П. Методические указания к выполнению домашнего задания по разделу “Соединения” курса “Основы конструирования деталей и узлов машин”/ Под ред. Л.П. Варламовой. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 88 с.