Задание на курсовую работу и методические указания к ее выполнению

Цели и задачи курсовой работы

Курсовая работа является самостоятельной работой студента, завершающей изучение курса «Основы технологий машиностроения».

Цель курсовой работы – научить студента применять теоретические знания для решения практических задач при проектировании технологических процессов изготовления деталей и сборки машин в условиях современного производства. Он включает элементы комплекса расчетно-графических работ при проектировании технологических процессов и призван решить следующие задачи:

- закрепить теоретические знания, полученные при изучении курса, и расширить технический кругозор за счёт изучения дополнительной специальной литературы;
- научить самостоятельно проводить необходимые размерные расчёты, связанные с обеспечением заданной точности при проектировании технологических процессов сборки;
- научить самостоятельно проектировать планы обработки каждой поверхности;
- научить самостоятельно проводить синтез структуры операционных размеров и технических требований взаимного расположения поверхностей для каждой операции технологического процесса;
- научить самостоятельно проводить построение технологических размерных цепей, их расчёт и анализ;
- научить заполнять технологическую документацию.

Задания на курсовую работу

Курсовая работа включает задания, связанные с проведением технологических размерных расчётов при проектировании процессов обработки детали.

Объём пояснительной записки курсовой работы 30…40 страниц, включая технологическую документацию.

Пояснительная записка оформляется с учётом требований ГОСТ 2.105-79 и ГОСТ 7-32-81.

Рукописный текст записки представляется на одной стороне листа писчей бумаги формата А4. Размеры полей: левого – 35 мм; правого – 10 мм; верхнего и нижнего – 20 мм.

Пояснительная записка должна иметь сквозную нумерацию страниц. Буквенные обозначения должны быть расшифрованы, указаны единицы измерения используемых в процессе вычисления величин.

Чертёж детали должен быть оформлен в соответствии с требованиями ЕСКД на формате А4, обычно в масштабе 1 : 1.

Карты эскизов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1103-82 и ГОСТ 3.1104-81 на бланках формата А4 по ГОСТ 3.1105-84, форма 5 или на листе бумаги формата А4. Методы оформления операционных эскизов подробно изложены в [4] и [5].

Маршрутная карта (МК) заполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1103-82 и общими требованиями к оформлению технологических карт по ГОСТ 3.1104-81.

Задание

1. Назначить: планы обработки поверхностей, структуру операционных технологических размеров и требований взаимного расположения поверхностей.

2. Провести размерный анализ технологического процесса, реализуемого в указанных условиях производства, определив все технологические размеры и возможность их выполнения автоматически на принятом оборудовании.

3. Заполнить маршрутную карту, вычертить операционные эскизы.

Задание выбирается по последней цифре шифра студента

0 – Втулка (рисунок 1), массовое производство (рисунок 2);
1 – Втулка (рисунок 1), среднесерийное производство (рисунок 3)
2 – Вал (рисунок 4), среднесерийное производство (рисунок 5);
3 – Вал (рисунок 4), крупносерийное производство (рисунок 6);
4 – Шток (рисунок 7), крупносерийное производство (рисунок 8,9);
5 - Шток (рисунок 7), среднесерийное производство (рисунок 10);
6 – Крышка (рисунок 11), массовое производство (рисунок 12);
7 – Крышка (рисунок 11), среднесерийное производство (рисунок 13);
8 – Валик (рисунок 14), среднесерийное производство (рисунок 15);
9 – Валик (рисунок 14), крупносерийное производство (рисунок 16).

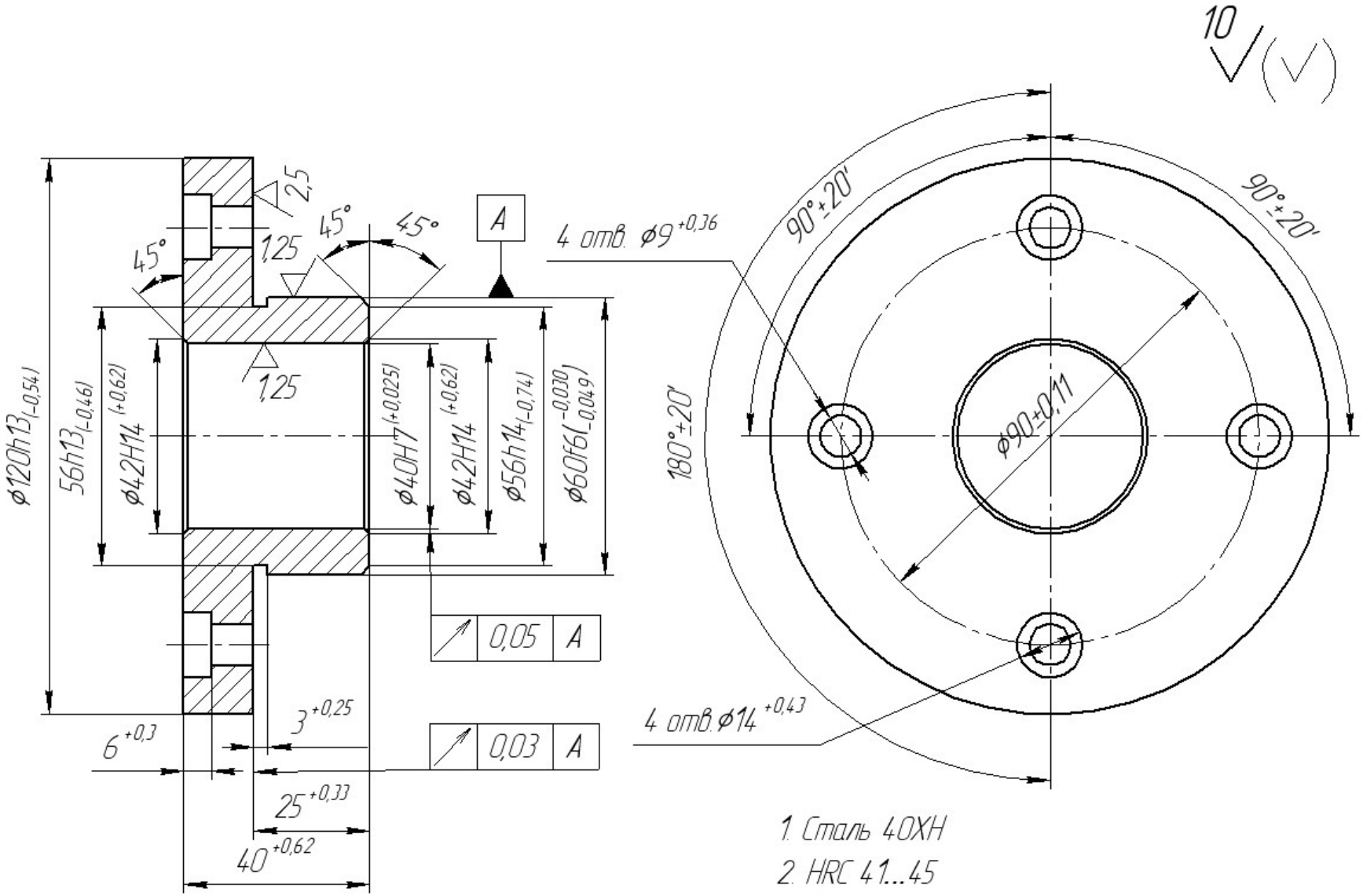


Рисунок 1 - Втулка

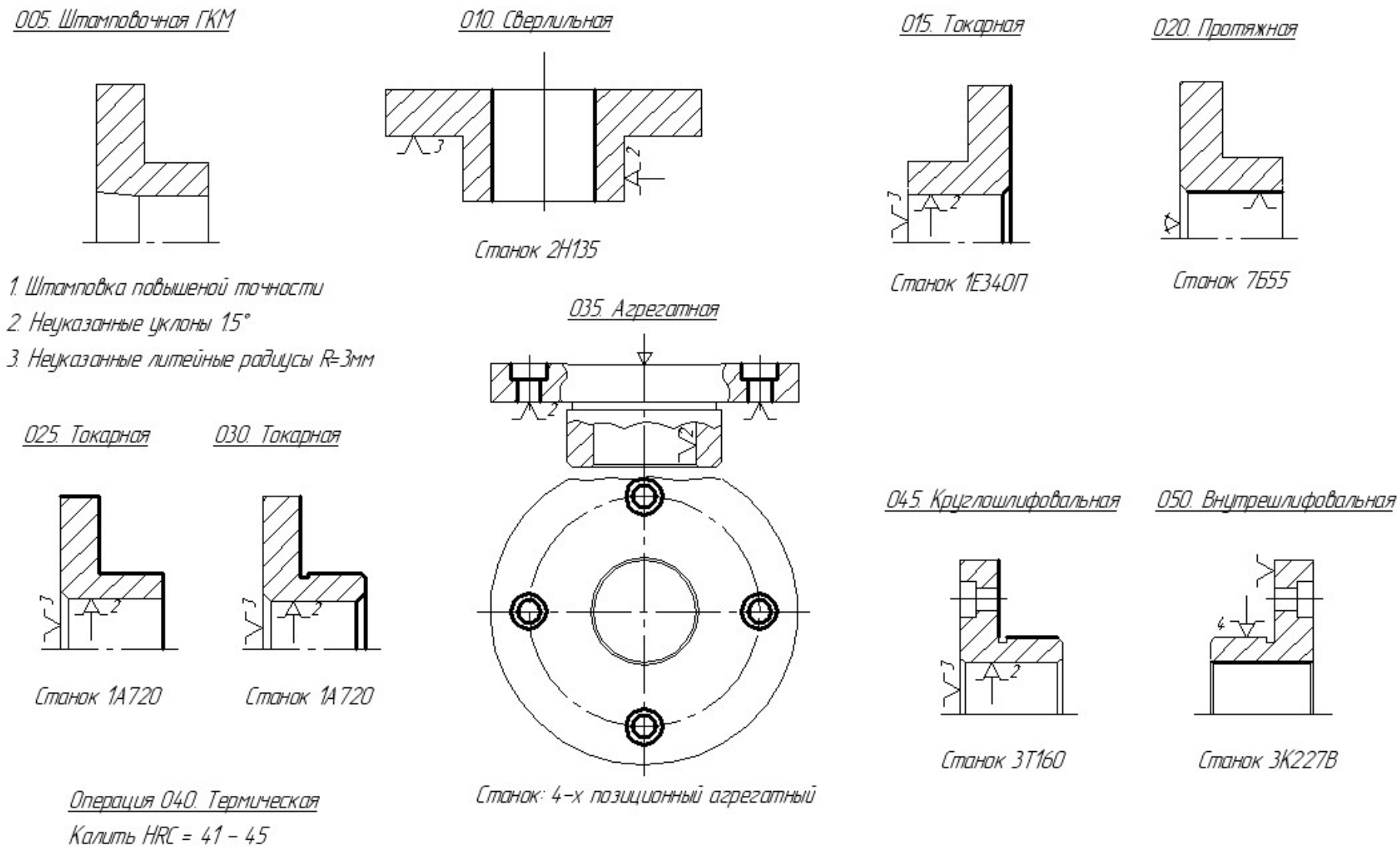


Рисунок 2 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления втулки (массовое производство)

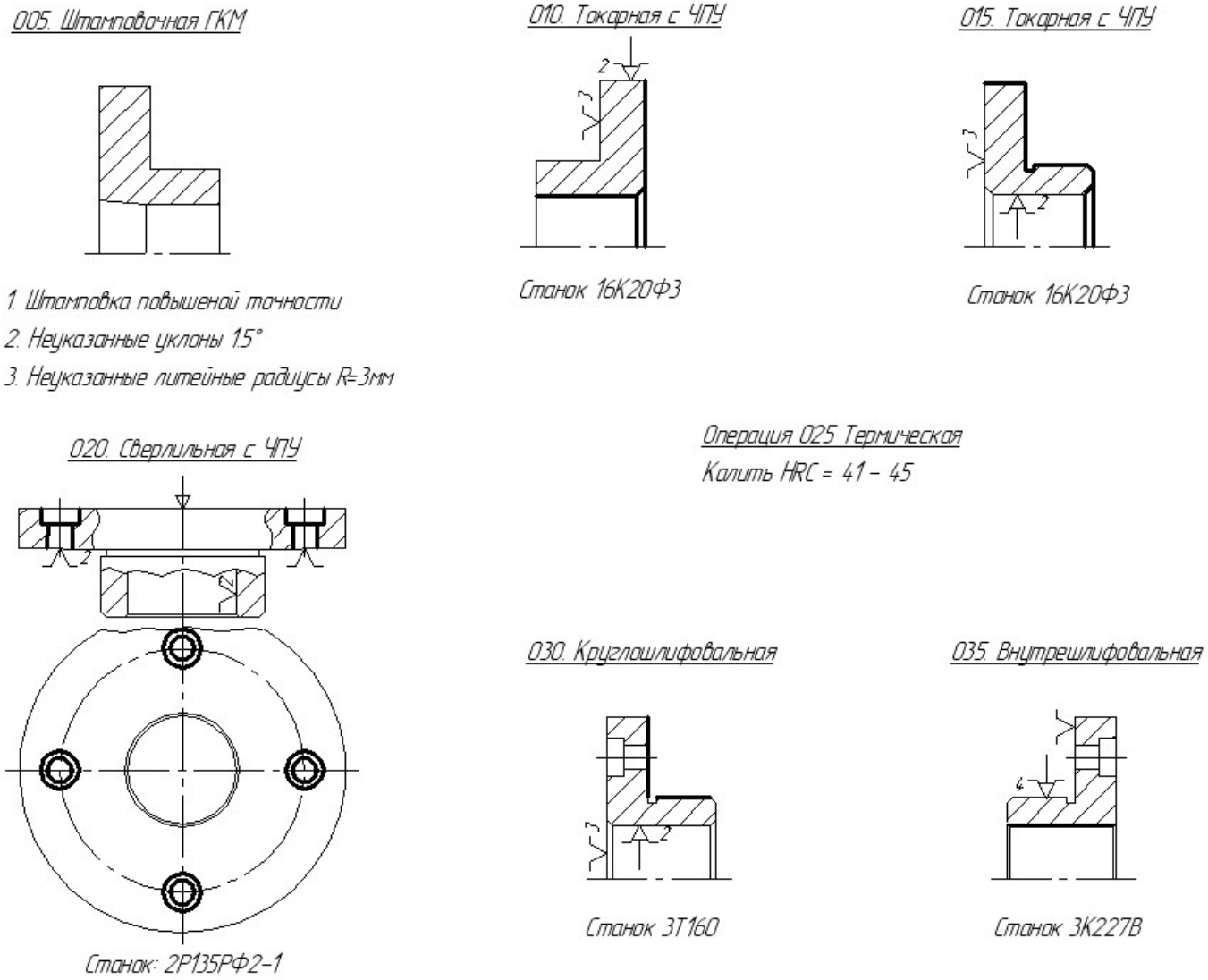
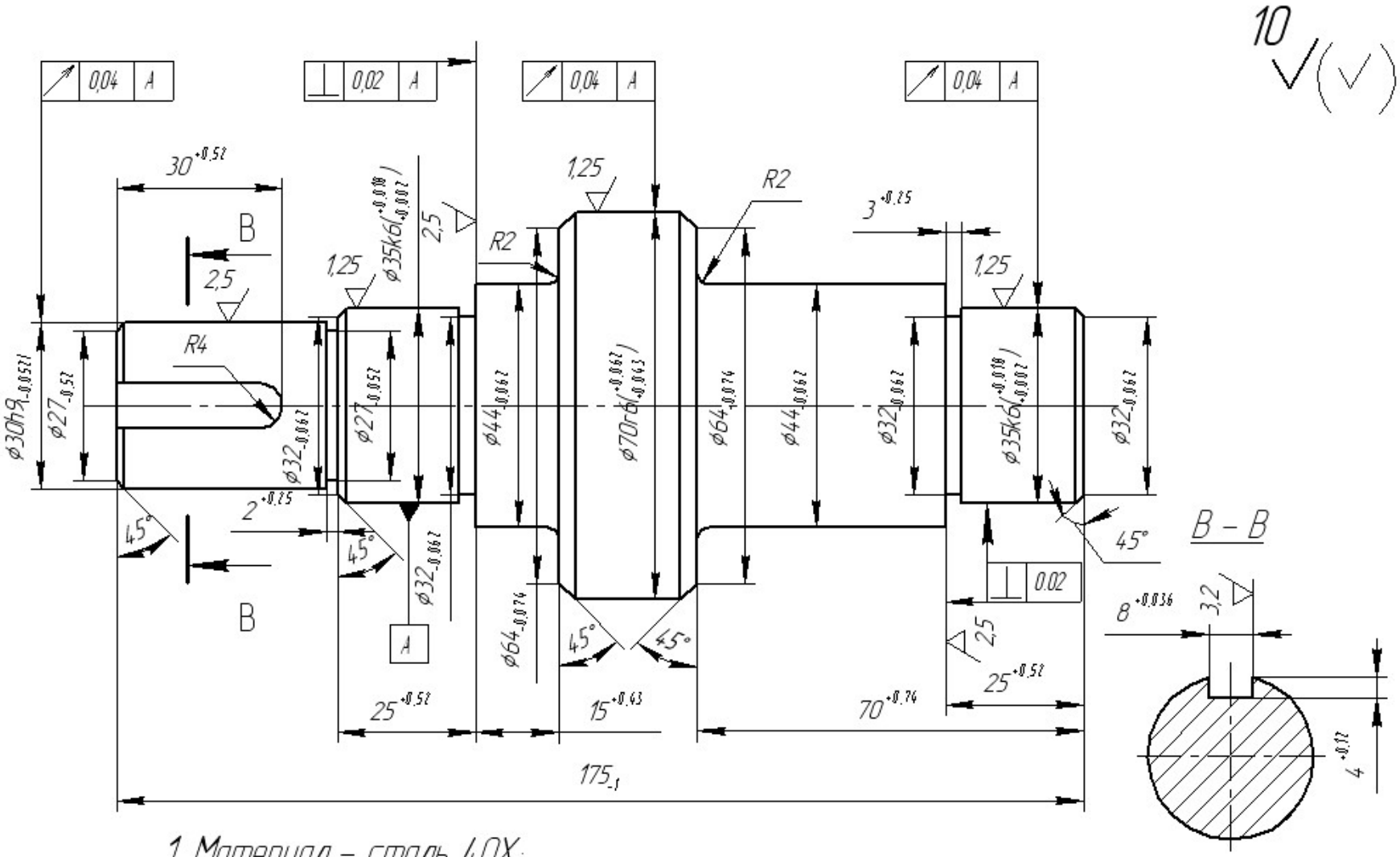


Рисунок 3 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления втулки (среднесерийное производство)



1. Материал – сталь 40Х;
2. Допускаются центры формы А, ø5 мм (отв.ø5, фаска ø10,6)

Рисунок 4 - Вал

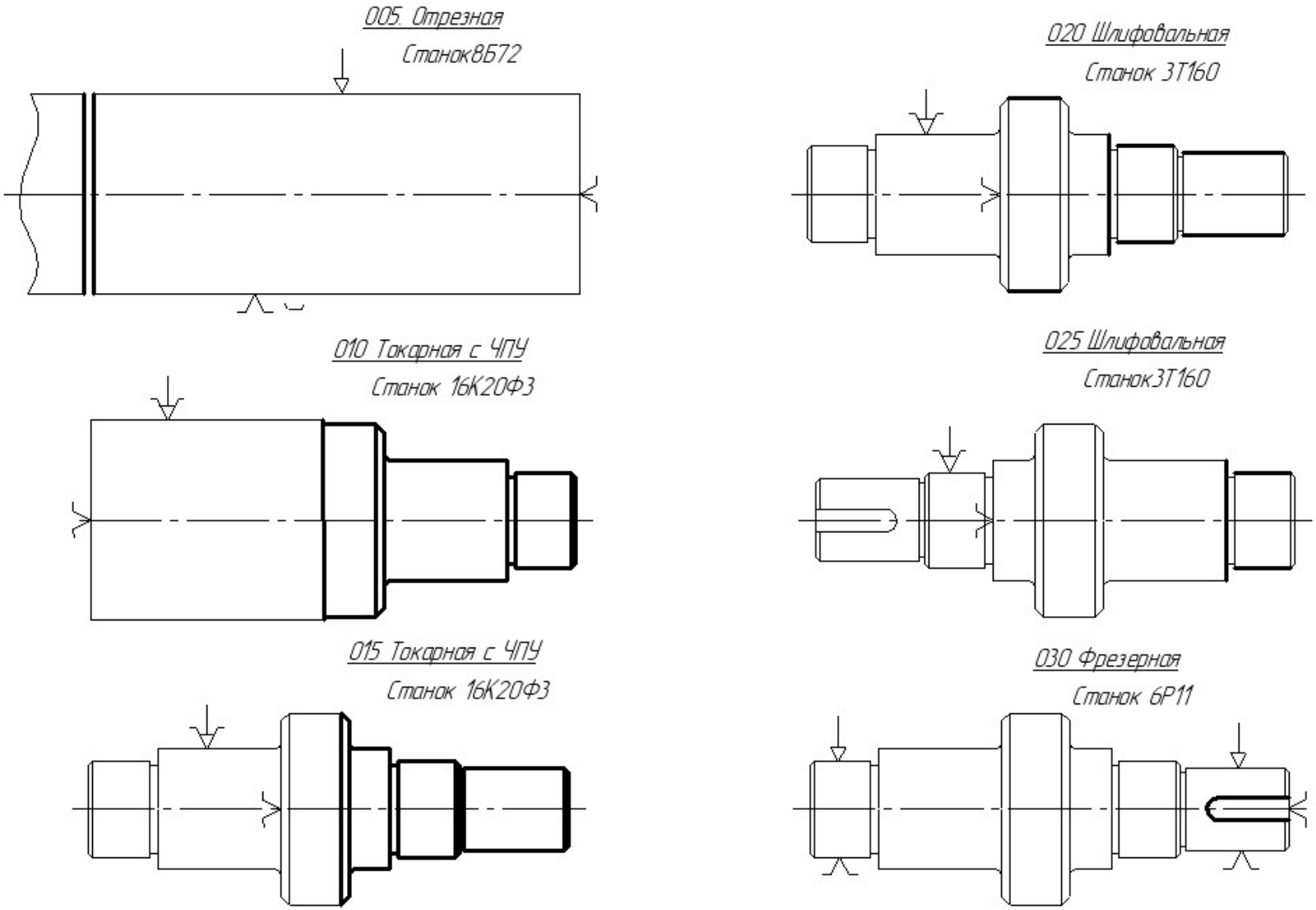


Рисунок 5 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления вала (среднесерийное производство)

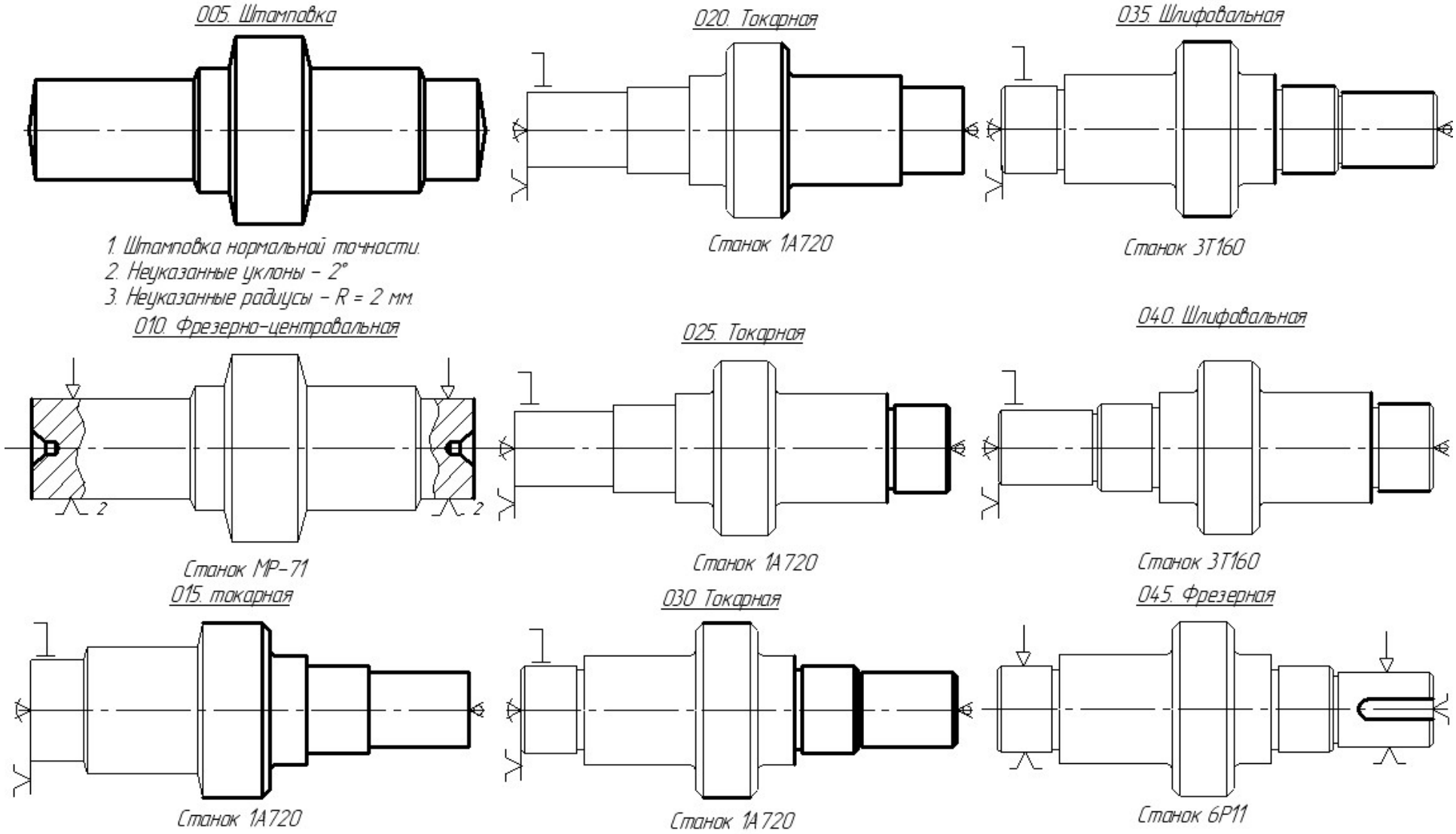


Рисунок 6 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления вала (крупносерийное производство)

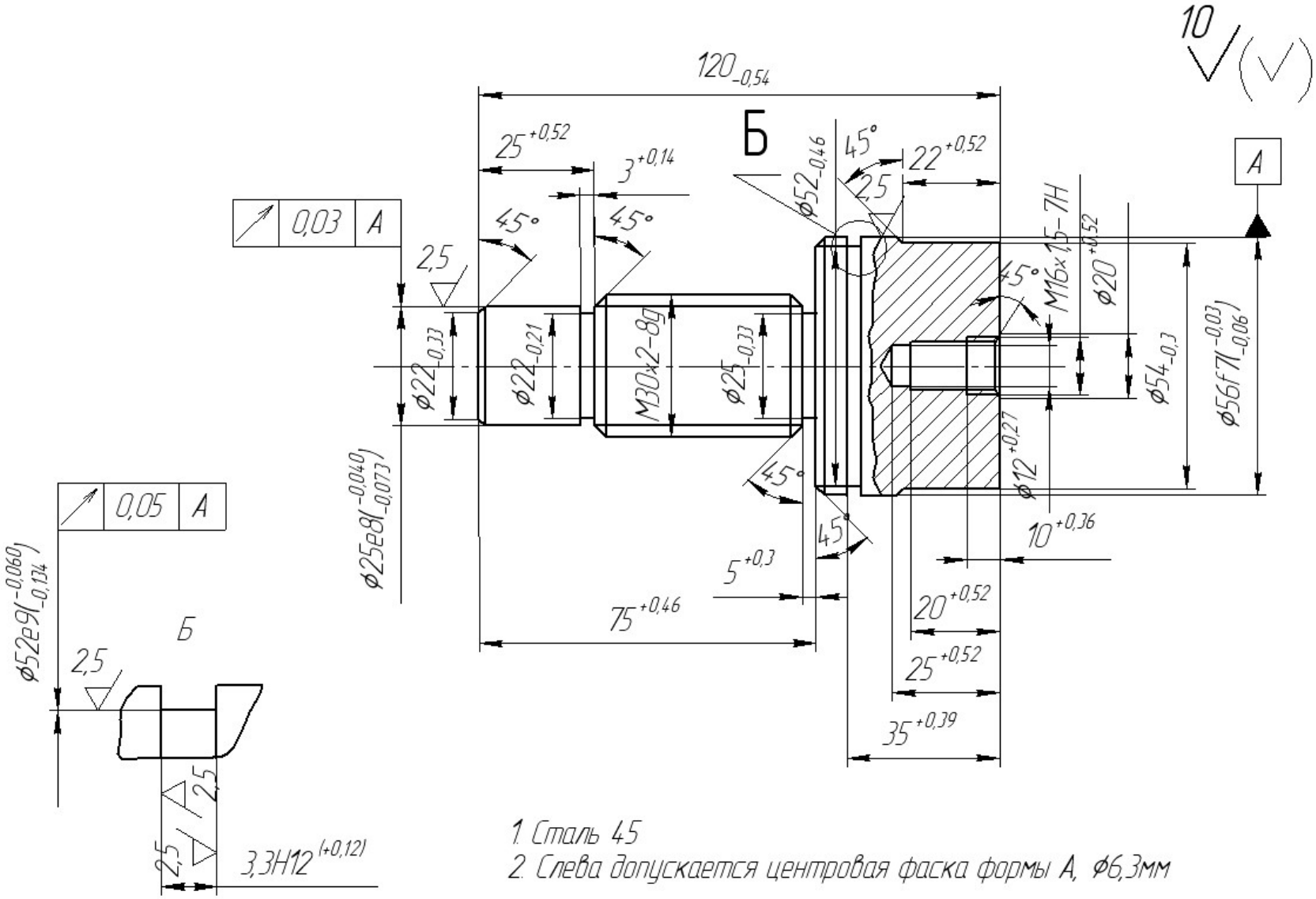


Рисунок 7 - Шток

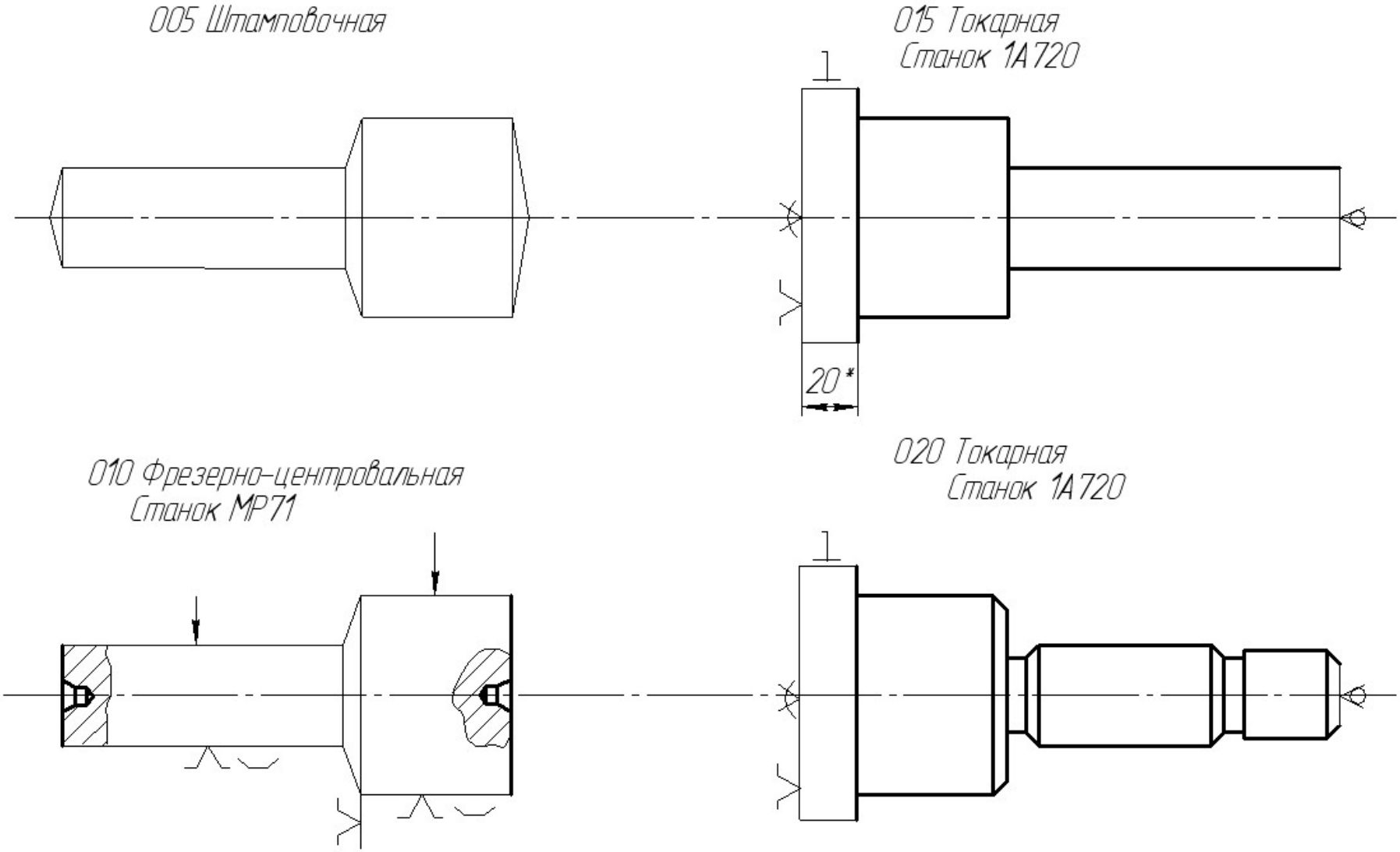


Рисунок 8 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления штока (крупносерийное производство)

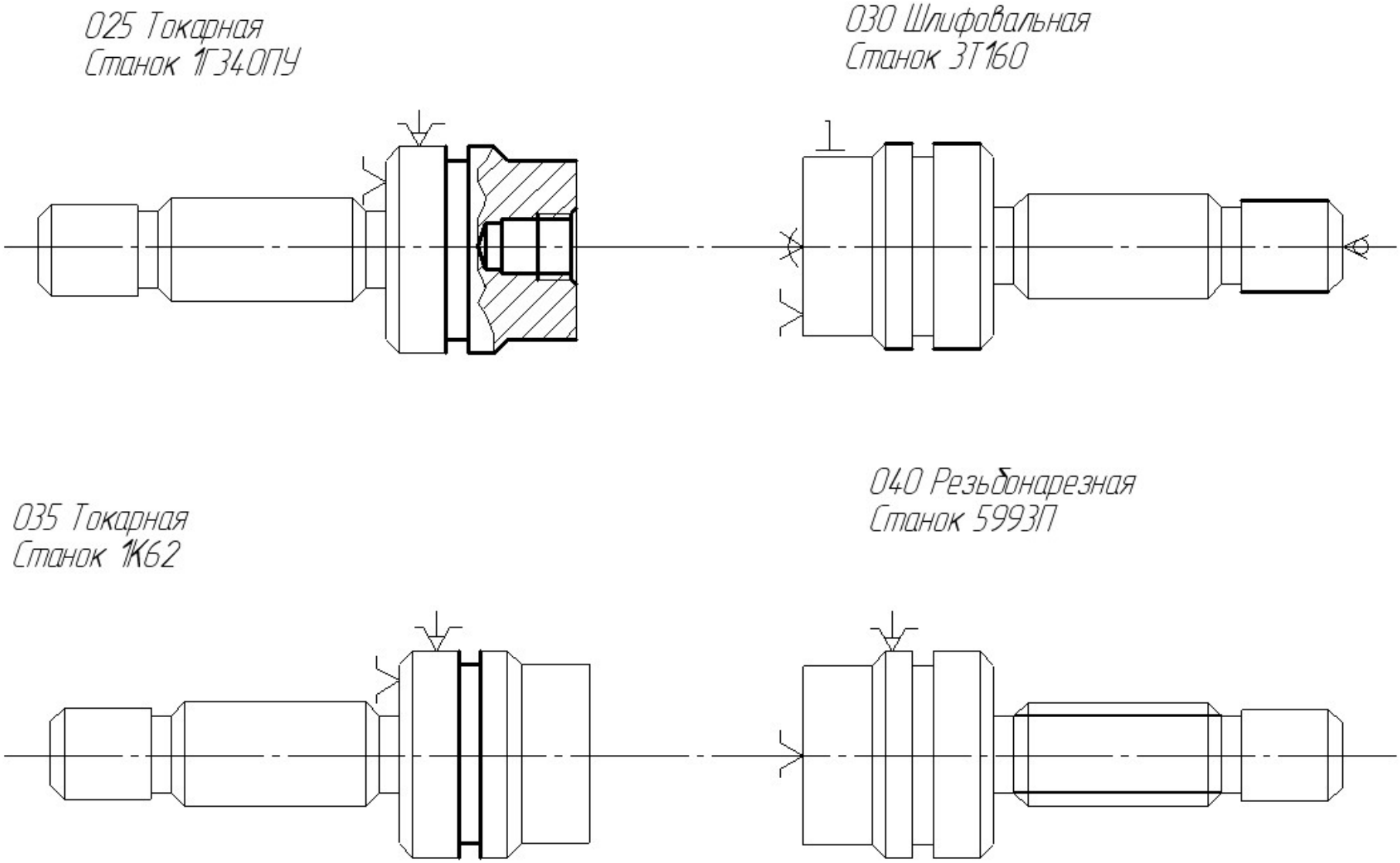


Рисунок 9 - (окончание)

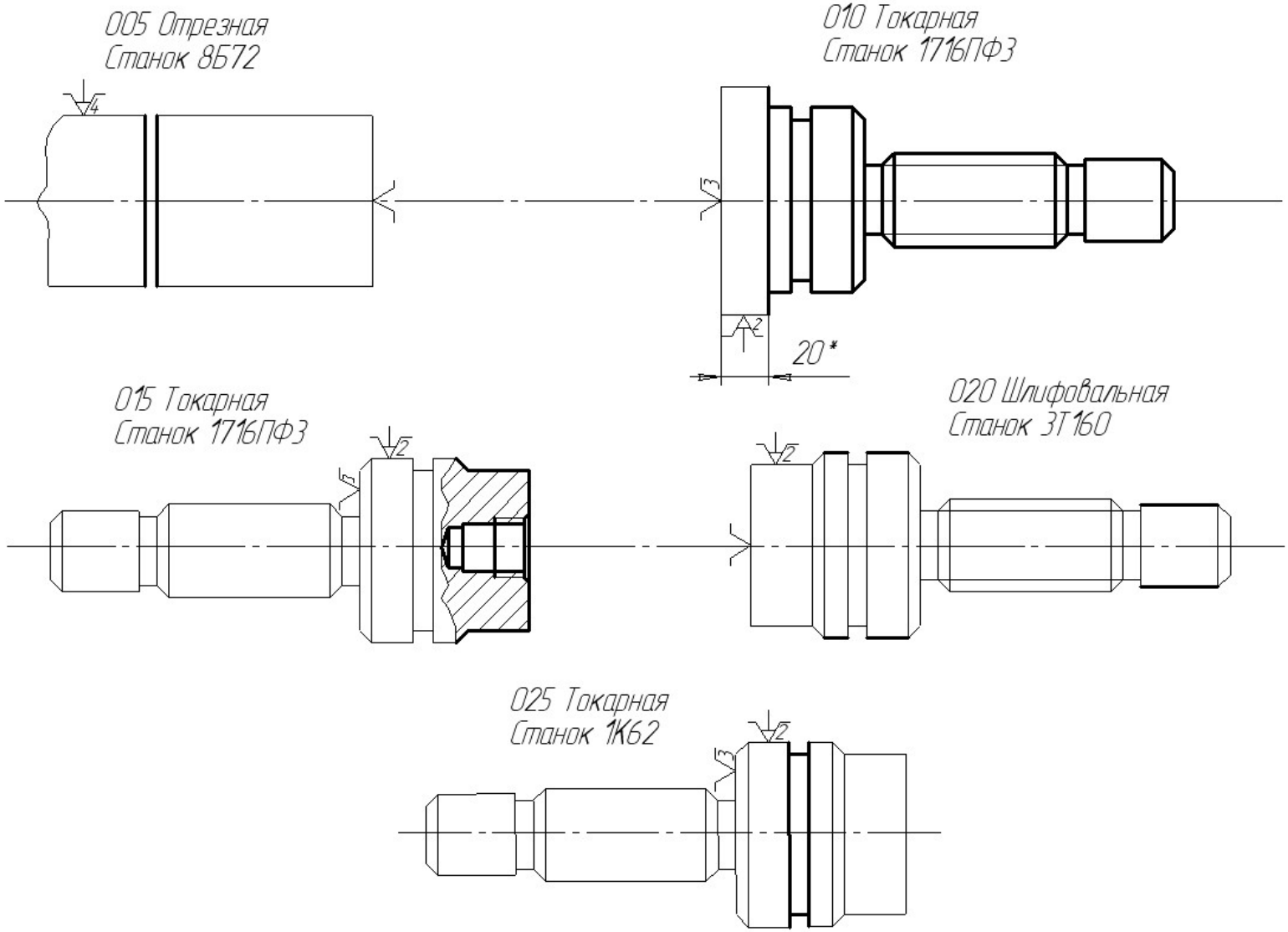
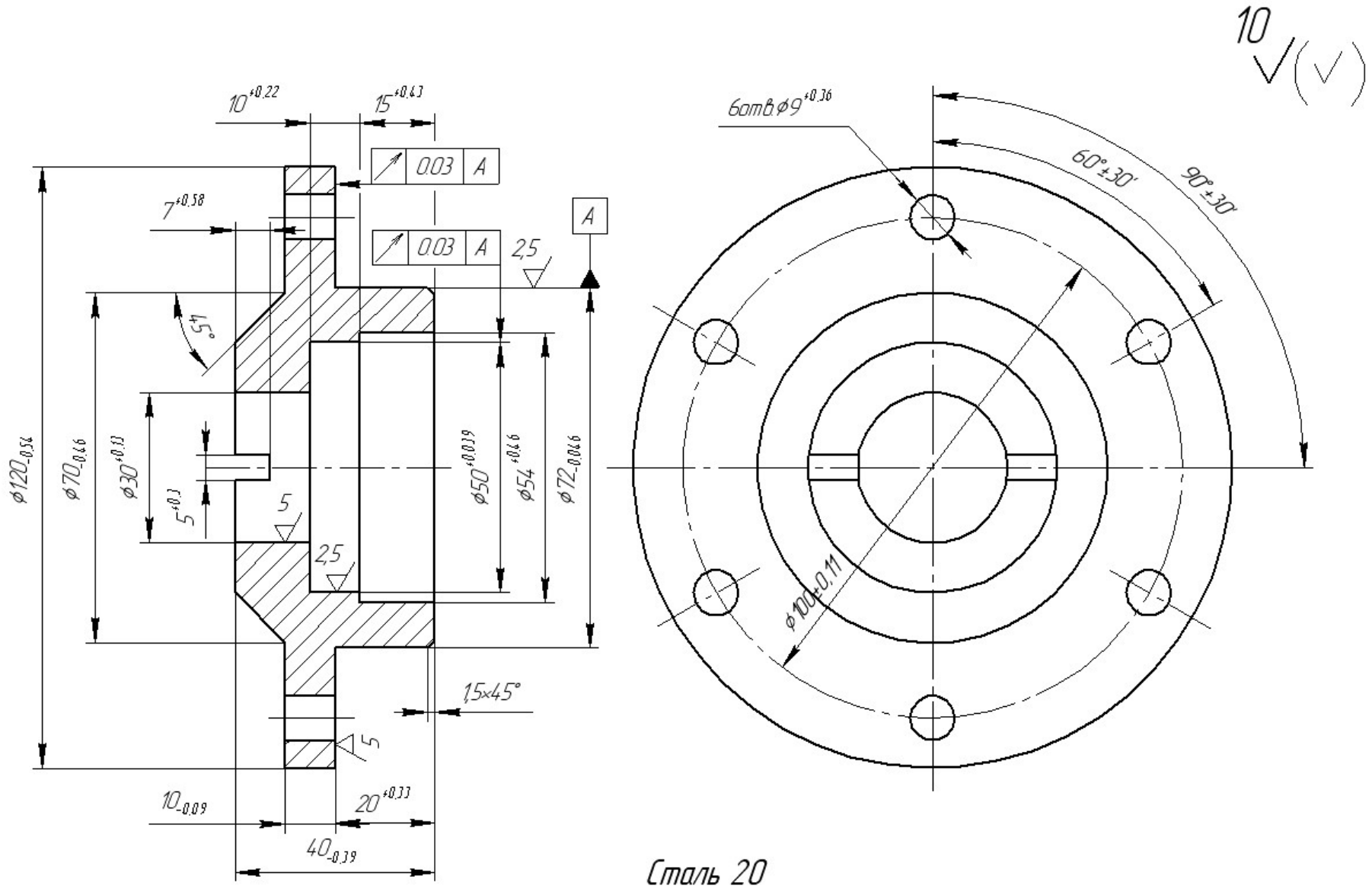


Рисунок 10 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов

каждой операции ТП изготовления штока (среднесерийное производство)



Сталь 20

Рисунок 11 - Крышка

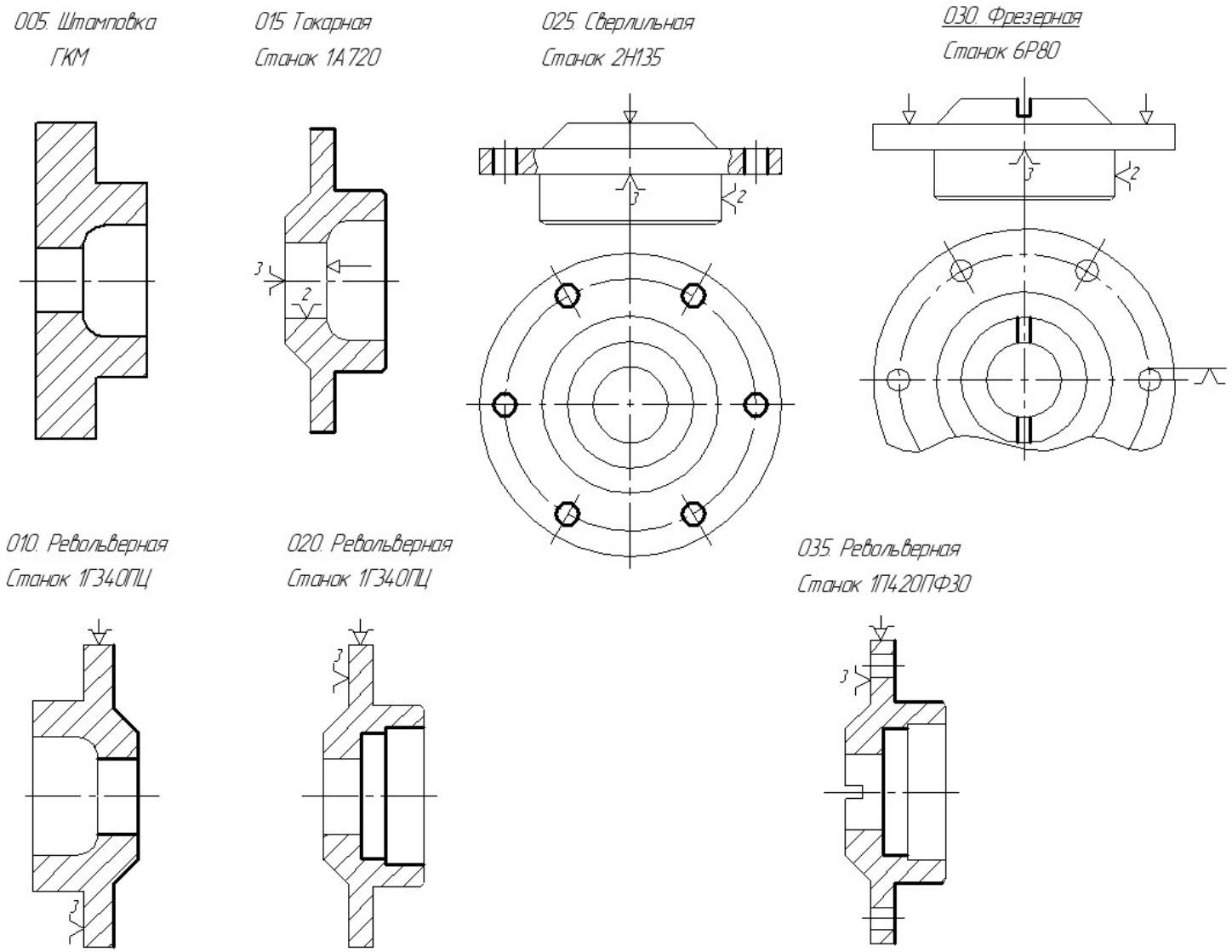


Рисунок 12 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов каждой операции ТП изготовления крышки (массовое производство)

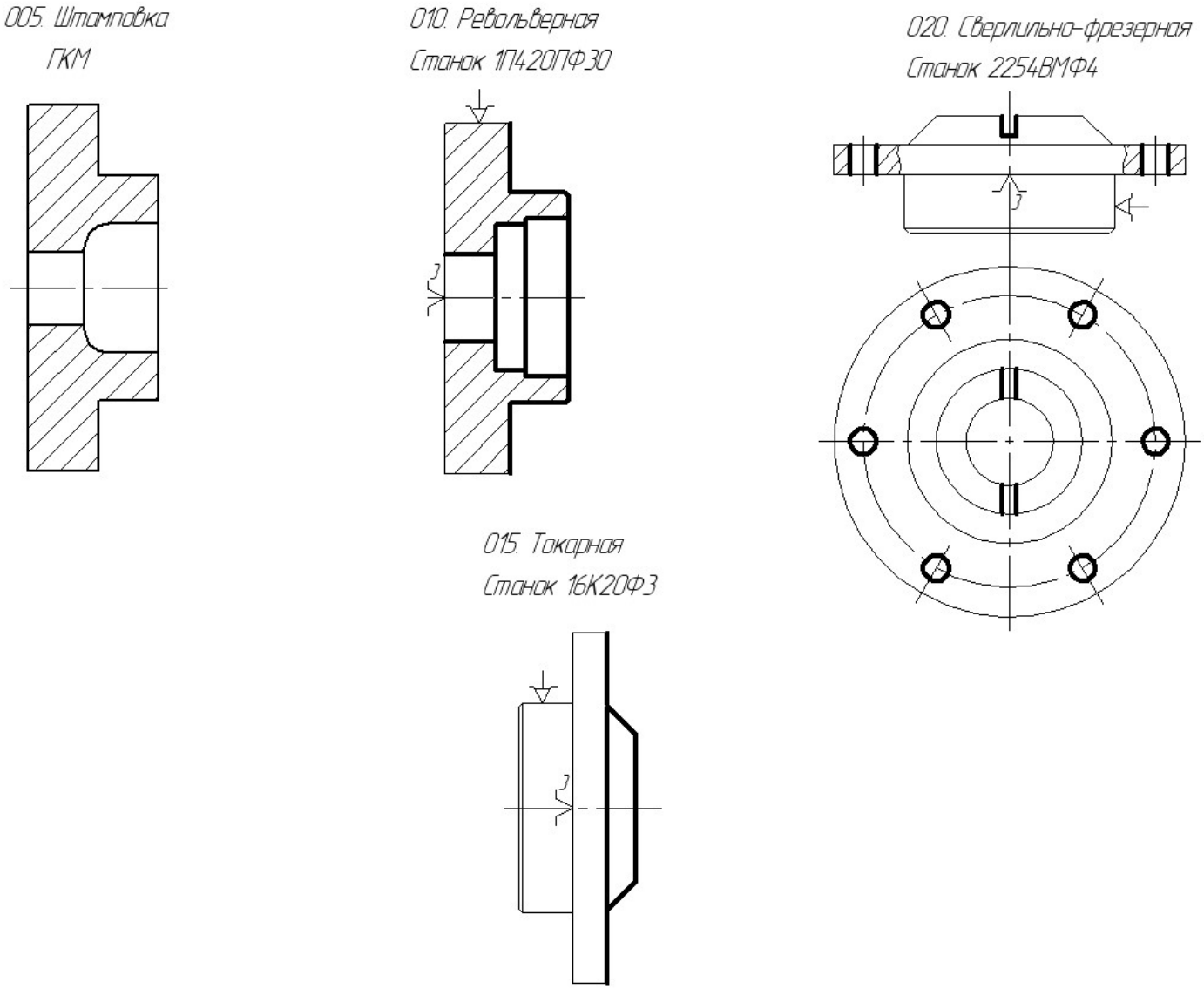


Рисунок 13 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов каждой операции ТП изготовления крышки (среднесерийное производство)

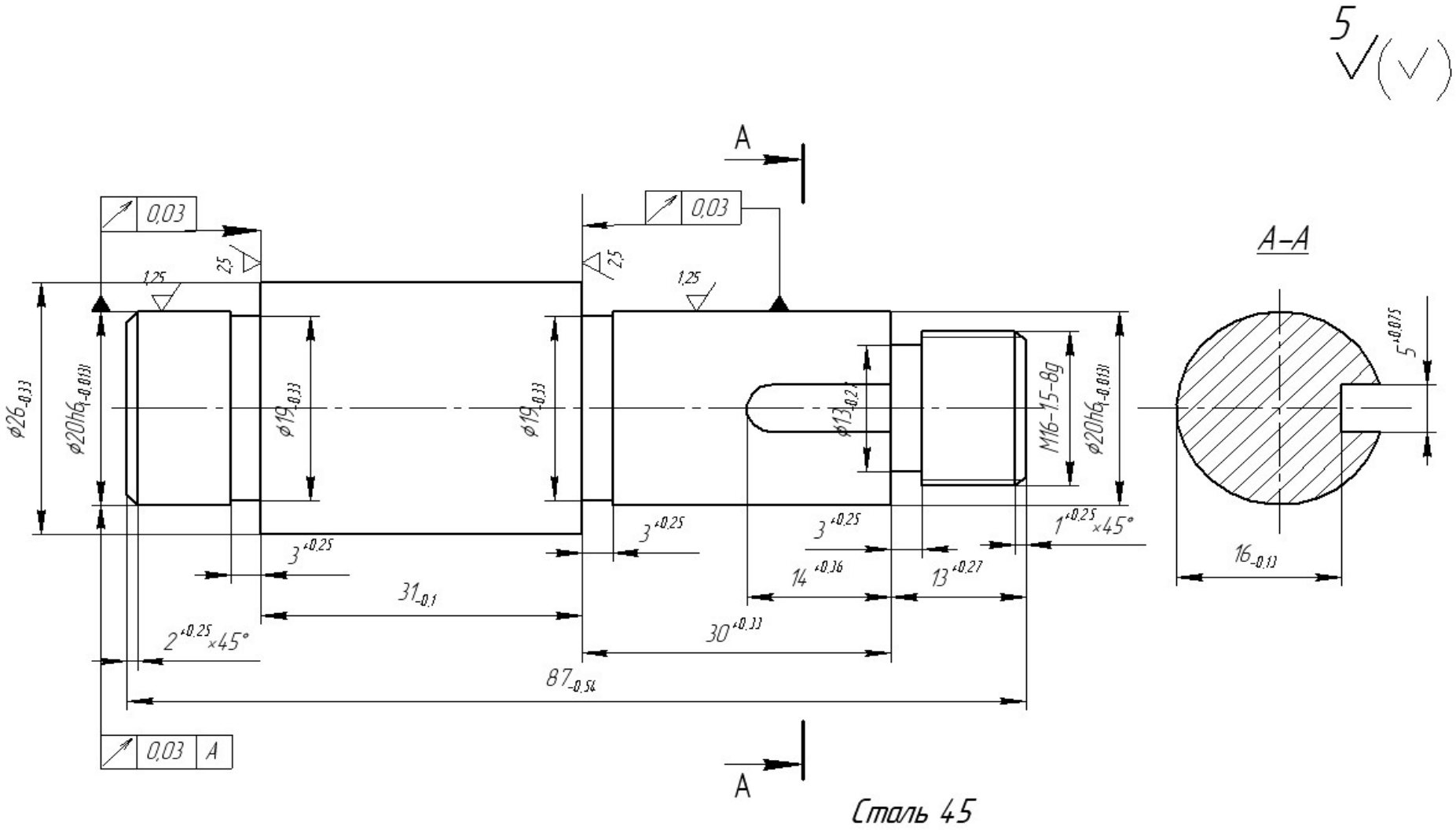


Рисунок 14 - Валик

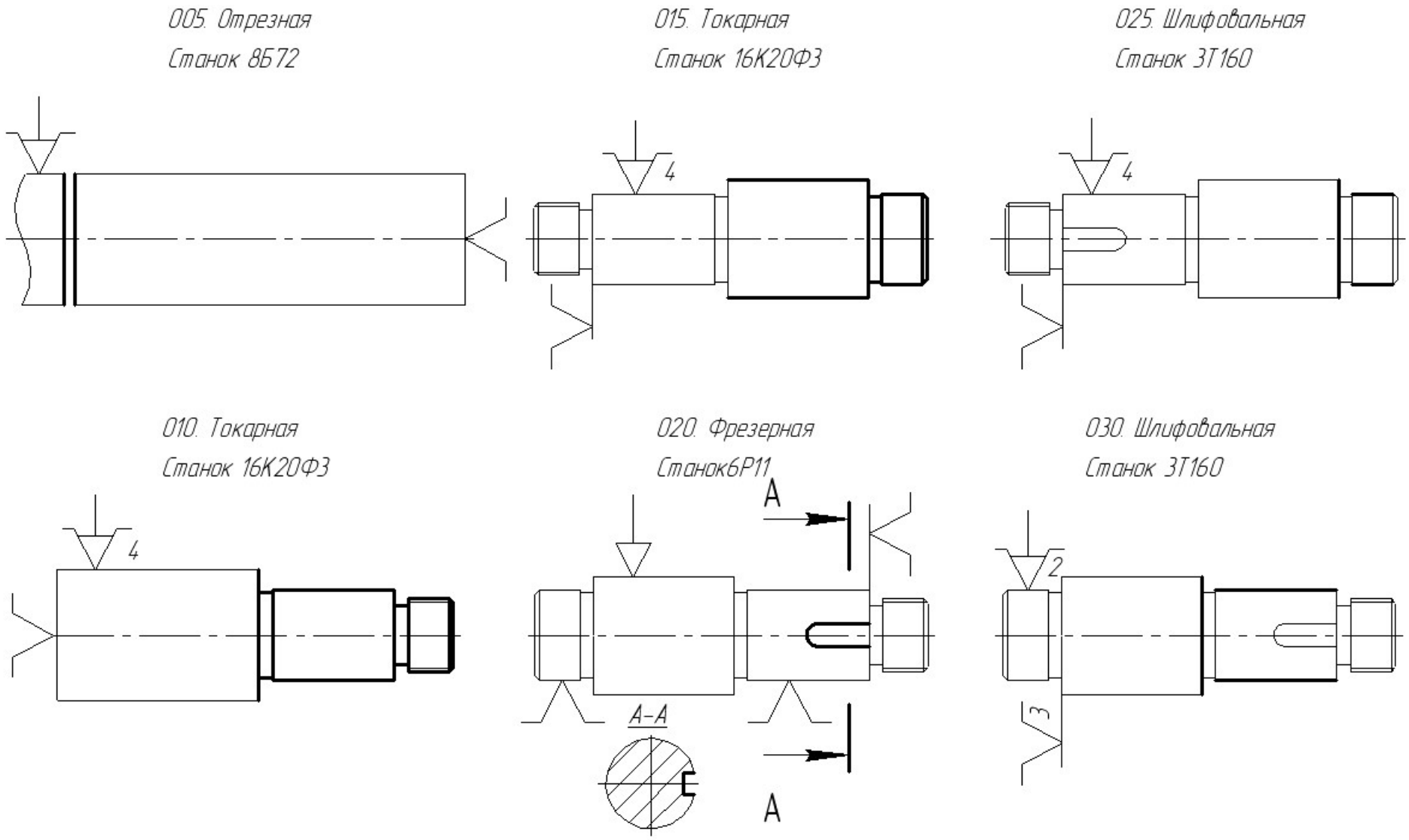


Рисунок 15 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов каждой операции ТП изготовления валика (среднесерийное производство)

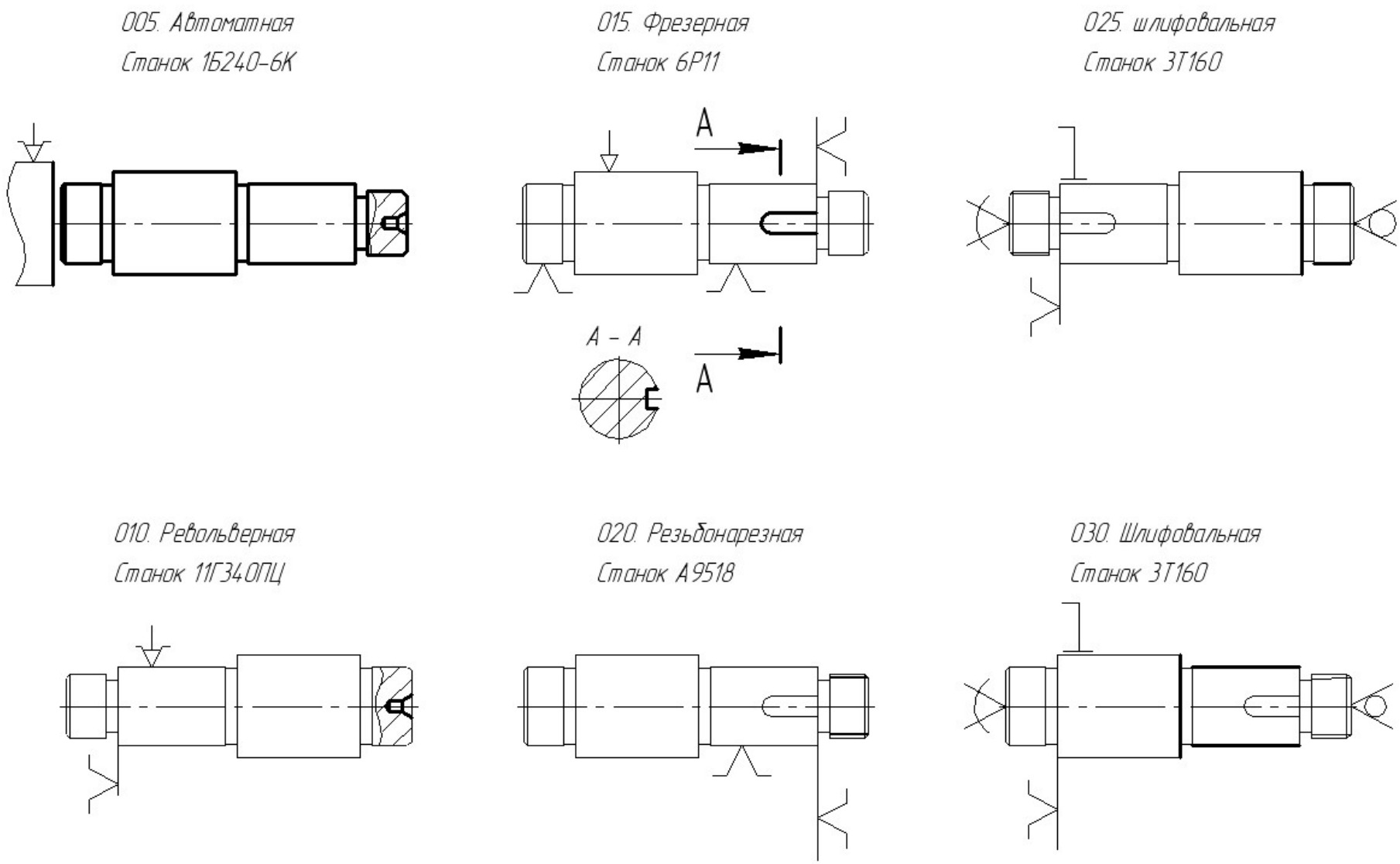


Рисунок 16 - Оборудование, схемы базирования и перечень обрабатываемых элементов каждой операции ТП изготовления валика (крупносерийное производство)

Литература

1. *Маталин, А. А.* Технология машиностроения: учебник для вузов / А. А. Маталин. 2-е изд. – СПб.: Лань, 2008.
2. *Ковшов, А. Н.* Технология машиностроения: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А. Н. Ковшов.– СПб.: Лань, 2008.
3. *Иващенко, И. А.* Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации / И. А. Иващенко. – М.: Машиностроение, 1975.
4. Единая система технологической документации, классификационная группа 1.-М.: Изд-во стандартов,1974.
5. Методические указания по заполнению технологической документации при выполнении контрольных работ, курсовых и дипломных проектов / Сост. Н.Н. Богородский и др. – Л.: СЗПИ,1985.
6. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.

Методические указания к выполнению задания №1

При выполнении задания необходимо последовательно решить следующие задачи:

- на основе анализа представленных эскизов операций технологического процесса и применяемого оборудования назначить планы обработки каждой поверхности;
- назначить структуру операционных технологических размеров и требований взаимного расположения поверхностей;
- заполнить маршрутную карту, вычертить операционные эскизы.

На этапе назначения планов обработки поверхностей детали необходимо, прежде всего выбрать методы и способы окончательной и предварительной обработки каждой поверхности с учётом принятого способа производства заготовки и экономической точности способов обработки. Данные по точности и качеству поверхностей, обработанных при разных способах и видах обработки, приведены в ([6], том 1, с. 6…19).

После определения методов и способов окончательной и предварительной обработки поверхностей детали назначают планы (маршруты) обработки каждой поверхности при переводе её из состояния исходной заготовки в состояние готовой детали.

На основе большого статистического материала и технико-экономических обоснований установлены соотношения, определяющие точностные и качественные параметры поверхностей на предшествующем этапе обработки, которые необходимы для наиболее экономичного получения заданной точности и шероховатости на выполняемом этапе

обработки. Эти данные представлены в таблица 1, которой необходимо руководствоваться при назначении планов обработки.

Таблица 1 - Точность и шероховатость при обработке поверхностей на выполняемом и предшествующем этапе обработки

Квалитет точности обработки				Шероховатость	
Наружные поверхности		Внутренние поверхности			
На выполняемом этапе	На предшествующем этапе	На выполняемом этапе	На предшествующем этапе	На выполняемом этапе,Ra,мкм	На предшествующем этапе,Ra,мкм
5	<8	5	<8	0,16	<0,63
6	<10	6	<9	0,32	<1,25
7	<11	7	<10	0,63	<2,5
8-9	<12	8-9	<11	1,25	<5
10	<13	10	<13	2,5	<10
11	>14	11	>14	5	<20

На этапе назначения структуры операционных размеров внутри каждого операционного комплекса задача решается раздельно для элементов вращения и плоскостей (осей).

При назначении геометрических связей для элементов вращения указывают:

- диаметр и отклонения, если элемент выполняется на операционном комплексе окончательно;
- квалитет точности размера, если элемент выполняется на операционном комплексе предварительно;
- структуру требований взаимного расположения на выходе с каждого операционного комплекса (по необходимости).

Наиболее сложной задачей является назначение геометрических связей между плоскостями (осями), т.е. простановка операционных линейных размеров.

Наиболее рациональной системой простановки операционных технологических линейных размеров является система, построенная при соблюдении основных правил базирования: правила совмещения баз и правила постоянства баз.

Как известно, в тех случаях, когда технологическая база поверхности не совпадает (или не имеет связи внутри операционного комплекса) с элементом, контактирующим с установочным элементом приспособления (базой системы «Обработка») возникает погрешность базирования. Поэтому следует в качестве технологической базы каждого плоскостного элемента, обрабатываемого на операционном комплексе, принимать элемент, контактирующий (или имеющий связь) с базой системы «обработка», т.е. обеспечить отсутствие погрешности базирования.

Совмещение конструкторской и технологической баз обеспечивает непосредственное выполнение конструкторского размера. При этом размерная цепь, замыкающим звеном которой служит конструкторский

размер, является двухзвенной цепью вида $K_V = T_e$, что позволяет без каких-либо дополнительных расчётов принять допуск технологического размера, равным допуску конструкторского размера.

Правило постоянства баз даёт возможность координации двух соседних состояний плоскостных элементов проводить от одной базы. При этом размерная цепь, замыкающим звеном которой служит припуск, является трёхзвенной цепью вида $Z_i - T_{e1} - T_{e2}$. Это обеспечивает минимальное колебание припуска, равное сумме допусков только двух составляющих размеров цепи.

Однако особенность структуры деталей и способы обработки на современном оборудовании не позволяют полностью использовать правила совмещения и постоянства баз, что вызывает увеличение числа составляющих звеньев технологических размерных цепей. В этих условиях система простановки технологических линейных размеров должна обеспечить минимально возможное число составляющих звеньев технологических размерных цепей при принятой системе базирования заготовки.

При использовании метода полной взаимозаменяемости и обеспечения работы на серийном оборудовании без применения специальных методов обработки наибольшее число составляющих звеньев технологических размерных цепей, замыкающим размером которых служит конструкторский размер, не должно превышать трёх, а для цепей, замыкающим звеном которых служит припуск – четырёх.

Экспериментальные исследования показали, что для обеспечения рационального состава технологических размерных цепей при заданной системе базирования заготовки технологической базой рассматриваемого плоскостного элемента может служить плоскостной элемент, обрабатываемый на рассматриваемом операционном комплексе, или элемент, контактирующий с базой системы «обработка», если они обладают следующими технологическими признаками (свойствами):

1. являются окончательным состоянием конструкторской базы (обеспечивается двухзвенная размерная цепь вида $K_V = T_e$);

2. являются элементами, контактирующими с базой системы «обработка», на операции, в которой конструкторская база получает окончательное состояние или рассматриваемый элемент получает очередное состояние (обеспечивается трёхзвенная размерная цепь вида $K_V = T_{e1} \pm T_{e2}$ или $Z_i = T_{e1} \pm T_{e2}$;

3. являются элементами, контактирующими с базой системы «обработка», на операции, в которой формируются технологические базы операции получения конструкторской базы рассматриваемого элемента окончательного состояния или перевода рассматриваемого элемента в следующее состояние (обеспечиваются размерные цепи вида $K_V = T_{e1} \pm T_{e2} \pm T_{e3}$; $Z_i = T_{e1} \pm T_{e2} \pm T_{e3} \pm T_{e4}$);

4. являются элементами, получающими своё состояние на операции, в которой конструкторская база или предыдущее состояние рассматриваемого элемента являются элементами, контактирующими с базами системы «обработка», и связаны с ним одним или двумя размерами (обеспечиваются трёх или четырёхзвенные размерные цепи).

Используя указанные правила, проставляют структуру операционных размеров каждой операции.

На этапе проведения размерно-точностного анализа выполняются расчёты всех операционных размеров, и выявляется возможность выполнения этих размеров и технических требований взаимного расположения элементов с заданной точностью на выбранном оборудовании автоматически при установке заготовки без выверки или с применением выверки.

При проведении размерного анализа для деталей класса корпусов, кронштейнов, рычагов, плит и т.п. деталей не тел вращения, прежде всего, следует выполнить построение размерных схем технологического процесса по линейным размерам в трёх взаимно перпендикулярных плоскостях (в каждой плоскости строится своя размерная схема).

При проведении размерного анализа для деталей класса тела вращения следует выполнить построение размерной схемы биений (для определения неравномерности припуска и выполнения технических требований взаимного расположения элементов вращения) и размерной схемы линейных размеров.

Исходной информацией для построения размерных схем технологического процесса по линейным размерам являются операционные эскизы всех формообразующих операций. Для построения схемы на эскизе готовой детали (в каждой координатной плоскости) изображают припуски на обработку каждого плоскостного элемента и положение осей отверстий в ходе выполнения технологического процесса. Под (или рядом с) эскизом строят граф конструкторских линейных размеров, припусков и несоосностей, обозначая каждый конструкторский размер K_i, припуск Z_i, несоосность e_i (i – порядковый номер размера, припуска, несосности). Затем проводят вертикальные или горизонтальные линии, соответствующие каждому состоянию плоскостных элементов или осей отверстий и строят графы, соответствующие структуре операционных линейных размеров каждой операции в порядке их выполнения – начиная с заготовительных операций и кончая последней операцией механической обработки. Каждый технологический размер обозначают T_i (I – порядковый номер размера).

При построении размерных схем линейных размеров следует помнить, что суммарное количество конструкторских размеров, припусков и несоосностей должно быть равно количеству технологических размеров.

После построения размерных схем составляют систему уравнений технологических размерных цепей, принимая в качестве замыкающих

звеньев конструкторские размеры, припуски и несоосности. При составлении уравнений, если движение по графу происходит в положительном направлении числовой оси, то размер входит в уравнение со знаком плюс, в противном случае – со знаком минус.

Решение уравнений проводят методом полной взаимозаменяемости В зависимости от замыкающего звена уравнения могут быть двух видов:

- замыкающим звеном служит конструкторский размер;
- замыкающим звеном служит припуск или несоосность.

Решение уравнения, замыкающим звеном которого служит конструкторский размер, наиболее целесообразно проводить способы средних значений по следующему алгоритму:

1. вычисляют среднее значение всех известных размеров размерной цепи, т.е. проводят перерасчёт номиналов известных размеров, чтобы отклонения стали симметричными относительно нового номинала ($A_{iCP} \pm IT/2$);

2. вычисляют среднее значение неизвестного составляющего размера по формулам:

$$A_{УВСР} = A\Delta_{CP} - \sum_{m-1} A_{УВiСР} + \sum_{n} A_{УМiСРi} ; \quad (1)$$

$$A_{УМСР} = \sum_{m} A_{УВiСР} - \sum_{n-1} A_{УМiСР} - A\Delta cp , \quad (2)$$

где $A_{УВСР}$ – среднее значение неизвестного технологического размера, являющегося увеличивающим звеном цепи;

$A_{УМСР}$ – среднее значение неизвестного технологического размера, являющегося уменьшающим звеном размерной цепи;

$A\Delta_{CP}$ – среднее значение замыкающего звена;

$\sum_{m} A_{УВiСР}$ – сумма средних значений известных технологических размеров, являющихся увеличивающими звеньями размерной цепи;

m – число увеличивающих звеньев;

$\sum_{n} A_{УМiСР}$ – сумма средних значений известных технологических размеров, являющихся уменьшающими звеньями размерной цепи;

n – число уменьшающих звеньев.

2. Используя основное положение метода полной взаимозаменяемости $IT\Delta = \sum IT_i$, вычислить допуск неизвестного составляющего размера по формуле:

$$IT = IT\Delta - \sum_{m+n-1`} ITi , \quad (3)$$

где IT – допуск неизвестного технологического размера;

$IT\Delta$ – допуск замыкающего звена;

$\sum_{m+n-1} \mathrm{IT}i$ - арифметическая сумма допусков составляющих звеньев размерной цепи без учёта допуска неизвестного технологического размера.

4. Провести анализ вычисленного допуска неизвестного технологического размера.

Если искомый допуск больше нуля, то следует проверить условие: искомый допуск возможно достичь при выбранном способе обработки на выбранном оборудовании автоматически. Если такой возможности нет, то следует провести ужесточение допусков известных технологических размеров до точности, соответствующей методу обработки, и повторить расчёт по пунктам 1…3.

Если и после ужесточения искомый допуск невозможно достичь на выбранном оборудовании, то необходимо:

- пересмотреть технологический процесс вплоть до выделения обработки рассматриваемого элемента в отдельный операционный комплекс;
- изменить структуру операционных размеров;
- выбрать более точное оборудование, работающее по принятому методу обработки;
- изменить метод обработки;
- изменить системы базирования на операционных комплексах технологического процесса.

После выполнения одного из указанных действий вновь составляется размерная схема и проводятся технологические расчёты.

Аналогичные действия по ужесточению технологических размеров проводятся, если искомый допуск отрицателен, так как допуск – величина положительная и не может быть меньше или равен нулю.

5. Если условие возможности достижения искомого допуска на выбранном оборудовании выполнимо, то определяют номинал и отклонения искомого размера по формулам:

- размер координат положения оси

$$\mathrm{A}_i = \mathrm{A}_{CP}; \quad \mathrm{E}S = \mathrm{IT}/2; \; \mathrm{EI} = -\mathrm{IT}/2; \tag{4}$$

- охватываемый размер

$$\mathrm{A}_i = \mathrm{A}_{CP} + \mathrm{IT}/2; \; ES = 0; \; EI = -|\mathrm{IT}|; \tag{5}$$

- охватывающий размер

$$\mathrm{A}_i = \mathrm{A}_{CP} - \mathrm{IT}/2; \; ES = +\mathrm{IT}; \; \mathrm{EI} = 0 \tag{6}$$

6. Проводят округление искомого размера (желательно до десятых долей миллиметра) при возможности уменьшения расчётного поля допуска и расположении поля скорректированного допуска в пределах поля расчётного допуска.

Решение уравнений, замыкающим звеном которых служит припуск (или несоосность), проводиться по следующему алгоритму.

1. Определяют величину минимального припуска $Z_{\min}$ или принимают величину минимальной несоосности $e_{\min} = 0$.

2. Определяют минимальное (для увеличивающих) или максимальное (для уменьшающих) значение искомого размера по формулам:

$$A_{\min} = Z_{\min} + \sum_{n} A_{УMi\max} - \sum_{m-1} A_{УBi\min}; \quad (7)$$

$$A_{\max} = \sum_{m} A_{УBi\min} - \sum_{n-1} A_{УMi\max} - Z_{\min} \quad (8)$$

3. Выбирают допуск на искомый размер А с учётом метода обработки и точности оборудования.

4. Определяют номинал и отклонения искомого размера, проводят необходимые округления в сторону увеличения минимального припуска и рассчитывают фактические значения минимального и максимального припуска (или несоосности).

Для деталей класса тел вращения кроме размерных схем линейных размеров строят размерную схему биений, возникающих в ходе всего технологического процесса. Для этого вычерчивают эскиз детали, на котором отмечают операционные припуски каждого элемента вращения. Справа от эскиза для операций изготовления заготовки методом литья или штамповки условным вектором, направленным от идеальной оси заготовки к каждому элементу, обозначают биение, вызванное погрешностью формы и пространственными отклонениями в исходной заготовке. Затем для всех операций механической обработки векторами, направленными от оси вращения шпинделя (базы системы «обработка») к каждому базовому, обрабатываемому и обработанному элементу, обозначают биение, возникающее на каждом операционном комплексе. При заготовке из проката биения, вызванные отклонениями формы, учитываются на первой операции механической обработки и специально не указываются. Вектора обозначают $Б_i^j$, где: i – номер элемента и его состояние, обозначаемое двухзначным кодом: первая цифра справа – номер элемента, вторая – его состояние (0-конечное состояние, соответствующее требованию чертежа); j – номер операции, для которой определяется биение.

После построения размерной схемы проводиться расчёт величин биений базовых, обрабатываемых и обработанных элементов относительно базы обработки и между собой; неравномерности припусков и возможности выполнения технических требований взаимного расположения элементов при выбранных системах базирования и на выбранных приспособлениях по следующему алгоритму:

1. Определяют биение элементов исходной заготовки относительно её идеальной оси, вызванное погрешностью формы и пространственными отклонениями по формулам:

- для литой заготовки

$$Б = 2 \cdot \sqrt{(\Delta_{КОР})^2 + (\Delta_{СМ})^2 + (\Delta_{ПЕР})^2}; \quad (9)$$

- для штампованной заготовки

$$Б = 2 \cdot \sqrt{(\Delta_{CM})^2 + (\Delta_{KOP})^2}\ , \qquad (10)$$

где Δ_{KOP} – коробление поверхности литья или штамповки;

Δ_{CM} - смещение оси поверхности от его номинального положения;

$\Delta_{ПЕР}$ - перекос оси отверстия.

Величины Δ_{KOP}, Δ_{CM}, $\Delta_{ПЕР}$ определяются по справочным данным, представленным в [6].

2. Определяют биения базовых элементов относительно базы системы «обработка» (оси шпинделя) на всех операциях, вызванные погрешностью установки, используя справочные данные [6] или следующие эмпирические формулы [3]:

- при установке в трёхкулачковых патронах и на плунжерных оправках

$$Б = 2 \cdot a_1 \cdot \sqrt{\mathrm{IT}\delta} \cdot (1 + 0{,}02l)\,, \qquad (11)$$

где a_1 – коэффициент, зависящий от категории установки и приспособления по точности; a_1 = 0,17 – нормальная точность; a_1 = 0,11 – повешенная точность; a_1 = 0,08 – высокая точность; $\mathrm{IT}\delta$ – допуск на диаметр элемента, контактирующего с установочными элементами приспособления; l – длина участка базовой поверхности, неиспользуемого для базирования;

- при установке в цанговых патронах и на цанговых оправках

$$Б = 2 \cdot a_2 \cdot \sqrt{\mathrm{IT}\delta} \cdot (1 + 0{,}01l)\,, \qquad (12)$$

где a_2 = 0,12 – нормальная точность; a_2 = 0,09 – повешенная точность; a_2 = 0,06 – высокая точность установки;

- при установке в патронах и на оправках с гидропластом, в мембранных патронах (на мембранных оправках)

$$Б = 0{,}08 \cdot \sqrt{\mathrm{IT}\delta} \cdot (1 + 0{,}01l)\,, \qquad (13)$$

- при установке заготовки в центрах

$$Б = 2 \cdot (a_3 \cdot \sqrt{D} + bL)\,, \qquad (14)$$

где D – диаметр центровой фаски; L – общая длина заготовки; a_3=0,006 и b=0,00005 – при нормальной точности установки; a_3=0,0018 и b=0,000015 – при повышенной точности; a_3=0,0009 и b=0,00007 – при высокой точности;

- при установке на жёсткой оправке с зазором величина биения равна максимальному зазору.

3. Определяют биения обрабатываемых элементов относительно баз системы «обработка». Прежде всего, составляют размерные цепи биений, принимая в качестве замыкающих звеньев искомые биения. Составление и решение уравнений таких цепей имеет некоторые особенности. Поскольку звенья цепи представляют собой параметры, номинальное значение которых равно нулю, то отпадает необходимость определять номинал

предельные значения замыкающего звена – составляется только уравнение допусков:

$$\overline{Б}_i^j = \sum_q \overline{Б}_S ,$$

где q – число составляющих звеньев цепи.

Другая особенность расчёта является следствием векторных свойств звеньев цепи. Так как направление векторов предугадать затруднительно, то используется способ квадратичного суммирования:

$$Б_i^j = \sqrt{\sum_q (Б_S)^2} . \qquad (15)$$

4. Определяют биение обработанного элемента относительно базы системы «обработка» по формуле:

$$Б_i^j = К_У \cdot Б_{i-1}^j . \qquad (16)$$

где $Б_i^j$ – биение обработанного элемента i относительно базы обработки операции j;

$Б_{i-1}^j$ - биение обрабатываемого элемента i-1 (элемента номер i в предыдущем состоянии) относительно базы обработки операции j;

$К_У$ - коэффициент уточнения [6].

5. Определяют биение между обрабатываемым и обработанным элементами (удвоенная неравномерность припуска $2e_{max}$) по формуле:

$$Б_{Zi} = Б_{i-1}^j - Б_i^j , \qquad (17)$$

т.е. учитывается положение: остаточные биения не увеличивают, а уменьшают величину неравномерности припуска [1,3].

6. Проводят расчёт промежуточных размеров и припусков на элементы вращения, используя следующие формулы:

- для вала

$$D_{i-1} = D_i + 2Z_{i\min} + |ei|_{i-1} , \qquad (18)$$

- для отверстия

$$D_{i-1} = D_i - 2Z_{i\min} - |ES|_{i-1} \qquad (19)$$

где D_i – диаметр рассматриваемой ступени обработки;

D_{i-1} – диаметр предшествующей ступени обработки;

$Z_{i\min}$ – минимальное значение припуска;

$|ei|_{i-1}$ – модуль нижнего отклонения предыдущей ступени обработки;

$|ES|_{i-1}$ – модуль верхнего отклонения предыдущей ступени обработки.

Расчёт межоперационных размеров желательно выполнять в табличной форме.

После выполнения всех расчётов окончательно вычерчиваются операционные эскизы, и заполняется маршрутная карта.

Маршрутная карта (МК) заполняется в соответствии с требованиями ГОСТ 3.1118-82 с учётом общих требований к заполнению технологических карт по ГОСТ 3.1104-81. При заполнении маршрутной карты следует использовать рекомендации, изложенные в [4, 5].

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ

Задание: назначить планы обработки поверхностей, структуру технологических размеров и требований взаимного расположения поверхностей; провести размерный анализ технологического процесса, определив все технологические размеры и возможность их выполнения автоматически на принятом оборудовании; заполнить технологическую документацию.

На рисунок 17 представлен чертёж втулки, а на рисунок 18 – часть операционных эскизов, из которых ясно оборудование, схемы базирования и перечень поверхностей, обрабатываемых на каждой операции технологического процесса.

Рассмотрим каждую поверхность отдельно.

Наружную цилиндрическую поверхность Ø80h7$_{(-0.03)}$мм, Ra=1,25мкм наиболее экономично, согласно [6], получить методом чистового шлифования после термообработки. До термообработки на токарной операции 010 будут последовательно выполнятся: черновое точение по 13 квалитету точности с Ra=20 мкм; получистовое точение по 11 квалитету точности с Ra=10 мкм; чистовое точение по 10 квалитету точности с Ra=5 мкм. Заготовкой этой поверхности служит штамповка повышенной точности, имеющая $ES = +1{,}0$ мм, EI=-0,4мм.

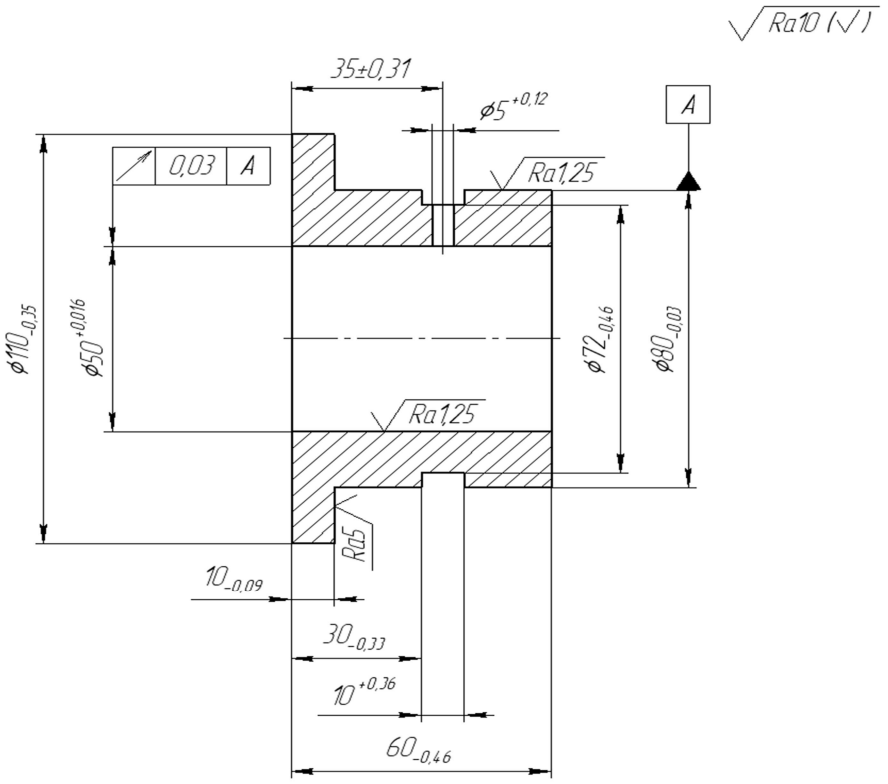
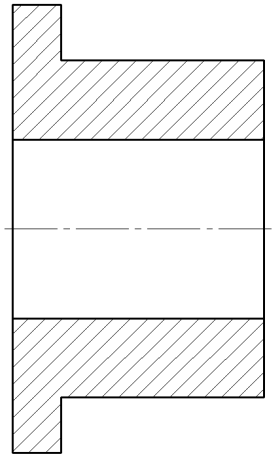


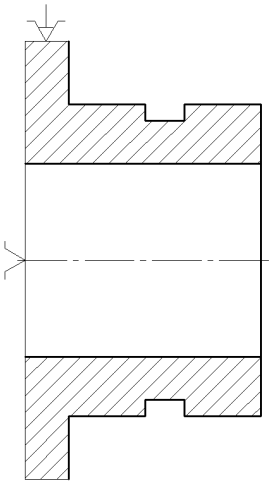
Рисунок 17 - Втулка

005 Штамповка ГКМ



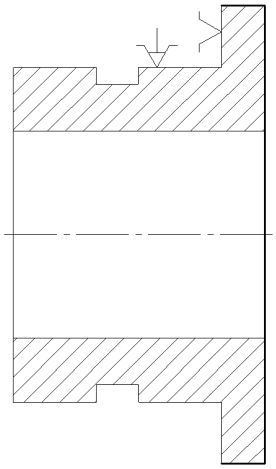
010 Токарная

Станок 16К20Ф3



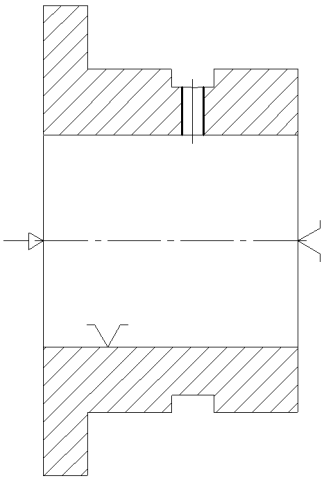
020 Токарная

Станок 16К20Ф3



025 Сверлильная

Станок 2Н135

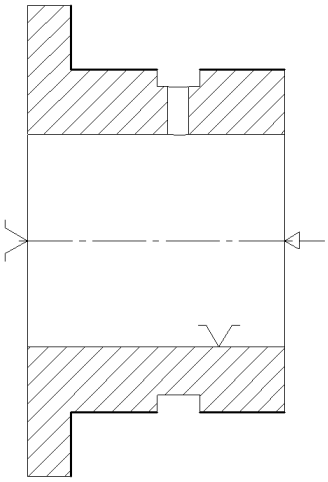


030 Термическая

Калить HRC 48…52

035 Шлифовальная

Станок 3Т160



040 Шлифовальная

Станок 3К227В

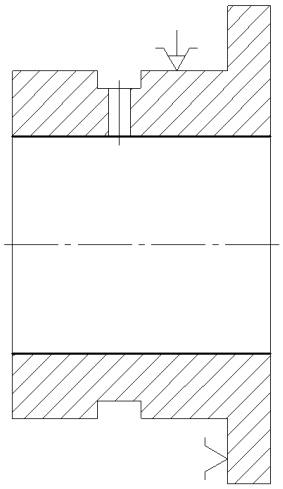


Рисунок 18 - Оборудование, схемы базирования и перечень элементов, обрабатываемых на операциях ТП изготовления втулки

Отверстие Ø50Н6$^{(+0,016)}$ мм Ra=1,25 мкм наиболее экономично, согласно [6], получать методом чистового шлифования после термообработки. До термообработки на токарной операции 010 будет последовательно выполнятся: черновое зенкерование по 14 квалитету точности с Ra=20 мкм; черновое растачивание по 11 квалитету точности с Ra=5 мкм. Заготовкой этой поверхности служит прошитое отверстие, имеющее $ES = +0,4$ мм, EI=-0,9мм.

Канавку будем обрабатывать стандартным канавочным резцом шириной 6мм, врезанием с последующим продольным ходом.

Отверстие Ø5Н12 будем выполнять сверлением.

Проведём назначение технологических размеров. Для этого вычертим операционные эскизы и на каждой операции проставим технологические размеры, руководствуясь правилами, указанными выше.

Так, на операции 005 все линейные размеры должны быть заданы от установочной базы первой операции механической обработки (все плоскости имеют предварительное состояние и в дальнейшем обрабатываются).

На операции 010 торец получает окончательное состояние, а конструкторская база имеет предварительное состояние. Поэтому координировать этот торец следует от бортика, который служит базой при переводе конструкторской базы в окончательное состояние. Аналогично следует координировать канавку.

При назначении размеров на остальных операциях обеспечиваем отсутствие погрешности базирования.

Проведём размерный анализ предлагаемого технологического процесса.

Построим размерные схемы линейных размеров и биений, которые представлены на рисунок 19.

Используя размерную схему линейных размеров (рисунок 19, а), составим уравнения технологических размерных цепей, принимая в качестве замыкающих звеньев конструкторские размеры и припуски:

$K_1 = T_7 + T_4$; $K_4 = T_7 + T_4$; $Z_1 = T_3 - T_7$;

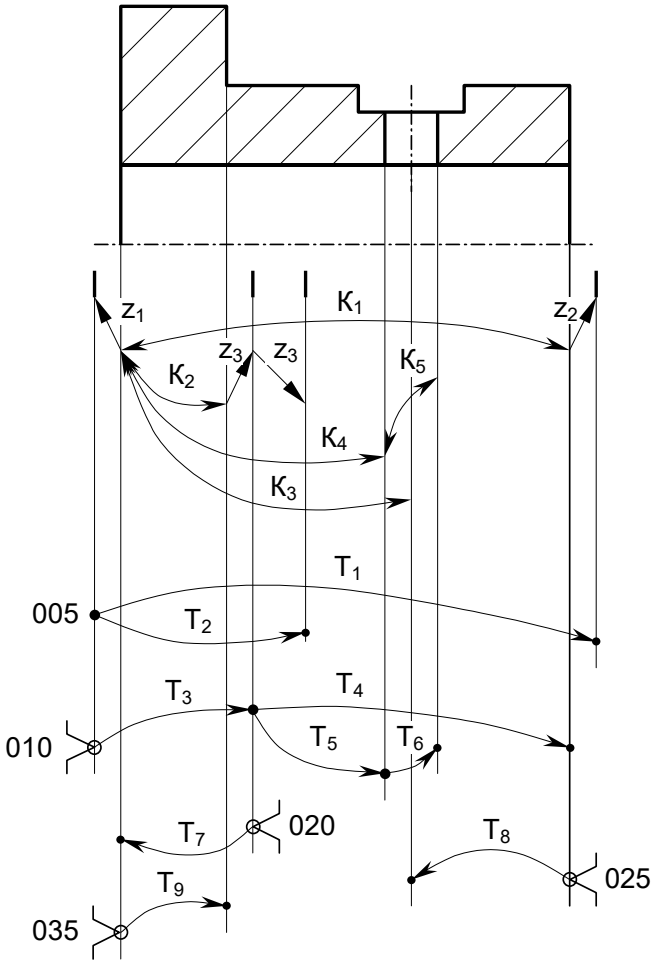
$K_2 = T_9$; $K_5 = T_6$; $Z_2 = T_1 - T_3 - T_4$;

$K_3 = T_7 + T_4 - T_8$; $Z_3 = T_7 - T_9$; $Z_4 = T_2 - T_3$.

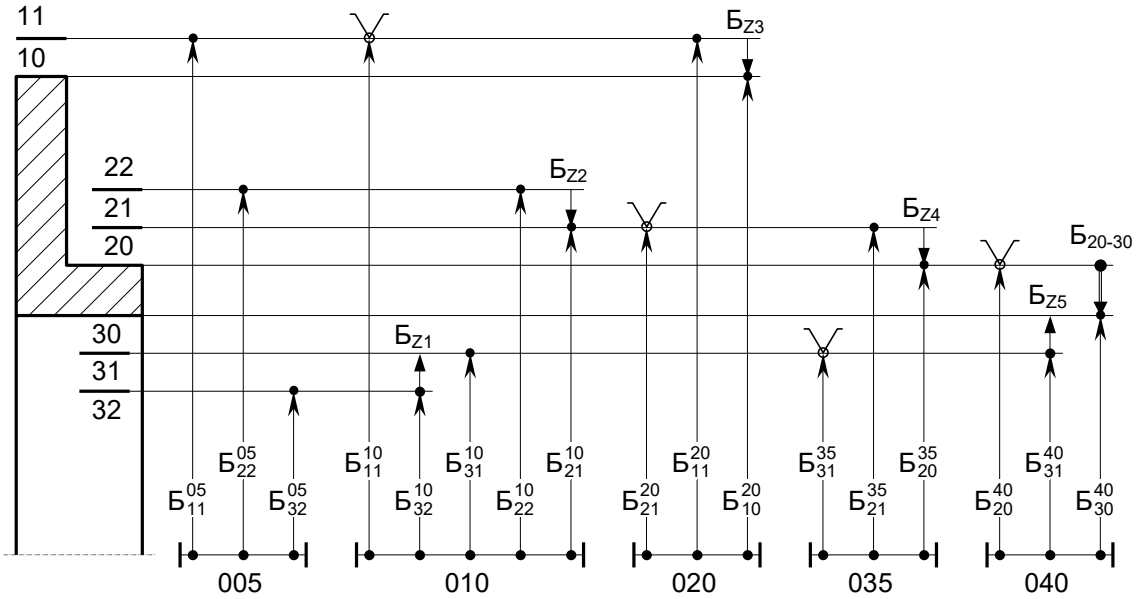
Прежде всего, для двухзвенных цепей назначим допуски технологических размеров в соответствии с методом обработки, используя положение, что, принимая для операционного размера допуск более широкий, чем допуск, соответствующий экономической точности метода обработки, мы ничего не выигрываем, так как стоимость обработки при этом не уменьшается [3].

Так как размер T_9 получаем методом шлифования, то назначим для него допуск по 10 квалитету, что на один квалитет грубее точности метода. Тогда $T_9 = 10_{-0,058}$ мм.

Размер T_6 выполняется методом точения и, следовательно, его допуск можно принять равным допуску конструкторского размера, т.е. $T_6 = 10^{+0,36}$мм.



а) Размерная схема линейных размеров



б) Размерная схема биений

Рисунок 19 - Размерные схемы технологического процесса

Проведём решение уравнений методом полной взаимозаменяемости.

$$Z_3 = T_7 - T_9;$$

$Z_{3min} = (R_Z+h)_{i-1}+e_ф$ и после чистового точения и термообработки получим, согласно [3,6]

$$Z_{3min} = 0{,}025+0+0{,}145 = 0{,}17 \text{ мм};$$

$$T_9 = 10_{-0{,}058} \text{ мм};$$

$$Z_{3min} = T_{7min} - T_{9max};$$

$$T_{7min} = T_{9max} + Z_{3min} = 10+0{,}17 = 10{,}17 \text{ мм}.$$

Примем допуск на размер T_7 по 11 квалитету, что соответствует методу обработки – чистовое точение ($IT_{T7} = 0{,}11$ мм)

$$T_7 = T_{7min} + IT_{T7} = 10{,}17+0{,}11 = 10{,}28 \text{ мм}.$$

Округляем и получим окончательно

$$T_7 = 10{,}3_{-0{,}11} \text{ мм}.$$

$$Z_{3min} = T_{7min} - T_{9max} = 10{,}19-10 = 0{,}19 \text{ мм};$$

$$Z_{3max} = T_{7min} - T_{9min} = 10{,}3-9{,}942 = 0{,}358 \text{ мм}.$$

$$K_1 = T_7 + T_4;$$

Известно: $K_1 = 60_{-0{,}46} = 59{,}77 \pm 0{,}23$ мм; $T_7 = 10{,}3_{-0{,}11} = 10{,}245 \pm 0{,}055$ мм;

Определим: $T_4 = K_1 - T_7 = 59{,}77-10{,}245 = 49{,}525$ мм;

$IT_{K1} = IT_{T7} + IT_{T4} \Rightarrow IT_{T4} = IT_{K1} - IT_{T7} = 0{,}46-0{,}11 = 0{,}35$ мм, что может быть достигнуто на выбранном оборудовании.

$$T_4 = 49{,}525 \pm 0{,}175 = 49{,}35^{+0{,}35} \text{мм}.$$

Проведем округление и приведем допуск к 12 квалитету:

$$T_4 = 49{,}4^{+0{,}25} \text{ мм}.$$

Проверка:

$$K_{1min} = T_{7min} + T_{4min} = 10{,}19+49{,}4 = 59{,}59 > 59{,}54 \text{ мм};$$

$$K_{1max} = T_{7max} + T_{4max} = 10{,}3+49{,}65 = 59{,}95 < 60 \text{ мм}.$$

$$K_3 = T_7 + T_4 - T_8;$$

Известно: $K_3 = 35 \pm 0{,}31$ мм; $T_7 = 10{,}3_{-0{,}11} = 10{,}245 \pm 0{,}055$ мм;

$T_4 = 49{,}4^{+0{,}25} = 49{,}525 \pm 0{,}125$ мм.

Определим: $T_8 = T_7 + T_4 - K_3 = 10{,}245+49{,}525-35 = 24{,}77$мм;

$IT_{K3} = IT_{T7} + IT_{T4} + IT_{T8} \Rightarrow IT_{T8} = IT_{K1} - IT_{T7} - IT_{T4} = 0{,}62-0{,}11-0{,}25 = 0{,}26$ мм, что может быть достигнуто на выбранном оборудовании.

$$T_8 = 24{,}77 \pm 0{,}13 \text{ мм}.$$

Проведём округление и приведём допуск к 12 квалитету:

$$T_8 = 24{,}75 \pm 0{,}105 \text{ мм}.$$

Проверка:

$$K_{3min} = T_{7min} + T_{4min} - T_{8max} = 10{,}19+49{,}4-24{,}855 = 34{,}735 > 34{,}69 \text{ мм};$$

$$K_{3max} = T_{7max} + T_{4max} - T_{8min} = 10{,}3+49{,}65-24{,}645 = 35{,}305 < 35{,}31 \text{ мм}.$$

$$K_4 = T_7 + T_5$$

Известно: $K_4 = 30_{-0{,}33} = 29{,}835 \pm 0{,}165$ мм; $T_7 = 10{,}3_{-0{,}11} = 10{,}245 \pm 0{,}055$ мм.

Определим: $T_5 = K_4 - T_7 = 29{,}835 - 10{,}245 = 19{,}59$ мм;

$IT_{K4} = IT_{T7} + IT_{T5} \Rightarrow IT_{T5} = IT_{K4} - IT_{T7} = 0{,}33 - 0{,}11 = 0{,}22$ мм, что может быть достигнуто на выбранном оборудовании.

$$T_{T5} = 19{,}59 \pm 0{,}11 = 19{,}7_{-0{,}22} \text{ мм.}$$

Приведём допуск к квалитетному (12 квалитет) и получим

$$T_{T5} = 19{,}7_{-0{,}21} \text{ мм.}$$

Проверку в данном случае проводить нет надобности, т.к. допуск ужесточился, а размер не менялся.

$$Z_1 = T_3 - T_7;$$

После штамповки, согласно [3,6];

$$Z_{1min} = (R_Z + h)_{i-1} + e_Ф = 0{,}16 + 0{,}2 + 0{,}3 = 0{,}66 \text{ мм}$$

$$T_7 = 10{,}3_{-0{,}11} \text{ мм;}$$

$$Z_{1min} = T_{3min} - T_{7max};$$

$$T_{3min} = T_{6max} + Z_{1min} = 10{,}3 + 0{,}66 = 10{,}96 \text{ мм;}$$

Примем допуск на T_3 по 13 квалитету, что соответствует заданию размера от черновой базы [3]. Тогда:

$$T_3 = T_{3min} + IT_{T3} = 10{,}96 + 0{,}27 = 11{,}23 \text{ мм.}$$

Округляем и получим окончательно

$$T_3 = 11{,}3_{-0{,}27} \text{ мм.}$$

$$Z_{1min} = T_{3min} - T_{7max} = 11{,}03 - 10{,}3 = 0{,}73 \text{ мм;}$$

$$Z_{1max} = T_{3min} - T_{7min} = 11{,}3 - 10{,}19 = 1{,}11 \text{ мм.}$$

$$Z_2 = T_1 - T_3 - T_4;$$

После штамповки, согласно [3,6]:

$$Z_{2min} = (R_Z + h)_{i-1} + e_Ф = 0{,}16 + 0{,}2 + 0{,}3 = 0{,}66 \text{ мм}$$

$$T_3 = 11{,}3_{-0{,}27} \text{ мм;} \quad T_4 = 49{,}4^{+0{,}25} \text{ мм}$$

$$Z_{2min} = T_{1min} - T_{3max} - T_{4max};$$

$$T_{1min} = T_{3max} + T_{4min} + Z_{1min} = 11{,}3 + 49{,}65 + 0{,}66 = 61{,}61 \text{ мм;}$$

Размер T_1 выполняется в штамповке с отклонениями es = 1,0 мм; ei = -0,4 мм;

$$T_1 = T_{1min} + |ei|_{T1} = 61{,}61 + 0{,}4 = 62{,}01 \text{ мм.}$$

Округляем и получим окончательно

$$T_1 = 62{,}5^{+0{,}1}_{-0{,}4} \text{ мм.}$$

$$Z_{2min} = T_{1min} - T_{3max} - T_{4max} = 62{,}1 - 11{,}3 - 49{,}65 = 1{,}15 \text{ мм;}$$

$$Z_{2max} = T_{1max} - T_{3min} - T_{4min} = 63{,}5 - 11{,}19 - 49{,}4 = 2{,}91 \text{ мм.}$$

$$Z_4 = T_2 - T_3;$$

После штамповки, согласно [3,6],

$$Z_{4min} = (R_Z + h)_{i-1} + e_Ф = 0{,}16 + 0{,}2 + 0{,}3 = 0{,}66 \text{ мм}$$

$$T_3 = 11{,}3_{-0{,}27} \text{ мм;}$$

$$Z_{4min} = T_{2min} - T_{3max};$$

$$T_{2min} = T_{3max} + Z_{4min} = 11{,}3 + 0{,}66 = 11{,}96 \text{ мм.}$$

Размер T_2 выполняется в штамповке с отклонениями es = 0,9 мм; ei = -0,4 мм

$$T_2 = T_{2min} + |ei|_{T2} = 11,96+0,4 = 12,36 \text{ мм.}$$

Округляем и получим окончательно

$$T_2 = 12,5^{+0,9}_{-0,4} \text{ мм.}$$

$$Z_{4min} = T_{2min} - T_{3max} = 12,10-11,3 = 0,80 \text{ мм;}$$

$$Z_{4max} = T_{2max} - T_{3min} = 13,4-11,03 = 2,37 \text{ мм.}$$

Результаты расчётов технологических размеров заносим в операционные эскизы.

Используя размерную схему биений, проведём расчёты биений базовых, обрабатываемых, обработанных поверхностей относительно баз системы «обработка» и между собой, а также определим неравномерность припуска поверхностей вращения.

Биение элементов 11 и 22 (см. рисунок 19, *б*) относительно идеальной оси исходной заготовки определим по формуле 10

$$Б_{11}^{05} = Б_{22}^{05} = 2 \cdot \sqrt{(\Delta_{CM})^2 + (\Delta_{KOP})^2} \ ,$$

где Δ_{CM} =0,4 мм; Δ_{KOP} =0,5 мм [6],

тогда

$$Б_{11}^{05} = Б_{22}^{05} = 2 \cdot \sqrt{0,4^2 + 0,5^2} = 1,28 \text{ мм.}$$

Аналогично, используя данные [6], получим

$$Б_{32}^{05} = 2 \cdot \sqrt{(\Delta_{CM})^2 + (\Delta_{KOP})^2} = 2 \cdot \sqrt{0,63^2 + 0,5^2} = 1,61 \text{ мм.}$$

Биение базового элемента 11 относительно базы обработки операции по формуле 11 с учётом установки в трёхкулачковый патрон нормальной точности

$$Б_{11}^{10} = \mathbf{2 \cdot 0,17 \cdot \sqrt{1,4} \cdot (1 + 0,02 \cdot 2) = 0,418} \text{ мм}$$

Биение обрабатываемой поверхности 32 на операции 10 (рисунок 19, *б*) определим, составляя уравнения размерных цепей с использованием формулы 15

$$Б_{32}^{10} = \sqrt{(Б_{11}^{10})^2 + (Б_{11}^{05})^2 + (Б_{32}^{05})^2} = \sqrt{\mathbf{0,418^2 + 1,28^2 + 1,61^2}} = \mathbf{2,099} \text{ мм.}$$

Биение обработанной поверхности 31 на операции 10 (рисунок 19, *б*) определим по формуле 16, учитывая, что коэффициент уточнения после чистового точения равен 0,04 [6]

$$Б_{31}^{10} = K_y \cdot Б_{32}^{10} = \mathbf{0{,}04 \cdot 2{,}099 = 0{,}084} \text{ мм.}$$

Согласно формуле 17

$$Б_{Z1} = Б_{32}^{10} - Б_{31}^{10} = \mathbf{2{,}099 - 0{,}084 = 2{,}015} \text{ мм;}$$
$$e_{Z1} = Б_{Z1} / \mathbf{2} = \mathbf{2{,}015 / 2 = 1{,}008} \text{ мм.}$$

Аналогично

$$Б_{22}^{10} = \sqrt{(Б_{11}^{10})^2 + (Б_{11}^{05})^2 + (Б_{22}^{05})^2} = \sqrt{\mathbf{0{,}418^2 + 1{,}28^2 + 1{,}28^2}} = \mathbf{1{,}858} \text{ мм;}$$
$$Б_{21}^{10} = K_y \cdot Б_{22}^{10} = \mathbf{0{,}04 \cdot 1{,}858 = 0{,}074} \text{ мм;}$$
$$Б_{Z2} = Б_{22}^{10} - Б_{21}^{10} = \mathbf{1{,}858 - 0{,}074 = 1{,}784} \text{ мм;}$$
$$e_{Z2} = Б_{Z2} / \mathbf{2} = \mathbf{1{,}784 / 2 = 0{,}892} \text{ мм.}$$

Биение базового элемента 21 относительно базы обработки операции 020 определим по формуле 11 с учётом установки в трёхкулачковый патрон повышенной точности

$$Б_{21}^{20} = \mathbf{2 \cdot 0{,}11 \cdot \sqrt{0{,}14} \cdot (1 + 0{,}02 \cdot 0) = 0{,}082} \text{ мм.}$$

Биение обрабатываемой поверхности 11 на операции 20 (рисунок 19 , *б*) определим, составляя уравнения размерных цепей с использованием формулы 15

$$Б_{22}^{20} = \sqrt{(Б_{21}^{20})^2 + (Б_{21}^{10})^2 + (Б_{11}^{10})^2} = \sqrt{\mathbf{0{,}082^2 + 0{,}074^2 + 0{,}418^2}} = \mathbf{0{,}432} \text{ мм.}$$

Биение обработанной поверхности 10 на операции 20 (рисунок 19, *б*) определим по формуле 16, учитывая, что коэффициент уточнения после получистового точения равен 0,05 [6]

$$Б_{10}^{20} = K_y \cdot Б_{11}^{20} = \mathbf{0{,}05 \cdot 0{,}432 = 0{,}022} \text{ мм.}$$

Согласно формуле 17

$$Б_{Z3} = Б_{11}^{20} - Б_{10}^{20} = \mathbf{0{,}432 - 0{,}022 = 0{,}41} \text{ мм;}$$
$$e_{Z3} = Б_{Z3} / \mathbf{2} = \mathbf{0{,}41 / 2 = 0{,}205} \text{ мм.}$$

На операции 035, согласно представленному эскизу, заготовка устанавливается отверстием 9 квалитета точности (ES = 0,062 мм;

EI = 0 мм) на оправку с зазором. Примем для оправки посадку f6 (ES = -0,025 мм; EI = -0,041 мм). Биение, вызванное погрешностью установки равно максимальному зазору, т.е.

$$Б_{31}^{35} = \mathbf{0{,}062} + \mathbf{0{,}041} = \mathbf{0{,}103}\ \text{мм}.$$

Биение обрабатываемой поверхности 21 на операции 35 (рисунок 19, *б*) определим, составляя уравнения размерных цепей с использованием формулы 15

$$Б_{21}^{35} = \sqrt{(Б_{31}^{35})^2 + (Б_{31}^{10})^2 + (Б_{21}^{10})^2} = \sqrt{\mathbf{0{,}103}^2 + \mathbf{0{,}084}^2 + \mathbf{0{,}074}^2} = \mathbf{0{,}152}\ \text{мм}.$$

Биение обработанной поверхности 20 на операции 35 (рисунок 19, *б*) определим по формуле 16, учитывая, что коэффициент уточнения после чистового шлифования равен 0,02 [6]

$$Б_{20}^{35} = К_у \cdot Б_{21}^{35} = \mathbf{0{,}02} \cdot \mathbf{0{,}152} \approx \mathbf{0{,}003}\ \text{мм}.$$

Согласно формуле 3.17

$$Б_{Z4} = Б_{21}^{35} - Б_{20}^{35} = \mathbf{0{,}152} - \mathbf{0{,}003} = \mathbf{0{,}149}\ \text{мм}.$$
$$e_{Z4} = Б_{Z4} / \mathbf{2} = \mathbf{0{,}149} / \mathbf{2} \approx \mathbf{0{,}075}\ \text{мм}.$$

На операции 040 заготовку устанавливают в цанговый патрон класса В. Тогда по формуле 12

$$Б_{20}^{40} = \mathbf{2} \cdot \mathbf{0{,}06} \cdot \sqrt{\mathbf{0{,}03}} \cdot (\mathbf{1} + \mathbf{0{,}01} \cdot \mathbf{0}) = \mathbf{0{,}021}\ \text{мм};$$
$$Б_{31}^{40} = \sqrt{(Б_{20}^{40})^2 + (Б_{20}^{35})^2 + (Б_{31}^{35})^2} = \sqrt{\mathbf{0{,}021}^2 + \mathbf{0{,}003}^2 + \mathbf{0{,}103}^2} = \mathbf{0{,}105}\ \text{мм};$$
$$Б_{30}^{40} = К_у \cdot Б_{31}^{40} = \mathbf{0{,}02} \cdot \mathbf{0{,}105} = \mathbf{0{,}002}\ \text{мм};$$
$$Б_{Z5} = Б_{31}^{40} - Б_{30}^{40} = \mathbf{0{,}105} - \mathbf{0{,}002} = \mathbf{0{,}103}\ \text{мм};$$
$$e_{Z5} = Б_{Z5} / \mathbf{2} = \mathbf{0{,}103} / \mathbf{2} \approx \mathbf{0{,}052}\ \text{мм}.$$

Проверим технические требования, заданные конструктором:

$$\overline{Б}_{20-30} = \overline{Б}_{20}^{40} - \overline{Б}_{30}^{40}.$$

При наихудшем варианте, когда векторы направлены в разные стороны:

$$Б_{20-30} = Б_{20}^{40} + Б_{30}^{40} = 0{,}021 + 0{,}005 = 0{,}028\ \text{мм} < 0{,}03\ \text{мм},$$

т.е. требования конструктора выполнены.

Проведём расчёт межоперационных диаметральных размеров, сведя данные в таблицу и используя формулы 18 и 19.

Определим наружный диаметр, поступающий на шлифование (операция 040) после операции 010:

$$D_{i-1} = D_i + 2Z_{\min} + |ei|_{i-1},$$

где D_i – диаметр, получаемый на операции 040 и равный $80_{-0,03}$ мм, т.е. его номинал D_i = 80 мм;

$Z_{min} = (R_Z + h)_{i-1} + e_{max}$ – величина минимального припуска;

R_{Zi-1} = 0,025 мм после чистового точения [6];

h_{i-1} = 0 мм после термообработки [6].

В данном случае

$$e_{\max} = \sqrt{(e_{Z4})^2 + (\Delta_K \cdot 1)^2},$$

где Δ_K – удельное коробление после термообработки, равное 0,15 мкм/мм [3].

Учитывая, что 1 = 60 мм (см.рис.38), получим $\Delta_K \cdot 1 = 0{,}15 \cdot 60 = 9$ мкм = 0,009 мм,

тогда

$$e_{\max} = \sqrt{\mathbf{0{,}075^2 + 0{,}009^2}} = \mathbf{0{,}076} \text{ мм.}$$

$|ei|_{i-1} = 0{,}14$ мм, 10 квалитет после чистового точения.

$$D_{i-1} = 80 + 2 \cdot (0{,}025 + 0 + 0{,}076) + 0{,}14 = 80{,}342 \text{ мм.}$$

Округляя, получим окончательно D_{i-1} =$80{,}4_{-0,14}$ мм.

Аналогично рассчитываем все остальные размеры и данные сводим в таблица 2.

Таблица 2 - Результаты расчёта межоперационных размеров элементов вращения

Технологический маршрут обработки элемента	№ опе-рации	Размер, мм		Откло-нения, мм	Элементы припуска, мм			Расчётный припуск $Z^P_{\min}$, мм	Фактический припуск	
		Расчёт-ный	Округ-лённый		$R_{Z\,i-1}$	h_{i-1}	$e_{\max}$		$Z^{\Phi}_{\min}$	$Z^{\Phi}_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\varnothing 110_{-0,35}$										
Получистовое точение	020	110	110	-0,35	0,1	0,1	0,028*2	0,228	0,265	0,875
Черновое точение	020	111,326	111,4	-0,87	0,16	0,2	0,22*1	0,58	0,6	1,735

Технологический маршрут обработки элемента	№ опе-рации	Размер, мм		Откло-нения, мм	Элементы припуска, мм			Расчётный припуск $Z^{P}_{\min}$, мм	Фактический припуск	
		Расчёт-ный	Округ-лённый		$R_{Z\,i-1}$	h_{i-1}	$e_{\max}$		$Z^{\Phi}_{\min}$	$Z^{\Phi}_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Штамповка	005	112,96	113	$^{+1,0}_{-0,4}$	–	–	–	–	–	–
$\varnothing 80_{-0,03}$										
Чистовое шлифование	035	80	80	-0,03	0,025	-	0,076*6	0,101	0,13	0,215
Чистовое точение	010	80,342	80,4	-0,14	0,05	0,05	0,019*5	0,119	0,14	0,32
Получистовое точение	010	80,858	80,9	-0,22	0,1	0,1	0,07*4	0,27	0,28	0,66
Черновое точение	010	81,98	82	-0,54	0,16	0,2	0,907*3	1,267	1,3	2,27
Штамповка	005	84,934	85	$^{+1,0}_{-0,4}$	–	–	–	–	–	–
$\varnothing 50^{+0,016}$										
Чистовое шлифование	040	50	50	+0,016	0,02	-	0,053*10	0,073	0,119	0,158
Чистовое растачивание	010	49,792	49,7	+0,062	0,04	0,05	0,02*9	0,11	0,15	0,231
Черновое растачивание	010	49,38	49,3	+0,10	0,05	0,05	0,076*8	0,176	0,19	0,55
Зенкерование	010	48,328	48,3	+0,62	0,16	0,20	1,023*9	1,383	1,4	2,36
Штамповка	005	45,134	45,1	$^{-0,4}_{-0,9}$	–	–	–	–	–	–

Примечания к таблице 2.

*1 $e_{max} = e_{Z3} + e_{инд}$,

где $e_{инд}$ – погрешность индексации при смене инструмента, равная для станка 16К20Ф3 – 0,015 мм.

Тогда e_{max} = 0,205 + 0,015 = 0,22

*2 $e_{max} = K_y \cdot e_{\max}^{*1} + e_{инд} = \mathbf{0{,}06 \cdot 0{,}22 + 0{,}015 = 0{,}028}$ мм

*3 $e_{max} = e_{Z2} + e_{инд} = \mathbf{0{,}892 \cdot 0{,}015 = 0{,}907}$ мм

*4 $e_{max} = K_y \cdot e_{\max}^{*3} + e_{инд} = \mathbf{0{,}06 \cdot 0{,}907 + 0{,}015 = 0{,}07}$ мм

*5 $e_{max} = K_y \cdot e_{\max}^{*4} + e_{инд} = \mathbf{0{,}05 \cdot 0{,}07 + 0{,}015 = 0{,}019}$ мм

*6 в данном случае $e_{max} = \sqrt{(e_{Z4})^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}$, где Δ_k- удельное коробление после термообработки, равное 0,15 мкм/мм [3].

Учитывая, что *l* =80 мм (см.рис.3), получим $\Delta_k \cdot l = 0{,}15 \cdot 60 = 9$ мкм = 0,009 мм.

Тогда $e_{max} = \sqrt{\mathbf{0{,}075^2 + 0{,}009^2}} = \mathbf{0{,}076}$ мм.

*7 $e_{max} = e_{Z1} + e_{инд} = \mathbf{1{,}008 + 0{,}015 = 1{,}023}$ мм.

*8 $e_{max} = K_y \cdot e_{\max}^{*7} + e_{инд} = \mathbf{0{,}06 \cdot 1{,}023 + 0{,}015 = 0{,}076}$ мм

*9 $e_{max} = K_y \cdot e_{\max}^{*8} + e_{инд} = \mathbf{0{,}06 \cdot 0{,}076 + 0{,}015 \approx 0{,}02}$ мм

*10 В данном случае $e_{\max} = \sqrt{(e_{Z5})^2 + (\Delta_k \cdot l)^2}$, где Δ_k - удельное коробление после термообработки, равное 0,15 мкм/мм [3]. Учитывая, что *l* = 60 мм (см.рис.3), получим

$\Delta_k \cdot l$ =0,15 $\cdot 60 = 9$ мкм = 0,009 мм,

тогда e_{max} = $\sqrt{\mathbf{0{,}052^2 + 0{,}009^2}} = \mathbf{0{,}053}$ мм.

Проведены все необходимые технологические размерные расчёты, определены все технологические размеры и можно заполнить технологическую документацию (маршрутную карту см. на рисунок 20-22 и операционные эскизы – на рисунок 23-28).

Так как операции не проектировались, то при заполнении маршрутной карты графы трудозатрат не заполнять.

ГОСТ 3.1118—82 ФОРМА 1

Дубл.															
Взам.															
Подл.															
														3	1
Разработал															
Проверил															
Нормировал															
Н. контроль															

	СЗТУ													10140.00001	
	ВТУЛКА													КР	
М01															
М02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н.Расх	Ким	Код заготовки	Профиль и размеры				КД	КЗ	
			кг	1,78	1	2,5	0,7	Штамповка	Ø113,5×62,5				1	2,43	
А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции				Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования								СМ	Проф	Р	УТ КР	КОИД	ЕН	ОП Кшт Т п.з. Т шт.
А 03	*005 2100, Штамповочная 20140.00001*														
Б 04	*Горизонтально-ковочная машина*										*2*	*1*	*1*		
О 05	*Штамповать заготовку согласно эскизу*														
Т 06	*Штамп*														
07															
А 08	*010 3808, Токарная с ЧПУ 20140.00002*														
Б 09	*Токарный станок с ЧПУ модели 16К20Ф3*										*3*	*1*	*1*		
О 10	*Точить наружные поверхности, зенкеровать и расточить отверстие, выдерживая размеры: Ø80,5 $_{-0,14}$; Ø49,6 $^{+0,062}$;*														
11	*Ø72 $_{-0,46}$; 11,3 $_{-0,27}$; 19,7 $_{-0,21}$; 49,4 $^{+0,25}$; 10 $^{+0,36}$ мм.*														
Т 12	*Трёхкулачковый патрон класса Н*														
13															
14															
МК	Маршрутная карта														

Рисунок 20 - Маршрутная карта ТП изготовления детали «Втулка»

ГОСТ 3.1118—82 ФОРМА 1 а

Дубл.																	
Взам.																	
Подл.																	
																3	2
Разработал																	
Проверил																	
Н. контроль																	

10140.00001

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование операции					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Т п.з.	Т шт.	
А 01	*020 3808, Токарная с ЧПУ 20140.00003*																
Б 02	*Токарный станок с ЧПУ модели 16К20Ф3*							*2*		*1*	*1*						
О 03	*Точить поверхности, выдерживая размеры: $\varnothing 110_{-0,35}$; $10,3_{-0,11}$ мм.*																
Т 04	*Трёхкулачковый патрон класса II*																
05																	
А 06	*025 5012, Вертикально-сверлильная 20140.00004*																
Б 07	*Вертикально-сверлильный станок модели 2Н135*							*2*		*1*	*1*						
О 08	*Сверлить отверстие, выдерживая размеры: $\varnothing 6^{+0,1}$; 24,75±0,105 мм.*																
Т 09	*Кондуктор*																
10																	
А 11	*030 5100, Термическая*																
Б 12	*Электрическая печь, ванна с маслом*																
О 13	*Калить HRC 48...52*																
14																	
15																	
16																	
МК	Маршрутная карта																

Рисунок 21 - (продолжение)

ГОСТ 3.1118—82 ФОРМА 1 а

Дубл.																			
Взам.																			
Подл.																			
																		3	3
Разработал																			
Проверил																			
Н. контроль																			

10140.00001

А	Цех	Уч	РМ	Опер	Код, наименование операции	Обозначение документа											
Б	Код, наименование операции					СМ	Проф	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Т п.з.	Т шт.	
А 01	*035 8716, Круглошлифовальная 20140.00005*																
Б 02	*Шлифовальный станок модели 3Т160*							*3*		*1*	*1*						
О 03	*Шлифовать поверхности, выдерживая размеры: $\varnothing 80_{-0,03}$; $10_{-0,058}$ мм.*																
Т 04	*Оправка*																
05																	
А 06	*040 8316, Внутришлифовальная 20140.00006*																
Б 07	*Внутришлифовальный станок 3К227В*							*3*		*1*	*1*						
О 08	*Шлифовать отверстие, выдерживая размер $\varnothing 50^{+0,016}$ мм.*																
Т 09	*Патрон цанговый класса В*																
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
МК	Маршрутная карта																

Рисунок 22 - (окончание)

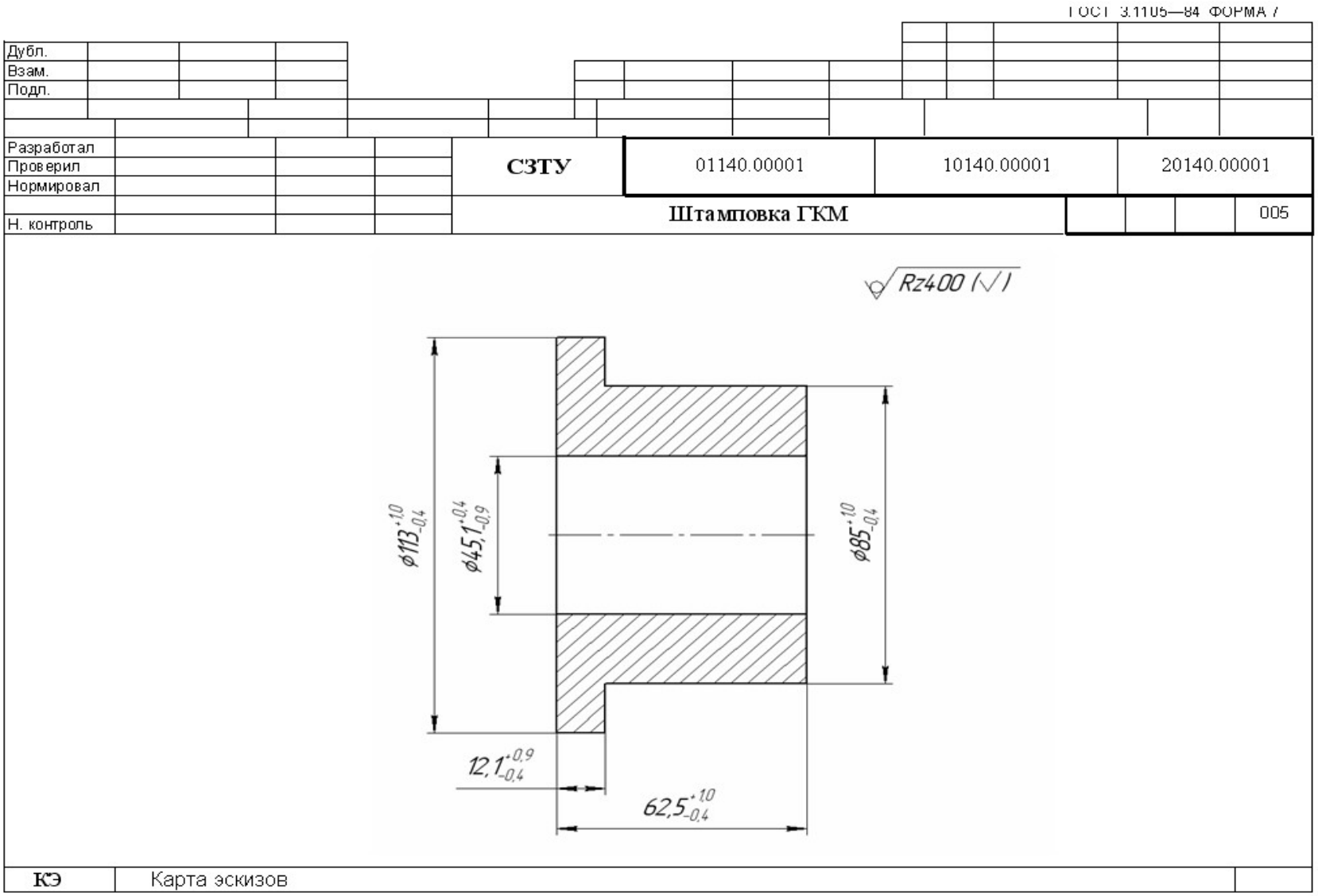
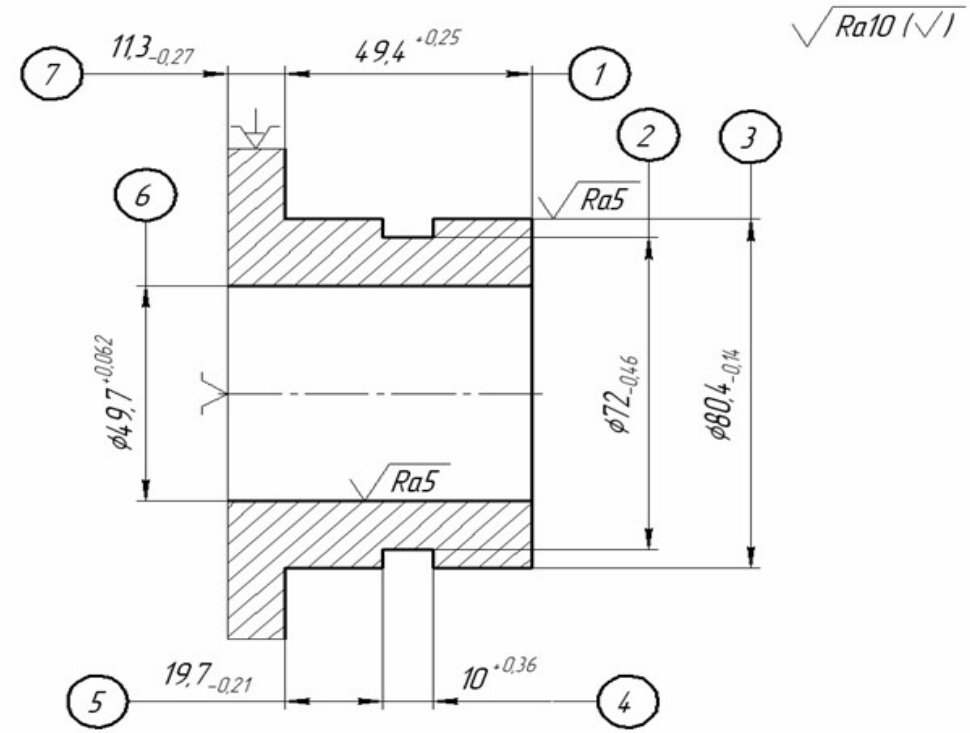


Рисунок 23 - Операционные эскизы ТП изготовления детали «Втулка»

ГОСТ 3.1105—84 ФОРМА 7

Дубл.								
Взам.								
Подл.								
Разработал				СЗТУ	01140.00001	10140.00001	20140.00002	
Проверил								
Нормировал								
Н. контроль				Токарная с ЧПУ, станок 16К20Ф3				010

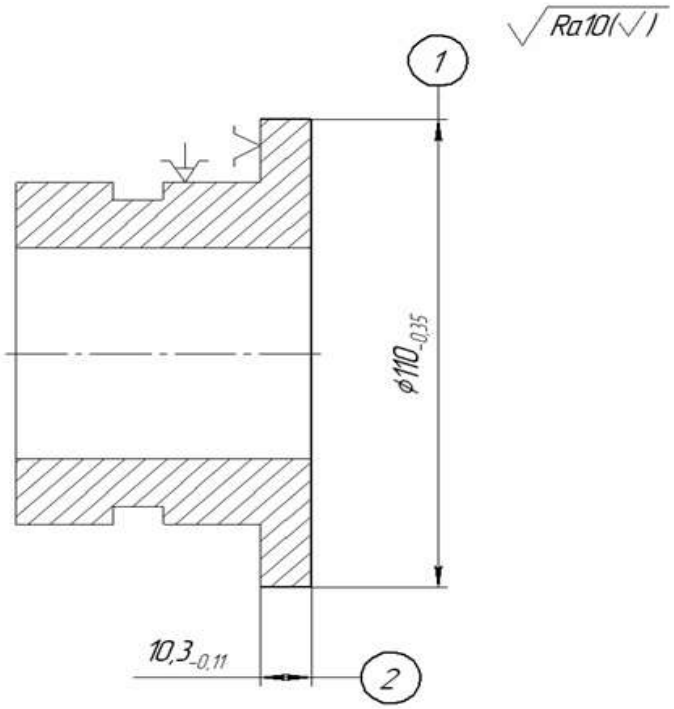


КЭ	Карта эскизов	

Рисунок 24 - (продолжение)

ГОСТ 3.1105—84 ФОРМА 7

Дубл.								
Взам.								
Подл.								
Разработал				СЗТУ	01140.00001	10140.00001	20140.00003	
Проверил								
Нормировал								
Н. контроль				Токарная с ЧПУ, станок 16К20Ф3				020

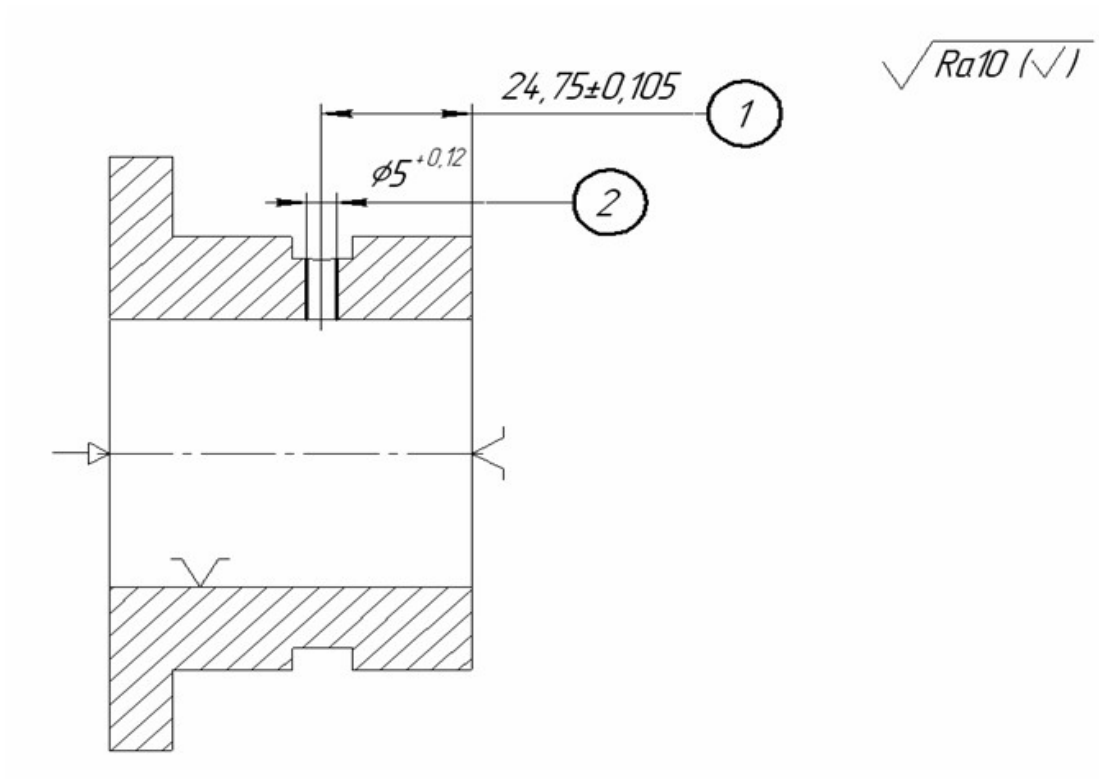


КЭ	Карта эскизов	

Рисунок 25 - (продолжение)

ГОСТ 3.1105—84 ФОРМА 7

Дубл.							
Взам.							
Подл.							
Разработал				СЗТУ	01140.00001	10140.00001	20140.00004
Проверил							
Нормировал							
Н. контроль				Сверлильная, станок 2Н135			025

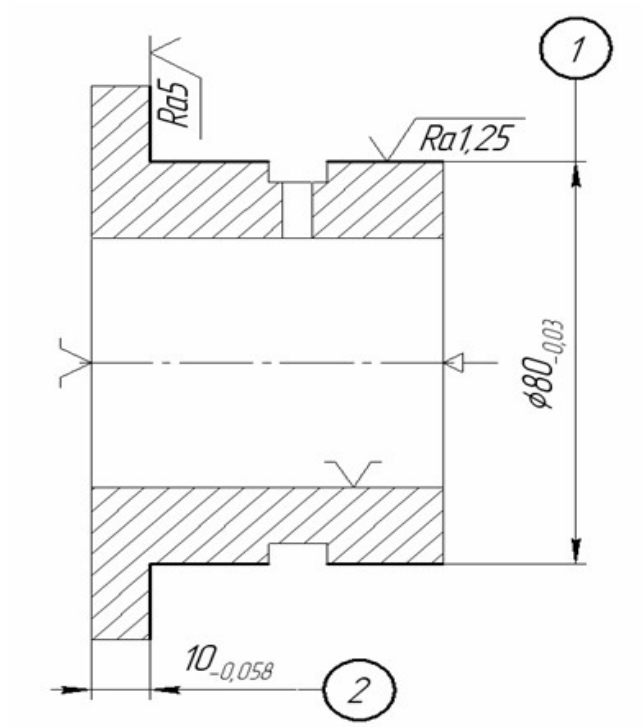


КЭ	Карта эскизов

Рисунок 26 - (продолжение)

ГОСТ 3.1105—84 ФОРМА 7

Дубл.								
Взам.								
Подл.								
Разработал				СЗТУ	01140.00001	10140.00001	20140.00005	
Проверил								
Нормировал								
Н. контроль				Шлифовальная, станок 3Т160				035

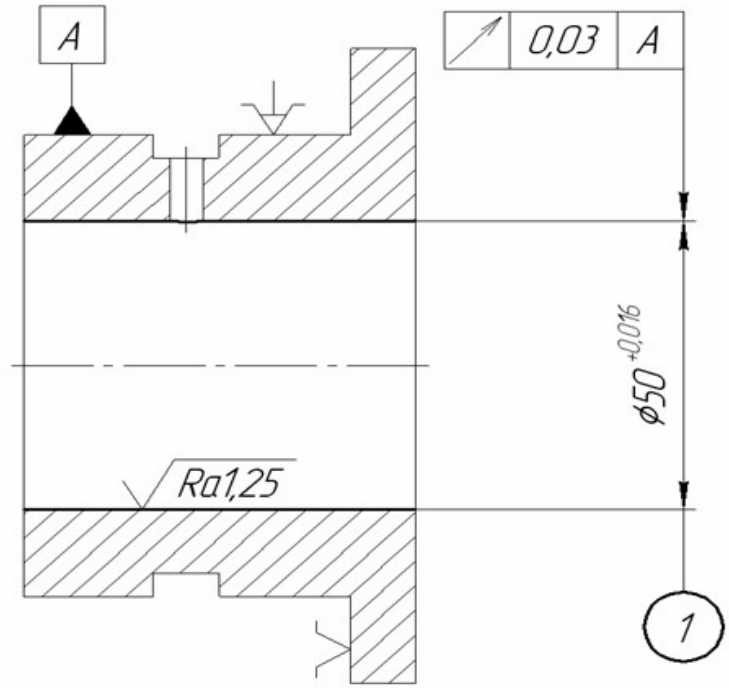


КЭ	Карта эскизов

Рисунок 27 - (продолжение)

ГОСТ 3.1105—84 ФОРМА 7

Дубл.								
Взам.								
Подл.								
Разработал				СЗТУ	01140.00001	10140.00001	20140.00006	
Проверил								
Нормировал								
Н. контроль				Шлифовальная, станок 3К227В				040



КЭ	Карта эскизов	

Рисунок 28 - (окончание)