

СТАУ 16

П-791

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

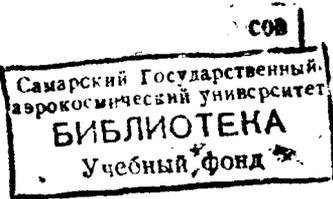
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
МАРШРУТА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛИ**

СГАУ: 6
П-791

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ПО ВЫСШЕМУ ОБРАЗОВАНИЮ
САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
МАРШРУТА
ИЗГОТОВЛЕНИЯ
ДЕТАЛИ

*Методические указания
к курсовой работе*



В ДАР.

САМАРА 1994

режимов резания и норм времени операционных припусков и допусков на операционные размеры, а также для определения (расчета) норм расхода материалов, запасов материалов и комплектующих изделий и т. п.;

документация по технике безопасности и промышленной санитарии;

отраслевые, заводские и другие планы научно-технического прогресса.

В качестве источников справочной информации необходимо иметь:

технологическую документацию опытного производства;

документацию на действующие ТП изготовления деталей — аналогов заданным, а также типовые ТП;

описание прогрессивных методов обработки, средств производства и организации производства;

каталоги, альбомы, паспорта оборудования, средств технологического оснащения, средств механизации и автоматизации производства по профилю разрабатываемых ТП.

При проектировании маршрута ТП в курсовой работе в качестве исходной информации студент получает рабочий чертеж детали, программу ее выпуска и ряд справочных материалов, перечисленных в библиографическом списке [1, 2, 3].

2. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МАРШРУТНОГО ТП

Всю работу по составлению маршрута единичного ТП можно условно разделить на ряд последовательно выполняемых этапов: анализ исходных данных для разработки ТП;

выбор типа производства;

поиск аналога ТП, включая типовой ТП*;

выбор исходной заготовки и способа ее изготовления;

выбор технологических баз;

разработка (выбор) планов обработки элементарных поверхностей и сочетаний поверхностей;

составление технологического маршрута.

2.1. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Приступая к разработке технологического маршрута, необходимо, прежде всего, проверить полноту исходных данных, осо-

* Аналогичный ТП можно выбрать из примерных технологий в библиотеке кафедры или по материалам второй технологической практики.

бенно комплектность источников базовой информации (рабочего чертежа, программы выпуска изделия и т. д.).

Наибольшее внимание должно быть уделено анализу рабочего чертежа детали. В табл. 1 показано, какие элементы рабочего чертежа анализируются и какие вопросы проектирования маршрута и всего ТП могут быть решены на основе анализа. Результаты анализа студент оформляет документально в пояснительной записке курсовой работы.

Подробно о технологическом анализе рабочего чертежа детали смотрите в специальных методических указаниях [4].

Таблица 1

Содержание и область использования результатов анализа чертежа детали

Элементы анализа	Область использования результатов анализа
1. Конструкция (геометрия) детали	Установление координатных направлений для разработки размерной структуры, расчета операционных размеров, выбора технологических баз. Установление количества операций, типа оборудования и технологической оснастки
2. Заданные точности размеров и формы поверхностей, а также качество поверхностного слоя	Установление методов обработки основных (рабочих и базировочных) поверхностей детали. Установление числа ступеней и планов обработки поверхностей и сочетаний поверхностей
3. Характер размерной связи поверхностей (система простановки размеров, отклонений расположения)	Установление технологических и измерительных баз и последовательности обработки поверхностей в этапах (черновом, чистовом, тонком, отделочном)
4. Марка материала, требования по механическим свойствам, термообработка, покрытие отдельных поверхностей	Установление вида заготовки (прокат, поковка, отливка и т. д.) и метода ее получения, формы и заготовки. Установление количества, места и характера термических операций Разделение всех формообразующих операций на группы (до термообработки и после нее). Выбор предпочтительного процесса обработки (резание лезвийным или абразивным инструментом, ЭФО, ЭХО и др.)

2.2. Выбор типа производства

Проектирование технологического процесса и разработка его маршрута должны выполняться с учетом типа организации производства. Различают три основных типа машиностроительного производства: массовое, серийное и единичное. В некоторых случаях серийное производство подразделяют на крупносерийное и мелкосерийное. Первое по своим характеристикам ближе к массовому производству, второе — к единичному. Для предварительной оценки типа производства можно воспользоваться характеристикой серийности, в основу которой положена классификация деталей по их массе и габаритам. Зная данные по объему выпуска изделий, их массу и габариты, по табл. 2 можно установить тип производства.

Таблица 2

Характеристика серийности производства

Тип производства	Количество изготавливаемых за год деталей одного наименования		
	Тяжелых (крупных) массой свыше 30 кг	Средних массой до 30 кг	Легких (мелких) массой до 6 кг
Единичное	до 5	до 10	до 100
Мелкосерийное	5...100	10...200	100...500
Серийное	100...300	200...500	500...5000
Крупносерийное	300...1000	500...5000	5000...50000
Массовое	свыше 1000	свыше 5000	свыше 50000

2.3. Выбор вида исходной заготовки и способа ее изготовления

В технологических процессах деталей двигателей летательных аппаратов используют следующие виды исходных заготовок: прокат, поковки, штамповки, отливки, комбинированные заготовки.

Выбор исходной заготовки всегда является многовариантной задачей. С точки зрения экономии материалов, особенно дорого-

стоящих жаропрочных и титановых сплавов, а также с точки зрения сокращения затрат времени и средств на механическую обработку, целесообразно выбирать заготовки, которые по форме, размерам, точности и качеству поверхностей возможно полнее соответствовали бы параметрам готовой детали. Но при этом будут увеличиваться текущие и единовременные затраты на изготовление заготовки в заготовительном цехе (на штамповочную и литейную оснастку, технологическое оборудование и т. д.). С другой стороны, при упрощении формы заготовки, снижении требований к ее точности и качеству можно значительно уменьшить затраты на ее изготовление. Однако в этом случае снизится коэффициент использования материала и увеличатся затраты на обработку такой заготовки в механическом цехе. Поэтому вопрос о выборе оптимальной заготовки, как правило, решается на основании экономических расчетов* [5].

Вид заготовки зависит от назначенного конструктором материала детали, который указывается в ее рабочем чертеже. Если материалом детали является литейный сплав (например, алюминиевые сплавы АЛ5, АЛ8, АЛ30 или титановые сплавы ВТ5Л, ВТ6Л, ВТ9Л), то заготовкой может служить только отливка. В случае, когда материалом детали является деформируемый сплав, то заготовкой будет прокат или поковка, или штамповка.

В пределах этих двух видов заготовки способ ее получения определяется уже самими технологами. Основными факторами, определяющими способ получения заготовки, являются ее конфигурация, габариты, производственная программа (объем выпуска деталей). Например, для деталей типа гладких пальцев, штифтов, шпилек, ступенчатых валиков с небольшим перепадом диаметральных размеров, выполняемых из деформируемых сплавов, целесообразным способом получения заготовки будет черный или калиброванный прокат; для валиков и других аналогичных деталей с большой разницей в диаметральных размерах ступеней более экономично их изготовление из поволоки или штамповки.

* В курсовой работе проведение экономических расчетов не предусматривается.

Роль объема выпуска деталей при выборе заготовки состоит в том, что с его ростом становится целесообразным переход на более производительные и точные способы их получения. Так, при изготовлении ступенчатых валков с ростом программы выпуска от проката переходят к штамповке, а затем к поперечно-клиновой или поперечно-винтовой прокатке. Например, анализ ТП изготовления зубчатого цилиндрического колеса диаметром 300 мм при высоте до 100 мм показывает, что минимальная себестоимость его заготовки обеспечивается свободной ковкой при программе выпуска $N \leq 80$ шт.; ковкой

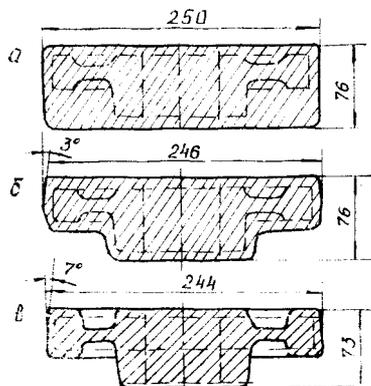


Рис. 1. Виды заготовок зубчатого цилиндрического колеса

в подкладных штампах, когда $80 < N < 500$, и штамповкой в закрытых штампах на КГШП при $N > 500$ шт. (рис. 1а, б, в соответственно). Что касается заготовок-отливок, то с ростом объема производства выгодным будет переход от литья в песчано-глиняные формы с ручной формовкой по деревянным моделям к машинной формовке с металлическими моделями, а затем—и к литью в кокиль или в оболочковые формы.

Целесообразный способ получения заготовки можно установить из схемы на рис. 2, а форму заготовки—из учебного пособия [5]. На рис. 2 обозначены виды производств: Е—единичное, МС—мелкосерийное, С—серийное, К—крупносерийное, М—массовое.

2.4. Выбор технологических и измерительных баз

2.4.1. Базирование и базы в машиностроении

По назначению и области применения базы подразделяются на конструкторские (КБ), технологические (ТБ) и измерительные (ИБ) (ГОСТ 21495-76).

Исходные данные: материал, конфигурация, габариты, назначение детали, вид производства.

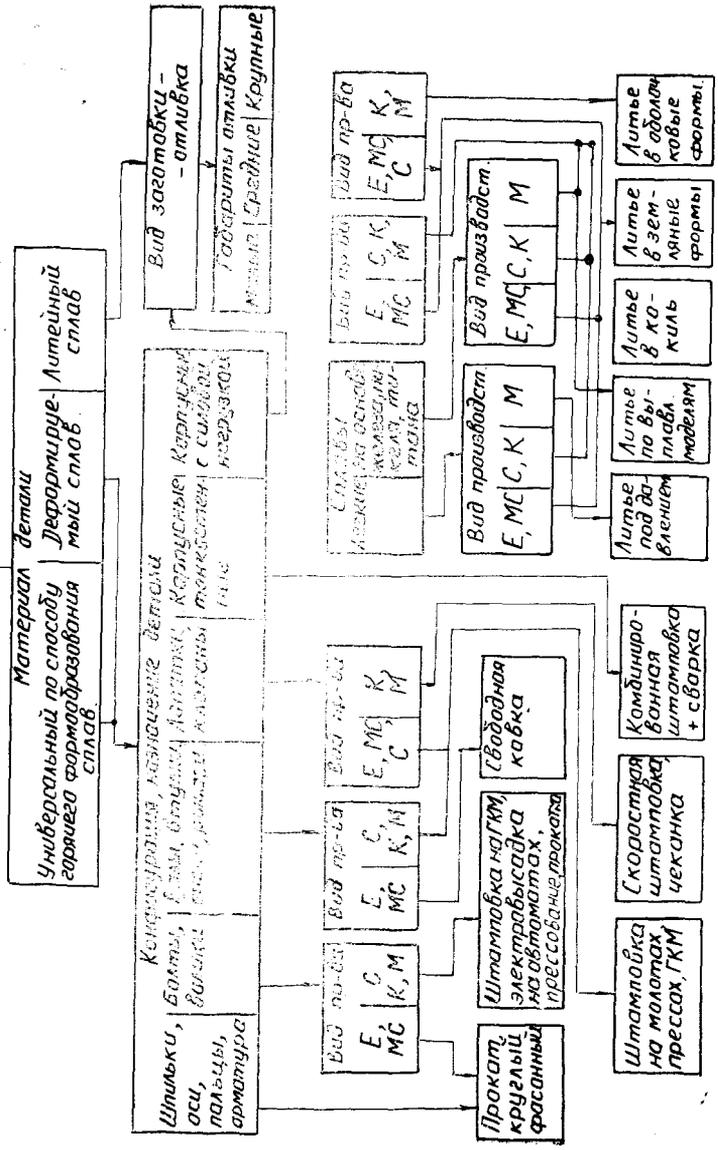


Рис. 2. Виды заготовок и способы их изготовления. Обозначение видов производства

Применительно к детали конструкторскими базами называют принадлежащие ей поверхности, линии или точки, которые ориентируют данную деталь в изделии. Поэтому положение других поверхностей, линий или точек детали координируется на рабочем чертеже относительно конструкторских баз.

Технологическими называют базы, используемые для определения положения заготовки на станке при установке ее для обработки. Для определения положения заготовки на станке по каждому из координатных направлений требуется выбрать (назначить) определенную технологическую базу. С этим связано подразделение технологических баз (как и конструкторских) на установочные, направляющие и опорные. Технологические базы обозначаются знаком ∇ и ∇ .

Измерительной базой называют поверхность, линию или точку на заготовке или детали, относительно которой при обработке и контроле производится измерение величин геометрических параметров. В технологической литературе измерительные базы часто называют исходными. Этот термин используется в дальнейшем тексте. Кроме того, в целях сокращения и технологические, и исходные базы в дальнейшем иногда именуется технологическими, поскольку и те, и другие используются только при разработке ТП.

По каждому из координатных направлений требуется назначить лишь одну технологическую базу, так что их общее число может изменяться от одной (рис. 3,а) до двух (рис. 3,б) или трех (рис. 3,в). Несколько технологических баз называют комплектом баз.

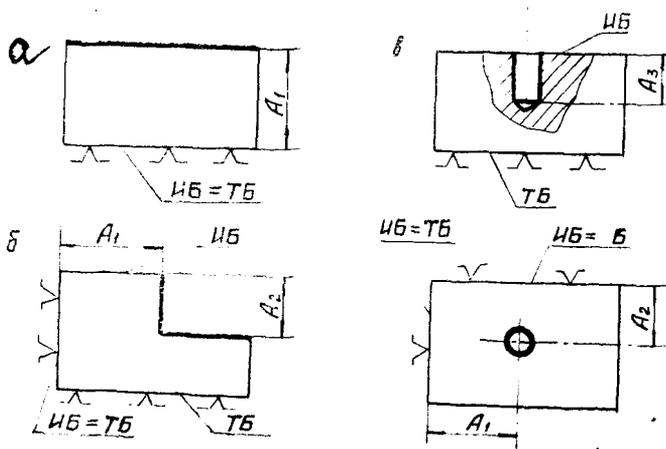


Рис. 3 Количество баз при координации заготовки

В то же время по каждому координатному направлению может быть использовано несколько измерительных (исходных) баз. Для примера на рис. 4 показано два варианта простановки ли-

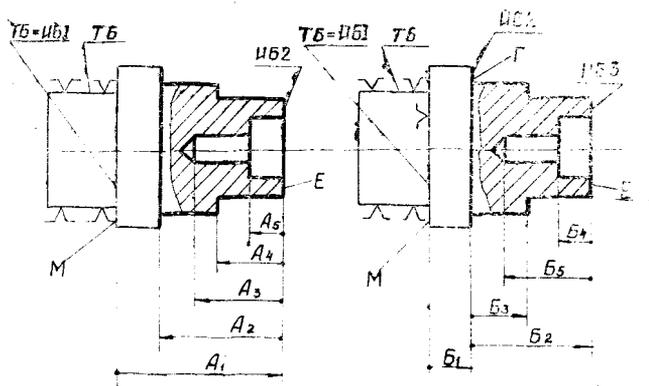


Рис. 4. Исходные базы и простановка размеров

нейных операционных размеров в операции обработки штучной заготовки на револьверном станке. В первом варианте используются две исходные базы (поверхности М и Е), во втором — три (поверхности М, Г и Е).

Поверхность М является первой исходной базой, на рис. 4 она обозначена ИБ1, остальные исходные базы обозначены ИБ2, ИБ3.

Поверхность ИБ1 обработана в предшествующей операции, поверхности ИБ2 и ИБ3 — на данной операции (т. е. в одном установе с обрабатываемыми поверхностями).

Размеры типа А₁ и В₁, связывающие обрабатываемые поверхности с первой исходной базой, называются межоперационными, а размеры, отсчитываемые от второй и последующих исходных баз, — внутрикомплексными или внутриоперационными.

2.4.2. Выбор технологических баз

Одним из наиболее сложных и принципиальных разделов проектирования ТП механической обработки является выбор технологических и исходных баз. Выбор баз представляет собой многовариантную задачу. От правильности выполнения этой работы в значительной степени зависят: сложность размерных связей (цепей), фактическая точность выдерживания линейных размеров

и взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, степень сложности и конструкция приспособлений, режущих и мерительных инструментов, общая производительность и экономичность обработки заготовки.

Выбор баз выполняется технологом в самом начале проектирования технологического процесса одновременно с работой по выявлению ступеней и этапов обработки отдельных поверхностей заготовки. Назначение баз начинается с выбора технологической базы для выполнения первой операции.

Технологическая база, используемая при первой установке заготовки, называется черновой (или черной) технологической базой. В качестве черновой технологической базы следует выбирать поверхность, относительно которой на первой операции могут быть обработаны поверхности, используемые на дальнейших операциях как технологические базы (т. е. черновая база — это база для обработки чистовых баз). Черновая база должна использоваться при обработке заготовки только один раз — при выполнении первой операции.

Для обеспечения точности базирования и надежности закрепления заготовки в приспособлении черновая база должна иметь достаточные размеры, возможно более высокую степень точности и наименьшую шероховатость поверхности. Для того, чтобы обеспечить правильное взаимное расположение системы обработанных поверхностей детали относительно необработанных, в качестве черновых технологических баз целесообразно выбирать поверхности, остающиеся необработанными, что обычно имеет место при применении литых заготовок.

В качестве черновых баз не следует использовать поверхности, на которых расположены в отливках прибыли и литники, сварочные швы, облой и т. п.

При выборе чистовых технологических баз (баз на всех последующих операциях кроме первой) необходимо соблюдать ряд рекомендаций (правил, принципов).

1. Принцип совмещения измерительной (исходной) и конструкторской баз. Он заключается в том, что для непосредственного выполнения заданных по чертежу размеров и других геометрических параметров в операциях окончательной обработки измерительные или исходные базы должны быть совмещены с конструкторскими базами. Это условие можно выразить равенством $ИБ = КБ$. Нарушение этого правила приводит к необходимости пересчета размеров и ужесточению допусков по сравнению с заданными по чертежу. Заметим, что этот принцип должен быть

реализован в первую очередь конструктором при проектировании детали.

2. Принцип совмещения технологической установочной и первой исходной базы. Этот принцип состоит в том, что для облегчения возможности выполнения операционных размеров по способу автоматического получения размеров (работа по настройке) необходимо совмещать установочную и первую исходную базы, т. е. обеспечивать равенство $ТБ=ИБ1$ (см. рис. 4).

3. Принцип единой технологической базы. Он состоит в том, что если при окончательной обработке заданной поверхности поверхность, являющаяся для нее конструкторской базой, не может быть использована в качестве технологической базы, то целесообразно две эти поверхности (заданную и конструкторскую) обрабатывать, пользуясь единой (одной и той же, общей) технологической базой.

4. Принцип постоянства технологических баз. Он заключается в том, что обработку многих или всех поверхностей детали на большинстве или даже на всех операциях выполняют, пользуясь одной и той же постоянной технологической базой (рис. 5, а).

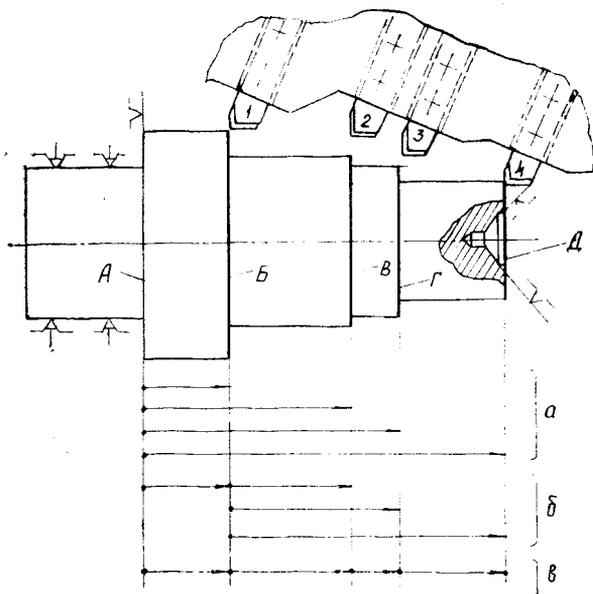


Рис. 5. Варианты выбора исходных баз

Наиболее характерным примером постоянных технологических баз являются центровые гнезда, получаемые на торцах заготовок типа валов. Вся обработка (токарная черновая и чистовая, шлифование и др.) в этом случае выполняется с установкой заготовки в центрах. Типичным примером постоянных технологических баз при изготовлении корпусных деталей служат плоскость разъема и два отверстия или три поверхности, обработанные уже на первых операциях при установке заготовки по черновой базе.

5. В качестве технологических баз для промежуточных операций следует принимать такие поверхности заготовки, использование которых обеспечивает краткость (малозвенность) размерных цепей, удобство наладки и подналадки станка. Для реализации этой рекомендации следует использовать комбинированную систему с двумя исходными базами (рис. 5,б).

Работа по выбору (назначению) и уточнению технологических баз обычно проводится параллельно с выполнением последующих этапов проектирования технологического маршрута.

2.5. Разработка планов обработки элементарных поверхностей

2.5.1. Определение числа ступеней обработки поверхностей

Форму любой детали можно представить состоящей из определенным образом расположенных элементарных поверхностей. Поэтому проектирование технологического процесса изготовления детали и, в частности, его маршрута начинают с установления планов обработки (маршрутов) элементарных поверхностей. Для каждой такой поверхности определяется число ступеней обработки (операций, переходов). На число ступеней обработки и на состав планов обработки поверхностей детали влияют следующие факторы:

1. Точность формы и размеров исходной заготовки: чем точнее заготовка, тем меньшее число ступеней обработки потребуется для достижения заданной чертежом детали точности формы и размеров поверхности.

2. Требуемая по чертежу точность формы и размеров рассматриваемой поверхности. Чем выше требуемая точность, тем больше число ступеней обработки поверхности потребуется, и наоборот.

3. Наличие и характер термической или термохимической обработки (цементации, закалки, отпуска, азотирования и др.) увеличивает число ступеней обработки ответственных поверхностей детали на одну, две.

4. Число ступеней обработки рассматриваемой поверхности будет на одну-две больше, если она в технологическом процессе используется в качестве технологической (установочной) базы. Например, для цементируемых и закаливаемых поверхностей приходится вводить минимум две шлифовальные операции — до и после термообработки.

5. Число ступеней обработки зависит также от требуемого по чертежу качества поверхностного слоя данной поверхности. В отдельных случаях метод окончательной обработки, используемый для получения размера в пределах заданного по чертежу допуска, не обеспечивает заданного качества поверхностного слоя (по шероховатости, физико-механическим свойствам). Тогда вводят еще одну-две ступени обработки — отделочные или упрочняющие операции (полирование, притирку, хонингование, суперфиниш, алмазное выглаживание, дробеструйную обработку и т. п.).

6. Число ступеней обработки зависит и от требуемой точности относительного расположения поверхностей. В ряде случаев требуется вводить дополнительные ступени обработки ради обеспечения жестких допусков на непараллельность, перпендикулярность плоскостей и осей.

Изложенные факторы характеризуют качественную сторону вопроса. Однако, можно установить и количественную зависимость числа n ступеней обработки, если ввести понятие уточнения.

Уточнением технологического процесса ε_n называют отношение величины допуска $T_{\text{дет}}$ к величине допуска $T_{\text{дет}}$

$$\varepsilon_n = T_{\text{заг}} / T_{\text{дет}} \quad (1).$$

Если, например, для изготовления вала 6-го качества точности $d_{\text{дет}} = 50_{-0,016}$ ($T_{\text{дет}} = 0,016$ мм) используют заготовку (прокат) с

$d_{\text{заг}} = 54_{-1,0}^{+0,4}$ ($T_{\text{заг}} = 1,4$ мм), то расчетное уточнение технологического процесса $\varepsilon_n = \frac{1,4}{0,016} = 87$.

Аналогично можно говорить об уточнениях на каждой ступени обработки

$$\varepsilon_{n-1} = T_{i-1} / T_i \quad (2).$$

где T_{i-1} и T_i — допуски соответственно на предшествующей и выполняемой ступенях обработки.

Если первой операцией считать заготовительную, а операции окончательной обработки присвоить индекс n , то расчетное уточнение технологического процесса можно выразить равенством

$$\varepsilon_n = \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \dots \varepsilon_n = \prod_{i=2}^{i=n} \varepsilon_i \quad (3)$$

Практика машиностроения предлагает следующие типовые рекомендации по разделению общего уточнения ε_n технологического процесса (см. уравнения (2), (3) на множители (ступени): для первой ступени черновой обработки достижимые уточнения $\varepsilon=4\dots 6$, для промежуточных ступеней полустистой обработки $\varepsilon=3\dots 4$, а для ступеней чистовой обработки (IT5...IT7) $\varepsilon=1,5\dots 2,0$.

Более конкретные рекомендации по величине уточнений можно получить из табл. 3.

Таблица 3

Величины уточнений ε для диаметральных размеров

Параметр	Значения параметра													
	—	H6	H7	H8	H9	—	H10	H11	—	H12	—	H14	H15	
Поле допуска отверстия вала	5	6	7	—	8	—	10	11	—	12	—	14	15	
Квалитет	5	6	7	8	—	9	10	11	12	—	13	14	15	
Число единиц допуска, мкм	7	10	16	25	30	40	64	100	160	200	250	400	640	
Уточнение														
	← 1,43	← 1,6	← 2,5	← 4,0	← 4,0									

Согласно табл. 3, например, при механической обработке валов из исходной заготовки-штамповки или черного проката требуется:

- При IT13...IT12 — одна ступень;
- »—IT11...IT10 — две ступени;
- »—IT9...IT7 — три ступени;
- IT6 — четыре ступени.

Значения допусков по классам точности и качествам, а также технологические характеристики методов обработки, которые необходимы при определении числа ступеней обработки, смотрите в табл. П1 и П2.

2.5.2. Установление последовательности обработки поверхностей заготовки

Наиболее существенное влияние на последовательность обработки отдельных поверхностей детали в технологическом процессе

оказывает характер размерной связи, который определяется системами постановки линейных координирующих размеров и допусков на неточность взаимного расположения поверхностей (на несоосность, непараллельность, перпендикулярность). Различают три системы постановки размеров — **координатную**, **цепную** и **комбинированную**.

В координатной системе выбирают одну поверхность и относительно ее координируют положение всех поверхностей данного координатного направления (рис. 6,а). При такой системе на каждом этапе обработки первой нужно обрабатывать поверхность, от которой проставлены все размеры (поверхность 1), последовательность же обработки остальных поверхностей может быть любой.

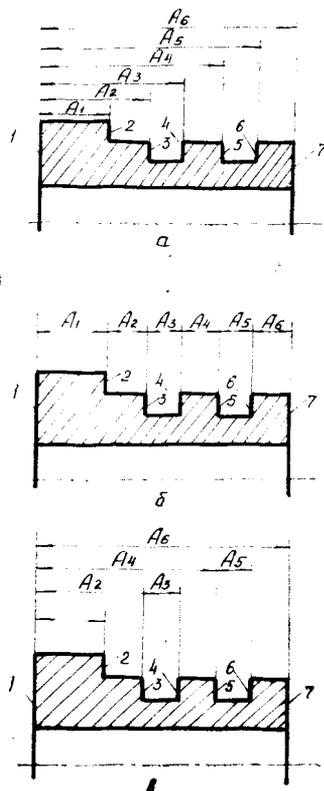


Рис. 6. Системы постановки размеров:
а — координатная, б — цепная, в — комбинированная.

В цепной системе (рис. 6,б) размеры проставляются непрерывной цепью один за другим (см. рис. 5,в). Правило о последовательности обработки поверхностей в этом случае будет иным. Начинать обработку можно с любой поверхности, но затем обработка остальных поверхностей должна выполняться в последовательности, которая диктуется простановкой размеров. Если, например, первой будет обработана пов. 2, то остальные поверхности необходимо обрабатывать в последовательности 3—4—5—6—7—1.

На рис. 6,в показана наиболее часто используемая комбинированная система простановки размеров. Приведем правила установления последовательности обработки:

для поверхностей, связанных размерами по координатной системе, последовательность определяется по правилам для этой системы;

поверхности, связанные размерами по цепной системе, должны обрабатываться в последовательности, определяемой рекомендациями для цепной простановки.

Так, для рассматриваемого примера первая должна обрабатываться пов. 1, пов. 2, 3, 5 и 7 могут затем обрабатываться в любой последовательности, пов. 4 должна обрабатываться после обработки пов. 3, а пов. 6—после пов. 5. При многоинструментальной обработке поверхностей из рассмотренных систем простановки размеров наиболее рациональной является последняя, выполняемая по схеме рис. 2,б,в.

При определении последовательности обработки поверхностей заготовок, кроме вышеприведенных соображений, необходимо придерживаться также следующих рекомендаций.

1. Во избежание перераспределения внутренних напряжений, а следовательно, деформации заготовки обработку следует начинать с наименее точных поверхностей и при снятии с них наибольших припусков.

2. В случае опасности появления раковин и трещин в первую очередь необходимо снимать наибольший припуск с тех поверхностей, где подобные дефекты обнаруживаются чаще всего и где они особенно недопустимы.

3. При обработке деталей типа валов, осей с центральным отверстием для обеспечения высокой точности соосности внутренней и наружной поверхностей первой обрабатывается поверхность центрального отверстия и фасок на его концах, а потом наружная поверхность заготовки.

4. В последнюю очередь в технологическом процессе обрабатываются поверхности, имеющие наивысшую точность размеров и формы, и поверхности, которые могут быть повреждены при об-

работке заготовки или транспортировке ее от одного рабочего места к другому (например, мелкие резьбовые поверхности, шлицы и т. п.).

Как видно из изложенного, существуют варианты определения последовательности обработки поверхностей заготовки.

2.5.3. Формирование принципиальной схемы ТП

Анализ ТП обработки большого числа деталей различных классов на разных предприятиях показал целесообразность разделения технологического процесса в зависимости от характера и точности обработки на 14 этапов (табл. 4). Этап — часть технологического процесса, включающая однородную по характеру и точности обработку различных поверхностей и детали в целом. Например, этапами механической обработки являются черновая, чистовая и отделочная обработка деталей.

Этапы термической обработки включают улучшение, цементацию и закалку как отдельных поверхностей, так и детали в целом, старение, азотирование и гальванические покрытия. Механические этапы переплетаются с термическими, образуя в ряде случаев довольно сложную принципиальную схему ТП.

Таблица 4

Этапы технологического процесса

Номер этапа	Наименование этапа	Назначение и характеристика этапа
Э1	Подготовительный	Обработка поверхностей — технологических баз
Э2	Черновой	Съем лишних напусков и припусков. Точность размеров IT12...IT14; формы и расположения — X...XII степени; Rz=20...80 мкм
Э3	Термический I	Снятие внутренних напряжений
Э4	Получистовой I	Восстановление баз, получистовая обработка основных поверхностей. Точность размеров IT10...IT12; формы и расположения—VIII...IX степени; Rz=6,3...10 мкм
Э5	Термический II	Улучшение качества средних и поверхностных слоев материала детали, цементация

Номер этапа	Наименование этапа	Назначение и характеристика этапа
Э6	Получистовая II	Съем цементированного слоя на поверхностях, предохраняемых от цементации. Обработка второстепенных поверхностей.
Э7	Термический III	Закалка
Э8	Чистовой I	Восстановление баз, чистовая обработка основных поверхностей. Точность размеров IT8...IT9; формы и расположения — VI...VII степени; Rz=3,2...6,3 мкм; Ra=0,63...1,25 мкм
Э9	Термический IV	Азотирование, старение
Э10	Чистовой II	Шлифование поверхностей, предохраняемых от азотирования
Э11	Чистовой III	Правка баз, чистовая обработка основных поверхностей. Точность размеров IT8...IT9, формы и расположения — VI...VII степени, Rz=3,2...6,3 мкм, Ra=0,63...1,23 мкм
Э12	Гальванический	Хромирование, никелирование и др.
Э13	Отделочный	Доводка главных поверхностей. Точность размеров IT5...IT7, формы и расположения — IV...V степени, Rz=0,8...1,6 мкм, Ra=0,16...0,32 мкм
Э14	Контрольный	Окончательный контроль

Разделение ТП на этапы, выполняемые в порядке возрастания точности, т. е. от черновых к чистовым, обеспечивает наиболее точную и производительную обработку заготовки.

На черновом этапе достигается наибольшая производительность механической обработки; на получистовом, чистовом и отделочном — точность размеров и качество обрабатываемой поверхности.

Разделение получистовой и чистовой обработки на два этапа вызвано необходимостью проведения цементации, закалки и азотирования. Этапы Э6, Э8, Э10, Э11, Э13 относятся к обработке отдельных поверхностей, этапы Э4, Э5, Э7, Э9, Э12 — как к отдельным поверхностям, так и к детали в целом.

Для конкретной детали в зависимости от ее точности, материала и вида термообработки некоторые из перечисленных в табл. 4 этапов могут отсутствовать. Например, при токарно-револьверной обработке заготовок из прутка этапы Э2, Э4 совмещаются в один.

Детали невысокой точности без термообработки изготавливаются в этапах Э1 ... Э4. Для корпусных деталей из чугуна и цветных сплавов вся обработка будет сосредоточена в 3 ... 4-х этапах. На конкретных предприятиях количество этапов может несколько изменяться. Так, на заводах с хорошо поставленной технологией предохранения поверхностей от цементации и азотирования этапы Э6 и Э10 опускаются, а этапы Э5 и Э7 объединяются в один.

2.6. Проектирование технологического маршрута

Проектирование технологического маршрута связано с решением ряда задач:

1. Непосредственное формирование структуры технологического процесса
2. Выбор метода обработки и типа оборудования.
3. Уточнение технологических баз и выбор типа оснастки для установки заготовки.
4. Обоснование простановки операционных размеров (при эскизном представлении технологического маршрута).

Рассмотрим основные рекомендации (принципы, правила) решения перечисленных задач.

2.6.1. Формирование структуры ТП

Эту работу начинают с установления числа ступеней обработки (механических и термических) каждой элементарной поверхности и с распределения ступеней по этапам принципиальной схемы ТП (см. п. 2.5.1; табл. 3; п. 2.5.3.; табл. 4).

Предположим, что имеется заготовка, у которой требуется обработать элементарные поверхности 1 и 2. Учет величины уточнения и требуемой термообработки для поверхности 1 показывает необходимость обработки ее в пяти этапах (Э2, Э3, Э4, Э5). Из этих же соображений поверхность 2 требует использования шести этапов (Э2, Э3, Э4, Э5, Э7 и Э8). Аналогичная работа выполняется для любого числа поверхностей, а полученные результаты целесообразно свести в табл 5.

Таблица 5

Результаты работы

№ элементарной поверхности	Количество ступеней обработки	Этапы принципиальной схемы технологического процесса													
		Э1	Э2	Э3	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э9	Э10	Э11	Э12	Э13	Э14
1	5	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
2	6	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-

Следующим шагом в разработке структуры ТП является создание технологических комплексов, т. е. установление группы поверхностей, которые могут быть обработаны в одной операции и в одном установе. Во многих случаях вопрос о формировании комплексов решается с учетом конфигурации детали, назначения и формы поверхностей. Например, поверхности деталей — тел вращения (валы, втулки, диски и т. п.) — разделяются, как правило, на два технологических комплекса с тем, чтобы поверхности каждого комплекса (в любом этапе ТП) можно было обработать в одном установе (с одной и с другой стороны). Гораздо большее число комплексов поверхностей приходится формировать при обработке корпусных заготовок — оно будет значительным при использовании универсальных станков и приспособлений и может быть уменьшено при использовании современного оборудования. Так, некоторые станки типа «Обрабатывающий центр» с поворотным столом позволяют вести обработку поверхностей различной формы, расположенных на четырех и более сторонах заготовки при одной ее установке. Объединение поверхностей в технологические комплексы особенно важно для финишных ступеней обработки, т. к. обработка поверхностей с одного установка позволяет наиболее простым и экономичным способом обеспечить требуемую по чертежу точность взаимного расположения поверхностей (по параллельности, перпендикулярности, соосности).

Результаты работы по созданию технологических комплексов так же следует свести в таблицу. Например, для валика, подвергаемого однократной чистовой обработке, поверхностям которого

со стороны одного торца присвоены номера 1, 4, 6, а со стороны другого — 2, 3, 5, такая таблица будет иметь следующий вид (табл. 6).

Таблица 6

Номер поверхности в комплексе					
№ этапа	№ комплекса				
	1	2	3	4	5
1	—	—	—	—	—
2	1, 4, 6	2, 3, 5	—	—	—

Анализ табл. 6 позволяет допустить равенство количества комплексов количеству операций, а последовательность их выполнения — последовательности этапов технологического процесса, т. е. на первой операции ТП будут обрабатываться поверхности первого комплекса этапа Э1 или Э2, на предпоследней операции — поверхности последнего комплекса предпоследнего этапа. Последней операцией следует считать операцию окончательного контроля детали.

2.6.2. Выбор метода обработки и типа оборудования

Одинаковая точность обработки и качество обработанной поверхности могут быть достигнуты различными методами. Поэтому для обработки поверхностей в каждой операции необходимо наметить несколько технически возможных, а также подходящих методов обработки и видов оборудования. Например при изготовлении детали типа вала на чистовых этапах (чистовых операциях) можно применять методы точения на станках токарной группы или шлифования на круглошлифовальных станках; на этапе же черновой обработки целесообразным является метод точения.

В понятие метода, как ясно из вышеизложенного, входит и тип оборудования (токарный с ручным управлением, токарный с ЧПУ, токарно-револьверный, токарный автомат и т. п.).

Рассмотрим основные вопросы выбора оборудования.

Основными факторами, влияющими на выбор оборудования, являются:

конструкция детали, ее габаритные размеры и другие характеристики (например, обрабатываемость материала и др.);

требуемая точность обработки;

вид заготовки (штучная, из прутка);

объем выпуска изделий, тип производства, размер партии заготовок.

Алгоритм выбора станка для рассматриваемой операции имеет три шага: выбор класса станка (традиционный или с программным управлением), выбор группы станка (токарный, фрезерный и т. д.) и выбор типоразмера станка (модели).

Применение станков с ЧПУ позволяет повысить точность и однородность размеров обрабатываемой заготовки, а также производительность обработки за счет уменьшения доли вспомогательного времени с 70 ... 80% для обычных станков до 40 ... 45%. В среднем при переводе обработки на станки с ЧПУ производительность возрастает: для токарных станков в 2...3 раза, для фрезерных — в 3...4 раза и для обрабатывающих центров в 5...6 раз.

Экономические расчеты показывают целесообразность применения станков с ЧПУ в мелком и серийном производстве при обработке сложных заготовок, имеющих различные фасонные поверхности, формообразование которых на традиционных станках невозможно или требует больших затрат времени и труда, и при изготовлении несложных, но точных деталей (IT6...IT8) с шероховатостью поверхности 3...10 мкм. В крупносерийном и массовом производстве применение станков с ЧПУ оправдывается экономически не всегда, что объясняется, с одной стороны, высокой стоимостью оборудования с ЧПУ, а с другой тем, что оставаясь станками одноинструментальной обработки (т. е. в каждый момент станок работает лишь одним инструментом, выполняя один переход), станки с ЧПУ уступают по производительности многоинструментальным станкам (многолезцовым, агрегатным, специальным и т. д.).

Тип станка определяется видом обрабатываемой поверхности (плоскость, поверхность тела вращения, поверхность профиля зуба зубчатого колеса и др.).

При выборе типоразмера станка руководствуются следующими принципами:

а) соответствие рабочей зоны станка конфигурации и габаритным размерам детали. Например, токарную обработку детали типа дисков, колец (малой длины и большого диаметра) выгоднее и удобнее выполнять не на токарно-винторезном, а на токарно-лобовом или токарно-карусельном станке;

б) возможность обеспечить заданную по технологии точность обработки. Соблюдение этого принципа особенно важно на операциях окончательной обработки;

в) соответствие мощности, жесткости и кинематических возможностей станка наимыгоднейшим режимам резания;

г) соответствие производительности станка заданной программе выпуска деталей.

Технические данные станков для механических и других методов обработки заготовок смотрите в справочной литературе [3, 6, прил. 4]; [7, прил. табл. 1, 2, 3, 12, 14]; [8, прил. табл. 5]; [6, 7, 8, 9, 12, 13].

2.6.3. Построение эскизного технологического маршрута. Уточнение технологических баз

После формирования структуры технологического процесса становится возможным построение эскизного технологического маршрута (рис. 7). Оно заключается в том, что для каждой операции создается эскиз заготовки с изображением жирными линиями обрабатываемых поверхностей, с простановкой операционных размеров (размерных линий) и указанием технологических и измерительных (исходных) баз, а также шероховатости обрабатываемых поверхностей.

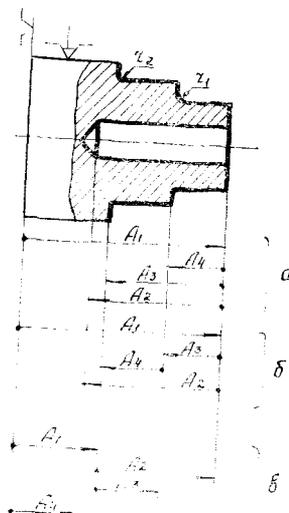


Рис. 7. Оптимальные варианты простановки размеров: а — товарно-револьверный станок; б — токарный с ЧПУ; в — многорезцовый.

Анализируя исходные данные и учитывая основные правила выбора технологических баз (см. пп. 2.1. и 2.4.), студент, установив конструкторские базы детали, назначает поверхности, которые можно было бы использовать в качестве технологических баз.

При разработке эскизного технологического маршрута необходимо конкретизировать для каждой операции технологические

базы и наметить простановку размеров. При этом желательно выполнить следующие условия: возможность обеспечения заданной точности обработки; возможность проведения обработки по настройке (ТБ=ИБ); возможность применения универсального приспособления и нормализованного режущего инструмента.

Целесообразная простановка размеров при обработке заготовок на токарных станках различных моделей приведена на рис. 7.

2.6.4. Вариантное проектирование технологического маршрута

Как видно из содержания разд. 2.3...2.6, проектирование ТП механической обработки является многовариантной задачей. На выбор варианта технологического маршрута оказывает влияние ряд технологических, организационных и экономических факторов, наиболее существенные из которых следующие:

способ получения заготовки;

варианты маршрута ТП в зависимости от заготовки;

характер (система) простановки размеров и ТТ;

варианты базирования заготовки (выбор технологических и исходных баз);

варианты операций механической обработки по применяемым методам обработки;

варианты операций механической обработки по числу переходов (концентрированные и дифференцированные операции);

варианты операций по типу применяемого оборудования;

рациональная организация производства.

Задача технолога состоит в выборе оптимального варианта. Многовариантное проектирование весьма трудоемко и может эффективно выполняться с помощью ЭВМ. Такая работа предстает студентам на V курсе. При выполнении данной курсовой работы студенты разрабатывают лишь один вариант ТП и только по отдельным операциям (или группе операций) следует предложить различные варианты их выполнения. Имеются в виду различные способы обработки тех или иных поверхностей заготовки и связанное с этим различное оборудование.

3. ОФОРМЛЕНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Пояснительная записка курсовой работы оформляется согласно требованиям руководящего документа РД КуАИ 144-1-87[10]. Текст пояснительной записки должен содержать следующий материал:

1. Перечень исходной информации, определение типа производства.
 2. Технологический анализ чертежа детали.
 3. Проектирование заготовки: определение вида и способа получения, установление ее характеристик по точности и шероховатости поверхности, эскиз заготовки.
 4. Выбор технологических баз.
 5. Разработка принципиальной схемы ТП (число ступеней обработки каждой поверхности, этапы обработки).
 6. Разработка технологического маршрута (распределение ступеней обработки поверхностей по этапам, формирование комплексов, выбор методов обработки отдельных поверхностей и их комплексов, определение модели станка).
 7. Построение эскизного технологического маршрута, оформление маршрутной карты.
 8. Библиографический список.
- Объем пояснительной записки составляет 10—15 листов.

4. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА

В качестве примера рассмотрим последовательность разработки технологического маршрута изготовления детали «Переходник». Исходной информацией является рабочий чертеж детали (рис. 8), годовой выпуск деталей составляет 2000 шт., производство — серийное (см. табл. 2).

4.1. Технологический анализ чертежа детали

4.1.1. Назначение и условия работы

Переходник относится к деталям типа втулок. Устанавливается в корпусе редуктора КМА и является промежуточным звеном кинематической цепи (осью зубчатого колеса). Внутри переходника размещается валик, устанавливаемый через подшипник по поверхности $\varnothing 62^{+0,03}$. Больших силовых и температурных нагрузок при работе деталь не испытывает.

4.1.2. Конструкция, геометрические характеристики и технологичность детали

Переходник представляет собой цилиндрическую втулку с большим сложным по форме фланцем с одной стороны и наружной резьбой — с другой. На фланце имеются шесть отверстий. Переходник устанавливается в корпусе по поверхности $\varnothing 68^{-0,06}$ с упором в торец фланца. Эти поверхности являются основными конструкторскими базами. Вспомогательными конструкторскими базами и рабочими поверхностями являются поверхности $\varnothing 62^{+0,03}$, $\varnothing 68^{-0,06}$ с прилегающими торцами, а также резьба и пазы в ней. К перечисленным поверхностям предъявляются высокие требования как по точности выполнения размеров и точности взаимного расположения (радиальные и торцевые биения заданы в пределах 0,03), так и к качеству поверхности ($R_a=1,25$ мкм), твердость НРС₂—58...62. В то же время эти поверхности просты и достаточно протяженны. Это позволяет использовать их в качестве технологических баз при изготовлении детали на завершающей стадии обработки. Среди линейных размеров особое внимание необходимо обратить на размер $6,95^{+0,05}$ и $29,967^{+0,033}$. Высокая точность размеров заставляет предусмотреть в технологическом процессе возможность их непосредственного получения и контроля.

Все поверхности детали доступны как для обработки современными методами, так и для контроля (свойство инструментальной доступности и контролепригодности). Деталь обладает достаточной жесткостью. Вышеперечисленное позволяет сделать вывод, что деталь технологична по процессу изготовления.

4.1.3. Характеристика материала детали

Материал детали — сталь 12ХНЗА. Это—легированная высококачественная сталь, содержащая 0,11...0,17% углерода, 0,6...0,9% хрома, 2,75...3,25% никеля, 0,17...0,37% кремния, 0,3...0,6% марганца и не более 0,03% серы и фосфора. Материал цементируемый, хорошо обрабатывается резанием лезвийными инструментами до цементации и закалки, а после этой термохимической обработки обрабатывается абразивным инструментом методом шлифования. Обрабатываемость материала близка к единице [4, табл. 1]. Кроме этого, материал достаточно хорошо деформируется в горячем состоянии [5, табл. 9].

4.2. Проектирование заготовки

Анализ чертежа детали, тип производства позволяют установить вид, способ получения и точностные характеристики заготовки [5].

Деталь изготавливается из стали, хорошо деформируемой в горячем состоянии. Следовательно заготовка должна быть получена штамповкой. Форма детали, а она относится к деталям типа «втулка» [5, рис. 1], габариты и годовая программа выпуска (см. рис. 2) дают основание предположить целесообразность получения заготовки на горизонтально-ковочной машине (ГКМ). Точность заготовок определяется 4, 5 или 6 классами. Для случая работы на ГКМ выбираем пятый класс точности. Согласно этому классу допуск на диаметральные размеры (размеры, перпендикулярные плоскости разъема штампа) составляет $T = \begin{matrix} +0,7 \\ -0,4 \end{matrix}$ (для площади проекции штамповки в интервале 40...80 см²) [5, табл. п. 2]. На линейные размеры допуск $T = \begin{matrix} +0,6 \\ -0,3 \end{matrix}$. Шероховатость поверхности $Rz = 200$ мкм.

Эта заготовка представлена на рис. 9.

4.3. Выход технологических баз

Прежде чем решать вопрос о выборе баз и другие вопросы проектирования технологического маршрута, целесообразно всем поверхностям детали присвоить определенный номер (рис. 10). Как уже отмечалось в технологическом анализе чертежа детали, исполнительными поверхностями, в частности, конструкторскими базами являются поверхности 19 и 20, 16 и 15, 5 и 6. Как следует

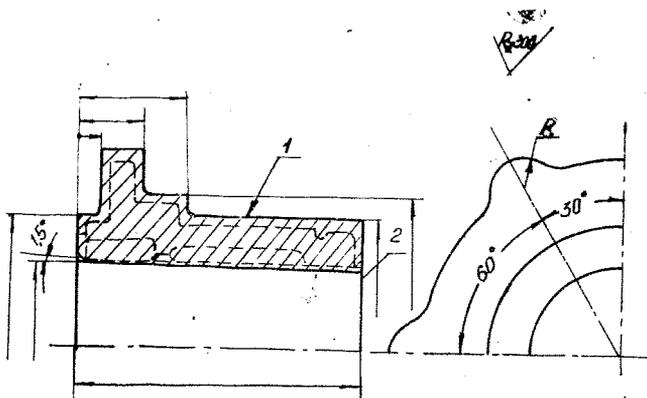


Рис. 9. Заготовка

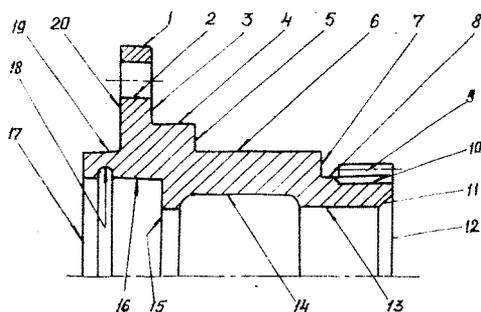


Рис. 10. Элементарные поверхности детали

из ряда принципов, рассмотренных в разд. 2.4.2, эти поверхности необходимо использовать в качестве технологических установочных на всех этапах обработки заготовки. В качестве установочной базы следует выбрать поверхности 1 и 2 (рис. 9) как наиболее удобные для этой цели. Исходными технологическими базами можно назначить торцевые поверхности 12, 17 и 20, однако более правильное определение их возможно после составления технологического маршрута, т. е. после установления комплекса обрабатываемых поверхностей и простановки операционных размеров.

4.4. Принципиальная схема ТП (технологического маршрута)

4.4.1. Определение числа ступеней обработки поверхностей

Для определения числа ступеней механической обработки воспользуемся величинами коэффициентов уточнения ϵ и данными табл. 3.

Для определения коэффициента уточнения по уравнению (2) необходимо знать точность размеров (допуск) поверхностей заготовки и соответствующих поверхностей детали (см. рис. 8 и разд. 4.2, а также табл. п. 1). Результаты работы сведем в табл. 7.

Таблица 7

Исходные и расчетные данные

№ поверх. детали	Тзаг	Тдет	ϵ_p	n мех.обр.	n общ	Примечание
1	1,10	0,540	2	1	3	Механическая черновая, цементация, закалка
2		—	0,220	1	2	
3				2	4	
4	1,1	0,460	2,5	1	4	Вторая механическая цементация, закалка
5				2	5	Вторая механическая, для обеспечения шероховатости, цементация и закалка
6	1,1	0,06	18	2	5	Третья механическая для обеспечения шероховатости, цементация и закалка
7				3	3	Третья механическая черновая и чистовая, удаление цементационного слоя
8	1,1	0,46	2,5	1	3	
8	1,1	0,46	2,5	1	3	
9	1,1	0,1	11	2	4	Четвертая механическая
10				1	1	Первая механическая
11				2	2	Вторая механическая—черновая и получистовая
12				2	5	Третья механическая, цементация, закалка

№ поверх. детали	Tзаг	Tдет	ε_n	n мех.обр.	n общ	Примечание
13.	1,1	0,2	5,5	1	2	Вторая механическая
14	1,1	0,46	2,5	1	2	Вторая механическая
15					5	Третья механическая це- ментация, закалка
16	1,1	0,03	38	3	5	
17				2	4	Вторая механическая, це- ментация, закалка
18	1,1	0,2	5,5	1	3	Получистовая цементация
19	1,1	0,02	55	3	5	Закалка, третья механиче- ская черновая и получисто- вая, цементация чистовая и закалка
20				3	5	

Для определения механической обработки лучше воспользо-
ваться табл. 3. Например, для поверхности 6 $\varepsilon_n = 18$. Находим
по таблице требуемый допуск поверхности 6—он равен 60 мкм
(расположен между 40 и 64), он достигается за две ступени об-
работки, сначала от допуска заготовки до 200 мкм ($\varepsilon_2 = \frac{1100}{200}$
 $= 5,5$), а потом от 200 мкм до 60 мкм ($\varepsilon_3 = \frac{200}{60} = 3,3$).

Следовательно, $\varepsilon_n = \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 = 5,5 \cdot 3,3 \approx 18$.
Увеличиваем число ступеней обработки по сравнению с расчет-
ным значением из-за необходимости термомеханических обрабо-
ток поверхности или обеспечения заданной шероховатости поверх-
ности.

4.4.2. Последовательность обработки поверхности заготовки

Все элементарные поверхности детали (см. рис. 10) можно раз-
делить на пять характерных групп: наружные цилиндрические (по-
верхности 3, 4, 5, 6, 13, 16, 19), отверстия (поверхность 2), сложно-
фасонная (поверхность 1), резьбовая (поверхность 9) и прямо-
угольная (поверхность 10). Так как некоторые из цилиндрических
поверхностей являются конструкторскими базами детали и вы-

браны нами в качестве технологических (поверхности 5, 6, 16, 19, 20), то очевидно, что эти поверхности (а заодно и прилегающие к ним торцевые поверхности) необходимо обработать в первую очередь. Причем для обеспечения высокой точности взаимного расположения поверхности 5 и 6, 15 и 16, 19 и 20 следует обязательно обработать при одной установке заготовки.

Менее ответственные (свободные) цилиндрические поверхности обрабатываем на этапе чистового точения (поверхности 8, 14, 18). После чистовой обработки цилиндрических и торцевых поверхностей заготовки необходимо обработать отверстия (поверхность 2) и потом боковую поверхность фланца (поверхность 1). Эти поверхности обрабатываются до термообработки (цементации и закалки, т. к. после этой операции могут возникнуть большие трудности их формообразования лезвийным инструментом.

После термообработки основные поверхности подвергаются третьему этапу механической обработки. В последнюю очередь будем нарезать резьбу и фрезеровать стопорный паз и проводить слесарную обработку заготовки (удаление заусенцев). Предварительную обработку поверхности под резьбу необходимо проводить после цементации до закалки.

4.4.3. Формирование принципиальной схемы технологического маршрута

Анализ чертежа детали, заготовки, последовательности обработки поверхностей и ступеней обработки позволяют сформировать в соответствии с табл. 4 следующую принципиальную схему технологического маршрута и ТП в целом (табл. 8).

Таблица 8

Этапы обработки заготовки и их назначение

№ этапа	Наименование этапа	Назначение, объем работ
Э2	Черновой	Съем основной массы материала. Подготовка чистовых технологических баз
Э4	Получистовой I	Получистовая токарная обработка поверхностей
Э5	Термический I	Цементация
Э6	Получистовой II	Схема цементированного слоя на пов. 1, 2, 7, 8, 11, 12, 13, 14, обеспечение заданной точности и шероховатости

№ этапа	Наименование этапа	Назначение, объем работ
Э8	Чистовой	Чистовая обработка цементируемых поверхностей шлифованием. Окончательная обработка нецементированных поверхностей (нарезание резьбы, фрезерование паза, слесарная обработка)
Э14	Контрольный	Контроль геометрических параметров и качества поверхностного слоя

4.5. Проектирование технологического маршрута

4.5.1. Формирование структуры ТП

Принадлежность каждой элементарной поверхности этапам обработки принципиальной схемы технологического процесса показана в табл. 9.

Таблица 9

Ступени и вид обработки по каждой из поверхностей

№ элементарной поверхности	Количество ступеней обработки	Этапы принципиальной схемы ТП						
		Э2	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э14
1	3	—	—	+	+	+	—	+
2	2	—	—	—	+	+	—	+
3	4	+	+	+	—	+	—	+
4	4	+	+	+	—	+	—	+
5	5	+	+	+	—	+	+	+
6	5	+	+	+	—	+	+	+
7	3	—	—	+	+	+	—	+
8	3	—	—	+	+	+	+	+
9	4	—	—	+	+	+	+	+
10	1	—	—	—	—	—	+	+

№ элементарной поверхности	Количество ступеней обработки	Этапы принципиальной схемы ТП						
		Э2	Э4	Э5	Э6	Э7	Э8	Э14
11	4	—	+	+	+	+	—	+
12	5	+	+	+	+	+	—	+
13	5	+	+	+	+	+	—	+
14	4	—	+	+	+	+	—	+
15	5	+	+	+	—	+	+	+
16	5	+	+	+	—	+	+	+
17	4	+	+	+	—	+	—	+
18	3	—	+	+	—	+	—	+
19	5	+	+	+	—	+	+	+
20	5	+	+	+	—	+	+	+

Далее выделяем в каждом этапе группы поверхностей, которые могут быть обработаны в одной операции за одну установку заготовки, т. е. создаем технологические комплексы. Результаты этой работы заносим в табл. 10.

Таблица 10

Распределение поверхностей
по этапам обработки

№ этапа	№ комплекса				
	1	2	3	4	5
Э2	20, 19, 17, 16, 15, 13	3, 4, 5, 6 12	—	—	—
Э4	20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13	3, 4, 5, 6 11, 12	—	—	—
Э5	Все, кроме 2 и 10	—	—	—	—

№ этапа	№ комплекса				
	1	2	3	4	5
Э6	2	1	7, 8, 9, 11, 12, 13, 14	—	—
Э7	Все	—	—	—	—
Э8	20, 19, 16, 15	5, 6	9	10	—
Э14	Все	—	—	—	—

Примечание. Поверхности 9 и 10 можно свести в один комплекс при условии обработки их на станке «Обрабатывающий центр».

Считаем, что поверхности, входящие в комплекс, будут обрабатываться в одной операции, а последовательность выполнения операций соответствует номеру этапа. Первой операцией очевидно будет операция по обработке поверхностей 20...13 этапа Э2, на следующей операции обрабатываются поверхности 3...12 этого же этапа. Потом выполняются операции этапа Э4 и т. д.

4.5.2. Выбор метода обработки и типа оборудования

Для обработки элементарных поверхностей детали применяют методы точения поверхностей тел вращения, сверления отверстий, фрезерования сложного контура и пазов, а также шлифование точных поверхностей после их термообработки. Технологические возможности этих методов, как следует из табл. П2, вполне соответствуют требованиям по точности и качеству поверхности.

С целью обеспечения наиболее высокой производительности процесса обработки заготовки на черновом этапе применяем токарно-револьверный станок с ручным управлением и на этапе полустойковой обработки (Э4, Э6) — токарно-револьверный с ЧПУ (1Г340 и 1Г340 ПЦ соответственно) [3, с. 32]. Для других операций и методов обработки выбираем: сверлильный—2М112, фрезерные 6Р11Ф3 и 6Т104, кругло-шлифовальные 3У742 и 3Т160 и токарно-винторезный 16К20П [3, 9].

4.5.3. Построение эскизного технологического маршрута

На основании данных, приведенных выше, разработана маршрутная карта (табл. 11) и графически представлен на рис. 1 технологический маршрут изготовления заданной детали.

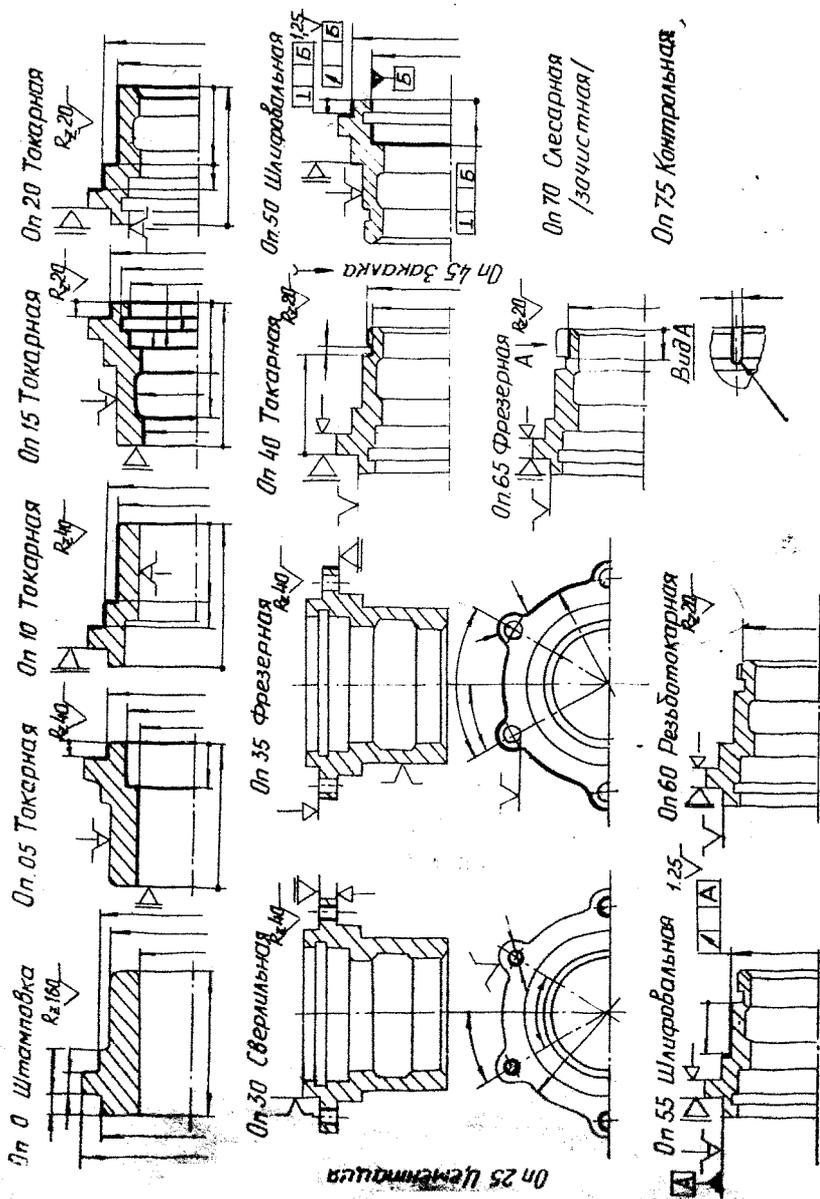


Рис. 11 Графическое изображение технологического маршрута

В качестве черновой технологической базы на этапе Э2 выбираем (как ранее и намечали) поверхности 6 и 12. Эта же поверхность 6 используется и как чистовая база на других последующих операциях. Чистовыми технологическими базами являются поверхности 19, 12, 17 и 20. Три последние базы используем как исходные, так и технологические установочные. Простановка размеров произведена с учетом возможности работы по настройке.

Таблица 11

Маршрутная карта

Цех	№ оп.	Наименование операции	Оборудование		Примечание
			наименование	модель	
Кузнечный	00	Штамповочная	Молот	М2141	Заготовка
Механический	05	Токарная	Токарно-револьверный	1Г340	Черновая обработка со стороны фланца
—»—	10	Токарная	—»—	—»—	Черновая обработка со стороны ступицы
—»—	15	Токарная	—»—	1Г340ПЦ	Чистовая обработка со стороны фланца
—»—	20	Токарная	—»—	—»—	Чистовая обработка со стороны ступицы
Термический	25	Цементационная	Печь	—	Цементация
Механический	30	Сверлильная	Сверлильный	2М112	Сверление отверстий
—»—	35	Фрезерная	Фрезерный	6Р11Ф3	Фрезерование контура фланца
—»—	40	Токарная	Токарный	1Г340ПЦ	Удаление цементационного слоя
Термический	45	Закалочная	Печь	—	Закалка
Механический	50	Шлифовальная	Круглошлифовальный	3У142	Шлифование со стороны фланца
—»—	55	Шлифовальная	—»—	3Т160	Шлифование со стороны ступицы
—»—	60	Резьбо-нарезная	Токарный	16К20П	Нарезание резьбы
—»—	65	Фрезерная	Фрезерный	6Т104	Фрезерование контрольных пазов
—»—	70	Слесарная	Верстак	—	Удаление заусенцев
—»—	75	Контрольная	—»—	—	Окончательный контроль

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иващенко И. А. Проектирование технологических процессов производства двигателей летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1981. 220 с.
2. Маталин. А. А. Технология машиностроения. М.: Машиностроение, 1985. 500 с.
3. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. /Под ред. А. А. Панова. М.: Машиностроение, 1988, 740 с.
4. Технологический анализ рабочего чертежа детали. Метод. указания /Куйбышев. авиац. ин-т; Сост. К. П. Крашенинников. Куйбышев, 1986. 30 с.
5. Вишняков А. Е. Экономическое обоснование выбора способа получения заготовки: Учеб. пособие /Куйбышев. авиац. ин-т, Куйбышев, 1981. 65 с.
6. Иващенко И. А., Мартынов В. А., Косенко И. Н. Оптимизация технологических процессов механической обработки деталей двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие /Куйбышев. авиац. ин-т, Куйбышев, 1985. 85 с.
7. Филимошин В. Г., Шитарев И. Л. Проектирование технологического процесса электроэрозионной и лучевой обработки деталей двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие /Куйбышев. авиац. ин-т, Куйбышев, 1983. 87 с.
8. Филимошин В. Г., Шулепов А. П. Проектирование технологических процессов электрохимического и комбинированных методов обработки поверхностей деталей двигателей летательных аппаратов: Учеб. пособие /Куйбышев. авиац. ин-т, Куйбышев, 1985. 84 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. Т. 2 /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1986. 495 с.
10. РД КуАИ 144-1-87. Требования к оформлению учебных текстовых документов: Метод. указания /Куйбышев авиац. ин-т, Куйбышев, 1988. 30 с.

П Р И Л О Ж Е Н И Е

Таблица III

Значения допусков по классам точности ГОСТ и кратностям СТ СЭВ 145-75

Номер инструмента измерения	B1		A1, B		A B2a		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		
	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16
1-3	4	8	10	9	10	9	14	20	25	40	60	100	120	140	160	180	200	250	300	400	500	600	800
3-6	5	8	12	12	18	12	18	25	30	48	80	75	120	100	160	180	200	300	400	500	600	750	1000
6-10	6	8	15	15	22	15	22	30	35	50	100	90	150	120	200	220	300	400	500	600	700	800	1000
10-18	8	12	16	16	27	16	27	35	45	70	120	110	180	150	270	300	450	600	700	800	900	1100	1500
18-30	10	15	21	21	33	21	33	45	62	84	160	150	250	200	350	400	600	800	900	1000	1100	1300	1800
30-50	12	15	25	25	39	25	39	50	62	100	170	160	250	200	350	400	600	800	900	1000	1100	1300	1800
50-80	14	18	30	30	46	30	46	60	74	120	200	190	300	250	400	450	700	900	1000	1100	1300	1600	2200
80-120	17	22	38	38	54	38	54	70	87	140	230	220	350	300	500	550	800	1000	1100	1200	1400	1800	2500
120-180	20	28	45	45	65	45	65	80	100	150	260	250	400	350	600	650	900	1100	1200	1300	1500	2000	2800
180-250	20	27	45	44	72	44	72	90	115	165	300	290	450	400	700	750	1000	1200	1300	1400	1600	2100	3000
250-315	23	30	52	52	81	52	81	100	130	210	320	310	500	450	800	850	1100	1300	1400	1500	1800	2400	3200
315-400	25	33	57	57	89	57	89	110	140	230	350	340	550	500	900	950	1200	1400	1500	1600	2000	2700	3600
400-500	27	35	60	63	95	63	95	120	155	250	380	370	600	550	950	1000	1300	1500	1600	1700	2100	2800	3800
500-630	-	40	70	70	110	70	110	140	175	280	420	410	700	650	1000	1050	1400	1600	1700	1800	2200	3000	4000
630-800	-	35	80	80	120	80	120	150	200	320	480	470	800	750	1100	1150	1500	1700	1800	1900	2300	3100	4200
800-1000	-	40	90	90	130	90	130	160	210	350	520	510	900	850	1200	1250	1600	1800	1900	2000	2400	3200	4400
1000-1250	-	45	105	105	150	105	150	180	240	400	600	590	1000	950	1300	1350	1700	1900	2000	2100	2500	3400	4600

Технологические характеристики основных методов обработки

Метод обработки	Шероховатость Ra (верхняя строка) и Rz (нижняя строка), мкм										Точность, квалитеты	
	Ra 20		Ra 10		Ra 5		Rz 2,5		Rz 1,25			
	10	40	20	40	10	20	5	10	2,5	5		
Сверление												11...13
Зенкерование чистовое												9...11
Обтачивание, растачивание: черновое												12...13
получистовое, чистовое, тонкое												9...11 6...7
Фрезерование цилиндрическое: черновое, получистовое, чистовое, тонкое												12...14 10...11 7...9
Фрезерование торцевое: черновое, получистовое, чистовое, тонкое												12...14 9...11 6...7 6...9
Протягивание												6...9
Развертывание: предварительное, чистовое, тонкое												9... 6...8 6...7

Метод обработки	Шероховатость Ra (верхняя строка) и Rz (нижняя строка), мкм										Точность, квалитеты					
	Ra 20		10		5		2,5		1,25			0,63	0,32	0,16	0,08	0,04
	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,08						
Круглое шлифование:																
чистовое,																6...9
тонкое																4...7
Плоское шлифование:																
чистовое,																6...9
тонкое																6...7
Полирование:																
обычное,																
тонкое																
Хонингование																5...7
Притирка: чистовая,																6...7
отделочная																4...6
Суперфиниширование:																
чистовое,																6...7
тонкое																4...5

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Исходная информация для разработки технологического процесса	3
2. Этапы разработки маршрутного технологического процесса	4
2.1. Анализ исходных данных	4
2.2. Выбор типа производства	6
2.3. Выбор вида исходной заготовки и способа ее изготовления	6
2.4. Выбор технологических и измерительных баз	8
2.5. Разработка планов обработки элементарных поверхностей	14
2.6. Проектирование технологического маршрута	21
3. Оформление подсчетной записки	27
4. Пример проектирования технологического маршрута	27
4.1. Технологический анализ чертежа детали	29
4.2. Проектирование заготовки	30
4.3. Выбор технологических баз	30
4.4. Принципиальная схема ТП (технологического маршрута)	32
4.5. Проектирование технологического маршрута	35
Библиографический список	40
Приложение	41

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

**Составители: Демин Феликс Ильич
Крашенинников Константин Петрович
Филимошин Владимир Георгиевич
Шитарев Игорь Леонидович**

Редактор Т. И. Кузнецова
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректоры А. В. Скорик, И. Н. Луканова
Сдано в набор 20.06.94 г. Подписано в печать 12.10.94 г.
Формат 60x84 1/№6. Бумага оберточная белая.
Печать высокая. Гарнитура литературная. Усл. печ. л.
Уч.-изд. л.1,75. Усл. кр.-отг. 1,74. Тираж. 400 экз.
Заказ 1656. Арт. С-13мр/94.

Самарский государственный аэрокосмический
университет имени академика С. П. Королева.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Отпечатано в АП «Полиграфист» АО «Моторостроитель».