

#### **1.5.4. Разработка технологических процессов изготовления деталей**

Задача разработки технологического процесса изготовления детали заключается в нахождении для данных производственных условий оптимального варианта перехода от полуфабриката, поставляемого на машиностроительный завод, к готовой детали. Выбранный вариант должен обеспечивать требуемое качество детали при наименьшей ее себестоимости. Технологический процесс изготовления детали рекомендуется разрабатывать в следующей последовательности:

- 1) изучить по чертежам служебное назначение детали и проанализировать соответствие ему технических требований и норм точности;
- 2) выявить число деталей, подлежащих изготовлению в единицу времени и по неизменяемому чертежу, наметить вид и форму организации производственного процесса;
- 3) выбрать полуфабрикат, из которого должна быть изготовлена деталь;
- 4) выбрать технологический процесс получения заготовки, если неэкономично или физически невозможно изготавливать деталь непосредственно из полуфабриката;
- 5) обосновать выбор технологических баз и установить последовательность обработки поверхностей заготовки;
- 6) выбрать способы обработки поверхностей заготовки и установить число переходов по обработке каждой поверхности, исходя из требований к качеству детали;
- 7) рассчитать припуски и установить межпереходные размеры и допуски на отклонения всех показателей точности детали;
- 8) оформить чертеж заготовки;
- 9) выбрать режимы обработки, обеспечивающие требуемое качество детали и производительность;
- 10) пронормировать технологический процесс изготовления детали;
- 11) сформировать операции из переходов и выбрать оборудование для их осуществления;
- 12) выполнить размерный анализ технологического процесса;
- 13) выявить необходимую технологическую оснастку для выполнения каждой операции и разработать требования, которым должен отвечать каждый вид оснастки;

14) разработать другие варианты технологического процесса изготовления детали, рассчитать их себестоимость и выбрать наиболее экономичный вариант;

15) оформить технологическую документацию;

16) разработать технические задания на конструирование нестандартного оборудования, приспособлений, режущего и измерительного инструмента.

При разработке технологического процесса изготовления детали используют чертежи сборочной единицы, в состав которой входит деталь, чертежи самой детали, сведения о количественном выпуске деталей, стандарты на полуфабрикаты и заготовки, типовые и групповые технологические процессы, технологические характеристики оборудования и инструментов, различного рода справочную литературу. Руководящие материалы, инструкции, нормативы.

Технологический процесс разрабатывают либо с привязкой к действующему, либо для создаваемого производства. В последнем случае технолог обладает большей свободой в принятии решений по построению технологического процесса и выбору средств для его осуществления.

### **Изучение служебного назначения детали.**

#### **Анализ технических требований и норм точности**

Разработка технологического процесса изготовления любой детали должна начинаться с глубокого изучения ее служебного назначения (СН) и критического анализа технических требований и норм точности, заданных чертежом.

Деталь является элементарной частью сборочной единицы (СЕ). Поэтому, приступая к формулировке ее СН, необходимо изучить чертеж и СН сборочной единицы, в которую входит данная деталь.

Формулируя СН детали, необходимо не только четко сформулировать задачи, для решения которых предназначена деталь, но и описать условия, в которых деталь должна выполнять свое СН в течение всего срока службы.

Выясняя служебное назначение детали и ее роль в работе СЕ, необходимо разобраться в функциях, выполняемых ее поверхностями, которые могут быть: исполнительными, основными, вспомогательными или свободными. Предположим, деталь – зубчатое колесо (рис. 8.1).

В первую очередь необходимо «отыскать» исполнительные поверхности детали. Это те поверхности, которыми деталь выполняет свое СН и, ради

которых она создается. У зубчатого колеса — это боковые поверхности зубчатого венца (поверхность 7 рис. 8.1).

Затем выявляются основные поверхности, определяющие положение детали в СЕ, ее базы. Таких поверхностей несколько, и они должны создавать координатный угол своим расположением (поверхности 1, 15, 13 на рис. 8.1).

Вспомогательные поверхности определяют положение других деталей, присоединяемых к данной. Они служат базами присоединяемых деталей, так же, как и основные, часто объединяются в комплект баз. Комплектов вспомогательных баз бывает столько, сколько деталей присоединяется к данной. Деталь может иметь и лишь одну вспомогательную поверхность (рис. 8.1, поверхность 14).

Назначение свободных поверхностей — завершить конструктивное оформление детали.

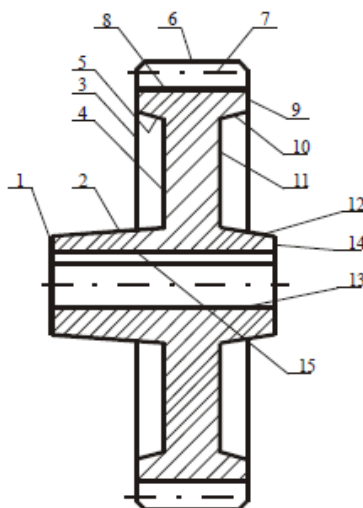


Рисунок 8.1 – Функциональное назначение поверхностей детали: 1, 5, 13 – основные поверхности; 7 – исполнительные поверхности; 14 – вспомогательные поверхности; 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15 – свободные поверхности

Для того чтобы деталь могла экономично выполнять свое СН, она должна обладать необходимым качеством. Важнейшим и самым трудоемким при достижении показателем качества детали, как и СЕ, является ее точность. Характеризуется она рядом технических требований (ТТ).

Учитывая значимость ТТ, служащих основанием для принятия важнейших решений при проектировании технологического процесса (ТП) изготовления детали, необходимо каждое ТТ проанализировать с учетом решений, принятых при разработке технологического процесса сборки СЕ, в которую входит данная деталь. Таким образом, при анализе ТТ на деталь необходимо учитывать: СН сборочной единицы, ТТ на СЕ, методы достижения требуемой точности по каждому ТТ на СЕ, ТП сборки СЕ.

Анализ и корректировку ТТ на деталь удобно выполнять в несколько этапов.

На первом этапе анализируется и корректируется номенклатура ТТ, которая условно состоит из 2 групп. К одной группе относятся показатели, характеризующие точность каждой поверхности детали: точность размеров (длина, Ø, высота и т.п.); точность формы (макроотклонения, волнистость, микроотклонения); твердость, покрытие и т.п.

Ко второй группе относятся показатели, характеризующие относительное расположение всех поверхностей детали (параллельность, симметричность, соосность и т.п.).

Выявленные неточные или неправильные формулировки ТТ корректируются, а недостающие ТТ формулируются заново.

На втором этапе анализируются и корректируются, в случае необходимости, численные значения всех ТТ.

Для сокращения затрат времени можно использовать вычислительную технику.

#### *Выбор вида и формы организации производственного процесса изготовления детали*

Вид и форма организации производственного процесса изготовления детали зависят от программы ее выпуска в год и по неизменным чертежам.

Непрерывно-поточное производство целесообразно организовывать тогда, когда технологическое оборудование можно полностью загрузить изготовлением детали одного наименования, т.е. при массовом типе производства.

При изготовлении малотрудоемких деталей в относительно небольших количествах (крупносерийное, серийное производство) целесообразно организовывать переменное-поточное производство. При этом детали объединяют в группы по признакам близости СН, конструктивных форм, размеров, ТТ, материалов и разрабатывается групповая технология.

Изготовление незначительного числа одноименных деталей целесообразно организовывать на технологически замкнутых участках с использованием высокопроизводительного оборудования и технологической оснастки, например, участок валов, зубчатых колес и т.п.

В мелкосерийном и единичном производстве организуются участки, объединяющие оборудование со сходным СН, например, участок токарных станков, фрезерных и т.п.

#### *Выбор исходной заготовки и метода ее получения*

Основными факторами, влияющими на решения, принимаемые на данном этапе разработки технологического процесса изготовления детали, являются: конструкция детали, материал, служебное назначение, технические требования, программы выпуска в год ( $N_T$ ) и по неизменным чертежам ( $N_{н.ч.}$ ); тип производства, вид и форма организации производства, стоимость материала (полуфабриката), себестоимость исходной заготовки, получаемой тем или иным методом; расход материала, себестоимость изготовления детали из исходной заготовки.

Выбор исходной заготовки и метода ее получения должен обеспечивать минимальную себестоимость детали. Исходная заготовка – заготовка перед первой технологической операцией механической обработки (ГОСТ 3.1109–82).

Для того чтобы проще представить последовательность выбора исходной заготовки, на рис. 8.2 приведена схема.

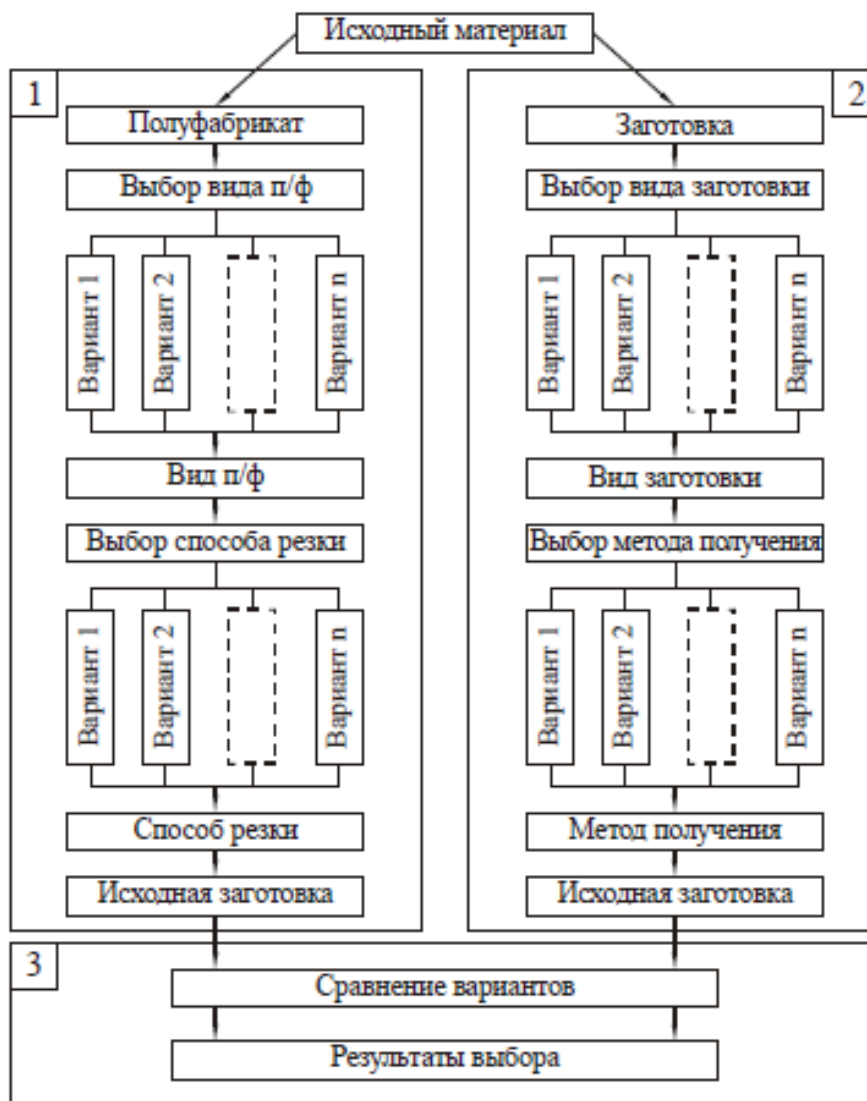


Рисунок 8.2 – Схема выбора исходной заготовки

Себестоимость самих исходных заготовок, полученных разными методами, колеблется в широких пределах. Для получения заготовок используют разнообразные технологические процессы и их сочетания: различные способы литья, пластического деформирования металлов, резка, сварка, комбинированные способы: штамповки – сварки, литья – сварки; порошковой металлургии.

#### *Выбор технологических баз и определение последовательности обработки заготовки*

Основанием для выбора технологических баз является служебное назначение поверхностей детали и установленные между ними размерные связи.

Выбор технологических баз зависит: от ТТ, характеризующих точность размеров, расположения и макрогеометрию поверхностей детали (за исключением случаев их обработки мерным инструментом); от возможностей существующего парка оборудования и технологической оснастки.

Выбор технологических баз выполняют в два этапа:

- выбирают технологические базы, необходимые для получения наиболее ответственных показателей точности детали и используемые при обработке большинства поверхностей заготовки;
- выбирают технологические базы на первой (первых) операции технологического процесса.

Выбор технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки определяет те поверхности, с которых необходимо начинать ее обработку. Выбор технологических баз на первой (первых) операции связан с решением двух групп задач:

- 1) установлением связей между обрабатываемыми и остающимися необработанными поверхностями;
- 2) распределением припусков между обрабатываемыми поверхностями.

Обычно возможны несколько вариантов. Каждый вариант базирования обеспечивает прямое (кратчайшее), т.е. наилучшее решение лишь одной задачи из всей совокупности. Поэтому нужно выбрать тот вариант, который обеспечивает все ТТ в пределах допускаемых отклонений и менее сложен в реализации схем базирования.

Определение последовательности обработки поверхностей заготовки. Выбранный вариант базирования служит основой при определении последовательности обработки поверхностей заготовки. Вместе с тем, определяя последовательность обработки, учитывают: конструктивные

особенности детали; требования к ее качеству; методы получения размеров, свойства заготовки (материал, масса, размеры, припуски на обработку); возможности оборудования, необходимость в термической обработке; организацию производственного процесса и др.

Обработку заготовки начинают обычно с подготовки технологических баз. В комплекте баз в первую очередь обрабатывают поверхность (или сочетание поверхностей), лишаящую заготовку большего числа степеней свободы (установочная или двойная направляющая база). Базирование заготовки по необработанным поверхностям в направлении выдерживаемых размеров допустимо лишь один раз.

В начале технологического процесса обычно стремятся снять с заготовки наибольшие припуски с тем, чтобы создать лучшие условия для перераспределения остаточных напряжений в заготовке и вскрыть возможные дефекты на ранней стадии обработки.

Высокие требования к точности формы, размеров и относительного положения поверхностей детали заставляют вести обработку заготовки в несколько переходов. В отдельных случаях предварительную и окончательную обработку поверхности выполняют последовательно при одной установке заготовки. Чаще эти этапы разделяют, относя окончательную обработку поверхностей на конец технологического процесса.

В конце технологического процесса выносят обработку легкоповреждаемых поверхностей (например, наружных резьб).

На последовательность обработки поверхностей заготовки влияют термическая (ТО) и химико-термическая обработка (ХТО). Неизбежное деформирование заготовки в результате такой обработки вынуждает предусматривать в технологическом процессе предварительную и окончательную обработку и начинать последнюю с «правки» технологических баз. Поверхности, исправление которых после ТО затруднительно (например, крепежные отверстия в корпусных деталях), обрабатывают после ее выполнения. Некоторые виды ХТО усложняют процесс механической обработки. Так, при цементации, если требуется науглеродить только отдельные поверхности заготовки, остальные защищают либо омеднением, либо дополнительным припуском, удаляемым после цементации, но до закалки.

Влияет на последовательность обработки поверхностей и необходимость соблюдения очередности в образовании различных конструктивных элементов детали. Например, крепежные резьбовые отверстия нужно обрабатывать после того, как будет окончательно обработана поверхность

заготовки, с которой они сопряжены. В противном случае резьбы в отверстиях будут испорчены.

Все перечисленное служит основой для разработки технологического процесса механической обработки заготовки.

### *Выбор способов обработки и определение количества необходимых переходов*

В этом разделе после того, как установлена последовательность обработки всех поверхностей заготовки, выбираются способы и средства обработки каждой из них.

Разработка технологического процесса как таковая состоит из комплекса взаимосвязанных работ, предусмотренных Единой системой технологической подготовки производства (ЕСТПП), и должна выполняться в полном соответствии с требованиями ГОСТ 14.301–83.

В зависимости от годового объема выпуска изделий и принятого типа производства решение технологических задач осуществляется по-разному. Для мелкосерийного производства разрабатывается единичный технологический процесс, дающий возможность сокращать время на подготовку производства, эффективно применять универсальное оборудование и универсально-наладочные приспособления.

Для серийного производства следует стремиться строить технологический процесс, ориентируясь на использование переменного-поточных линий, когда последовательно изготавливаются партии деталей одних наименований или размеров, или групповых поточных линий, когда параллельно изготавливаются партии деталей различных наименований.

Для массового производства необходимо предусматривать возможность организации непрерывной поточной линии с использованием специальных и агрегатных станков, специальной переналаживаемой технологической оснастки и максимальной механизации, и автоматизации производственных процессов.

При разработке технологического процесса руководствуются следующими принципами:

- в первую очередь обрабатывают те поверхности, которые являются базовыми при дальнейшей обработке;
- после этого обрабатывают поверхности с наибольшим припуском;
- далее выполняют обработку поверхностей, снятие металла с которых в наименьшей степени влияет на жесткость заготовки;



- в начало технологического процесса следует относить те операции, на которых можно ожидать появление брака из-за скрытых дефектов металла (трещин, раковин, волосовин и т.п.);
- поверхности, обработка которых связана с точностью и допусками относительного расположения поверхностей (соосности, перпендикулярности, параллельности и т.п.), изготавливают при одной установке;
- совмещение черновой (предварительной) и чистовой (окончательной) обработок в одной операции и на одном и том же оборудовании нежелательно – такое совмещение допускается при обработке жестких заготовок с небольшими припусками;
- при выборе установочных (технологических) баз следует стремиться к соблюдению двух основных условий: совмещению технологических баз с конструкторскими (например, отверстие в корпусе насадной цилиндрической фрезы одновременно служит посадочным местом для оправки в процессе эксплуатации и базой для большинства операций); постоянству баз, т.е. выбору такой базы, ориентируясь на которую можно провести всю или почти всю обработку (например, центровые отверстия вала, оси или хвостовики режущего инструмента). Принцип базирования заготовок должен строго соответствовать ГОСТ 3.1107–81.

Предварительная разработка технологического процесса обработки заданной детали заканчивается составлением и оформлением комплекта документов технологического процесса по ГОСТ 3.1404–86.

Состав и формы карт, входящих в комплект документов, зависят от вида технологического процесса (единичный, типовой или групповой), типа производства и степени использования разработчиком (предприятием, учебным заведением) средств вычислительной техники и автоматизированной системы управления производством (АСУП).

По степени детализации описания полноты информации. Каждый из указанных видов технологических процессов предусматривает различное изложение содержания операции и комплектность документации.

В маршрутном технологическом процессе содержание операций излагается только в маршрутной карте без указания переходов (допускается включать режимы обработки, т.е. строку со служебным символом – Р). Применяется в единичном и мелкосерийном типах производства.

В операционном технологическом процессе маршрутная карта содержит только наименование всех операций в технологической последовательности, включая контроль и перемещение, перечень документов, применяемых при

выполнении операции, технологическое оборудование и трудозатраты. Сами операции разрабатываются на операционных картах. Применяется в крупносерийном и массовом типах производств.

В маршрутно-операционном технологическом процессе предусматривается краткое описание содержания отдельных операций в маршрутной карте, а остальные операции оформляются на операционных картах. Для дипломного проектирования рекомендуется операционная или маршрутно-операционная степень детализации описания технологического процесса.

Все виды технологических документов содержат единую форму основной надписи, содержание и правила заполнения которой регламентируются ГОСТ 3.1103–82.

Учитывая, что маршрутная карта является основным и обязательным документом любого технологического процесса, далее подробно рассматривается пример заполнения маршрутной карты по ГОСТ 3.1118–82, форма 1.

### **Контрольные вопросы**

1. Какова последовательность разработки технологического процесса изготовления детали?
2. Какие этапы выполняются при анализе и корректировке технических требований (ТТ) на деталь?
3. От чего зависит выбор вида и формы организации производственного процесса?
4. Какова последовательность выбора исходной заготовки?
5. Этапы выбора технологических баз.
6. Какими принципами руководствуются при разработке технологического процесса?