

7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

7.1 Общие положения

В зависимости от условий производства и назначения применяют различные виды и формы ТП. Вид определяется количеством изделий, охватываемых процессом (одно изделие, группа однотипных или разнотипных изделий).

Единичные ТП разрабатывают для оригинальных изделий, которые не имеют общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, ранее изготавливаемыми на предприятии.

Унифицированные ТП создают для группы изделий, характеризующихся общностью конструктивных и технологических признаков. Унифицированные процессы подразделяют на типовые и групповые.

Типовой ТП характеризуется общностью содержания и последовательности большинства технологических операций группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой ТП – это процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Разработка ТП механической обработки имеет целью дать подробное описание процессов изготовления детали с необходимыми технико-экономическими расчетами и обоснованиями принятого варианта из возможных. В результате составления технологической документации инженерно-технический персонал и рабочие получают необходимые данные и инструкции для реализации разработанного ТП на предприятии. Технологические разработки определяют необходимые средства производства для выпуска изделий (оборудование и средства технологического оснащения (**СТО**), режущий и контрольный инструмент), трудоемкость и себестоимость изготовления изделий. Все это служит основой для организации снабжения основными и вспомогательными материалами, календарного планирования, технического контроля, инструментального и транспортного обеспечения, а также для определения производственных площадей, потребных энергетических ресурсов, рабочей силы.

ТП разрабатывают при проектировании новых и реконструкции существующих заводов, а также при организации производства новых объектов на действующих

предприятиях или коррекции процесса изготовления уже освоенной продукции при конструктивных усовершенствованиях последней. При организации производства новых объектов на действующих заводах разработка ТП предшествует подготовительным и организационным работам. При проектировании новых и реконструкции действующих предприятий ТП являются основой проекта.

7.2 Исходные данные и этапы разработки технологических процессов

Исходную информацию для разработки ТП подразделяют на базовую, руководящую и справочную.

При разработке ТП для новых заводов или производств базовыми исходными данными являются: рабочий чертеж, на котором указаны материалы, конструктивные формы и размеры детали; технические условия и требования на изготовление детали, определяющие точность и качество обрабатываемых поверхностей; особые требования, оговаривающие, например, твердость отдельных поверхностей детали, структуру материала некоторых участков изделия, виды термической обработки, необходимость балансировки; объем выпуска изделий, который включает количество необходимых для сборки изделия деталей и запасных частей; планируемый интервал времени выпуска изделий и запасных частей. Если выпуск во времени неравномерный, то его указывают по годам или другим периодам времени.

При разработке ТП для действующих или реконструируемых заводов в дополнении к вышеуказанным базовым данным необходимо также располагать сведениями о наличии оборудования, СТО, производственных площадях и других местных условиях. При этом возможности технолога могут быть ограничены, в частности, существующими на предприятии технологическими методами получения заготовки и механической обработки.

Справочная информация включает нормативные материалы, каталоги и паспорта технологического оборудования, альбомы СТО, ГОСТы и нормали на режущий и измерительный инструменты, нормативы точности, шероховатости, расчета припусков, режимов резания и технического нормирования времени, тарифно-квалификационные справочники и другие вспомогательные материалы.

Руководящая информация содержит данные о перспективных ТП в отрасли, стандарты на ТП и их документацию, основные требования по состоянию и перспективам развития производства на предприятии.

Степень подробности технологических разработок зависит от типа производства. Различают маршрутное, маршрутно-операционное и операционное описание ТП.

Разработку ТП выполняют в определенной последовательности взаимосвязанных этапов.

1. Проводят анализ технических требований и условий изготовления изделия на данном предприятии, т.е. устанавливают возможности получения и контроля конструктивных и технологических параметров детали и выявляют технологические задачи.

2. Устанавливают тип производства и методы работы по программе выпуска к планируемому интервалу времени выпуска изделия данной конструкции и технологических признаков.

3. Проводят технологический контроль чертежа детали на соответствие требованиям технологичности для условий данного или проектируемого предприятия.

4. Определяют вид заготовки и метод ее получения.

5. Устанавливают маршруты обработки основных поверхностей заготовки, т.е. последовательность переходов, обеспечивающих получение требуемой по рабочему чертежу точности и качества поверхностного слоя от заготовки до конечных характеристик поверхности.

6. Составляют маршрут изготовления детали с выбором схемы установки, определением последовательности выполнения технологических операций, а при необходимости и операций, например, по транспортированию изделий, а также с выбором типа оборудования и оснастки.

7. Рассчитывают припуски и определяют промежуточные размеры по переходам и исходные размеры заготовок.

8. Проводят завершающие технологические разработки: выбирают схему построения операций; определяют режимы выполнения технологических переходов; проводят расчеты точности получения размеров, формы и расположения поверхностей; выбирают модели технологического оборудования, СТО (например, приспособлений), видов режущих инструментов.

9. Определяют технико-экономические показатели созданных возможных вариантов ТП, из которых выбирают наиболее рациональный.

10. Оформляют необходимую для данного типа производства технологическую документацию.

7.3 Анализ технических требований чертежа, выявление технологических задач и условий изготовления детали

Разработке ТП предшествует подробное изучение рабочего чертежа детали и условий ее работы в изделии сборочной единицы. Деталь входит составной частью в изделие, и ее размеры являются звеньями сборочных размерных цепей или оказывают влияние на характеристики качества сборочных сопряжений.

Рабочий чертеж должен давать полное представление о детали, иметь достаточное количество проекций, разрезов и видов; размеры всех поверхностей с допусками на их выполнение; технические требования по форме и расположению поверхностей, а также по их специфическим свойствам (например, твердости поверхностного слоя и его глубине). Чертеж по оформлению должен соответствовать стандартам ЕСКД.

Технические требования на изготовление детали содержат:

предельные отклонения размеров и шероховатости поверхностей;

допуски формы, плоскостности, некруглости и профиля сечения;

допуски расположения, параллельности плоскостей, соосности шеек вала, симметричности профиля сечений;

вид термической обработки и твердость рабочих поверхностей, вид покрытия;

специфические свойства (необходимость балансировки, допустимую неуравновешенность).

При рассмотрении технических требований выявляют технологические задачи получения данной детали.

Для этого выделяют наиболее ответственные поверхности, совокупность требований к которым определяет заключительные методы и маршрут обработки, необходимое технологическое оборудование.

Специфические требования к изготовлению детали требуют наличия в маршруте обработки соответствующих операций (например, операций по динамической балансировке детали).

Анализ технических требований по расположению осей отверстий, плоскостей и других поверхностей деталей устанавливает технологические задачи по выбору поверхностей заготовки для базирования при обработке,

схем базирования и закрепления заготовок в операциях, схем выполнения обработки заданного профиля детали, а также типов приспособлений и режущих инструментов.

Разработка ТП для существующих производств предполагает тщательное изучение условий работы предприятия. Устанавливают наличие производственных площадей, на которых размещено оборудование, необходимое для изготовления проектируемого изделия; определяют возможности модернизации технологического оборудования и расширения производственных площадей для увеличения объемов выпуска изделий; выясняют возможности действующего предприятия по применению новых технологических методов получения заготовок и механической обработки поверхностей заготовок, прогрессивного вспомогательного и режущего инструмента, а также СТО.

7.4 Техническое нормирование

Разработка технологического процесса обычно завершается установлением технических норм времени для каждой операции.

Техническую норму времени определяют на основе расчета режимов резания, с учетом полного использования режущих свойств инструмента и производственных возможностей оборудования.

Техническая норма времени характеризует время, необходимое для выполнения определенной работы в условиях данного производства с учетом передового опыта и современных достижений техники, технологии и организации производства.

Технические нормы времени являются исходными расчетными величинами для определения производственной мощности рабочего места, участка, цеха, а также для составления предварительной калькуляции себестоимости обработки.

Затраты рабочего времени подразделяют на время работы и время перерывов в работе.

Время работы состоит из подготовительно-заключительного времени, оперативного и времени обслуживания рабочего места.

Время перерывов в работе включает перерывы на отдых (если он предусмотрен условиями работы) и естественные надобности.

Подготовительно-заключительное время — это время, затрачиваемое рабочим на ознакомление с работой,

подготовку к работе (наладка станка, приспособлений и инструментов для изготовления партии деталей), а также на выполнение действий, связанных с окончанием данной работы (съём со станка и возврат приспособлений и инструментов, сдача обработанных заготовок).

Подготовительно-заключительное время повторяется с каждой партией обрабатываемых заготовок и не зависит от размера партии.

Оперативное время – время, непосредственно затрачиваемое на выполнение данной операции. Оно повторяется с каждой обрабатываемой заготовкой или периодически – с каждой группой из нескольких одновременно обрабатываемых заготовок.

Оперативное время представляет собой сумму технологического (основного) и вспомогательного времени.

Технологическое (основное) время – это время, затрачиваемое непосредственно на обработку заготовки, т. е. на изменение ее формы, размеров и состояния. В зависимости от степени участия рабочего оно может быть машинным, ручным, или машинно-ручным.

Машинным называется время, затрачиваемое на обработку заготовки механизмами станка под наблюдением рабочего.

Машинно-ручным называется время, затрачиваемое на обработку заготовки посредством механизмов станка, но при непосредственном участии рабочего (например, работа на станке с ручной подачей).

Ручным называется время, затрачиваемое рабочим на обработку заготовки без применения механизмов станка (ручное отпиливание, рубка зубилом и т. п.).

Вспомогательное время – это время, затрачиваемое на различные вспомогательные действия рабочего, непосредственно связанные с основной работой (установка, закрепление и снятие обрабатываемой заготовки, пуск и остановка станка, измерения, изменение режимов работы и т. п.).

Время обслуживания рабочего места – время, затрачиваемое рабочим на уход за своим рабочим местом на протяжении всего времени выполнения данной операции.

Оно складывается из времени организационного обслуживания (осмотр, смазывание, очистка станка и т. п.) и времени технического обслуживания (подналадка станка, смена, заточка и подналадка режущего инструмента).

Величина времени обслуживания рабочего места в серийном производстве составляет примерно 3% от оперативного времени.

Техническая норма времени при обработке партии заготовок называется калькуляционным временем (T_k) и определяется как сумма подготовительно-заключительного времени ($T_{п.з}$) и нормы штучного времени ($T_{ш}$).

$$T_k = T_{п.з} / x + T_{ш} \text{ мин,}$$

где x – количество деталей в одной партии.

Норма штучного времени состоит из нормы оперативного времени $T_{оп}$, нормы времени на обслуживание $T_{об}$ и нормы времени на перерывы в работе (отдых и естественные надобности) $T_{пер}$ или

$$T_{ш} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер} \text{ мин.}$$

Норма оперативного времени включает норму технологического (основного) времени T_o , и норму вспомогательного времени T_v , не перекрытого машинным временем:

$$T_{оп} = T_o + T_v \text{ мин.}$$

Техническая норма времени (калькуляционное время – T_k) определяется по формуле

$$T_k = T_{п.з} / x + T_o + T_v + T_{об} + T_{пер} \text{ мин.}$$

Норма выработки H является величиной, обратной технической норме времени, и представляет собой количество продукции, которое должно быть произведено рабочим за единицу времени (минуту, час, смену).

Для расчета технологического времени пользуются основной формулой, общей для всех видов обработки, причем эта формула изменяется в зависимости от того или иного вида обработки:

$$T_o = (L / S_m) i \text{ мин,}$$

$$L = l + l_1 + l_2 \text{ мм,}$$

где L – полная длина перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи, мм;

l – длина обрабатываемой поверхности, мм;

l_1 – величина врезания инструмента, мм;

l_2 – величина перебега инструмента или заготовки в направлении подачи, мм;

i – число проходов;

S_m – величина относительного перемещения заготовки или инструмента в направлении подачи в одну минуту, мм/мин;

Технологическое время зависит от правильного выбора элементов режима резания: глубины резания, подачи и скорости резания.

7.5 Выбор режимов резания

При выборе режимов резания следует придерживаться определенного порядка.

Сначала устанавливают глубину резания t в мм;

Если припуск может быть снят в один проход, глубина резания определяется припуском на обработку. Глубину резания могут ограничивать: недостаточная мощность привода станка, жесткость обрабатываемой заготовки, ненадежное закрепление ее на станке и другие факторы. При этих условиях надо снимать припуск в несколько проходов, уменьшая глубину резания. Глубина резания связана и с методом обработки. Например, при шлифовании припуск всегда снимают за несколько проходов.

После того как установлена глубина резания, выбирают подачу s .

Подачу можно определить, исходя из возможностей станка и характера установки заготовки на станке. Лишь в чистовых и особенно в отделочных операциях основное влияние на выбор величины подачи оказывают технологические факторы, а именно: точность и чистота обработки. Числовое значение подачи должно быть согласовано с паспортными данными станка.

Установив t и s , можно, пользуясь формулами, приведенными в теории резания металлов, определить скорость резания v ;

Для того чтобы найти экономичное значение скорости резания при установленной глубине резания и подаче, пользуются следующей формулой:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v \text{ м/мин,}$$

где C_v – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, периода стойкости режущего инструмента T (период работы инструмента до затупления), его материала, геометрии, размеров, условий резания (охлаждения) и др.; для резцов Т15К6 при стойкости 60 мин. C_v для чугуна – 0,88, для стали (закаленной) – 0,94;

x и y – показатели степеней, различные для разных обрабатываемых материалов, материала режущего инструмента и условий обработки (так, например, при обработке заготовки из стали с $\sigma_b = 750$ МПа резцом Т15К6 $x = 0,18$; $y = 0,35$).

K_v – коэффициент, является произведением коэффициентов, учитывающих влияние материала заготовки K_{mv} , состояния поверхности K_{pv} , материала инструмента K_{iv} .

Сила резания. Под силой резания обычно подразумевают ее главную составляющую P_z , определяющую расходуемую на резание мощность N_e и крутящий момент на шпинделе станка.

Силовые зависимости рассчитывают по эмпирическим формулам, значения коэффициентов и показателей степени в которых для различных видов обработки приведены в соответствующих таблицах.

Рассчитанные с использованием табличных данных силовые зависимости учитывают конкретные технологические параметры (глубину резания, подачу, ширину фрезерования и др.) и действительны при определенных значениях ряда других факторов.

Их значения, соответствующие фактическим условиям резания, получают умножением на коэффициент K_p – общий поправочный коэффициент, учитывающий измененные по сравнению с табличными условия резания, представляющий собой произведение из ряда коэффициентов. Важнейшим из них является коэффициент K_{mp} , учитывающий качество обрабатываемого материала.

При точении силу резания определяют по формуле:

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p, \text{ Н}$$

где t – длина лезвия резца при отрезании, прорезании и фасонном точении;

C_p – постоянная;

x, y, n табличные коэффициенты.

После установления глубины резания t , подачи s и определения скорости резания v и силы резания P_z производят проверку соответствия выбранного режима паспортной мощности станка.

Мощность резания, кВт. рассчитывают по формуле

$$N = \frac{P_z V}{60 \cdot 1020}$$

Зная установленную мощность электропривода станка, сопоставляют с ней эффективную мощность резания.

7.6 Оформление (документация) технологических процессов механической обработки

При проектировании технологического процесса изготовления какой-либо машины для каждой детали, входящей в эту машину, составляют следующие карты на механическую обработку:

Маршрутная карта (см. ГОСТ 3.1118–82) содержит описание технологического процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям различных видов работ в технологической последовательности с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым нормативам.

Карта эскизов (см. ГОСТ 3.1105–84) содержит графическую иллюстрацию технологического процесса (операцию) изготовления изделия.

Операционная карта (см. ГОСТ 3.1404–86) содержит описание операции технологического процесса изготовления изделия с расчленением по переходам и указанием соответствующих данных по оборудованию, оснастке и режимам резания.

Карта технологического процесса содержит описание технологического процесса изготовления и контроля изделия по всем операциям отдельного вида работ, выполняемых в одном цехе в технологической последовательности, с указанием данных по оборудованию, оснастке, материальным и трудовым нормативам.

Когда технологические процессы не разрабатывают подробно, а ограничиваются установлением порядка и перечня маршрутных операций (с указанием станков, приспособлений, инструмента и числа рабочих, необходимых для выполнения намеченных операций, а также времени на обработку, установленного путем сравнения по аналогии или приближенных подсчетов), составляют маршрутные карты.

Для детальных расчетов по нормированию в дополнение к маршрутным картам механической обработки составляют еще операционные карты на каждую операцию. В них подробно указывается, как надо производить обработку по каждому переходу, с какими режимами, какая установлена норма времени на обработку и т. д. Эти карты могут сопровождаться эскизами, иллюстрирующими обработку,

схемами наладок станка, схемами, указывающими приемы управления станком, что изображается на картах эскизов.

К технологической карте прилагаются чертежи (эскизы) технологических наладок по операциям или переходам и позициям, иллюстрирующие положение и крепление детали при обработке, положение, крепление и тип инструмента, применяемое приспособление и обрабатываемую поверхность.

На чертеже (эскизе) должны быть указаны размеры с допусками, получаемые в результате обработки на данной операции (переходе или позиции), а также необходимый класс шероховатости обработки.

К технологической документации, кроме карт разных видов относятся: рабочие чертежи деталей и сборочные чертежи с простановкой технологических размеров, допусков, посадок и значений шероховатости обработки, необходимые для разработки технологических процессов, чертежи или эскизы технологических наладок по операциям или переходам, чертежи приспособлений, специального режущего, вспомогательного (крепежно-зажимного) и измерительного инструмента и т. д.

7.7 Экономическая оценка технологических процессов

Выбор варианта технологического маршрута и его технико-экономическое обоснование.

Вариант технологического процесса в целом или отдельной операции выбирают путем сопоставления затрат на производство продукции по действующему (базовому варианту) и проектируемому процессам. Расчет производят по формуле

$$\mathcal{E} = (C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2),$$

где \mathcal{E} – годовой экономический эффект в руб.;

C_1 и C_2 – себестоимость продукции по действующему и проектируемому технологическим процессам в руб. в расчете на годовой объем производства;

K_1 и K_2 – единовременные вложения в основные и оборотные фонды в условиях действующего и проектируемого технологических процессов на годовой объем производства в руб.;

E_n – коэффициент эффективности, единый для всех вариантов технологического процесса, для действующих предприятий – фактически достигнутый, для вновь проектируемых – нормативный (принимают $E_n = 0,15$).

Если проектируемые варианты технологического процесса не изменяют единовременных затрат в основные фонды и оборотные средства, то вариант технологического процесса можно выбирать по разности себестоимости изготовления детали или выполнения технологической операции.

Расчет себестоимости продукции при выборе варианта технологического процесса может быть осуществлен методом прямого распределения затрат (методом калькулирования) или нормативным методом.

Метод прямого калькулирования заключается в том, что затраты по всем статьям технологической себестоимости обработки изделия, детали или выполнения операции определяют прямым расчетом по месту и времени осуществления технологического процесса по формуле

$$C = M + З + Э + И + А + О + Р, \text{ руб.}$$

где М – стоимость материалов или заготовки (стоимость материалов и полуфабрикатов учитывают при сравнительной оценке эффективности, если новый технологический процесс предусматривает изменение технологии производства заготовки и норм расхода материалов);

З – основная и дополнительная заработная плата производственных рабочих с начислением по соцстраху;

Э – затраты на силовую электроэнергию;

И – затраты на инструмент и приспособления;

А – амортизационные отчисления от балансовой стоимости оборудования;

О – затраты по содержанию оборудования;

Р – затраты на текущий ремонт оборудования.

Для огрубленной оценки себестоимости изготовления изделия можно воспользоваться следующей методикой профессора Кован В.М.

Элементы себестоимости продукции в разной мере влияют на ее уровень. Для продукции машиностроения и металлообработки характерна структура затрат на производство в которой сырье и основные материалы составляют 50%:

Достаточно определить только стоимость основного материала на момент выполнения курсового проекта по рекламным объявлениям оптовых фирм или складов торгующих металлопродукцией. А затем по выше предложенному процентному соотношению рассчитать себестоимость.