

## **ТЕХНИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА**

*Производственный процесс представляет собой совокупность всех действий людей и орудий производства, необходимых на данном предприятии для изготовления или ремонта выпускаемых изделий.*

В состав производственного процесса включаются все действия по изготовлению и сборке продукции, контролю ее качества, хранению и перемещению на всех стадиях изготовления, организации снабжения и обслуживания рабочих мест и участков, управления всеми звеньями производства, а также все работы по технической подготовке производства. Рациональная организация производственного процесса невозможна без проведения тщательной технической подготовки производства.

**Техническая подготовка производства.** Этот процесс включает в себя следующее.

1. Конструкторскую подготовку производства (разработку конструкции изделия и создание чертежей общей сборки изделия» сборочных элементов и отдельных деталей изделий, запускаемых в производство с оформлением соответствующих спецификаций и других видов конструкторской документации).

2. Технологическую подготовку производства, т. е. совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятий (или предприятия) к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах. К технологической подготовке производства относятся обеспечение технологичности конструкции изделия, разработка технологических процессов, проектирование и изготовление средств технологического оснащения, управление процессом технологической подготовки производства.

3. Календарное планирование производственного процесса изготовления изделия в установленные сроки, в необходимых объемах выпуска и затратах.

Ответственной и трудоемкой частью технической подготовки производства является технологическое проектирование, трудоемкость которого составляет 30—40 % (в процентах от общей трудоемкости технической подготовки) в условиях мелкосерийного производства, 40—50 % при серийном и 50—60 % при массовом производстве.

Рост трудоемкости проектирования технологических процессов с увеличением выпуска продукции объясняется тем, что в крупносерийном и массовом производстве разработка процессов производится более тщательно, чем в серийном (увеличивается по общему объему, усложняется технологическая оснастка, подробнее разрабатывается документация).

**Технологический процесс и его структура.** В соответствии с ГОСТ 3.1109—82 технологический процесс—это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Работа по созданию технологических процессов в соответствии с ГОСТ 14.301—83 в общем случае включает в себя: анализ исходных

данных для разработки технологического процесса; подбор действующего типового, группового технологического процесса или поиск аналога единичного процесса; выбор исходной заготовки и методов ее изготовления; выбор технологических баз; составление технологического маршрута обработки разработку технологических операций; разработку или уточнение последовательности переходов в операции; выбор средств технологического оснащения (СТО) операции; определение потребности СТО, заказ новых СТО, в том числе средств контроля и испытаний; выбор средств механизации и автоматизации элементов процесса и внутрицеховых средств транспортирования; назначение и расчет режимов обработки; нормирование технологического процесса; определение требований техники безопасности; расчет экономической эффективности технологического процесса; оформление технологических процессов.

Приведенное выше общее определение технологического процесса можно уточнить применительно к условиям машиностроительного производства: *технологический процесс—это часть производственного процесса, включающая в себя последовательное изменение размеров, формы, внешнего вида или внутренних свойств предмета производства и их контроль.*

Технологические процессы строятся по отдельным методам их выполнения (процессы механической обработки, сборки, литья, термической обработки, покрытий и т. п.).

*Технологическая операция* — это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте (ГОСТ 3.1109—82). Применительно к условиям механосборочного производства стандартизированное определение операции можно представить в следующем виде: *технологическая операция — это часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте, над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми или собираемыми изделиями, одним или несколькими рабочими.*

Условие непрерывности операции означает выполнение предусмотренной ею работы без перехода к обработке другого изделия. Например, обработка ступенчатого валика в центрах на токарном станке представляет собой одну технологическую операцию, если ее выполняют в такой последовательности: устанавливают заготовку в центрах, обтачивают валик с одного конца, снимают заготовку, переустанавливают хомутик и вторично устанавливают заготовку в центрах, обтачивают валик с другого конца. Аналогичную по содержанию работу над валиком можно выполнить и за две операции:

1) закрепить хомутик, установить заготовку в центрах, обточить с одного конца и снять хомутик; 2) закрепить хомутик на другом конце заготовки, установить ее в центрах и обточить с другого конца, если вторичная установка и обработка второго конца валика последует не сразу после обработки первого конца, а с перерывом для обработки других заготовок партии (т. е. сначала все заготовки обрабатываются с одного конца, а потом все — с другого). Приведенный пример показывает, что состав операции устанавливают не только на основе чисто технологических соображений, но и с учетом организационной целесообразности.

*Технологическая операция является основной единицей производственного планирования и учета. На основе операций определяется трудоемкость изготовления изделий и устанавливаются нормы времени и расценки; задается требующееся количество рабочих, оборудования, приспособлений и инструментов; определяется себестоимость обработки; производится календарное планирование производства и осуществляется контроль качества и сроков выполнения работ.*

В условиях автоматизированного производства под операцией понимается законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на автоматической линии, которая состоит из нескольких станков, связанных автоматически действующими транспортно-загрузочными устройствами.

В условиях гибкого автоматизированного производства непрерывность выполнения операции может нарушаться направлением обрабатываемых заготовок на промежуточный склад в периоды между отдельными позициями, выполняемыми на разных технологических модулях.

Кроме технологических операций в состав технологического процесса в ряде случаев (например, в поточном производстве и особенно при обработке на автоматических линиях и в гибких технологических комплексах) включаются *вспомогательные операции* (транспортные, контрольные, маркировочные, по удалению стружки т. п.), не изменяющие размеров, формы, внешнего вида или свойств обрабатываемого изделия, но необходимые для осуществления технологических операций.

*Установ* представляет собой часть технологической операции, выполняемую при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок или собираемой сборочной единицы.

*Позиция* — фиксированное положение, занимаемое неизменно крепленной обрабатываемой заготовкой или собираемой сборочной единицей совместно с приспособлением относительно инструмента или неподвижной части оборудования, для выполнения определенной части операции.

*Технологический переход* — законченная часть технологической операции, характеризующаяся постоянством применяемого инструмента и поверхностей, образуемых обработкой или соединяемых при сборке.

Применительно к условиям механической обработки определение перехода можно уточнить следующей формулировкой: *технологический переход представляет собой законченную часть технологической операции, выполняемую над одной или несколькими поверхностями заготовки, одним или несколькими одновременно работающими инструментами без изменения или при автоматическом изменении режимов работы станка.*

При этом автоматическое изменение режима работы станка внутри одного технологического перехода имеет место в период обработки заготовок на станках с программным или адаптивным управлением. В случае использования

обычных металлорежущих станков технологические переходы, как правило, осуществляются при неизменных режимах их работы.

Из приведенного определения следует, что одним переходом является не только часть операции, относящаяся к обработке одной простой поверхности или фасонной поверхности простым или фасонным инструментом, но и одновременная обработка нескольких поверхностей комплектом режущих инструментов (набором фрез, многорезцовая обработка), а также обработка криволинейных поверхностей простым инструментом, движущимся по контуру или заданной программе (фрезерование кулачков, рабочего профиля турбинной лопатки и т. п.).

**Элементарный переход — часть технологического перехода, выполняемая одним инструментом, над одним участком поверхности обрабатываемого и заготовки, за один рабочий ход без изменения режима работы станка.**

Понятие элементарного перехода удобно при проектировании технологической операции и расчете основного времени; обработки заготовок на станках с ЧПУ, когда внутри технологического перехода производятся изменения режимов работы станка. Так, например, при обработке фасонных контуров на станках с ЧПУ во многих случаях внутри перехода изменяется припуск на обработку или условия резания (работа фрезы «па подъем контура» и «на снижение контура»), что делает целесообразным введение в программу другой величины подачи на соответствующих участках обрабатываемого контура.

Длина участков поверхности, обрабатываемой с неизменной подачей, и соответствующее ей основное время обработки определяют величину элементарного перехода.

*Вспомогательный переход — законченная часть технологической операции, состоящая из действий человека и (или) оборудования, которые не сопровождаются изменением формы, размеров и шероховатости поверхностей предмета труда, но необходимы для выполнения технологического перехода. Примерами вспомогательных переходов являются: установка заготовки, смена инструмента и т. д.*

*Рабочий ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности и свойств заготовки. Понятие рабочего хода соответствует применявшемуся ранее в технологической практике понятию перехода, который рассматривался как простейший переход, заключающийся в снятии одного слоя металла.*

*Вспомогательный ход — это законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, не сопровождаемого изменением формы, качества поверхности или свойств заготовки, но необходимого для подготовки рабочего хода.*

*Прием — это законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении, перехода или его части и объединенных одним целевым назначением.*

## РАЗЛИЧНЫЕ ТИПЫ ПРОИЗВОДСТВА

Одним из основных принципов построения технологических процессов является *принцип совмещения технических, экономических и организационных задач*, решаемых в данных производственных условиях. Проектируемый технологический процесс безусловно должен обеспечить выполнение всех требований к точности и качеству изделия, предусмотренных чертежом и техническими условиями, при наименьших затратах труда и минимальной себестоимости, а также при изготовлении изделий в количествах и в сроки, установленные производственной программой.

Даже наилучший с точки зрения обеспечения точности обработки технологический процесс является совершенно неприемлем для предприятия, если при его использовании не может быть выполнена установленная производственная программа или если себестоимость изделий получается чрезмерно высокой. Наименьшие затраты при изготовлении изделий могут быть достигнуты в случае построения технологического процесса в полном соответствии с типом данного производства и его условиями.

В соответствии с ГОСТ 14.004—83, в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска изделий, современное производство подразделяется на различные типы:

единичное, серийное и массовое. *Единичное производство* характеризуется широтой номенклатуры изготавливаемых или ремонтируемых изделий и малым объемом выпуска; изделий (под объемом выпуска подразумевается количество изделий определенных наименования, типоразмера и исполнения, изготавливаемых или ремонтируемых объединением, предприятием или его подразделением в течение планируемого интервала времени).

На предприятиях единичного производства количество выпускаемых изделий и размеры операционных партий заготовок (т. е. количество заготовок, поступающих на рабочее место для выполнения технологической операции) исчисляется штуками и десятками штук; на рабочих местах выполняются разнообразные технологические операции, повторяющиеся нерегулярно или не повторяющиеся совсем; используется универсальное точное оборудование, которое расставляется в цехах по технологическим группам (токарный, фрезерный, сверлильный, зуборезный и т. п. участки); специальные приспособления и инструменты как правило не применяются (они создаются только в случаях невозможности выполнения операции без специальной технологической оснастки); исходные заготовки — простейшие (литье в землю, горячий прокат, поковки) с малой точностью и большими припусками; требуемая точность достигается методом пробных ходов и промеров с использованием разметки; взаимозаменяемость деталей и узлов во многих случаях отсутствует; широко применяется пригонка по месту; квалификация рабочих очень высокая, так как от нее в значительной мере зависит качество продукции; технологическая документация сокращенная и упрощенная; технические нормы отсутствуют; применяется опытно-статистическое нормирование труда.

*Массовое производство* характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых в течение продолжительного времени.

Коэффициент закрепления операций в соответствии ГОСТ 3.1108—74 для массового производства равен единице, т. е. на каждом рабочем месте закреп-

ляется выполнение одной постоянно повторяющейся операции. При этом используется специальное высокопроизводительное оборудование, которое расставляется по ниточному принципу (т. е. по ходу технологического процесса) и во многих случаях связывается транспортирующими устройствами и конвейерами с постами промежуточного автоматического контроля, а также промежуточными складами — накопителями заготовок, снабженными автоматическими перегружателями (роботами-манипуляторами); последние обеспечивают смену заготовок на отдельных рабочих местах и пунктах контроля. Используются высокопроизводительные многошпиндельные автоматы и полуавтоматы, сложные станки с ЧПУ и обрабатывающие центры. Широко применяются автоматические линии и автоматизированные производственные системы, управляемые ЭВМ.

Значительное применение находит высокопроизводительная технологическая оснастка, инструменты из синтетических сверхтвердых материалов и алмазов и фасонные инструменты всех видов.

Широко используются точные индивидуальные исходные заготовки с минимальными припусками на механическую обработку (литье под давлением, и точное литье, горячая объемная штамповка, и прессовка, калибровка и чеканка и т. п.).

Требуемая точность достигается методами автоматического получения размеров на настроенных станках при обеспечении взаимозаменяемости обрабатываемых заготовок и собираемых узлов. Только в отдельных случаях применяется селективная сборка, обеспечивающая групповую взаимозаменяемость.

Средняя квалификация рабочих в современном массовом производстве ниже, чем в единичном. На настроенных станках и автоматах работают рабочие-операторы сравнительно низкой квалификации. Одновременно в цехах работают высококвалифицированные наладчики станков, специалисты по электронной технике и пневмо- гидроавтоматике.

Дальнейшее развитие автоматизации приводит к уменьшению общего числа рабочих за счет сокращения малоквалифицированных специалистов, и в перспективе полностью автоматизированные производства будут обслуживаться минимальным числом высококвалифицированных специалистов-наладчиков сложного оборудования.

Технологическая документация массового производства разрабатывается самым детальным образом, технические нормы тщательно рассчитываются и подвергаются экспериментальной проверке.

*Серийное производство* характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых или ремонтируемых периодически повторяющимися партиями, и сравнительно большим объемом выпуска.

В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и

крупносерийное производство.

Коэффициент закрепления операций определяется отношением числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест. В соответствии с ГОСТ 3.1108—74 коэффициент закрепления операций составляет: для мелкосерийного производства — свыше 20 до 40 включительно; для среднесерийного — свыше 10 до 20 включительно; для крупносерийного — свыше 1 до 10 включительно.

- Серийное производство является основным типом современного машиностроительного производства, и предприятиями этого типа выпускается в настоящее время 75—80 % всей продукции машиностроения страны. По всем технологическим и производственным характеристикам серийное производство занимает промежуточное положение между единичным и массовым производством. Объем выпуска предприятий серийного типа колеблется от десятков и сотен до тысяч регулярно повторяющихся изделий. Используется универсальное и специализированное и частично специальное оборудование. Широко используются станки с ЧПУ, обрабатывающие центры и находят применение гибкие автоматизированные системы станков с ЧПУ, связанных транспортирующими устройствами и управляемых от ЭВМ. Оборудование расставляется по технологическим группам с учетом направления основных грузопотоков цеха по предметно-замкнутым участкам. Однако одновременно используются групповые поточные линии и переменнo-поточные автоматические линии. Технологическая оснастка в основном универсальная, однако во многих случаях (особенно в крупносерийном производстве) создается высокопроизводительная специальная оснастка; при этом целесообразность ее создания должна быть предельно обоснована технико-экономическим расчетом. Большое распространение имеет универсально-сборная, переналаживаемая технологическая оснастка, позволяющая существенно повысить коэффициент оснащенности серийного производства. В качестве исходных заготовок используется горячий и холодный прокат, литье в землю и под давлением, точное литье, поковки и точные штамповки и прессы, целесообразность применения которых также обосновывается технико-экономическими расчетами. Требуемая точность достигается как методами автоматического получения размеров, так и методами пробных ходов и промеров с частичным применением разметки.

Средняя квалификация рабочих выше, чем в массовом производстве, но ниже, чем в единичном. Наряду с рабочими высокой квалификации, работающими на сложных универсальных станках, и наладчиками используются рабочие-операторы, работающие на настроенных станках.

В зависимости от объема выпуска и особенностей изделий обеспечивается полная взаимозаменяемость, неполная, групповая, взаимозаменяемость сборочных единиц, однако в ряде случаев на сборке применяется компенсация разме-

ров и пригонка по месту. Технологическая документация и техническое нормирование подробно разрабатываются для наиболее сложных и ответственных заготовок при одновременном применении упрощенной документации и опытно-статистического нормирования простейших заготовок.

В зависимости от размеров партий выпускаемых изделий характер технологических процессов серийного производства может изменяться в широких пределах, приближаясь к процессам массового (в крупносерийном) или единичного (в мелкосерийном) типа производства. Правильное определение характера проектируемого технологического процесса и степени его технической оснащенности, наиболее рациональных для данных условий конкретного серийного производства, является очень сложной задачей, требующей от технолога понимания реальной производственной обстановки, ближайших перспектив развития предприятия и умения проводить серьезные технико-экономические расчеты и анализы.