

## Автоматизация проектирования технологических процессов.

### Содержание.

Введение.....	3
Глава 1. Технологический и производственный процессы.....	4
1.1. Основные понятия в технологическом и производственном процессах .....	4
1.2 Структура производственного и технологического процессов.....	9
1.3 Классификация технологических процессов обработки.....	11
Глава 2. Технологические процессы и автоматизированное проектирование в машиностроении.....	17
2.1 Методы и основные принципы автоматизированного проектирования.....	17
2.2 Методология разработки технологических процессов.....	28
2.3 Компьютерное моделирование технологических процессов в машиностроении.....	30
Глава 3. Совершенствование технологии производства компрессоров.....	32
3.1 Классификация компрессоров и области их применения.....	32
3.2 Тенденции совершенствования производства компрессоров.....	36
3.3 Прогрессивные методы в технологии производства компрессоров.....	43
Заключение.....	44
Библиографический список.....	45

## **Введение.**

Применение ЭВМ позволяет решать большие технологические задачи: проектировать типовые технологические процессы изготовления стандартных деталей, разрабатывать нормативы для технологического проектирования. С помощью ЭВМ можно выбрать метод получения заготовки, рассчитать припуск на обработку и точность обработки, режимы резания и нормы времени и т. д. Поэтому проектирование технологических процессов обработки резанием и сборки с помощью ЭВМ является одной из основных технологических задач. ЭВМ можно использовать и как средство автоматического управления комплексом технологического оборудования.

Проектированию технологического процесса на ЭВМ предшествует разработка его математической модели в виде аналитических или экспериментальных зависимостей, таблиц. Следует учитывать, что сложные явления невозможно описать точными математическими формулами, поэтому их представляют приближенными (аппроксимирующими) выражениями.

Наиболее сложной задачей является предварительная разработка алгоритма технологического проектирования и составления программы ЭВМ. Алгоритмом называют систему операций, выполняемых в определенном порядке для решения поставленной задачи. Программа представляет собой описание алгоритма на определенном языке. Программы перед вводом в ЭВМ кодируются на языке машины и записываются на различных носителях. После этого программа представляет собой совокупность команд, преобразуемых ЭВМ в управляющие сигналы.

Технологические маршруты обработки заготовок деталей разрабатывают на основе типовых технологических процессов. Исходными данными являются конструкция детали и технические условия на ее изготовление, вид заготовки, объем выпуска, данные об оборудовании и технологической оснастке. При этом деталь относят к классу, группе или подгруппе в соответствии с общесоюзным классификатором. Сначала кодируют исходную информацию, а затем записывают ее на перфоленту, которая вводится в приемное устройство ЭВМ. При кодировании операций указывают их код, характеризующий операцию и выполняемые работы.

Использование ЭВМ при проектировании технологических процессов обработки резанием обеспечивает снижение трудоемкости в 10—15 раз и себестоимости, по сравнению с обычными методами проектирования, в 2—4 раза. Себестоимость детали в целом снижается на 50-70 %.

## **Глава 1. Технологический и производственный процессы**

### **1.1 Основные понятия в технологическом и производственном процессах.**

Объектами машиностроительного производства являются машины различного назначения.

Технологический процесс изготовления машин предусматривает производство деталей, сборочных единиц (узлов) и изделий.

Изделие - продукт конечной стадии машиностроительного производства. Изделием может быть машина, сборочная единица или деталь в зависимости от того, какую продукцию выпускает завод (предприятие). Так, например, для одного из заводов изделием может быть металлорежущий станок, для другого робот к нему, для третьего - обычный болт. Помимо изделий основного производства возможно получение на том же заводе изделий вспомогательного производства, которые используются для собственных нужд.

Примером может служить крупный автомобильный завод, выпускающий металлорежущие станки специального назначения.

Деталь - первичный элемент изделия. Детали изготавливают из однородного по наименованию и марке материала. Отличительной особенностью детали является отсутствие в ней каких-либо соединений как разъемных, так и неразъемных. Покрытия различного вида не являются отдельными деталями. Различают детали с покрытиями и без покрытий.

При сборке детали сопрягаются с другими деталями по поверхности, образуя соединения.

Геометрические и физико-механические показатели поверхностей и поверхностных слоев являются важнейшими характеристиками качества деталей.

Сборочная единица {узел} - разъемное или неразъемное соединение частей изделия. С технологической точки зрения узел представляет собой обособленную часть изделия, которую можно собрать отдельно от других частей, оценить по выходным параметрам.

Многие термины и определения регламентируются Государственными стандартами, но периодически претерпевают изменения.

Узловая сборка деталей проводится на заводе основного производства либо на отдельных заводах, выпускающих такие узлы в качестве изделий, и способствует совершенствованию технологических процессов изготовления машин. С конструкторской точки зрения узел представляет собой часть машины в соответствии с функциональным

назначением без учета особенностей сборки. Так, распределительный механизм машины, расположенный, например, наряду с другими механизмами в ее корпусной детали, является конструктивной сборочной единицей (узлом), но не является технологической сборочной единицей, так как не может быть собран обособленно.

Наиболее совершенной является сборочная единица, которая одновременно отвечает условию ее функционального назначения в изделии и условию обособленной сборки.

В зависимости от положения сборочной единицы в изделии различают их порядок.

Так, сборочные единицы, входящие в процессе сборки непосредственно в изделие, называют сборочными единицами первого порядка.

Те сборочные единицы, которые входят в сборочные единицы первого порядка, называют сборочными единицами второго порядка и т.д. Такое представление о деталях и сборочных единицах существенно помогает описать

в целом изделие и его элементы. Общая компоновка элементов изделия представлена на рис. 1. Очевидно, что собственно детали могут входить как в сборочные единицы любого порядка, так и непосредственно в изделие вне сборочных единиц.

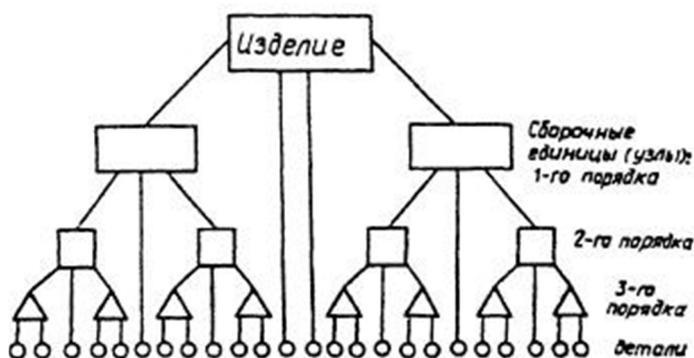


Рис. 1. Общая компоновка элементов изделия

Общая компоновка элементов изделия позволяет разработать технологическую схему сборки и увязать воедино процесс изготовления деталей, узловую сборку и сборку всего изделия. Целесообразность разработки схемы сборки определяется сложностью изделия.

Особую роль играют базовые детали. Они имеют базовые поверхности, с помощью которых другие детали и сборочные единицы ориентируются относительно друг друга.

Сборка, как правило, начинается с базовых деталей. При сборке машины одна из сборочных единиц (узлов) может играть роль базовой сборочной единицы (базового узла). Чаще всего базовыми являются корпусные детали.

Условия производства могут требовать, чтобы на сборку изделия его элементы подавались группами. Каждая такая группа называется сборочным комплектом. Если эти элементы не вводят в состав машины на заводе изготовителе, а они имеют вспомогательное назначение, то такая группа называется комплектом (например, комплекты запасных частей). Изделие предприятия-поставщика, используемое на заводе-изготовителе, называется комплектующим изделием. Сборочная единица, способная самостоятельно выполнять в изделии определенные функции, называется агрегатом.

Основное место в производстве машин отводится разработке технологических процессов.

В свою очередь эти процессы являются составной частью производственных процессов (рис. 2).

Производственный процесс характеризуется совокупностью действий, в результате которых материалы и полуфабрикаты превращаются в готовые изделия в соответствии с их служебным назначением. Для функционирования производственного процесса необходимы соответствующие исходные данные. Так, директивное задание содержит необходимые указания о развертывании производства машин определенного назначения или серии машин с указанием объема годового выпуска.

Прорабатываются вопросы обеспечения данного производства материалами, полуфабрикатами, оценивается возможная система управления производством. В качестве исходных рассматривают также социально-

экономические факторы, возможную экологическую обстановку в регионе размещения данного предприятия. Создание производственного процесса является задачей высшего порядка сложности и рассматривается на государственном уровне. Так, в понятие "производственный процесс" будет входить все, что связано, например, с созданием автомобильного завода.

Каждый элемент производственного процесса может представляться соответствующим производственным подразделением, функции которого определяются предельно четко. Одно из подразделений берет на себя

функции снабжения материалами, комплектующими изделиями и т.д., а также функции хранения готовой продукции (хотя хранение может быть организовано и в другом подразделении).

Вопросы обслуживания различного рода поручаются второму подразделению, а в третьем - разрабатывается структура управления производственным процессом, формируются органы управления и т.д.

Полезно выделять вспомогательный производственный процесс (см. рис. 2). Он может предусматривать обеспечение производства технологической оснасткой, различными инструментами, включать систему транспортирования объектов труда, обеспечивать уход за оборудованием и его наладку.

Каждый из элементов вспомогательного производственного процесса в зависимости от масштаба производства может представляться участком, цехом или отдельным заводом.

## 1.2 Структура производственного и технологического процессов

Технологический процесс - часть производственного процесса, включающая в себя последовательное изменение размеров, форм и других свойств предмета производства. Это понятие имеет весьма широкие границы и в различные периоды времени уточняется соответствующими стандартами, однако главным остается понятие о непосредственном изменении состояния объекта труда. Технологический процесс представляется чаще всего совокупностью процессов, основанных на применении различных методов их выполнения (см. рис.2). Так, важной составной частью технологического процесса может быть процесс изготовления заготовок (литье, обработка давлением, сварка и др.), процесс изготовления деталей, т.е. превращение заготовок в составные элементы машины, процесс сборки и другие. Прогрессивным оказывается такой технологический процесс, когда уже на стадии изготовления заготовок сразу выдается готовая деталь.

Технологическая операция - это часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте, над одним или несколькими одновременно обрабатываемыми предметами, одним или несколькими рабочими.

Аналогичные понятия рассматриваются для процесса изготовления заготовок, сборки и др. Наличие рабочего места является непременным условием проведения операции.

Производство	Крупные изделия (тяжелые машины)	Изделия средних размеров	Мелкие изделия (легкие машины)
Единичное	До 5	До 10	До 100
Мелкосерийное	5-100	10-200	100-500
Среднесерийное	100-300	200-500	500-5000
Крупносерийное	300-1000	500-5000	5000-50000
Массовое	Св. 1000	Св. 5000	Св. 50000

Рис. 2. Структура производственного и технологического процессов

Рабочее место представляет собой часть производственной площади, оборудованной в соответствии с выполняемой работой. Работа в рамках одной операции предусматривает условие непрерывности в том смысле, что

исключается переход к выполнению другой работы. В автоматизированном и гибком автоматизированном

производствах понятие технологической операции несколько изменяется.

Технологический процесс предусматривает также наличие вспомогательных операций, связанных с транспортированием, контролем и другими действиями, не изменяющими свойств объектов труда.

Составными частями операции являются технологические переходы, характеризующиеся постоянством применения инструмента и обрабатываемых поверхностей.

Технологический переход - законченная часть технологической операции, выполняемая над одной или несколькими поверхностями заготовки, одним или несколькими одновременно работающими инструментами при неизменных

режимах обработки. Обработка следующей поверхности заготовки или изменение режимов обработки означают наличие нового перехода.

Вспомогательный переход не изменяет состояние объекта труда, но сопровождает выполнение технологического перехода. Затраты времени на вспомогательные операции переходы следует неизменно сокращать.

Проход (рабочий ход) - часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки и связанная с изменением состояния этой заготовки. В свою очередь частью прохода является прием - законченная совокупность действий человека, применяемых при выполнении перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Приемы состоят из отдельных движений. Операции, переходы и проходы всегда выполняются на рабочих местах в одной или нескольких позициях, а также с одного или нескольких установок.

Позиция - фиксированное положение, занимаемое неизменно закрепленной обрабатываемой заготовкой совместно с оснасткой относительно инструмента или неподвижной части оборудования для выполнения операции или ее части.

Установка - часть операции, выполняемая при неизменном закреплении обрабатываемых заготовок.

Аналогичная структура может быть представлена для технологического процесса сборки, окраски и др. Технологическая операция является основной единицей производственного планирования и учета.

Каждый технологический процесс разрабатывают применительно к определенному типу производства, который представляет собой классификационную категорию производства, выделяемую по принципу объема годового выпуска продукции и широте номенклатуры производства изделий. Технологический процесс, прогрессивный для одного типа производства, может быть совершенно неприемлемым для другого типа производства.

Современное производство подразделяется на массовое, серийное и единичное.

Массовое производство характеризуется узкой номенклатурой и большим объемом выпуска изделий, изготавливаемых непрерывно в течение большого отрезка времени. Это означает, что на каждом рабочем месте постоянно выполняется одна и та же работа, т.е. технологические операции постоянно повторяются (например, сверление отверстий в поршнях автомобиля данной модели). Поэтому используют специальное оборудование, которое расставляют в цехах в полном соответствии с выполнением операций технологического процесса; ему подчиняют работу транспортирующих устройств, контроль, работу складов заготовок и др. Современное массовое производство использует роботы, автоматические линии и целые производственные системы, управляемые ЭВМ. Применяемые заготовки характеризуется высокой точностью.

Серийное производство характеризуется ограниченной номенклатурой изделий, изготавливаемых периодически повторяющимися партиями, сравнительно большим объемом выпуска. Такой тип производства является основным и на его предприятиях выпускается 75-80 % всей продукции машиностроения.

В зависимости от количества изделий в партии различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство. Типаж оборудования для серийного производства оказывается весьма широким.

Используют универсальные, специализированные и специальные станки, автоматические линии. Большое распространение получают станки с ЧПУ. Расстановка станков чаще всего проводится по технологическим группам, хотя встречаются и другие виды компоновки станков. Заготовками являются горячий и холодный прокат, поковки, точные штампованные заготовки и отливки.

Единичное производство характеризуется широкой номенклатурой выпускаемых изделий и малым объемом их выпуска. Такой объем, как правило, исчисляется штуками или десятками штук. Технологические операции, выполняемые в производстве этого типа, повторяются нерегулярно или не повторяются совсем. Используют универсальное оборудование, которое расставляется по технологическим группам. Заготовки имеют простейшую форму.

Так, крупносерийное производство приближается к массовому, а мелкосерийное – к единичному. Однако установление типа производства при разработке технологических процессов является крайне необходимым, поскольку в каждом типе производства для изготовления деталей одного и того же наименования используют совершенно различные технологические процессы. Решение такой задачи оказывается весьма сложным и, как правило, связано с выполнением ряда этапов.

Очевидно, что отнесение изделий по их габаритам в ту или иную группу без учета других особенностей этих изделий, является в значительной степени произвольным. Тем не менее, представляется возможным в самом первом приближении наметить тип производства.

Эта работа требует дальнейших уточнений на основе использования коэффициентов закрепления операций, т.е. отношения числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению в течение месяца, к числу рабочих мест. Принимают следующие значения коэффициентов закрепления операций: для мелкосерийного производства св. 20 до 40 вкл.; для среднесерийного производства св. 10 до 20 вкл.; для крупносерийного производства св. 1 до 10 вкл. Для массового производства коэффициент закрепления операций равен 1.

Определение коэффициентов закрепления операций требует в свою очередь прикидочных расчетов и определения числа операций и рабочих мест исходя из заданного объема месячного выпуска изделий. Следовательно, такие расчеты уже делаются с ориентацией на определенный тип производства и в дальнейшем требуют ряда последовательных уточнений. Выполняя эту работу, технологи опираются на опыт изготовления аналогичных изделий в конкретных производственных условиях.

Вид оборудования, применяемого в различных типах производства, определяется технологическим процессом. Однако в мировой практике уже сложилось представление о необходимости использования оборудования с учетом гибкости в зависимости от номенклатуры изготавливаемых деталей и объема годового выпуска продукции (рис. 3).

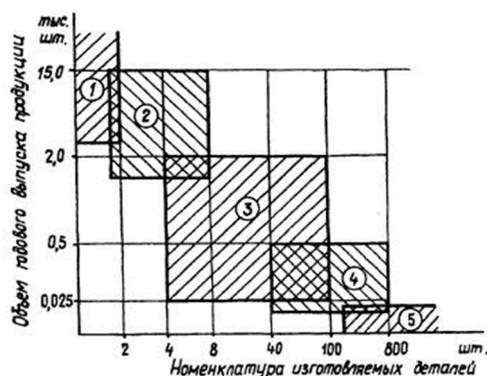


Рис. 3. Области рационального использования оборудования

Область 1 предусматривает использование автоматических линий с жесткими связями.

В этом случае обеспечивается самая низкая себестоимость продукции.

Автоматические линии имеют специальное оборудование, широко используются совмещение рабочих и вспомогательных движений при многопозиционной обработке.

Область 2 характеризуется использованием специальных линий, на которых обрабатывают однотипные заготовки, но различных размеров. В области 3 используют гибкие производственные комплексы, а в области 4 - гибкие модули. Те и другие обладают достаточно высокой гибкостью, т.е. сравнительно быстро могут быть переналажены для обработки новой заготовки. Гибкий модуль представляет собой переналаживаемую производственную ячейку. Для оборудования областей 3 и 4 характерна очень высокая стоимость. Область 5 представляется станками с ЧПУ, обладающими еще большей гибкостью.

При последовательном переходе от области к области 5 гибкость оборудования увеличивается, а производительность уменьшается.

### **1.3 Классификация технологических процессов обработки**

В зависимости от количества изделий и условий их изготовления различают три вида технологических процессов: единичный, типовой и групповой.

Единичный технологический процесс - это процесс изготовления изделия одного наименования, типоразмера и исполнения, независимо от типа производства. Такой процесс разрабатывают, как правило, для оригинальных деталей или сборочных единиц, которые по своим формам, свойствам поверхностных слоев, материалу и другим показателям не имеют общих конструктивных и технологических признаков с изделиями, изготавливаемыми ранее на данном предприятии.

Единичный технологический процесс создают на основе общих закономерностей (правил) разработки процессов изготовления деталей, однако при этом требуется учет специфики и требований, предъявляемых к точности размера, форм, взаимному расположению поверхностей, а также к поверхностным слоям. Так, например, для корпусной детали, которая по своим параметрам принципиально отличается от обрабатываемых ранее, требуется растачивание главных отверстий высокой степени точности с соблюдением жестких допусков по отклонению от соосности, а сама корпусная деталь изготавливается из коррозионно-стойкого материала. В этом случае необходима разработка единичного технологического процесса.

Такие процессы должны создаваться каждый раз для массового, серийного или единичного производства. Учет современных достижений науки и техники, которые

следует использовать на данном предприятии при подготовке и изготовлению изделий, требует применения нового перспективного оборудования, инструментов и условий реализации единичного технологического процесса.

Типовой технологический процесс - это технологический процесс изготовления группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками. Такая общность позволяет в свою очередь разработать общность содержания и последовательности выполнения большинства технологических операций и переходов для всей группы изделий, что имеет неоспоримые преимущества технического и экономического характера.

Типизация технологических процессов в машиностроении является безусловно прогрессивным явлением, так как позволяет при всем многообразии деталей машиностроительного производства обеспечить устранение многообразия технологических процессов обоснованным сведением их к ограниченному числу. Каждый типовой технологический процесс основывается при этом на применении наиболее совершенных способов обработки, которые обеспечивают достижение наивысшей производительности при наименьших затратах труда. Типовой технологический процесс предусматривает выделение в группе однотипных изделий, изготавливаемых в конкретных производственных условиях, типового представителя группы. В качестве представителя выбирают изделие, для изготовления которого требуется наибольшее количество основных и вспомогательных операций, характерных для изделий, входящих в эту группу. Процесс, разработанный для типового представителя, может быть положен в основу процесса для любого другого изделия, входящего в группу. В ходе указанной работы предусматривают типизацию технологических процессов по трем направлениям.

Первое - связано с типизацией обработки отдельных поверхностей, второе - с обработкой типовых сочетаний поверхностей, третье - с обработкой заготовок. Эти направления, реализуемые на уровне классификации, направлены на представление всего многообразия заготовок, поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов, для которых следует разрабатывать типовые технологические процессы. Каждый из таких процессов может быть в свою очередь разработан в нескольких вариантах применительно к конкретным производственным условиям для выбора оптимального варианта. Классификация элементарных поверхностей основывается на описании формы изделия (детали), точности (по основным показателям), размеров поверхностей и материала изделия.

Практика технологии машиностроения уже располагает богатым опытом построения технологических процессов обработки элементарных поверхностей, что

нашло отражение в многочисленной справочной литературе с учетом экономических показателей. Вместе с тем работа по типизации элементарных поверхностей, важная сама по себе, не дает оснований для решения вопросов о типизации заготовки, оборудования и технологических операций. Классификация сочетания поверхностей основывается на выделении таких комбинаций поверхностей, которые могут быть обработаны при использовании неизменной технологической базы на одном и том же оборудовании, одинаковыми режущими инструментами, с одним и тем же содержанием технологических операций.

Такие комбинации встречаются у самых различных заготовок. Признаками классификации сочетания поверхностей являются точностные параметры, описание связей взаимного расположения поверхностей, размеры поверхностей, материал обрабатываемой заготовки. Наибольшее значение для типизации технологических процессов имеет классификация заготовок. Различают следующие основные признаки их классификации: конфигурацию заготовок, их размеры, точность обработки и качество поверхностных слоев, материал заготовок. Кроме того, необходим учет и дополнительных признаков, к которым относят объем выпуска продукции и конкретную производственную обстановку (наличие оборудования и инструментов, систему организации производства и др.).

В основе построения технологической классификации лежат классы заготовок. Класс представляет собой совокупность заготовок, характеризуемых общностью технологических задач, объединяемых признаками классификации. Наибольшее распространение получила классификация, предусматривающая 14 классов - валы, втулки, диски, рычаги, плиты, зубчатые колеса и другие заготовки, имеющие общий машиностроительный характер. Допускается создание дополнительных классов, характерных для отдельных отраслей промышленности (например, турбинные лопатки). В свою очередь классы разделяются на подклассы, группы и подгруппы, что позволяет в итоге создать тип заготовок. К одному типу относятся заготовки, для которых можно составить общую карту типового процесса.

Деталь, представленная, относится к классу валов, подклассу ступенчатых валов без центрального отверстия (вид), соответствующего диапазона диаметров и длин, с точностью, например, 6-8-го качества. Тип вала представляется эскизом и имеет обозначение в виде трехзначной цифры, в которой первая обозначает вид, вторая - размерную группу, третья - порядковый номер типа в данном виде.

Типовые технологические процессы представляются специальной документацией, которая включает в себя классификатор заготовок и собственно типовой процесс.

Использование такой документации существенно упрощает разработку технологических процессов. Размерные группы деталей связаны с размерными рядами станков, на которых эти детали могут быть обработаны.

Так для изготовления валов приняты токарные, шлице- фрезерные и шлифовальные станки. В зависимости от расстояния между центрами этих станков валы по длине разбиты на две группы: 150-500 мм и 500-1000 мм. Аналогично этому определяют размерные группы других заготовок.

Групповой технологический процесс - это процесс изготовления группы изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками. Такой процесс создается с использованием определенных классификационных признаков. Таковыми являются технологические признаки, которые позволяют создать для группы заготовок общую наладку оборудования и использовать общую технологическую оснастку. Работа по созданию групповых технологических процессов проводится только для отдельных предприятий вне зависимости от типа производства.

Групповые технологические процессы появились как развитие типовых процессов, но в первых технологическая классификация заготовок связывается с видами обработки на станках определенных групп - токарных, револьверных, сверлильных, фрезерных и пр. В группе объединяются заготовки, у которых имеется общность обрабатываемых поверхностей или их сочетаний. При этом (в отличие от типовых процессов) в одну группу могут попасть заготовки различных конфигураций и разного служебного назначения.

Формирование группы заготовок проводится на основе учета ряда признаков. Важнейшим является общность геометрических элементов, составляющих конфигурацию заготовки (цилиндрические, конические поверхности, канавки, фаски, резьбы, торцовые поверхности). Геометрическая точность и шероховатость, общая для заготовок, является вторым признаком для формирования их в группу. Кроме того, группа создается из заготовок однородного материала и близких по своим размерам.

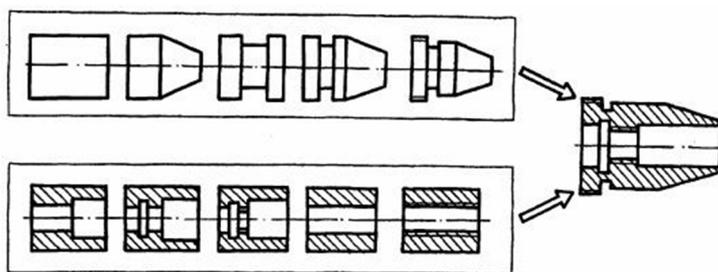


Рис. 4. Схема формирования комплексной заготовки

Соблюдение этих признаков позволяет применять для всей группы одинаковые способы обработки (например, обтачивание, растачивание, нарезание резьбы и др.) на одних и тех же станках, одинаковые режущие инструменты и технологическую оснастку.

Формирование групп проводится также с учетом серийности выпуска деталей и трудоемкости их изготовления. Собственно групповую обработку классифицируют также по отдельным групповым операциям. Так, возможна групповая обработка на уровне заготовительного производства, или на уровне отдельных операций, проведения специфических операций и др., а также создание групповых технологических процессов для изготовления детали в целом.

Группа заготовок обрабатывается по общему технологическому маршруту на специализированном рабочем месте. Его особенностью является возможность проведения под-наладки средств технологического оснащения. При реализации общего технологического маршрута для отдельных заготовок некоторые операции могут быть пропущены целиком, или при их проведении может быть пропущена обработка отдельным инструментом, а также проведена подналадка инструментов и приспособлений (например, сверл, положения упоров, схем закрепления и др.).

Мероприятия такого типа вполне себя оправдывают экономически, так как позволяют приблизить преимущества массового и крупносерийного производств к условиям серийного, мелкосерийного и единичного производств. Однако, указанное сближение возможно лишь в том случае, если подналадка будет по своему характеру незначительной, а время на ее осуществление - минимальным. Наиболее успешно групповая обработка применяется, если одна или две группы заготовок обрабатываются на одном станке в течение месяца. При этом за счет специализации станка растет производительность обработки.

Экономические соображения играют весьма существенную роль при формировании группы заготовок. При этом приходится преодолевать ряд технологических и организационных препятствий особенно в условиях мелкосерийного производства, когда партия заготовок составляет 5-10 шт. Желание загрузить станок в течение месяца приводит к необходимости объединить в группу заготовки до 60-80 наименований, но это в свою очередь требует многопереходных настроек станков, работу без совмещения переходов и без специальных инструментов и приспособлений. В результате производительность по сравнению с работой на станках, настраиваемых на изготовление одной, а не группы деталей, снижается. Установление по классификационным признакам состава группы для данного предприятия приводит к

созданию комплексной заготовки. Она должна содержать в себе все поверхности, встречающиеся у заготовок, входящих в группу (рис. 4.).

Допустим, что в группу занесли заготовки, имеющие различные конфигурации наружных поверхностей (верхний ряд) деталей, необходимых определенному предприятию в данный период времени. Эти же детали имеют различные конфигурации внутренних поверхностей (показаны в нижнем ряду).

Комплексная заготовка должна наследовать как наружные, так и внутренние поверхности. Тогда металлорежущий станок настраивают на изготовление комплексной заготовки, хотя она может и не требоваться производству. Изготовление же любой группы детали на таком станке возможно без серьезной переналадки с пропуском в работе отдельных инструментов. Групповая наладка особенно удобна для станков токарно-револьверной группы.

Для некоторых других станков понятие комплексной заготовки теряет смысл. Групповые технологические процессы дают наибольший эффект, когда изготовление связано с применением одной операции (например, токарная револьверная обработка). Вместе с тем, после групповой обработки детали данной группы могут быть разобщены и отдельные представители группы могут входить в другие группы (например, для отдельных операций). Развитие групповой технологии вызвало к жизни создание быстро-переналаживаемых приспособлений. Как правило, в их основе лежит постоянная составная часть в виде корпусной детали, на которой устанавливают быстросъемные элементы, изменяемые в зависимости от вида заготовки.

## **Глава 2. Технологические процессы и автоматизированное проектирование в машиностроении.**

### **2.1 Методы и основные принципы автоматизированного проектирования.**

Под автоматизацией проектирования понимают систематическое использование ЭВМ в процессе проектирования при обоснованном распределении функций между человеком и ЭВМ и выборе методов автоматизированного решения технологических задач.

По степени углубленности разработок различают несколько уровней проектирования:

- разработку принципиальной схемы технологического процесса;
- проектирование технологического маршрута обработки детали;
- проектирование технологических операций;
- разработку управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением.

При решении технологической задачи взаимодействия технолога-проектировщика с ЭВМ представляют процесс обмена информацией в определенном режиме.

Различают два основных режима: пакетный (автоматический) и диалоговый (оперативный).

При пакетном режиме технолог-пользователь и программист, как правило, не имеют прямой связи с ЭВМ.

Тексты программ, результаты их проверки и решения технологической задачи передаются через оператора машине.

Пакет прикладных программ представляет комплекс программ, работающих под управлением программы-монитора, и предназначен для решения определенного класса близких друг другу технологических задач, например, проектирование технологического маршрута обработки деталей определенного класса (группы), сборки узлов и сборочных операций заданного типа.

При оперативном режиме технолог-проектировщик-пользователь непосредственно связан с ЭВМ через индивидуальный терминал или абонентский пункт (пишущую машинку, телетайп, дисплей). Он получает сообщение от ЭВМ достаточно быстро, через интервал времени, не нарушающий естественного хода его мысли. Диалоговый режим целесообразно применять тогда, когда этот метод является единственным или он эффективен.

Диалоговый режим эффективен при решении творческих задач, когда требуется эвристический подход (распознавание геометрических образов деталей, размерных и

топологических связей между элементарными геометрическими образами с целью оптимального выбора схем базирования, проектирование маршрута обработки, сборки и др.).

Эти и многие другие задачи могут быть решены эффективно лишь путем синтеза творческих процессов человека и "способностей" машинных программ. Вместе с тем при диалоговом режиме значительно увеличиваются затраты на создание программного обеспечения, возрастают затраты на проектирование. Можно создавать пакеты программ, позволяющих накапливать опыт проектирования и формировать алгоритмы классификации, генерирования понятий, поведения.

Поэтому возникла и решается задача создания автоматизированных систем проектирования технологических процессов в режиме диалога с последующим переходом к пакетному (автоматическому) режиму более высокого уровня путем использования программ обучения.

При создании систем автоматизированного проектирования (САПР), в том числе проектирования технологических процессов, учитывают ряд положений.

САПР создается как система, в которой проектирование ведется с помощью ЭВМ. САПР строится как открытая и развивающаяся система.

САПР разрабатывают продолжительное время, поэтому экономически целесообразно вводить ее в эксплуатацию по частям по мере готовности. Созданный базовый вариант системы может расширяться. Кроме того, возможно появление новых, более совершенных математических моделей и программ, изменяются также и объекты проектирования. САПР создается как иерархическая система, реализующая комплексный подход к автоматизации на всех уровнях проектирования.

Так, в САПР технологических процессов обычно включают подсистемы структурного, функционально-логического и элементного проектирования (разработки принципиальной схемы технологического процесса, проектирования маршрута, проектирования операции, разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ).

## 2.2 Методология разработки технологических процессов

Разработка технологических процессов (ТП) механической обработки является сложной, комплексной, вариантной задачей, требующей учета большого числа разнообразных факторов.

В комплекс кроме разработки собственно ТП входит разработка приспособлений, режущего, измерительного и вспомогательного инструмента, нестандартного оборудования и т.д.

В основу разработки ТП закладывается технико-экономический принцип, предполагающий изготовление изделий в полном соответствии с их эксплуатационными свойствами, задаваемыми в конструкторской документации и технических условиях, при наименьшей себестоимости.

Основы методологии разработки ТП отражены в стандартах единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП). Общие правила разработки ТП изложены в Р50-54-93-88.

Разрабатываемые ТП должны быть прогрессивными, обеспечивать повышение производительности труда и качества изготавливаемых изделий, сокращение трудовых и материальных затрат на их реализацию, обеспечивать выполнение всех требований безопасности труда, а также быть экологически чистыми, без вредных недопустимых воздействий на окружающую среду.

ТП разрабатывают на основе имеющихся типовых или групповых ТП. По назначению разрабатываемые ТП разделяют на рабочие (с ориентировкой на конкретные производства с их оборудованием в соответствии с особенностями вспомогательных цехов и традициями), и проектные (перспективные), ориентированные на все прогрессивное, перспективное.

В зависимости от количества наименований изделий, для которых разрабатывается ТП: одно изделие, группы однотипных и разнотипных изделий, ТП разделяют на три вида: единичные, типовые и групповые. Типовые и групповые ТП образуют унифицированный вид ТП.

В зависимости от степени детализации содержания ТП в документах единой системы технологической документации (ЕСТД) различают ТП маршрутные, операционные и маршрутно-операционные. Общими для названных видов ТП являются основные этапы их разработки.

Для разработки единичных ТП установлены следующие основные этапы Р50-54-93-88.

1. Анализ исходных данных для разработки ТП.
2. Выбор действующего типового, группового ТП или поиск аналога единичного процесса.
3. Выбор исходной заготовки и методов ее изготовления.
4. Выбор технологических баз.
5. Составление технологического маршрута изготовления детали.
6. Разработка технологических операций.
7. Нормирование ТП.

8. Определение требований экологической безопасности.

9. Расчет экономической эффективности ТП.

10. Оформление ТП и технологической документации.

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

Базовая информация включает данные, содержащиеся в конструкторской документации на изделие и программу выпуска этого изделия. В задачи данного этапа входит изучение рабочего чертежа детали, ее конструкции и служебного назначения в изделии, технических требований к рабочим поверхностям, физико-механических свойств материала детали, анализ технологичности конструкции детали, разработка конструкторско-технологического кода детали и определение типа производства.

Особое внимание при разработке ТП должно быть уделено изучению всей информации, заложенной в рабочих чертежах, тщательному контролю и уточнению этой информации с позиций удовлетворения всех обусловленных назначением деталей эксплуатационных свойств, прежде всего рабочих поверхностей.

При изучении рабочего чертежа детали и технических условий на ее изготовление важным является также установление нагрузок, воспринимаемых деталью и ее поверхностями, температурные условия работы, выявление поверхностей трения деталей, а также подвергаемых коррозионным и эрозионным воздействиям, и другие данные о служебном назначении детали.

Обеспечение технологичности конструкции изделий является одной из основных функций подготовки производства, предусматривающей взаимосвязанное решение конструкторских и технологических задач, направленных на повышение производительности труда, достижение оптимальных трудовых и материальных затрат и сокращение времени на производство, в том числе и монтаж вне предприятия-изготовителя, техническое обслуживание и ремонт изделия.

Анализ технологичности проводится в соответствии с требованиями стандартов ЕСТПП (ГОСТ 14.205 и ГОСТ 14.206).

Показатели, характеризующие трудоемкость, материалоемкость, унификацию конструкций элементов детали, требования к точности разнообразных параметров, сопоставляют с аналогичными показателями деталей, принятыми в качестве базовых. Детали по технологическому классификатору группируют по признакам, определяющим общность ТП их изготовления.

Группирование деталей — обязательное условие типизации ТП, обеспечивающих внедрение наиболее прогрессивных форм организации производства, позволяющее

создать поточное производство и специализировать рабочие места таким образом, чтобы они всегда были готовы принять для обработки любые детали и сборочные единицы данной производственно-технологической фуппы.

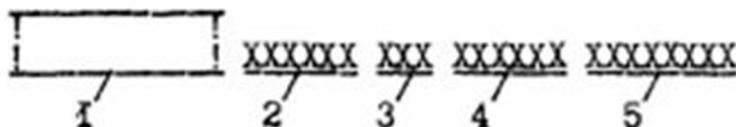


Рис.5. Структура полного конструкторско-технологического кода детали

Структура полного конструкторско- технологического кода детали (рис.5) включает пять структурных элементов: 1 - код организации разработчика; 2 - код классификационных группировок конструктивных признаков; 3 - порядковый регистрационный номер (условный); 4 - код классификационных группировок основных технологических признаков; 5 - код классификационных группировок технологических признаков, определяющих вид детали.

На рис. 6 представлена структура кода классификационных группировок конструктивных признаков, а на рис.7 - то же, но технологических признаков; при этом переменная часть технологического кода (структурный элемент 5) дана применительно к виду детали, обрабатываемой резанием.

Технологический классификатор с его достаточно широкой системой технологических признаков создает необходимые условия для решения многих технологических задач, основными из которых являются: адресование деталей к ранее разработанным типовым или групповым ТП; группирование деталей по конструкторско-технологическому подобию для разработки типовых ТП и группового метода обработки; организация по детальной специализации производственных структур;



Рис. 6. Структура кода классификационных группировок конструктивных признаков



Рис. 7. Структура кода классификационных группировок технологических признаков

Существует достаточно большое число методик определений типа производства по известным номенклатуре изготавливаемых изделий и годовой программе их выпуска. Ниже приведены две из таких методик, получивших большую известность.

По первой методике серийность производства определяется количеством изделий в партии (серии):

Производство

.....Крупные .....Средние .....Мелкие изделия

Мелкосерийное .....2-5 .....5-25 .....10-50

Среднесерийное .....5-25 .....25-150 .....50-300

Крупносерийное .....Св. 25 .....Св. 150 .....Св. 300

Более точно тип производства может быть определен по соотношению производственного такта  $T$  к штучному среднему времени  $T_{шт.ср.}$  выполнения наиболее характерных операций в ТП изготовления деталей изделия:

$$K = \frac{T}{T_{шт.ср}},$$

где  $T_f$  - действительный годовой фонд времени в часах работы оборудования, связанного с выполнением упомянутых выше характерных операций;  $N$  - годовая программа выпуска изделий.

Ниже приведены ориентировочные значения коэффициента  $K$  для различных типов производств:

$K = 1$  - массовое производство;

$10 > K > 1$  - крупносерийное производство;

$20 > K > 10$ - среднесерийное производство;

$40 > K > 20$  - мелкосерийное производство;

$K > 40$  - единичное производство.

Для деталей большинства изделий машиностроения применяются практически все известные виды заготовок.

Основными из них являются сортовой материал и профильный прокат, штампованные заготовки, а также разнообразные виды отливок. Выбор заготовки определяется физико-химическими свойствами материала деталей, их конструктивными формами и размерами, характером нагрузок, воспринимаемых деталями в процессе функционирования изделия, а также типом производства. Сортовой материал применяется во всех типах производства для заготовок деталей, конфигурация которых близко подходит к профилю сортового материала, когда нет значительной разницы в поперечных сечениях детали.

Сортовой материал применяют также в случаях, когда по причине малой программы другие виды заготовок экономически невыгодны.

Аналогичные условия и для применения профильного проката в серийном и массовом производствах. Наиболее широкое распространение получили поковки, полученные горячей штамповкой.

Это объясняется их высокими прочностными характеристиками по сравнению с другими видами заготовок, полученных из одинакового металла или сплава. Широкому применению поковок способствует также высокая производительность, точность заготовок, высокий коэффициент использования материала и малая стоимость заготовки в условиях серийного и массового производств. Применение горячей штамповки все больше обеспечивает получение деталей, идущих на сборку после финишной обработки лишь отдельных поверхностей. Точность размеров таких заготовок соответствует 11-му качеству.

Горячей штамповкой могут быть получены заготовки из всех пластичных материалов в широком диапазоне массы. Горячая штамповка может выполняться на молотах, прессах и горизонтально-ковочных машинах.

Переход от штамповки на молотах к прессам с автоматизацией нагрева и подачи заготовок повысил производительность труда в 2-3 раза и уменьшил расход материала на 10... 15%. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах применяется для получения заготовок, а иногда и готовых деталей типа колец, втулок, ступенчатых валов, клапанов, фланцев, деталей со сквозными и глухими отверстиями и т.д.

Такие заготовки отличаются высокой точностью, имеют повышенный коэффициент использования материала, а процесс штамповки является высокопроизводительным.

В ряде случаев в условиях единичного и мелкосерийного производства, а также при производстве крупногабаритных заготовок применяют свободную ковку и ковку в подкладных штампах. Литые заготовки получили преимущественное применение для корпусных деталей закрытого или открытого типа, кронштейнов, фитингов, траверс, корпусов и крышек подшипников и редукторов, рычагов, шатунов, тройников и др.

Основными видами литья являются литье в песчаные, металлические и оболочковые формы, литье под давлением, по выплавляемым моделям и центробежное.

Литье в песчаные формы, изготовленные по металлическим моделям при машинной формовке, позволяет получать отливки большой массы при минимальной толщине стенок до 3- 8 мм.

Литье в оболочковые формы применяют главным образом для ответственных фасонных отливок. Точность отливок 12 ... 14-го квалитетов, параметр шероховатости  $Rz = 40 \dots 10$  мкм. Такие же точность и параметры шероховатости поверхности достигаются и при литье В кокиль, которое экономически целесообразно применять в серийном и массовом производствах. Литье под давлением преимущественное применение получило для сплавов цветных металлов: оно отличается высокой производительностью, широко используется в крупносерийном и массовом производствах.

Точность отливок 11-12 квалитета, параметр шероховатости  $Rz$  не более 20 мкм. Литье по выплавляемым моделям - наиболее универсальный способ получения отливок повышенной точности. Центробежное литье применяется для заготовок, имеющих форму тел вращения; обеспечивает точность 13 ... 15-го квалитета; параметр шероховатости  $Rz$  до 40 мкм.

Одним из эффективных путей снижения расхода материала и уменьшения объема механической обработки конструктивно сложных деталей является перенесение части задач их формообразования на заготовительную стадию, что достигается применением штамповарных и сварнолитых заготовок.

Такие сварные заготовки наиболее целесообразно применять для деталей с выступающими частями, существенно увеличивающими расходы формовочных материалов и рабочее время в литейных цехах, а также вызывающими повышенный литейный брак.

На основании выбранного вида заготовки, расчета припусков на обработку и размеров заготовки разрабатывается ее рабочий чертеж. В дополнение к рабочему чертежу составляются технические условия на приемку заготовки, отражающие требования механообрабатывающих цехов. Выбранные методы обработки отдельных поверхностей должны соответствовать их конструктивному виду и обеспечивать требования по точности размеров, геометрической формы и расположения поверхностей, требования по их шероховатости и волнистости, а также требования по параметрам физико-химических свойств поверхностных слоев.

Выбранные методы должны соответствовать типу производства, обеспечивая высокую производительность, минимальную себестоимость и минимальные затраты трудовых, энергетических и материальных ресурсов.

Экономическая точность размеров элементов деталей и параметры шероховатости обработанных поверхностей для основных методов обработки плоских и цилиндрических наружных и внутренних поверхностей.

Одним из важнейших вопросов при разработке технологических процессов является базирование заготовки.

Правильно выполненная установка заготовок в процессе обработки должна обеспечивать:

- 1) определенность расположения детали относительно режущего инструмента или какого-либо устройства станка или приспособления;
- 2) надежную связь между ними.

Число, форма и расположение базирующих поверхностей должны быть выбраны так, чтобы в общем случае обеспечить статически определенную и достаточно точную установку обрабатываемой детали. Для полной определенности в расположении детали на станке, как известно, необходимо связать соответственно расположенными опорами все шесть степеней свободы обрабатываемой детали. Однако полная определенность в установке заготовки требуется не всегда.

Например, при шлифовании, фрезеровании, строгании или протягивании одной из параллельных плоскостей заготовки установка может быть произведена лишь по одной базирующей поверхности. Там, где возможно, необходимо применять указанные установки, поскольку при этом упрощается конструкция приспособления, снижается его материалоемкость и повышается производительность.

Результатом проработки вопроса о технологических базах и способах установки деталей на станках должна быть разработка эскизов операций с условным обозначением таких баз и зажимных элементов приспособлений.

При проектировании маршрутного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения операций необходимо выбрать рациональную последовательность - маршрут обработки или план операций, а при проектировании операционного ТП из возможных вариантов последовательности выполнения переходов для каждой операции — выбрать рациональную (или оптимальную) последовательность.

При маршрутном ТП в число задач завершающего этапа войдут: определение возможного состава оборудования и инструмента и выбор оптимального (рационального) состава; расчет межоперационных припусков, допусков и размеров; определение состава и квалификации исполнителей; нормирование операций; расчет технико-экономических показателей маршрутного ТП; формирование маршрутных карт.

Иерархическое построение САПР относится также к специальному программному обеспечению и к техническим средствам (центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места). САПР представляет собой совокупность информационно-согласованных подсистем. Обслуживание всех или большинства последовательно решаемых задач ведется информационно-согласованными программами.

Плохая информационная согласованность приводит к тому, что САПР превращается в совокупность автономных программ. САПР должна быть инвариантной системой, т.е. универсальной или типовой.

Структурными частями САПР являются подсистемы.

Подсистема - выделяемая часть системы, с помощью которой можно получить законченные результаты проектирования. Каждая подсистема содержит элементы обеспечения.

Предусматриваются следующие обеспечения автоматизированного (автоматического) проектирования :

методическое обеспечение - совокупность документов, устанавливающих состав и правила отбора и эксплуатации средств обеспечения проектирования, необходимых для выполнения автоматизированного проектирования; информационное обеспечение - совокупность сведений, необходимых для выполнения проектирования, представленных в заданной форме;

информационное обеспечение включает базу данных, содержащую нормативно-справочные материалы и базу знаний, в которой находятся правила создания вариантов структуры технологического процесса; математическое обеспечение - совокупность математических методов, математических моделей и алгоритмов, необходимых для

проектирования, представленных в заданной форме; лингвистическое обеспечение - совокупность языков проектирования, включая термины и определения, правила формализации естественного языка и методы сжатия и развертывания текстов, необходимых для проектирования, и представленных в заданной форме; программное обеспечение - совокупность машинных программ, необходимых для проектирования, представленных в заданной форме.

Программное обеспечение делят на две части:

1) общее программное обеспечение, которое разрабатывается для решения любой задачи и особенности САПР не отражает;

в САПР общее (системное) программное обеспечение представляет собой операционную систему;

2) специальное программное обеспечение, которое включает все программы решения конкретных проектных задач;

техническое обеспечение - совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств, предназначенных для проектирования.

К техническому обеспечению САПР предъявляются ряд требований:

- достаточность вычислительных ресурсов (производительность и емкость памяти) для - решения основных проектно-технологических задач;

- приближенность к рабочим местам проектировщика, удобство общения технолога с ЭВМ;

- обеспечение коллективного выполнения проектных работ (обеспечение этих требований учитывает особенности технического обеспечения (ТО) САПР.

Основными компонентами ТО являются: рабочие станции, объединяющие ЭВМ, периферийные устройства.

Рабочие станции объединяются в рабочую сеть;

для выполнения трудоемких вычислительных процедур используются высокопроизводительные суперЭВМ);

организационное обеспечение - совокупность документов, устанавливающих состав проектной организации и её подразделений, связи между ними, их функции, а также форму представления результата проектирования и порядок рассмотрения проектных документов, необходимых для выполнения проектирования.

При автоматизированном проектировании оптимальных технологических процессов механосборочного производства нужно учитывать:

1) системность автоматизированного проектирования на основе характера и взаимосвязи факторов, влияющих на построение технологического процесса,

определяющих обеспечение заданного качества изготавливаемых изделий и экономическую эффективность разрабатываемой технологии;

2) оптимизацию проектируемого технологического процесса, предусматривающую комплексную взаимосвязь его структуры, параметров качества изготавливаемого изделия и режимов обработки;

3) рациональное сочетание типовых и индивидуальных технологических решений на всех уровнях проектирования.

Повышение уровня типизации, унификации и стандартизации при разработке технологических процессов во многом определяет эффективность автоматизированного проектирования.

**2.2 Автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПП)** включает проектирование технологических процессов как заготовительного производства, так и обработки резанием и сборки, проектирование технологической оснастки, специального инструмента и нестандартного оборудования.

Под рабочим процессом в информационной системе понимают преобразование входных данных в выходные.

В данной подсистеме это означает преобразование информации о детали, представленной в виде чертежа, в технологическую документацию.

Обычно этот процесс включает:

- разработку принципиальной схемы технологического процесса;
- проектирование технологического маршрута обработки детали;
- проектирование технологических операций с выбором оборудования, приспособлений и - инструмента, а также с назначением режимов резания и норм времени;
- разработку управляющих программ для станков с ЧПУ;
- расчет технико-экономических показателей технологических процессов;
- разработку необходимой технологической документации.

Непосредственное участие проектировщика позволяет принимать решения об оптимальном распределении функций между ЭВМ и человеком.

Другим важным и необходимым элементом рабочего процесса является информационное обеспечение - характеристика обрабатываемых материалов, каталоги станочного оборудования, режущего и измерительного инструмента и т.д.

Работы по интеграции автоматизированных подсистем конструкторского и технологического обеспечения в единую систему были начаты в нашей стране в начале 80-х годов.

Одной из первых подобных САПР стала система "КАС ТПП". Широко использовалась система "КАПРИ", в функции которой входит конструирование детали и сборочных единиц, компоновка, выбор заготовок, синтез маршрутно-операционной технологии, подготовка управляющих программ с ЧПУ.

Эти работы направлены на создание комплексной автоматизации технологического проектирования и инструментальных средств формирования автоматизированных подсистем. Заслуживает внимание отечественные конструкторско-технологические САПР методом адресации "КОМПАС" и "СПРУТ".

Тенденцией современного этапа автоматизации проектирования является создание комплексных (интегрированных) систем, осуществляющих конструирование изделий, технологическое проектирование, подготовку управляющих программ для оборудования с программным управлением, изготовление деталей, сборку изделия, упаковку и транспортирование готовой продукции.

Особенно важны такие системы для гибкого автоматизированного производства в машиностроении. Структурный синтез при проектировании технологических процессов. В основе решения задач структурного синтеза различной сложности лежит перебор вариантов счетного множества.

При переборе каждая проба включает: создание (поиск) очередного варианта, принятие решения о замене ранее выбранного варианта новым и продолжение или прекращение поиска новых вариантов.

Задачи структурного синтеза при автоматизированном технологическом проектировании зависят от уровня сложности. В наиболее простых задачах синтеза (первого уровня сложности) задаются структурой технологического процесса или его элементов (операции, перехода).

В этом случае часто используют таблицы применимости (табличные модели). Для полного перебора вариантов структуры из конечного множества необходимо задавать перечень всех элементов этого множества (второй уровень сложности структурного синтеза).

Такой перечень создается в виде каталога типовых вариантов структуры, например, типовых технологических маршрутов. Тогда для данного класса (группы, подгруппы или вида) деталей устанавливается так называемый обобщенный маршрут обработки. Он включает перечень операций обработки, характерный для определенного класса, подкласса или группы деталей.

Перечень является упорядоченным и представляет собой множество существующих индивидуальных маршрутов. Эти маршруты имеют типовую

последовательность и содержание, причем для предприятия или отрасли они отражают передовой производственный опыт.

На рис. 8 приведена схема синтеза структуры ТП из обобщенной структуры ТП. Обобщенная структура  $M_y$ , состоящая из типовых маршрутов, представляется как пересечение множеств:

$$M_y^* = \bigcup_{i=1}^n M_i \text{ и } M_i \subset M_y^* .$$

Необходимым условием включения индивидуального маршрута в обобщенный является наличие области пересечения операций, например, маршрутов  $M_i$  и  $M_j$ , как не пустого множества.

Важной характеристикой (критерием оптимальности) формирования обобщенного маршрута является мощность пересечения множеств ( $M_{пер}$ ) операций индивидуальных маршрутов.

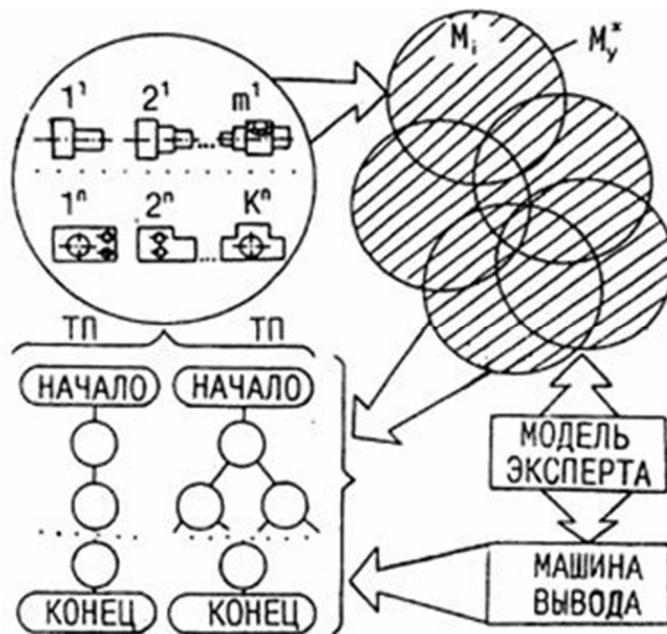


Рис. 8. Схема синтеза структуры ТП из обобщенной структуры ТП

### 2.3 Компьютерное моделирование технологических процессов в машиностроении

Компьютерное моделирование некоторых технологических процессов реализуется в областях:— механообработка на станках с ЧПУ - система N-See американской фирмы Microcompatibles;

- литье металлов - российская система Poligon;
- литье пластмасс - система MoldFlow/Flow-E;
- горячая объемная штамповка в 2D - отечественная система

## FORM-2D московской фирмы Квантор.

Поскольку в настоящее время наиболее актуальной для большинства предприятий является недорогая платформа на персональном компьютере, ниже приводится рекомендуемый комплект для наиболее типичных задач конструкторской и технологической практики, который по мнению фирмы максимально отвечает требованиям хорошей функциональности при предельно сжатых ценах.

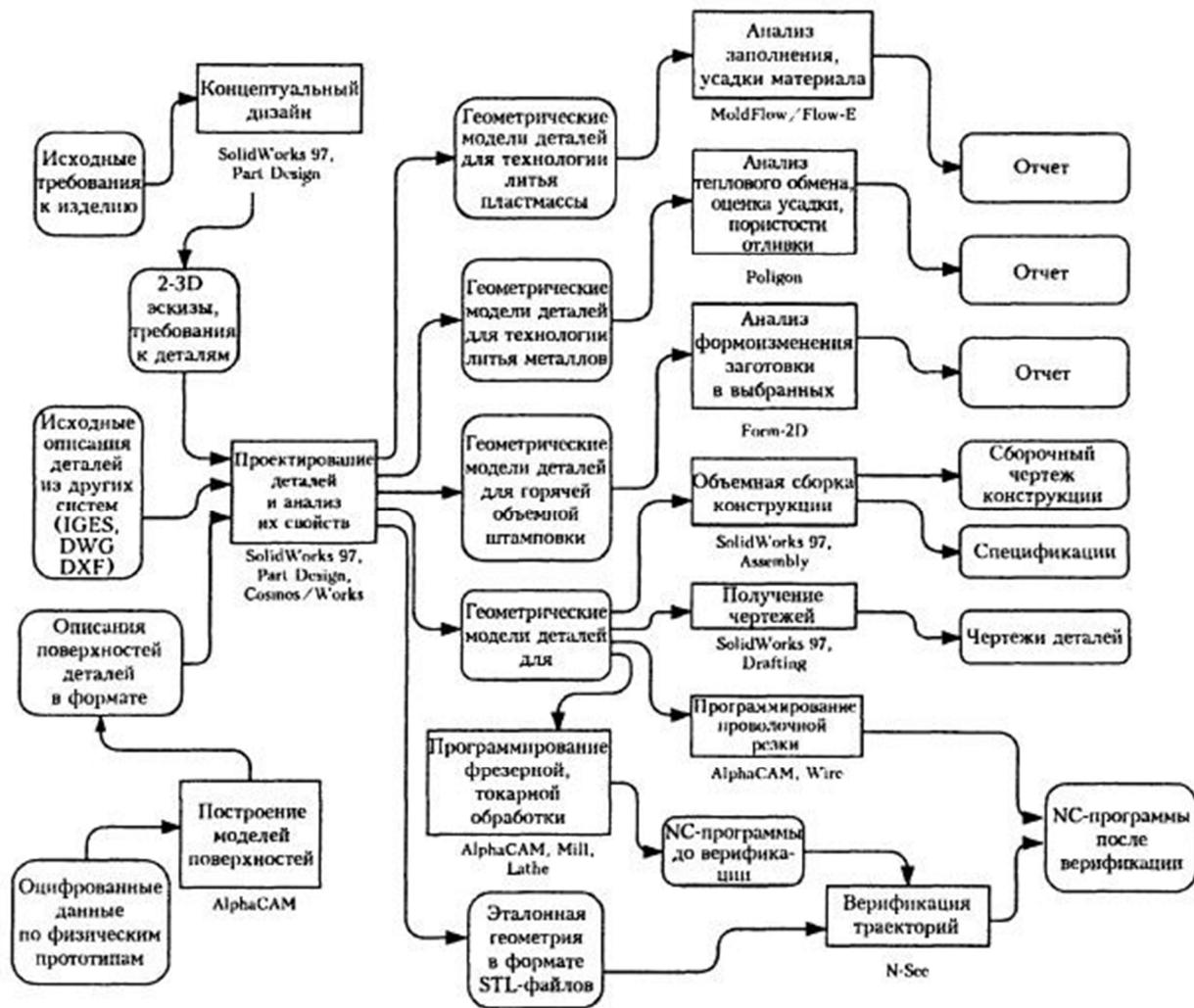


Рис. 9. Примерная схема функциональной связи систем SolidWorks, AlphaCAM, N-See, Poligon, MoldFlow, Form-2D

## Глава 3. Совершенствование технологии производства компрессоров

### 3.1 Классификация компрессоров и области их применения.

Приведенная на рисунке классификация компрессоров позволяет проанализировать их конструктивные особенности.

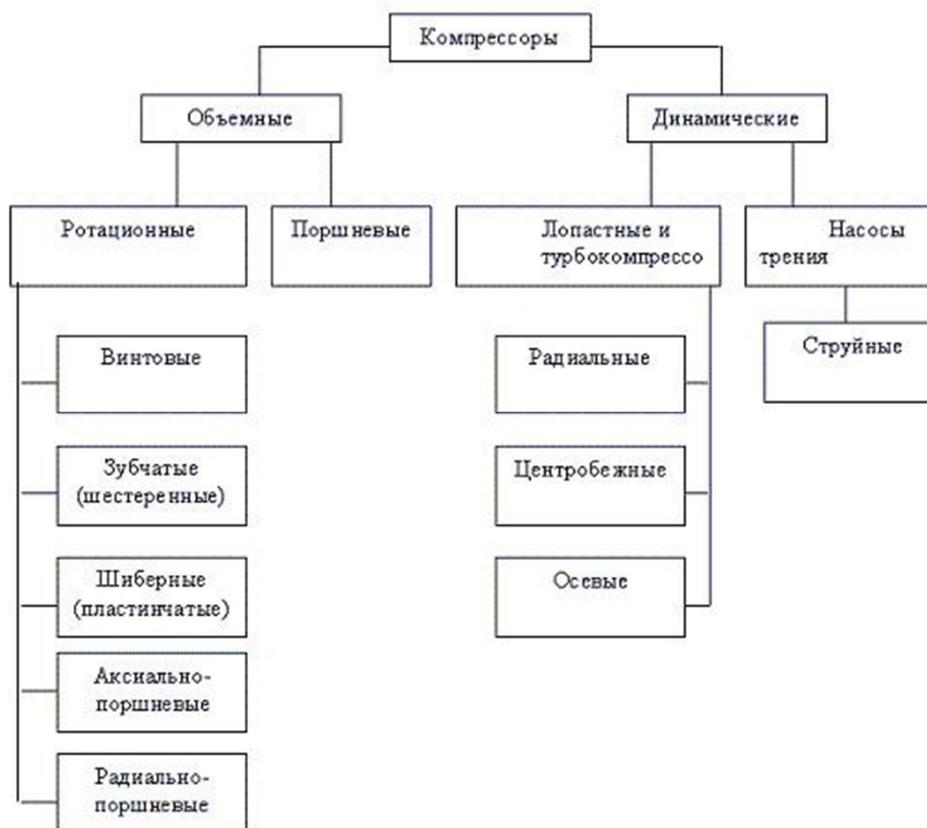


Рис.10 Классификация компрессоров

Поршневые машины металлоемки, их движущиеся части не полностью уравновешены, они сравнительно тихоходны, но позволяют получать высокие (свыше 10 МПа) и сверхвысокие давления (250 — 300 МПа — компрессоры промышленного назначения и до 2000 МПа — лабораторные компрессоры) при достаточно высокой экономичности работы, а также сжимать различные газы, включая токсичные.

Компрессоры динамического действия высокооборотны, менее металлоемки, высокопроизводительны, по КПД незначительно уступают поршневым, их движущиеся части уравновешены. Для создания компрессора с большим отношением давления нагнетания к давлению всасывания необходимо использование многоступенчатых схем. Машина становится громоздкой и неэкономичной. Экономичность также резко падает при снижении производительности (расхода) менее 100 м<sup>3</sup>/мин.

Роторные машины значительно более быстроходны, чем поршневые, но несколько уступают им по КПД. Их скоростные характеристики ограничены механическими связями роторов друг с другом или с цилиндром, в чем они значительно

уступают машинам динамического действия, у которых окружная скорость ограничена прочностью дисков или лопаток. Условия надежности и КПД не позволяют создавать в данных машинах высокие отношения давлений. Характерной особенностью роторных машин является значительное снижение КПД и шум при работе в нерасчетных режимах при полной независимости отношения давлений от частоты вращения ротора (в динамических машинах отношение давлений связано с частотой вращения ротора).

Общая тенденция в компрессоростроении — переход на уравновешенные быстроходные роторные (например, винтовые) или центробежные машины там, где это экономически целесообразно.

Мембранные компрессоры по характеру внутреннего процесса и конструкции ближе к поршневым. Рабочий орган — мембрана, обеспечивающая чистоту подаваемого газа и высокие давления нагнетания (до 20—40 МПа), накладывает ряд ограничений на конструкцию. Они тихоходны (за счет поршневой группы и передачи движения мембране через масляную подушку) и в несколько раз более металлоемки, чем поршневые компрессоры. Производительность обеспечивается за счет незначительного прогиба мембраны и поэтому весьма мала. Длительность работы мембраны ограничена предельным числом рабочих циклов.

Для оптимизации процесса сжатия и подачи газа предложены методы выбора конструктивного типа компрессора на основе многофакторного анализа в зависимости от конкретных условий эксплуатации, при этом особенно учитывают факторы: начальные капитальные затраты, эксплуатационные факторы (КПД, уровень полноты загрузки по времени, предполагаемая длительность использования машины), факторы окружающей среды (шум, вибрация, герметичность). Важность каждого фактора оценивают с участием потребителя. В зависимости от вида и способа обслуживания компрессоров на первый план могут выйти те или иные факторы.

### **3.2 Тенденции совершенствования производства компрессоров**

Ускорение научно-технического прогресса в компрессоростроении связано с развитием следующих основных направлений:

Комплектный метод поставки с виброизолирующими опорами при полной заводской готовности компрессора к эксплуатации.

Разработка методов и приборов для прогнозирования работоспособности механизмов компрессоров (по шуму, вибрациям, температуре и т. д.), автоматизация их обслуживания с программным или дистанционным управлением

Открытое или полуоткрытое размещение компрессорных установок вне капитального здания, когда стоимость строительных работ и их сроки сокращаются на порядок.

Выполнение машин на единой унифицированной базе, что позволяет при небольших изменениях получать множество конструкторских модификаций.

Совмещение в одном агрегате, аппарате, узле нескольких функций, например: сжатие в одном компрессоре смеси газов и выполнение дополнительных функций перемешивания и др.

Совершенствование внутренних процессов в компрессорах как основы для улучшения их удельных характеристик, улучшения технологии изготовления и повышения эксплуатационной надежности компрессоров. Создание новых конструкций машин.

Создание комбинированных компрессорных установок для получения сверхвысоких давлений.

Поиск новых способов сжатия и перекачки газов, основанных на принципе непосредственного использования энергии различных полей (тепловых, электрических, магнитных).

Интенсификация производства в компрессоростроении возможна в направлении совершенствования конструкций, технологии изготовления, а также форм и методов серийного производства. Но самая современная конструкция зачастую не может быть внедрена в производство, если она не является технологичной.

Одна из главных задач отрасли — осуществление комплекса мероприятий по управлению технологичностью и совершенствованию условий производства компрессоров, что позволит:

- осуществить целенаправленную отработку новых конструкций машин на всех этапах проектирования и тем самым повысить технико-экономические показатели, а также уменьшить объем работ при проектировании;

- обеспечить широкое внедрение прогрессивных технологических процессов и снизить трудоемкость, металлоемкость, энергоемкость;

- повысить при проектировании точность технико-экономических расчетов, расчетов на прочность и надежность;

- шире использовать положительный опыт заводов отрасли в проектировании и производстве;

- обеспечить единство технологического подхода;

- автоматизировать управление технологичностью.

При создании совершенных и технологичных конструкций компрессоров важным методом является функционально-стоимостный анализ (ФСА). Цель этого метода — отыскание производственных затрат, которых можно избежать, и поиск путей к их уменьшению. Согласно ФСА полные издержки изготовления изделий состоят из минимально необходимых и излишних или «ненужных» издержек. Его принципиальное отличие от обычных «классических» методов отработки экономичности конструкций состоит, во-первых, в функциональном подходе, когда в первую очередь рассматривается не стоимость изделия, узла или детали, а решаются вопросы: можно ли переложить функцию данной детали или узла на другие узлы, насколько необходимо выполнение данных функций узлом или деталью, можно ли упростить деталь или заменить ее материал и т. д.; и во-вторых, — в создании аппарата специалистов, занимающихся только снижением стоимости.

Зарубежные экономисты утверждают, что каждый час, затраченный на выбор и инженерный анализ конструкции перед ее изготовлением, экономит в дальнейшем минимум 100 ч. Этот метод снижения издержек производства получил широкое распространение в большинстве индустриально развитых капиталистических стран, а в последнее время и в Германии, СНГ, Польше, Югославии. Его использование позволяет снизить себестоимость в среднем на 20—25 %.

На Пензенском компрессорном заводе на основании функционально-стоимостного анализа доказана экономическая целесообразность замены поршневого компрессора общего назначения 4М10-100/8 винтовым компрессором с аналогичными техническими параметрами. По расчетам такая замена 500 компрессоров может дать народному хозяйству экономию порядка 10 млн. руб. за период их изготовления и эксплуатации.

Основываясь на результатах аналогичного анализа, ВНИИ-Компрессормаш для области давлений 0,2—0,8 МПа и производительностей от 10 до 50 м<sup>3</sup>/мин рекомендует винтовой компрессор как наиболее экономичный вместо применяемых в настоящее время компрессоров других типов.

Следующим важным направлением совершенствования компрессоростроения является создание специализированных заводов для изготовления базовых моделей компрессоров. Это позволит приблизить существующую технологию к технологии серийного производства и использовать все преимущества последнего.

Однако специфика отрасли, когда некоторые компрессоры изготавливаются по индивидуальному заказу, делает невозможной полную специализацию предприятий.

Совершенствование производства компрессоров связано также с быстрым вводом машин в эксплуатацию. Это возможно при комплектном методе поставки машины, когда все главные и вспомогательные агрегаты монтируют на общей стальной раме на заводе, а не раздельно на массивных фундаментах в месте монтажа. Монтажные работы при этом существенно сокращаются и после поставки через месяц машина уже может работать.

### **3.3 Прогрессивные методы в технологии производства компрессоров.**

Производство компрессоров характеризуется широкой номенклатурой выпускаемых изделий. Это определяется многообразием целевых назначений компрессоров в различных областях техники.

На многих предприятиях, выпускающих компрессоры, работа организована по принципам серийного производства (производство поршневых и роторных компрессоров) и даже крупносерийного производства — например, выпуск компрессоров типа «П». Однако на ряде предприятий с серийным производством выпуск отдельных машин организован по принципам мелкосерийного и даже единичного производства. Так, выпускаются, например, центробежные компрессорные установки большой производительности, а также ряд специальных компрессоров, изготавливаемых по индивидуальным заказам.

Задача снижения трудоемкости и повышения производительности труда в производстве компрессоров может быть решена за счет увеличения серийности выпуска. Увеличению серийности выпуска изделий, отдельных сборочных единиц и деталей способствуют получившие развитие в компрессоростроении прогрессивные методы проектирования изделий, основанные на унификации, нормализации и преемственности конструкций. Переход от выпуска единичных машин и машин малых серий к выпуску их крупными сериями позволяет на всех этапах производства применять высокопроизводительные, высокомеханизированные и автоматизированные технологические методы.

На этапе заготовительного производства становится возможным применение методов получения заготовок, позволяющих приблизить форму заготовки к форме готовой детали. Это обеспечивает экономию материала, уменьшение объема, а следовательно, и трудоемкости механической обработки, повышение точности последующей механической обработки. Так, например, заготовки тяжелых валов (массой до 6000 кг) до недавнего времени получали методом свободнойковки. Свободнаяковка не позволяет получить достаточное приближение к форме готовой детали. На поверхности заготовки возможно наличие следов бойка высотой до 4—6 мм. После свободнойковки предусматривается большой объем механической обработки. Припуски на обработку

велики и неравномерны. Применение подкладных штампов позволяет приблизить форму заготовки к форме готовой детали, уменьшить припуски, расход материала и затраты на механическую обработку.

Экономии материала и трудозатрат способствует также применение сверл кольцевого резания при обработке глубоких отверстий. Некоторые стальные поковки могут быть заменены отливками из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, что сокращает на 60 % отход металла в стружку. Замена стали чугуном улучшает также условия работы сопрягаемых деталей и иногда позволяет отказаться от промежуточных латунных втулок. Например, заготовку коленчатого вала компрессора, изготавливаемую обычно горячей штамповкой, можно заменить отливкой из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. При этом отпадает необходимость в высокотемпературном отжиге и в связанной с ним правке литья. Это мероприятие в сочетании с современными способами получения разовых форм увеличит точность отливок, позволит уменьшить толщины стенок, литейные уклоны и сократить на 25 % отходы металла в стружку.

Внедрено изготовление заготовок для поршневых штоков из проката с высадкой бурта на горизонтально-ковочной машине взамен дорогих кованных заготовок. Прогрессивным методом является получение заготовок коленчатых валов из проката методом гибки с высадкой необрабатываемых щек на гидравлическом прессе.

Заготовки блок-картеров поршневых компрессоров на заводе «Компрессор» (Москва) до унификации изготавливали методом литья в песчаные формы по деревянным моделям с ручной формовкой. Унификация позволила уменьшить массу блок-картера в 1,5 раза и применить на этапе получения заготовки литье в песчаные формы с установкой стержней в кондукторах при машинной формовке.

Унификация конструкций гильз позволила получать заготовки гильз методом центробежного литья, что обеспечивает более высокое качество отливки и повышает коэффициент использования материала. Ранее заготовки гильзы получали методом литья в песчаные формы. В технологии получения заготовок гильз имеются резервы дальнейшего повышения коэффициента использования материала.

Увеличение серийности выпуска компрессоров позволит использовать в заготовительном производстве малоотходные методы: получение точных горячештампованных заготовок с минимальными отходами в облой; изготовление заготовок (деталей) с помощью порошковой металлургии; изготовление заготовок холодной объемной штамповкой или с подогревом; получение комбинированных заготовок (штампосварных; штампораскатанных; подверженных местной закалке ТВЧ и др.); перевод заготовок, имеющих низкий коэффициент использования металла, на литье

из стали и высокопрочного чугуна с применением процесса непрерывного литья, литья в керамические формы; получение точных заготовок литьем — штамповкой.

При разработке технологии малоотходного производства важную роль играет критический анализ конструкции деталей, их металлоемкости, технологичности, возможности использования неметаллических материалов и т. п. Внедрение технологии малоотходного производства позволяет использовать преимущества изготовления деталей из заготовок с малыми припусками на механическую обработку.

Обработка заготовок, форма которых далека от формы готовых деталей, обычно связана наряду со съемом больших припусков с значительными колебаниями последних. Неравномерность припусков при обработке приводит к ухудшению условий работы инструмента, росту и непостоянству сил резания при обработке. Все это снижает качество обработки уже на этапах черновой и получистовой обработки. Недостаточная точность предварительно обработанных поверхностей приводит к увеличению припусков на окончательную обработку, значительно усложняя достижение заданного качества обработки.

Повышение точности заготовок способствует прежде всего снижению припусков и более равномерному их распределению. Это позволяет в ряде случаев при механической обработке избежать черновой и получистовой обработки, ограничившись финишными операциями.

С увеличением серийности выпуска компрессоров снижается трудоемкость и повышается производительность труда при механической обработке за счет использования поточных методов работы, применения станков с числовым программным управлением (ЧПУ), станков типа «обрабатывающий центр» (ОЦ), а также за счет широкого внедрения прогрессивных технологических методов. Переход на крупносерийный и серийный выпуск обеспечивает возможность организации участков и цехов, работающих по непрерывно поточному или переменному-поточному методу. Поточный метод работы неизбежно приводит к необходимости использования специального и специализированного высокопроизводительного оборудования.

Основные детали механизма движения компрессоров на ряде предприятий обрабатывают на поточных линиях. Для обработки рабочих поверхностей ответственных деталей (зеркала цилиндров и крейцкопфных направляющих, большой и малой головок шатуна, отверстий под шатунные болты, вкладышей подшипников) применяют полуавтоматические станки.

Метод автоматического получения размеров на предварительно настроенных станках предполагает использование специальной технологической оснастки, что

позволяет ликвидировать операции предварительной разметки заготовок, а также обеспечить высокую стабильность и точность выдерживаемых размеров. Удорожание подготовки производства в связи с необходимостью проектирования и изготовления оснастки быстро окупается за счет ликвидации потерь времени на разметку и выверку, а также за счет повышения качества продукции.

В серийном производстве "специальные приспособления" часто заменяются универсально-сборными приспособлениями (УСП). В основу конструирования этих приспособлений заложен принцип многократного использования нормализованных деталей для компоновки приспособлений при обработке в них различных заготовок. Широкое применение УСП нашли при изготовлении оснастки для станков с ЧПУ.

В компрессоростроении успешно используются промышленные роботы и манипуляторы. Роботы применяют в литейных цехах на операциях извлечения отливок из форм; на операциях горячей штамповки для перемещения заготовки по ручьям штампа; на термических участках, на участках покрытий. В механосборочных цехах роботы выполняют функции загрузки и выгрузки деталей со станков. Широкие возможности для использования промышленных роботов открывает групповая технология обработки деталей.

Путем изменения программы роботы можно легко приспособить к новым требованиям, связанным с модернизацией производства. Расширение возможностей роботов достигается также заменой 28 захватывающих устройств. Использование роботов повышает гибкость производства.

На компрессорных заводах внедрена обработка растачиванием зеркала чугунных цилиндров эльборовыми резцами, а также обточка закаленных штоков эльборовым резцом взамен черного шлифования. Для повышения сопротивления усталости коленчатых валов и поршневых штоков производится накатка роликами галтелей и впадин резьбы.

Для повышения сопротивления усталости и снижения начального износа деталей компрессоров необходимо ужесточение требований к качеству обработки цилиндрической и торцовой поверхностей шатунных шеек коленчатых валов.

При использовании в компрессорах коленчатых валов, шейки которых обработаны микродоводкой, потребляемая мощность снизилась на 3,6 % по сравнению с компрессорами, где шейки коленчатых валов обработаны доводкой абразивной шкуркой и затем абразивными пастами. Долговечность пары шейка вала — вкладыш шатуна возросла в среднем в 1,2 раза.

Эффективным методом исправления погрешности формы шеек коленчатых валов может быть размерное суперфиниширование. Данный метод хорошо зарекомендовал себя и при отделочной обработке штоков.

Непрерывно совершенствуются способы формообразования поршневых колец компрессоров. Переход на операциях термофиксации размера замка со шпоночных термофиксаторов на звездообразные позволил значительно снизить торцовое коробление колец. Кроме того, наблюдается повышение и большая стабильность значений упругости, стабилизируется форма колец в свободном состоянии. Появляется возможность совмещения операций термофиксации колец с их поверхностной обработкой, например, способом сульфидирования или сульфоцианирования, что существенно повышает качество колец.

Перспективным направлением является использование электрохимической размерной обработки. Особенно эффективна она при обработке, например, узких отверстий — пазов, если материал детали имеет повышенные физико-механические свойства (твердость, вязкость и т. п.), при сложном фасонном профиле паза, а также если в детали изготавливаются одновременно несколько пазов. К таким деталям относятся, например, роторы роторных компрессоров, седла и ограничители кольцевых клапанов поршневых компрессоров. Использование электрохимической размерной обработки позволяет обеспечивать в ряде случаев точность обработки в пределах квалитетов 9—10, параметр шероховатости  $Ra = 0,32 \dots 0,63$  мкм и сократить трудоемкость в 2—3 раза.

Одна из задач компрессоростроения — увеличение износостойкости деталей. В поршневых компрессорах, например, наиболее нагруженными и определяющими долговечность работы агрегата являются детали шатунно-поршневой группы и клапанные узлы, поэтому в первую очередь необходимо повысить износостойкость поверхности зеркала цилиндра, отверстия под поршневой палец, шатунной шейки коленчатого вала, канавок под поршневые кольца и рабочей поверхности гнезда клапана. Перспективным является применение методов поверхностно-пластического Деформирования рабочих поверхностей, например: применение в качестве финишной операции изготовления отверстий под поршневой палец и отверстия под шейку коленчатого Вала обработки импульсными роликовыми раскатками; применение виброобкатки зеркала цилиндра; использование для упрочнения бронзовых втулок под поршневые пальцы обработки выглаживающей прошивкой.

Испытания показывают, что износ, например, упрочненных втулок уменьшается на 30—40 %. Поверхностно-пластическое деформирование используется также при

упрочнении резьб штоков, коленчатых валов, цапф, пальцев кривошипов и т. д. Возможно увеличение предела выносливости в 1,5—2 раза.

Значительную роль в повышении долговечности компрессоров играет качество изготовления биметаллических деталей, работающих в узлах трения, например, подшипниках скольжения. Наплавка баббитом подшипников скольжения эффективно производится с помощью электроконтактного нагрева. Нагрев втулки и плавление баббита производится пропусканием электрического тока через форму, а формообразование наплавленного слоя происходит по принципу жидкой штамповки. При наплавке применяется активный комбинированный флюс. Его использование дает возможность получить биметалл без предварительного лужения наплаваемой поверхности с высоким качеством связи основного металла с наплавлением.

Решению проблемы уменьшения металлоемкости конструкции, экономии дефицитных материалов способствует широкое применение в компрессоростроении прогрессивных неметаллических, композиционных материалов, пластмасс и т. п. Перспективны следующие области использования этих материалов:

изготовление деталей, работающих в особых условиях при высоких температурах, давлениях, в агрессивных средах (поршневые кольца, сальниковые уплотнения, клапаны, рабочие лопатки);

гашение акустической и динамической вибрации для уменьшения шума передвижных и стационарных компрессорных станций;

изготовление деталей в экспериментальном компрессоростроении для уменьшения их себестоимости и ускорения сроков ввода новых машин.

В компрессоростроении большой объем занимают сборочные работы с применением ручного труда. Это увеличивает трудоемкость сборки и сокращает сроки выпуска изделий.

Унификация конструкций компрессоров способствует повышению уровня автоматизации и механизации сборки, так как сокращает номенклатуру деталей (особенно крепежных), входящих в собираемые узлы. К тому же унификация неразрывно связана с повышением технологичности конструкций. Уменьшение, например, числа типоразмеров крепежных деталей позволяет эффективно использовать при сборке резьбовых соединений механизированный сборочный инструмент — гайковерты, шпильковерты.

Основными направлениями механизации сборочных работ являются: создание рациональных типов сборочной оснастки, механизированного инструмента с фиксацией осевой силы затяжки резьбовых соединений, механизация вспомогательных, транспортных и упаковочных работ, создание типовых средств механизации, в том числе

сборочных конвейеров, складского и транспортного оборудования. Актуальным остается поиск новых форм организации труда сборщиков, а также внедрение современных средств контроля качества сборки.

При сборке компрессоров используются процессы механической сборки, сборки-сварки, а также сборочные операции, связанные с физико-химическим воздействием на собираемый объект одной из специфических операций сборки, характерной для компрессоростроения, является сборка рабочих колес центробежных машин.

Надежная работа центробежного компрессора в значительной степени зависит от прочности рабочих колес, являющихся основным элементом проточной части машины. При сборке рабочего колеса, состоящего из основного диска с цельнофрезерованными лопатками и покрывного диска, используют заклепочные соединения, электродуговую сварку. В последнее время используют новые методы соединения. К таким методам относятся диффузионная сварка в вакууме, вакуумная пайка. Последняя используется при сборке рабочих колес наиболее ответственных машин. Пайка — более совершенный способ соединения дисков по сравнению с заклепочным соединением. Однако она имеет недостатки: сложность технологического оборудования для пайки и необходимость применения дорогостоящего палладиевого припоя, образование широких диффузных зон, ослабляющих прочность соединения, низкая технологичность метода.

Проведены исследования по замене составных рабочих колес цельнолитыми, полученными методом литья по выплавляемым моделям из специального сплава, с последующей доводкой методом электрохимической обработки. Результаты экспериментов показали возможность применения указанной технологии для получения колес.

Перспективы применения средств автоматизации и механизации в компрессоростроении. Эффективность применения средств автоматизации и механизации производства прямо зависит от программы выпуска изделий. Ее увеличение позволяет эффективно использовать станки с ЧПУ; специализированные и специальные станки; агрегатные станки.

Наиболее рациональная эксплуатация станков с ЧПУ достигается в серийном и мелкосерийном производстве. Однако не только объем выпуска определяет эффективность эксплуатации станков с ЧПУ. В компрессоростроении обрабатывается большое число деталей сложной геометрической формы. Затраты по обработке таких деталей на станках с ЧПУ значительно меньше, чем при обработке на универсальных станках.

Станки с ЧПУ представляют собой автоматы и полуавтоматы, все подвижные органы которых совершают рабочие и вспомогательные движения автоматически по заранее установленной программе. Программа записывается на программоносителе (перфолента, магнитная лента, магнитный диск оперативной памяти) в кодированном виде. Используемый код должен соответствовать применяемому для управления станком устройству ЧПУ. Переналадка станка с ЧПУ с выпуска одних деталей на выпуск других производится путем замены программы. Легкость переналадки обуславливает высокую гибкость производства.

Конструктивно станок с ЧПУ выполнен в виде двух, в определенной мере самостоятельных агрегатов: металлорежущего станка и устройства (пульта) числового программного управления. Устройство ЧПУ обычно монтируется рядом со станком и представляет собой шкаф с электронными системами и встроенной панелью управления. Программа, содержащая в кодированном виде всю геометрическую и технологическую информацию, необходимую для обработки, записывается на программоносителе. Некоторые дополнительные команды могут вводиться непосредственно с помощью декадных панели управления. Информация о положении содержит не только геометрические данные (координаты опорных точек траектории относительного движения инструмента и заготовки), но также и технологические данные, например, о контурной скорости на различных участках обработки заготовки. Команды переключения являются только технологической информацией, содержащей указания о необходимости включения (выключения) привода главного движения, о требуемой частоте вращения, о необходимости включения (выключения) системы подачи смазывающе-охлаждающей жидкости, о смене инструментов и т. д. Каждый вид информации хранится в соответствующих ячейках запоминающих устройств.

Станки с ЧПУ сверлильной и расточной групп снабжаются позиционными устройствами ЧПУ, обеспечивающими перемещение рабочих органов станка в заданные точки, причем траектории перемещения не задаются. После достижения заданной точки производится обработка, например, сверление отверстия. При обработке управление осуществляется лишь по одной координате.

Фрезерные, токарные, шлифовальные и другие станки с ЧПУ оснащены контурными системами ЧПУ. При их работе перемещение рабочих органов происходит по заданной траектории и с заданной скоростью для обработки необходимого контура. При контурной обработке управление может осуществляться одновременно по двум-трем координатным осям.

### **Заключение.**

Автоматизация проектирования технологических процессов. Технологическая подготовка производства (ТПП) представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий заданного уровня качества при установленных сроках, объеме выпуска и затратах (ГОСТ 14.004—74). В ходе ТПП должно быть достигнуто комплексное решение технико-экономических задач производства машин: высокие качество, производительность труда и экономичность. Решение многих вопросов ТПП в настоящее время требует постановки задач оптимизации. Широкие возможности для решения этих задач открываются при автоматизированном проектировании технологических процессов с применением ЭВМ, проводимом в рамках автоматизированной системы технологической подготовки производства.

Автоматизированная система технологической подготовки производства (АС ТПП) — система технологической подготовки производства, основу организации которой составляет системное применение средств автоматизации инженерно-технических работ, обеспечивающее оптимальное взаимодействие людей, машинных программ и технических средств автоматизации при выполнении функций технологической подготовки производства (ГОСТ 14.402—83).

### **Библиографический список:**

1. Интернет-источник: Tehnoinfo.ru (дата обращения 1.12.2014г)
2. Интернет-источник: <http://ru.wikipedia.org> (дата обращения 1.12.2014г)
3. Капустин, Н. М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учеб. для втузов / Под ред. Н. М. Капустина. — М.: Высшая школа, 2012. — 415 с.
4. Юревич, Е. И. Основы робототехники. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012. — 416 с.
5. Воройский, Ф. С. Информатика. Энциклопедический систематизированный словарь-справочник. (Введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах). — М.: Физматлит, 2009. — 760 с.
6. Цыпкин Я. З. Основы теории автоматических систем. М., Наука, 2010