

КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тема 1. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИСТЕМА ПРЕДПРИЯТИЙ

1. Общая структура отраслей производств.

Под производством понимают деятельность людей, направленную на создание различных видов экономического продукта. В процессе производства создаются материальные или нематериальные блага, служащие для удовлетворения личных или общественных потребностей.

Общая структура народного хозяйства классифицируют по двум отраслям:

- отрасли материального производства.
- отрасли непроизводственной сферы.

Отраслью называют вид экономической деятельности, включающий в себя совокупность предприятий и производств обладающих общностью производимой продукции, технологий и удовлетворяемых потребностей.

Отрасли материального производства делят на три группы:

1. товаропроизводящие отрасли, т.е. отрасли производства, создающие материальный продукт (промышленность, сельское хозяйство, строительство, строительство и т.д.);
2. производственная инфраструктура, т.е. отрасли, обслуживающие материальное производство (транспорт, связь, электро- и водоснабжения и т.д.);
3. сфера обращения, т.е. отрасли, обеспечивающие обращение товарной продукции и исходного сырья (торговля, снабжение, общепит и т.д.).

К отраслям непроизводственной сферы относят отрасли обслуживания или социальную сферу (бытовое обслуживание, образование, здравоохранение, наука, армия, культура и искусство, управленческий аппарат и т.д.).

2. Характеристика производств по назначению и типу.

В общем случае классификацию производств можно произвести по пяти признакам: назначению, типу производства, организации производства, уровню механизации и автоматизации, по технологической специализации.

По назначению виды производства можно разделить на основное, вспомогательное и опытное. К основному относится производство товарной продукции, к вспомогательному - производство и ремонт средств, необходимых для обеспечения функционирования основного производства. К опытному производству относятся подразделения, изготавливающие образцы, партии или серии изделий для проведения исследовательских работ, для разработки конструкторской и технологической документации при установленном производстве.

По типу производства, в зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции, производства подразделяются на три группы - единичное, серийное и массовое.

Единичное производство характеризуется малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается, а также - применением универсального оборудования и квалифицированной рабочей силы. Технологическая документация здесь разрабатывается в обобщенном виде и может корректироваться в процессе производства. Единичное производство свойственно, например, судостроению.

Массовое производство характеризуется большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время. В течение всего производственного процесса на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция. Массовому производству свойственно применение автоматического оборудования, используемого для изготовления однотипных или одинаковых деталей, и типовых технологий.

Серийное производство характеризуется изготовлением и ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями или сериями. В зависимости от количества изделий в партии и значения коэффициента закрепления операций серийное производство подразделяют на мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное. Такое производство свойственно, например, приборостроению.

3. Характеристика производств по организации, уровню и специализации.

По форме организации производства выделяются три группы - поточное, групповое и установившееся.

Поточное производство характеризуется последовательностью выполнения операций технологического процесса и расположения средств технологического оснащения. Как правило, смена продукции здесь происходит через определенные интервалы времени.

Групповое производство характеризуется совместным изготовлением или ремонтом групп изделий с разными конструктивными, но общими технологическими признаками.

Установившееся производство - производство изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации.

Поточное производство характерно для предприятий массового и крупносерийного типа производства, групповое — для предприятий единичного, мелкосерийного и среднесерийного типа производства, например, гальваническое, термическое, лакокрасочное производство. Оно получило широкое распространение в технологических процессах, использующих станки с ЧПУ. Установившееся производство свойственно выпуску изделий, не меняющих своих параметров на длительном интервале времени, например, в подотраслях пищевой промышленности.

По уровню механизации и автоматизации производства подразделяют на автоматизированное, механизированное и ручное.

К автоматизированным относят предприятия, в которых выполнение технической подготовки и управления производством, комплексно автоматизировано. На таких предприятиях проектирование конструкторских и технологических документов осуществляется с применением систем автоматизированного проектирования САПР; технологическая подготовка - с применением автоматизированных систем подготовки производства (АСТПП), управление производством - с применением автоматизированных систем управления (АСУ), а изготовление и сборка изделий - с применением оборудования, оснащенного системами с числовым программным управлением (с ЧПУ). Такое производство часто называется гибким производством. Оно позволяет в сравнительно короткие сроки осваивать и выпускать новые, более совершенные изделия, с меньшей трудоемкостью и повышенным качеством изготовления.

К механизированным производствам относятся производства, где механизации подвергнуто абсолютное большинство технологических операций и процессов, связанных с опасными для здоровья человека работами (перемещение изделий с применением транспортных средств, загрузка и выгрузка изделий с применением соответствующих средств и т.д.).

К ручному производству относятся производства, где все операции выполняются вручную. Ручное производство используется в ремонтных и опытных цехах, на сборочных операциях, при выполнении единичных заказов и выпуске уникальной продукции.

По технологической специализации производства и их подразделения классифицируют по конкретным видам применяемых технологий. Например, на машиностроительных предприятиях по технологическому принципу специализируются литейные, кузнечно-штамповочные, механообработывающие, термические и др. цеха и участки, на текстильных предприятиях - прядильные, ткацкие, отделочные цеха, на металлургических предприятиях - доменные, сталелитейные, прокатные и т.д.

4. Понятие технологии.

Термин «технология» имеет широкий спектр определений.

Под *технологией* (от греч. *techné* - искусство, мастерство, умение и *logos* - слово, учение) в ее производственном (прикладном) значении понимают совокупность правил, методов, приемов, режимов обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы сырья, материала или полуфабриката, применяемых в процессе производства готовой продукции, контроля ее качества и управления.

В широком смысле под технологией понимают комплекс правил воздействия на предметы (объекты) труда и использования орудий производства при изготовлении конкретной продукции. В этом случае технологию обычно называют по виду выпускаемого продукта, например, технология изготовления мебели, технология производства автомобилей, технологии налогообложения, банковской деятельности и т.д.

В узком производственном смысле под технологией понимают описание конкретного технологического процесса. Они могут быть привязаны или к конкретным операциям и технологическим процессам (технологические процессы гальванообработки), или к конкретному оборудованию (токарная обработка), или к изготовлению конкретных изделий (технология производства кирпича).

Технология как наука изучает способы воздействия на сырье, материалы, полуфабрикаты и др. предметы труда для получения продукции заданных параметров и качества.

Современная экономика обычно использует термин «технология» и в более широком смысле - как описание, форму построения или представления соответствующих услуг, например, «технология обучения», «технология бухгалтерского учета» и т.д.

5. Технологическая система предприятия.

Технология определяет порядок выполнения операций, выбор соответствующих предметов труда (сырья, материалов, комплектующих изделий), средств производства (оборудования, оснастки, инструмента, средств контроля), требует подготовки квалифицированной (умеющей работать по данной технологии) рабочей силы. Она обеспечивает эффективное соединение этих факторов производства и определяет инфраструктуру.

В технологическом процессе участвуют следующие факторы:

1. средства производства, включая предметы труда, т.е. то, что подлежит обработке, и средства труда, главными компонентами которых являются орудия труда - оборудование, машины, инструменты, приспособления, используемые для соответствующей обработки предметов труда и производства продукции;
2. квалифицированная, т.е. умеющая работать с данными средствами производства, рабочая сила;
3. производственная инфраструктура - комплекс подразделений, обслуживающих основное производство. Она включает транспорт, энергетическое хозяйство, связь, водопровод, канализацию и т.д.

Средства производства, квалифицированная рабочая сила и производственная инфраструктура образуют технологическую систему соответствующего уровня. Согласно ГОСТу 27.004-85, технологическая система - это «совокупность функционально связанных средств технологического оснащения, предметов производства и исполнителей в регламентированных условиях производства, заданных технологических процессов или операций».

По иерархическому уровню ГОСТ выделяет шесть уровней построения технологической системы - это операция, технологический процесс, участок, цех, предприятие, отрасль.

6. Основные элементы технологической системы.

Операция (от лат. *operatic* - действие) - часть технологического процесса, выполняемая рабочим (группой рабочих) на одном рабочем месте. Она представляет собой последовательность действий:

1. установку в рабочее положение инструмента и заготовки;
2. перемещение инструмента относительно заготовки, не сопровождаемое изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойств заготовки, но необходимое для выполнения рабочего хода (например, подвод инструмента к заготовке) - *вспомогательный ход*;
3. перемещение инструмента относительно заготовки, сопровождаемое изменением формы, размеров, шероховатости поверхности или свойства заготовки - *рабочий ход*.

Законченную часть технологической операции, характеризующуюся постоянством режима, инструмента и результата, называют *технологическим переходом*.

Технологический процесс - это часть производственного процесса, включающая в себя совокупность операций, выполняемых в заданном порядке над аналогичными изделиями или на определенном оборудовании.

Участок - производственное подразделение, технологическая система которого характеризуется однотипным или принадлежащим к одной технологической группе оборудованием и выполняющее соответствующую группу однородных процессов. Технологическая система участка может быть как последовательной (гальванический участок), так и параллельной.

Цех, по технологической системе аналогичен участку, но участок является структурной единицей цеха. Обычно цех завода оснащен различными видами оборудования, работающего по параллельной схеме.

Предприятие - это технологическая система, состоящая, как правило, из нескольких цехов. Предприятие по цеховой структуре относят к последовательной технологической системе.

Отрасль - это технологическая система, формирующаяся, в основном, из предприятий одного профиля или одной технологической направленности. Отрасль является преимущественно параллельной системой. Различают технологические и хозяйственные отрасли.

Технологическая отрасль - совокупность предприятий одного профиля, одной технологической направленности, выпускающих продукцию или на базе однотипного сырья, или одной группы назначения (нефтедобывающая, станкостроительная и т.д.).

Хозяйственная отрасль также определяется совокупностью предприятий одного профиля, но она классифицируется не по технологическому профилю, а по подчиненности - одному ведомству, министерству и т.д. Хозяйственные отрасли обычно существуют в административном управлении (в социальном комплексе, в военно-промышленном комплексе).

7. Формы организации технологических систем.

По форме организации технологические системы подразделяются на параллельные и последовательные.

В *последовательной технологической системе* исполнение каждой последующей операции возможно только по завершении предыдущей, поэтому исключение любого элемента приводит к прекращению функционирования системы в целом.

В *параллельной системе* процессы исполнения операций могут происходить независимо одна от другой во времени, исключение любого элемента приводит к снижению производственной мощности системы по данному элементу. В зависимости от экономической обстановки (спроса, цен, поступления сырья и материалов и т.д.), состояния технологического оборудования и внешних условий параллельные технологические схемы могут увеличивать или уменьшать свою производственную мощность.

На практике редко встречаются чисто параллельные или чисто последовательные схемы, поскольку любой сложный производственный процесс представляет собой комплекс чередующихся последовательных и параллельных подсистем. Деление систем на параллельную или последовательную производят по преимущественному числу связей.

Формирование схемы зависит от производственных и технологических факторов. В индивидуальном и опытном производстве, как правило, преобладает последовательная технологическая схема, а с увеличением серийности производства увеличивается число параллельных процессов.

Недостаток параллельных схем - накопление запасов полуфабрикатов и готовых деталей в ожидании запуска сборочного производства и их используют преимущественно в массовом, поточном производстве.

По уровню диверсификации предприятия отличаются долей выпуска изделий, технологически не свойственных его отраслевой направленности.

Диверсификация (от лат. diversificatio - изменение, разнообразие) - расширение объектов деятельности, номенклатуры продукции, производимой предприятием. В результате диверсификации крупные производственные объединения превращаются в многосторонние сложные комплексы, подразделения которых не всегда связаны между собой технологически. Технологическая диверсификация является одним из факторов сохранения устойчивости компаний в условиях межотраслевой нестабильности спроса на внутреннем и мировом товарном рынке.

8. Жизненный цикл технологий и технологических систем.

Каждая технология и технологическая система имеет свой жизненный цикл - последовательность фаз или стадий развития системы на интервале от замысла технологии до снятия товара с производства.

Жизненный цикл технологий во многом определяется и регулируется спросом на выпускаемую продукцию. Стадии жизненного цикла технологии состоят из пяти фаз (рис. 1).

На участке **(а)** происходит технологическая подготовка производства к выпуску нового изделия: зарождение идеи, принимается решение о производстве продукции по новой технологии, разрабатывается стратегия производства нового продукта или запуска новой технологии, производится разработка и техническое оснащение новой технологической системы, изготовление и испытание опытных образцов, знакомство возможных оптовых покупателей с новыми образцами продукции и реклама. Этот участок характеризуется затратами свободного капитала без его окупаемости, т.е. его проведение требует наличия свободного капитала или получения кредитов.

На участке **(б)** происходит изготовление и выпуск изделия на рынок, формирование спроса, отладка технологии. На этой стадии происходит частичная окупаемость расходов, однако они еще значительные и связаны с отработкой партии, с организацией сбыта новой продукции и с формированием спроса.

На участке **(в)** происходит увеличение темпов роста продаж и доходов с постепенным насыщением рынка. Растет прибыль, окупаются затраты и начинается накопление капитала для запуска нового поколения продукта.

В технологической системе происходит улучшение технологических процессов, замена оборудования, улучшается качество продукции. По мере роста накоплений идет разработка и начинается выпуск новых моделей и конструкций изделий ($T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow T_3$);

На участке **(г)** происходит насыщение рынка, стабилизация объемов продаж, работы по совершенствованию технологии с целью улучшения качества продукции и снижения ее себестоимости для поддержания спроса (при этом рост затрат на улучшение качества все менее соотносится с получаемыми доходами), появление на рынке конкурентов с аналогичной продукцией (*диффузия технологий*).

Участок **(д)** - это постепенное затухание темпов продаж, издержки на улучшение технологии увеличиваются и приближаются к доходам от продаж.

9. Технологические пределы технологий.

Все технологии, как бы они совершенны ни были, имеют предел, т.е. уровень, выше которого один из основных или несколько параметров существующей технологии не могут быть улучшены независимо от затрат, хотя на практике, при совершенствовании очередного вида продукции, иногда кажется, что очередная модификация изделия может решить проблему.

Например, увеличение количества передаваемой информации по проводной телефонной связи достигло предела, и переход на волоконную оптику позволил во много раз увеличить плотность передачи, т.е. потребовалась смена принципов построения технологии. Или можно значительно увеличить износостойкость одежды за счет использования синтетических материалов, но ее перестанут покупать по соображениям гигиеничности, а природные материалы имеют предел.

Поэтому задача конструктора состоит в том, чтобы найти тот предел, выше которого затраты средств становятся бесполезными, а технолога - определить предельные параметры действующей технологической системы, лучше которых данная система работать на данный период не будет.

На практике, параллельно с выпуском изделия по действующей технологии, всегда разрабатывается следующая модель изделия с более высокими параметрами и рассчитанная на увеличение или, как минимум, сохранение спроса, т.е. жизненный цикл нового изделия начинается тогда, когда жизненный цикл выпускаемого изделия еще не завершен (см. рис. 1). Кривые жизненного цикла при нормально функционирующей экономике всегда идут парами и взаимозаменяемы. По мере приближения всего класса изделий, выпускаемого по однотипной технологии, к технологическому пределу начинается разработка изделий на новой технологической базе. Период перехода от одного жизненного цикла к другому называется *технологическим разрывом*, т.е. это отрезок времени, в течение которого одна технология замещает другую.

Эффективность инвестиций в развитие технологии в значительной мере зависит от своевременности перехода с одной технологии на другую.

На практике почти всегда существуют конкурирующие технологии, поэтому задачей экономических и технологических служб является определение оптимального времени перехода от одной технологии к другой.

Максимально возможный расчетный объем выпуска продукции в единицу времени при действующей технологии и оптимальном использовании оборудования называется *производственной мощностью* предприятия. Понятие «производственная мощность» широко используется при определении степени загрузки предприятия заказами, эффективности работы предприятий и т.д. Производственная мощность зависит от применяемой в производстве технологии, уровня прогрессивности и состояния технологического оборудования, а ее использование во многом зависит от спроса на соответствующую продукцию.

10. Продуктовые и технологические нововведения и технологический процесс.

Совершенствование технологических процессов происходит на основе внедрения различных технологических новшеств - *нововведений* или *инноваций*. Нововведения подразделяются на *продуктовые* - совершенствование и замена конкурентного товара и *технологические* - совершенствование и замена технологических процессов изготовления товара.

Источником появления продуктовых нововведений обычно является сочетание потребностей рынка и технико-экономических возможностей предприятия для их появления и реализации.

Продуктовые нововведения вначале используются на небольших, часто не занятых секторах рынка, обеспечивая временную монополию, высокие цены и высокие прибыли. Новая продукция обычно не конкурирует напрямую со старой, которую должна заменить, а вначале дополняет ее на наиболее важных участках рынка. Она должна отвечать требованиям:

1. Быть дешевле при одинаковом уровне качества (в этом случае она завоевывает рынок по мере роста объема производства).

2. Уровень ее потребительских свойств должен быть выше, чем у традиционной продукции (в этом случае ее цена может быть выше цены традиционной продукции).

Продуктовые нововведения можно подразделить на два вида: направленные на совершенствование базовой модели и выпуск принципиально нового продукта. Второй вид требует больше инвестиций, больше коммерческого риска, но она легче завоевывает рынок, обеспечивает более

быстрый объем продаж и резкий рост конкурентоспособности производителя на рынке продукта. На ранних стадиях продуктовых нововведений используется универсальное оборудование и высококвалифицированный труд, поэтому затраты на начальном этапе внедрения велики.

Технологические нововведения имеют иную динамику развития. Опробованное на одном предприятии, оно начинает попадать на другие, а скорость распространения зависит от их капиталоемкости, эффективности, универсальности, адаптивности. При своем распространении технология может претерпевать значительные изменения, в отдельных случаях - сохраняя только общие принципы. Например, лазерная технология применяется при сварке, упрочнении металлов, в хирургии и терапии, в метрологии и т.д.

Результатом внедрения технологических нововведений является существенное повышение производительности труда, снижение себестоимости и рост качества продукции.

Таким образом, технологический прогресс осуществляется за счет реализации двух направлений нововведений: продуктовых и технологических.

Продуктовое нововведение направлено на завоевание рынка за счет предоставления ему новых потребительских услуг, а его эффективность определяется рынком (спросом, альтернативными продуктами и т.д.).

Технологическое нововведение воздействует на производство всех товаров на данном предприятии, а его эффективность проявляется за счет снижения себестоимости продукции (завоевание рынка снижением цен) и улучшения условий труда (завоевание рынка рабочей силы).

11. Технологическая подготовка и технологическое обеспечение производства.

Технологическая подготовка производства (ТПП) включает в себя совокупность взаимосвязанных научно-технических, проектных, производственных, маркетинговых и, при необходимости, инвестиционных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия (фирмы) в принятые сроки выпускать продукцию установленного качества.

ТПП регламентируется системой стандартов, объединенных в Единую систему подготовки производства (ЕСТПП). Кроме того, при разработке технологической документации, средств, процессов и методов ТПП используются стандарты Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), Единой системы технологической документации (ЕСТД) и другие нормативные документы, указанные в ГОСТе 14.002-73. Это создает условия для создания единой информационной базы подготовки и технологического сопровождения выпуска новых изделий.

ТПП включает в себя решение следующих задач:

1. конструкторско-технологический анализ изделия;
2. анализ и обеспечение технологичности новой продукции;
3. анализ существующих технологий, оборудования, технологической оснастки и производственных мощностей предприятия;
4. разработку технологических процессов производства новой продукции;
5. разработку и изготовление нестандартного технологического оборудования и оснастки.

Конструкторско-технологический анализ изделия производится с целью определения соответствия его конструкции технологической системе предприятия, отработки его на технологичность и внесение соответствующих изменений в конструкторскую документацию.

После анализа и оценки готовности существующих технологий, оборудования, технологической оснастки и производственных мощностей предприятия к выпуску нового изделия разрабатываются предложения по их модернизации и доработке, включая проектирование новых участков, приобретение и изготовление технических средств, подготовку и переподготовку кадров и т.д. На основе конструкторско-технологического анализа изделия разрабатывается технологическая документация, определяющая и регламентирующая технологические процессы изготовления нового изделия и его конструктивных элементов.

Одновременно с ТПП производится организационная подготовка производства, которая включает в себя:

1. нормирование потребностей в различных видах материально-технических ресурсов;
2. проектирование новых производственных участков и рабочих мест;
3. заключение договоров с новыми поставщиками материально-технических ресурсов;
4. разработку оперативно-календарных планов запуска и выпуска продукции;
5. подготовку и переподготовку рабочей силы.

На основе ЕСТД разрабатываются различные виды технологической документации, которые определяют и регламентируют технологические процессы изготовления продукции: технологические, маршрутные и операционные карты, инструкции, чертежи и т.д., ведомости заказа и нормы расхода материалов, полуфабрикатов, инструментов, принадлежностей и т.п.

В течение всего периода выпуска изделий технологические службы предприятия осуществляют технологический контроль их производства на соответствие требованиям технологической документации. По мере изменения конструкции и совершенствования технологии соответствующие изменения вносятся и в технологическую документацию.

12. Технологическая система и материально-техническая база.

Материально-техническую базу промышленности составляют основные производственные фонды (ОПФ) - здания, сооружения, оборудование и др. средства труда, функционирующие на протяжении нескольких лет. Активная часть ОПФ - станки и оборудование, инструмент, приборы контроля, вычислительная техника и др. технические средства, непосредственно участвующие в технологическом процессе изготовления продукции, являются материально-технической базой любой технологической системы. Их состояние, прогрессивность и эффективность использования определяет конкурентоспособность фирмы и выпускаемых ею товаров.

Основными параметрами, определяющими состояние ОПФ, являются степень их износа, возрастная структура и коэффициент обновления.

Износ основных средств - старение, изнашивание зданий и оборудования в процессе их использования. Износ может быть *физическим*, характеризующимся износом материалов, из которых созданы средства, потерей их качеств, разрушением конструкций и т.д., и *моральным*, связанным с отставанием средств производства от их современного технического уровня (моральное старение).

В экономическом аспекте износ основных фондов рассчитывается в форме *амортизации*. Амортизация (от лат. amortization - погашение) - износ основных средств в процессе их использования в денежном выражении и одновременно форма перенесения их стоимости на произведенный продукт. Она осуществляется в виде включаемых в себестоимость продукции *амортизационных отчислений*, накопления этих средств в *амортизационном фонде* и использования для проведения капремонта или ввода новых средств труда.

Годовые амортизационные отчисления по каждой группе средств труда определяются как отношение их первоначальной стоимости к установленному *нормативному сроку их службы* (количеству лет). Отношение годовой суммы амортизационного фонда к среднегодовой стоимости основных фондов, выраженное в процентах, называется *нормой амортизации*. Например, норма амортизации многоэтажных зданий составляет 1%, что соответствует нормативному сроку их службы 100 лет.

Оценка состояния оборудования и его прогрессивности по степени износа в условиях инфляции, не объективно отражает уровень технологического обеспечения, так как в последние 10—15 лет цены на все виды работ и продукции выросли в десятки раз. Первоначальную стоимость приобретенного 10 - 20 и более лет назад оборудования трудно соотнести по стоимости с оборудованием, реализуемым в настоящее время, хотя оценить общую картину старения основных фондов можно. Более объективным показателем состояния технологической системы в промышленности является возрастная структура оборудования.

Тема 2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1. Общая классификация сырья.

Сырье является основным исходным элементом любого технологического процесса. Его качество, соответствие требованиям, стоимость и доступность во многом определяют показатели качества и стоимость продукции.

Сырьем называют вещества природного и синтетического происхождения, используемые как исходный материал в производстве промышленной продукции и энергии. Сырье, в основном, классифицируется по агрегатному состоянию, составу и происхождению.

По *агрегатному состоянию* сырье делится на твердое (уголь, руды, древесина), жидкое (вода, нефть) и газообразное (воздух, природный газ).

По составу сырье делят на органическое и минеральное. Органическое по происхождению делят на растительное и животное. К минеральному сырью (*от лат. *minera* - руда*) относят полезные ископаемые. Неравномерность распределения по поверхности Земли и недрам, концентрация полезных веществ и химический состав определяют стоимость добычи и переработки сырья.

Минеральное сырье является важнейшим для промышленности. Оно включает в себя около 2500 различных минералов.

Земная кора в больших количествах содержит 14 химических элементов (99,5%): кислород – 49,13; кремний – 26; алюминий – 7,45; железо – 4,2; кальций – 3,25; натрий – 2,4; магний – 2,35; калий – 2,35; водород – 1,00% и др.

Минеральное сырье делят на *рудное, нерудное и горючее*.

2. Негорючее минеральное сырье.

Рудным сырьем называют полезные ископаемые (*промышленные металлические руды*), содержащие один или несколько металлов в количестве и форме, допускающими их экономически выгодное извлечение. Руды делят на *монометаллические* (содержат один металл), *биметаллические* (два металла) и *полиметаллические* (более двух извлекаемых при переработке металлов). Например, монометаллические - железные, хромовые, золотые и др., биметаллические - свинцово-цинковые, медно-молибденовые и др. Полиметаллические могут содержать цинк, свинец, медь, серебро, золото и др. металлы. Например, 50% мировой добычи серебра извлекается из полиметаллических руд.

Металлы в рудах могут находиться в виде оксидов (железные руды), сульфидов (медные руды) или более сложных химических соединений. Некоторые металлы встречаются в чистом виде или в сплавах с другими металлами - в так называемых *самородных* рудах, например, золото и платина.

Металлические руды помимо металлосодержащих минералов, содержат *пустую породу*.

Месторождения руд делят на *коренные* - в виде монокристаллических горных пород, рудных массивов и *рассыпные* - продукты распада и разрушения коренных горных пород.

Нерудным называют сырье, используемое в производстве неметаллов (серы, фосфора и др.), различных солей (калийных и др.), минеральных удобрений и строительных материалов. Важнейшими видами нерудного сырья являются: самородная сера, апатиты, фосфориты, природные соли, песок, глина и т.д. К нерудному сырью относятся также и редкие минералы промышленного значения - алмазы, графит, асбест и др.

Для производства строительных материалов используют горные породы различного происхождения и состава: глину, песок, гравий, песчаник, гипс, известняк, мел, гранит, пемзу, туф и т.д. Многие виды сырья для производства строительных материалов добываются открытым способом в карьерах.

3. Горючее минеральное сырье.

К горючему минеральному сырью относятся органические ископаемые: нефть, уголь, торф и сланцы, которые, в основном, используются как *топливо* или как *сырье для химической промышленности*.

Топливо - горючие вещества, основной составной частью которых является углерод, применяемые с целью получения при их сжигании тепловой энергии. Топлива делятся по *агрегатному состоянию* и по *происхождению*,

По *агрегатному состоянию* все топлива подразделяются на *твердые* (ископаемые угли, торф, древесина, сланцы), *жидкие* (нефть, нефтепродукты), *газообразные* (природный и попутный газы).

По *происхождению* топливо подразделяется на *естественное* и *искусственное*, т. е. полученное в результате переработки естественного топлива или в качестве отходов различных технологических процессов (например, доменный газ).

Для оценки топлива основным показателем служит его *удельная теплота сгорания*, т. е. количество теплоты, которое выделяется при полном сгорании единицы массы или объема топлива (Дж/кг и Дж/м³). Техническая характеристика топлива определяется его составом.

В состав всех видов топлива входит *горючая масса* (органическая масса + горючие неорганические вещества, например, сера) и *негорючая масса* (зола, влага) - *балласт*. Органическая масса топлива состоит в основном из углерода, водорода, а также азота и кислорода. Чем больше в топливе золы и влаги, тем ниже его теплота сгорания: чем выше содержание углерода и водорода и меньше кислорода и азота, тем больше его теплота сгорания.

Для сопоставления тепловой ценности различных видов органического топлива принята *единица условного топлива*. Теплота сгорания 1 кг твердого условного топлива (или 1 м³ газообразного) составляет 29,3 МДж или 7000 ккал. Соответственно, 1 т бурого угля принимается за 0,4 т, каменного угля - за 1,0 т, а нефти - за 1,4 т условного топлива.

Для сопоставления экономической ценности топливных материалов берется цена нефти на мировом рынке.

4. Обогащение сырья.

Обогащение полезных ископаемых проводится с целью увеличения содержания полезного элемента в используемом сырье. Оно дает возможность расширения сырьевой базы промышленности за счет вовлечения в эксплуатацию бедных по содержанию полезного сырья источников и позволяет получить для последующей переработки высококонцентрированное сырье. Полученные в результате обогащения фракции¹ называются *концентратами*, а фракции, состоящие из пустой породы, - *хвостами*.

Методы обогащения сырья зависят от его агрегатного состояния и свойств основных компонентов. Обогащение минерального сырья (в твердом состоянии) подразделяется на механическое, физико-химическое и химическое и основано на различии в таких свойствах, как плотность, размер и форма зерен, прочность, электропроводность, смачиваемость, растворимость, магнитная проницаемость и др.

К *механическому обогащению* относится грохочение, гравитационное разделение, электромагнитная сепарация, электростатическое обогащение, термическое разделение и др.

Грохочение основано на том, что минералы, входящие в состав сырья, разделяются на фракции по крупности просеиванием через сита - грохоты.

Гравитационное разделение основано на различии скоростей осаждения частиц в текущей жидкости или газе в зависимости от их плотности, например, используется при промывке золота.

Электромагнитная сепарация применяется для отделения магнитных материалов от немагнитных - пустой породы, например, при обогащении железной руды.

К физико-химическим способам обогащения сырья относится *флотационный метод*, основанный на различной смачиваемости компонентов, входящих в состав сырья.

Жидкие растворы различных веществ концентрируют выпариванием, вымораживанием, выделением примесей в осадок или газовую фазу.

Газовые смеси разделяют на компоненты с помощью различных физических и физико-химических методов, в том числе *абсорбцией* - поглощением отдельных газов жидкостями и *абсорбцией* - поглощением газов твердыми поглотителями и разделением сжиженных газов на фракции.

Химические способы обогащения основываются на различной растворимости элементов в тех или иных химических растворителях, т.е. на способности вступать в химические реакции между элементами руды и растворителем. Эти способы наиболее распространены в металлургии и химической промышленности.

5. Комплексное использование сырья.

Под *комплексным использованием сырья* понимается максимальное извлечение и использование всех ценных компонентов, входящих в добываемые полезные ископаемые на соответствующем месторождении, исходя из технологических возможностей предприятия.

Практически большинство месторождений являются комплексными и содержат ряд полезных компонентов. Так, на месторождениях нефти попутными компонентами являются газ, сера, бром, йод, бор: на газовых месторождениях - гелий, сера, азот; в ископаемых углях - колчедан, сера, глинозем, германий и т. д.

В цветной металлургии профилирующими считаются 11 металлов (алюминий, медь, никель, кобальт, свинец, цинк, вольфрам, молибден, ртуть, олово, сурьма), а совместно с ними можно извлекать еще более 60 компонентов (редкие, редкоземельные и благородные металлы). На предприятиях цветной металлургии попутно производится 30% серы, 10% цинка, меди, свинца.

Комплексное использование сырья достигается его обогащением, а также разнообразной химической переработкой сложного сырья с последовательным выделением его компонентов. В результате из одной горной породы извлекаются различные металлы, неметаллы, кислоты, соли, строительные материалы.

Примером комплексного использования твердого топлива, состоящего из сложной смеси органических веществ, может служить коксохимическое производство, где из углей разных марок помимо кокса и коксового (светильного) газа получают аммиак, сероуглерод, различные органические соединения для получения пластмасс, химических волокон, красителей, взрывчатых веществ и лекарственных препаратов.

Из газов, получающихся при нефтепереработке, можно так же получить метан, этан, пропан, бутан, пентан, этилен, пропилен, бутилен, ацетилен, сероводород и многие другие газы, являющиеся ценнейшим сырьем для получения пластмасс, каучука, химических волокон, серной кислоты, красителей и лекарств.

Таким образом, комплексное использование сырья позволяет получить не только основной компонент, но и ряд сопутствующих материалов, т.е. более широкий спектр продуктов.

6. Основные виды технологических процессов.

Все процессы, используемые технологиями можно условно разделить на три основные группы: физические, химические, биологические. Эта классификация упрощенная, поскольку существуют более сложные процессы: физико-химические, биохимические и т.д.

Физические процессы связаны с преобразованием сырья в продукт, при котором не происходит существенных изменений химического состава исходных веществ. Физические процессы можно разделить на механические, гидромеханические, тепловые и массообменные.

Механические процессы связаны с преобразованием веществ, находящихся в твердом агрегатном состоянии, в результате которых изменяются формы, размеры и соотношения твердых тел в смесях.

Гидромеханические процессы связаны с одновременной переработкой неоднородных систем веществ, находящихся в разных агрегатных состояниях.

К тепловым относятся такие, которые сопровождаются передачей энергии в форме теплоты: нагревание, охлаждение, испарение, плавление и др. Они часто сопутствуют другим процессам, например, химическим.

Процессы массопередачи характеризуются переходом одного или нескольких веществ из одной фазы в другую. Массопередача - сложный процесс переноса вещества либо в пределах одной фазы, либо между фазами через поверхность (границу) раздела.

Химические процессы связаны со значительными и часто необратимыми изменениями химического состава и свойств исходных веществ. Они лежат в основе химических технологий, которые связаны с химической переработкой природного и сельскохозяйственного сырья в продукты потребления или продукты, применяемые в других отраслях производства.

Биологические процессы (биотехнология) связаны либо с использованием биообъектов (микроорганизмов) для получения продукции, либо с воспроизведением процессов, протекающих в живых клетках.

Биотехнология используется для производства продуктов и биологических процессов (хлебопечение, приготовление вина, пива, сыра, уксуса, молочных продуктов, обработки кожи, растительных волокон и др.).

7. Механические процессы в технологии.

Различают следующие разновидности механических процессов: формообразования и формоизменения, соединения, изменения размеров, сортировки, смешивания, дозирования, транспорта.

Процессы формообразования и формоизменения делят на:

- методы пластической деформации (обработка давлением);
- методы удаления поверхностного слоя (обработка резанием).

Обработка давлением обеспечивает меньшие потери, высокую производительность, малую трудоемкость, широкие возможности механизации и автоматизации. Этими методами получают заготовки и детали из металлов и сплавов, пластмасс, резины, керамических материалов, стекла, химических волокон, пластиков и др.

Механическая обработка резанием позволяет достичь высокой точности и малой шероховатости поверхности деталей.

Процессы соединения широко применяются в производстве различных конструкций. Существуют подвижные, неподвижные, разъемные и неразъемные соединения. *Разъемные* - это такие, которые могут быть полностью разобраны без повреждения составляющих их частей и крепежа. Остальные являются *неразъемными*, которые делят на соединения с натягом, соединения сваркой, пайкой, склеиванием, клепкой.

Процессы изменения условно делят на *дробление* (крупное, среднее, мелкое) и *измельчение* (тонкое и сверхтонкое). Дробление производят раздавливанием, раскалыванием, истиранием (сухим и мокрым способом).

Сортировка - это разделение твердых зернистых материалов по крупности кусков или зерен (называют *классификацией*). Существуют два основных способа классификации: ситовая (грохочение) - механическое разделение на ситах; гидравлическая - разделение смеси на классы зерен, обладающих одинаковой скоростью осаждения в воде или воздухе.

Смешивание — это процесс образования однородных систем из сыпучих материалов. В результате должна получиться смесь, в любой точке которой к каждой части одного компонента примыкают части других в заданных соотношениях. Смешивание осуществляют механическим, гидравлическим, пневматическим и другими способами.

Процессы *дозирования*, осуществляемые дозаторами (по объему и массе), применяются в химической, пищевой промышленности, производстве стройматериалов и др.

Транспортные процессы предназначены для перемещения насыпных и штучных грузов для загрузки и разгрузки. Существуют процессы непрерывного транспорта (конвейеры, транспортеры, элеваторы) и дискретного транспорта (вагоны, вагонетки).

8. Гидромеханические процессы в технологиях.

Эти процессы условно делят на три группы: получение неоднородных систем, разделение неоднородных систем, транспорт жидкостей и газов.

Неоднородными, или гетерогенными называют системы, состоящие из двух и более фаз. Неоднородные бинарные системы состоят из дисперсной фазы и дисперсионной среды, в которой распределены частицы дисперсной фазы. Различают следующие виды таких систем: суспензии, эмульсии, пены, пыли, дымы и туманы.

Суспензии - системы, состоящие из жидкости и взвешенных в ней твердых частиц (грубые (более 100 мкм), тонкие (0,5—100 мкм) и мелкие (0,1—0,5 мкм)).

Эмульсии - системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней капель другой жидкости, не смешивающейся с первой.

Пены - системы, состоящие из жидкости и распределенных в ней пузырьков газа.

Пыли и дымы - системы, состоящие из газа и распределенных в нем частиц твердого вещества. Если дисперсная фаза состоит из частиц жидкости (0,3 - 5 мкм), системы называют *туманами*. Пыли, дымы и туманы называют аэрозолями.

Для *получения неоднородных систем* применяют перемешивание двумя основными способами: механический (с помощью мешалок) и пневматический (сжатым воздухом). Кроме того, применяют перемешивание в трубопроводах, с помощью сопел, насосов.

Разделение неоднородных систем проводят для очистки жидкой или газа от примесей или выделения ценных продуктов. Применяют три основных метода - отстаивание, фильтрование, центрифугирование.

Отстаивание - осаждение, происходящее под действием сил тяжести (применяют для грубого разделения, проводят в отстойниках, или сгустителях).

Фильтрование - разделение с помощью пористой перегородки, способной пропускать жидкую или газообразную среду, но задерживать твердую, которая образует слой осадка.

Центрифугирование - процесс разделения эмульсий и суспензий в поле центробежных сил с использованием сплошных или проникаемых для жидкости перегородок (проводят в центрифугах). Центрифуги могут быть отстойными и фильтрующими. Разделение в отстойных центрифугах называют сепарацией, а устройства - сепараторами. В фильтрующих разделение осуществляют по принципу фильтрования.

Транспорт жидкостей и газов осуществляют в основном по трубопроводам. В систему трубопроводного транспорта входят: трубопроводы, резервуары-хранилища и транспортирующие машины (насосы и компрессоры). Транспорт сыпучих материалов может осуществляться с помощью движущегося потока воздуха (пневмотранспорт).

9. Тепловые процессы в технологиях.

Различают три способа распространения теплоты — теплопроводность, конвективный перенос и тепловое излучение. *Теплопроводность* — перенос энергии молекулами, ионами, электронами за счет тепловых колебаний. *Конвективный перенос (конвекция)* - перенос теплоты от стенки к движущейся относительно нее жидкости (газу) или от жидкости (газа) к стенке. *Тепловое излучение* — перенос энергии в форме электромагнитных колебаний.

В технологии наиболее часто теплота передается от одной среды к другой через разделяющую их стенку. Такой вид теплообмена называется *теплопередачей*, а участвующие в ней среды — *теплоносителями*.

На практике применяют следующие тепловые процессы: нагрев, охлаждение, выпаривание, испарение, конденсация, искусственное охлаждение, плавление, кристаллизация.

Нагрев и охлаждение проводят в аппаратах, называемых *теплообменниками*, а наиболее распространенным теплоносителем является водяной пар. Во многих процессах используют нагрев топочными газами (обжиг, сушка). Для нагрева в широком диапазоне температур применяют электричество. Для охлаждения сред используют вещества, называемые *хладагентами* (наиболее распространенным является вода).

Выпаривание - процесс удаления растворителя в виде пара из раствора при кипении. Применяют для выделения нелетучих веществ в твердом виде, концентрирования растворов, получения чистого растворителя.

Испарение - процесс удаления жидкой фазы в виде пара из различных сред, главным образом путем их нагрева без кипения или создания других условий.

Конденсацию пара (газа) осуществляют либо путем охлаждения, либо посредством охлаждения и сжатия одновременно.

Искусственное охлаждение применяют при абсорбции, кристаллизации, разделении газов, для хранения пищевых продуктов, кондиционирования воздуха и т.д. Искусственное охлаждение связано с переносом тепла от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой. Оно достигается следующими методами: принудительным испарением жидкостей; адиабатическим расширением газов; термоэлектрически (элементы Пельтье).

Плавление используют для подготовки полимеров к формованию, металлов и сплавов к литью, стеклянной шихты к варке и др. Для этого используют нагрев передачей тепла через металлическую стенку, индукционный, высокочастотный и т.д.

Кристаллизация процесс выделения твердых веществ из насыщенных растворов или расплавов.

10. Массообменные процессы в технологиях.

В технологии используют следующие виды процессов массопередачи: абсорбция, перегонка, адсорбция, сушка, экстракция.

Абсорбция — процесс поглощения газов или паров из газовых или парогазовых смесей жидкими поглотителями (*абсорбентами*). Выделение поглощенного газа из раствора - *десорбция*. В промышленности абсорбцию применяют для извлечения ценных компонентов из газовых смесей или очистки газов от вредных веществ.

Перегонка жидкостей применяется для разделения жидких однородных смесей, состоящих из двух или более летучих компонентов. Процесс включает частичное испарение смеси с последующей конденсацией паров. Разделение основано на различной летучести компонентов при одинаковой температуре. Различают два вида: простая (дистилляция) и ректификация.

Дистилляция - однократное частичное испарение жидкой смеси и конденсации образующихся паров. Ее используют для грубого разделения жидких смесей, а также для очистки сложных смесей от примесей. *Ректификация* - процесс разделения смесей путем массо- и теплообмена между жидкой и паровой фазами, имеющими различную температуру и движущимися относительно друг друга.

Перегонку применяют в химической, нефтеперерабатывающей, спиртовой промышленности, в производстве лекарственных препаратов и т.д.

Адсорбция — процесс поглощения одного или нескольких компонентов из газовой смеси или раствора твердым веществом — *адсорбентом*. Поглощенное вещество называют *адсорбатом*. Адсорбцию применяют для малых концентраций поглощаемого вещества, когда надо достичь почти полного его извлечения: при очистке и осушке газов, очистке и осветлении растворов, разделении смесей газов.

Сушкой называют процесс удаления влаги из различных материалов. Влагу предварительно удаляют механическими способами (отстаиванием, отжимом, фильтрованием, центрифугированием), а более полное обезвоживание проводят тепловой сушкой. По способу подвода тепла различают следующие виды сушки:

- *конвективная* - при непосредственном соприкосновении высушиваемого материала с сушильным агентом (нагретый воздух, топочные газы);
- *контактная* - передача тепла от теплоносителя к материалу через разделяющую их стенку;
- *радиационная* - передача тепла инфракрасными лучами;
- *диэлектрическая* - нагрев в поле токов высокой частоты;
- *сублимационная* - влага находится в виде льда и переходит в пар в вакууме.

Экстракция - извлечение одного или нескольких компонентов из растворов или твердых тел с помощью растворителей (экстрагентов). В экстрагенте в нем хорошо растворяются только извлекаемые компоненты и почти не растворяются остальные. Процессы экстракции применяют в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности, для извлечения редких и рассеянных элементов, очистки сточных вод и т.д.

11. Химические процессы в технологии.

Химико-технологические процессы состоят из трех стадий: подвод реагентов в зону реакции, химическая реакция, отвод продуктов из зоны реакции.

Подвод реагентов может осуществляться абсорбцией, адсорбцией, десорбцией, конденсацией, плавлением, растворением, испарением, возгонкой.

Химические реакции протекают в несколько последовательных или параллельных стадий, приводящих к получению основного и побочных продуктов.

Отвод продуктов из зоны реакции может совершаться аналогично подводу.

Существуют следующие разновидности химико-технологических процессов: гомогенные и гетерогенные (экзотермические, эндотермические, обратимые, необратимые), электрохимические, каталитические.

Гомогенными называют такие, в которых все реагирующие вещества находятся в одной фазе. В них реакции протекает быстрее, чем в гетерогенных.

В *гетерогенных процессах* участвуют вещества, находящиеся в разных состояниях, т.е. в двух или трех фазах (горение/окисление твердых веществ и жидкостей, растворение металлов в кислотах и щелочах и др.).

Экзотермические процессы протекают с выделением теплоты, а эндотермические с поглощением. Количество выделяемой или поглощаемой теплоты называют тепловым эффектом процесса (теплота процесса).

Электрохимические процессы сводятся к превращению химической энергии в электрическую и наоборот. Примером *перехода химической энергии в электрическую* служат гальванические элементы, аккумуляторы.

Процессы *перехода электрической энергии в химическую* (электролиз) протекают в электрическом поле на катоде и аноде. На катоде происходит восстановление, на аноде - окисление ионов, входящих в состав электролита. Электролиз применяют для извлечения металлов, очистки (рафинирования) металлов, нанесения гальванических покрытий, анодирования (оксидирования) поверхностей.

Электроосаждение делят на гальваностегию (нанесение покрытий) и гальванопластику (получение толстых, легко отделяющихся слоев). Гальваностегию используют для защиты изделий от коррозии, повышения износостойкости, термостойкости, декоративной отделки. Гальванопластику используют для получения чистых металлов осаждением, создания копий рельефа поверхности.

Каталитические процессы (катализ) осуществляются для изменения скорости химических реакций. Вещества, замедляющие реакции, называются *ингибиторами*. *Промоторы* - вещества, добавление которых к катализатору в малых количествах увеличивает его активность, селективность или устойчивость. Вещества, действие которых на катализатор приводит к снижению его активности или полному прекращению каталитического действия, называются *каталитическими ядами*.

В качестве катализаторов в промышленности применяют платину, железо, никель, кобальт и их оксиды, оксид ванадия, алюмосиликаты и др. Каталитические процессы применяются в производстве аммиака, азотной и серной кислоты, при крекинге, изомеризации и др.

12. Биологические процессы в технологии.

Биопромышленность, в основе которой лежит биотехнология, производит кормовые и пищевые белки, аминокислоты, ферменты, витамины, антибиотики, этанол, органические кислоты, регуляторы роста растений, многие пестициды, лечебные и иммунные препараты для человека и животных. Новые направления физико-химической биологии - генная и клеточная инженерия. Достоинством этих процессов является то, что они используют возобновляемое сырье и протекают в мягких условиях (при комнатной температуре, нормальном давлении), с меньшим числом технологических этапов, отходы доступны переработке.

Биотехнология - наука, возникшая на стыке нескольких биологических дисциплин: генетики, вирусологии, микробиологии и растениеводства, позволяет использовать потенциал живых организмов в интересах хозяйственной деятельности человека.

Основным процессом, используемым в традиционной биотехнологии, является брожение. *Брожение (ферментация)* — процесс расщепления органических веществ, преимущественно углеводов, на более простые соединения под влиянием микроорганизмов или выделенных из них ферментов. Этот процесс может осуществляться с участием кислорода (аэробный), так и без него (анаэробный процесс).

Известны различные типы брожения. Они классифицируются по конечным продуктам (спиртовое, молочнокислое, метановое и др.) и протекают в основном анаэробно.

Спиртовое брожение протекает в несколько стадий и используется для получения этила (в основном из зерна ржи) для алкогольных напитков, в виноделии, пивоварении и при подготовке теста в хлебопекарной промышленности.

Молочнокислое брожение используется при получении молочных продуктов (кефир, простокваша и др.), квашении овощей, силосовании кормов для животных.

Пропионово-кислое брожение используется в молочной промышленности для изготовления многих твердых сыров.

Масляно-кислое брожение приводит к порче пищевых продуктов, вспучиванию сыра и банок с консервами. Раньше оно использовалось для получения масляной кислоты, бутилового спирта и ацетона.

Метановое брожение встречается в природе в заболоченных водоемах. Оно используется в промышленности и очистных сооружениях для обезвреживания органических веществ сточных вод. Образующийся при этом метан используется в качестве топлива.

Тема 3. ПРОИЗВОДСТВО МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

1. Производство чугуна.

Основным способом производства чугуна является доменный процесс, который состоит в восстановлении железа из оксидов, в превращении в шлак и сливе пустой породы. Исходными материалами для производства чугуна являются *железные руды, топливо и флюсы*. Смесь, составленная из этих материалов, называется *шихтой*.

Применяют руды с содержанием железа не менее 40% (бурый, шпатовый, красный и магнитный железняки), представляющие собой различные соединения железа, в основном, с кислородом, поэтому суть доменного процесса состоит в восстановлении железа углеродом.

Топливом служит кокс и *природный газ*. Кокс – это продукт высокотемпературной перегонки каменного угля без доступа воздуха, при которой выплавляют смолы, а содержание углерода повышается до 95-99%.

В железных рудах и в золе, получающейся при сгорании кокса, содержится глинозем, кремнезем и другие элементы, которые могут создать в чугуне вредные примеси. Для их удаления в шихту добавляется *флюс* - материал, реагирующий с примесями и превращающий их в шлак. Как правило, для этой цели используется известняк.

Подготовка руды к плавке включает: *дробление* крупных кусков, *промывку* (при наличии песчаноглинистых пород), *агломерацию* (спекание мелкой руды, смешанной с топливом), *окатывание* (обработку рудного концентрата известью и связующим материалом с последующей сушкой и обжигом получившихся комков), *магнитное* и другие виды обогащения.

Для магнитного обогащения используют магнитные сепараторы). Железосодержащие куски притягиваются электромагнитом, пустая порода по инерции отсеивается.

Производство чугуна осуществляется в доменной печи - агрегате шахтного типа непрерывного действия. Шихта подается в доменную печь сверху.

Воздух поступает в печь через устройства для дутья (*фурмы*), расположенные в верхней части горна. Шахта печи имеет вид усеченного конуса, поэтому шихта свободно опускается через зоны, где последовательно идут процессы удаления влаги, подсушки, разложение гидратов, карбонатов и т.д.

Пустая порода с флюсами образует шлак. Так как его плотность меньше, то он располагается выше чугуна и сливается через верхнее отверстие, расплавленный чугун сливают через нижнее отверстие.

2. Производство стали конвертерным и мартеновским способом.

Основными способами получения стали являются мартеновский, кислородно-конвертерный и электротермический.

Исходными материалами для производства стали служат передельный чугун, металлолом (скрап) и отходы металлургического производства.

Задача плавки состоит в удалении углерода и примесей - фосфора, серы, кремния и др. Процесс плавки состоит из трех этапов:

1. В расплавленной шихте кислород окисляет примеси, всплывающие в виде шлака.
2. Кислород окисляет углерод (при этом сталь «кипит»).
3. Производят *раскисление* части окисленного железа, путем ввода ферромарганца, ферросилиция и ферроалюминия.

Раскисленная сталь при разливке (в ковш) не кипит (спокойная - *сп*), нераскисленная после застывания содержит пузырьки газа (кипящая - *кп*), промежуточная - полуспокойная (*пс*).

Производство стали в кислородных конвертерах. В кислородных конвертерах выплавляют большую часть стали. Этот способ плавки состоит в том, что через залитый в конвертер расплавленный чугун продувают кислород, реагирующий с углеродом и примесями, переводя их в шлак и отходящие газы.

Конвертер представляет собой стальной сосуд грушевидной формы. Внутренняя часть футерована - выложена огнеупорным материалом. Конвертер опирается на стойки и может поворачиваться при сливке стали и шлака. Подвод кислорода осуществляют с помощью охлаждаемой медной трубы - *фурмы*.

Вначале в конвертер загружают холодные материалы: металлолом, известь, железную руду, затем заливают расплавленный чугун. После заливки, через фурму под давлением подают кислород. Необходимая температура плавки достигается за счет сгорания углерода и примесей чугуна. Завершающей стадией является *раскисление стали*.

Мартеновский способ получения стали. Мартеновская печь представляет собой пламенную печь, в которой над плавильным пространством достигается необходимая температура за счет сгорания газа, предварительно нагретого в теплообменниках

Газ и обогащенный кислородом воздух поступают в плавильное пространство печи, где смешиваются и сгорают, образуя пламя высокой температуры.

Недостаток мартена в том, что, он требует затрат энергоресурсов, загрязняет атмосферу, производительность его ниже, чем в конвертерах.

Конвертерный процесс длится 50-60 минут, а мартеновский - до 12 часов.

3. Производство электростали.

Плавка стали в электропечах происходит нагревом электрическим током. Печи подразделяются на *электродуговые*, в которых нагрев осуществляют электрической дугой, возникающей между шихтой и графитовыми электродами, и *индукционные*, в которых нагрев производится индукционными вихревыми токами.

Преимуществами электропечей являются высокая скорость нагрева, контроль процесса, возможность создания вакуума или требуемой газовой среды, исключаются примеси. Этот способ широко применяют для выплавки высококачественных углеродистых и легированных сталей.

Электродуговая печь представляет собой стальной цилиндр, выложенный огнеупорным кирпичом. Сверху вставлены графитовые электроды. При пропускании тока между ними и шихтой возникает дуговой разряд, нагревающий металл.

Индукционная печь состоит из тигля (сосуда, выложенного огнеупорным кирпичом) и охлаждаемого индуктора. При прохождении по индуктору тока высокой частоты (500-2000 кГц) образуется электромагнитный поток, индуцирующий в шихте мощные вихревые токи, нагревающие ее до расплавления. По окончании плавки сливается сначала шлак (верхний слой), затем сталь.

Индукционные печи по сравнению с дуговыми обладают рядом преимуществ:

- а) отсутствие дуги позволяет выплавлять металлы с малым содержанием углерода и газов;
- б) электродинамические силы перемешивают жидкий металл, способствуя выравниванию химического состава и всплыванию неметаллических включений;
- в) печи имеют небольшие размеры, что позволяет помещать их в специальные камеры и создавать в них любую атмосферу или вакуум.

Плавка в вакууме позволяет получать сплавы с минимальным содержанием газов и неметаллических включений, легировать сплавы любыми элементами.

Недостатками являются малая производительность и большая энергоёмкость: продолжительность плавки в печи ёмкостью в 1 тонну составляет около 45 минут, расход электроэнергии на 1 тонну стали - 600-700 кВт·ч.

4. Производство легированных сталей.

Получение легированных сталей в кислородных конвертерах сложно, поскольку большинство легирующих элементов полностью или частично окисляются, также происходит охлаждение жидкой стали и неравномерное распределение вводимых элементов в объеме металла.

Легирование непосредственно в конвертерах осуществляют теми элементами, у которых химическое сродство к кислороду меньше, чем у железа (при введении в конвертер не окисляются - Ni, Cu, Mo, Co). Их чаще всего вводят в конвертер в составе шихты. Легирование другими элементами осуществляют после слива из конвертера (в ковше) следующими методами.

1. *Легирование стали твердыми ферросплавами.* Это наиболее широко применяемый и простой метод: легирующие компоненты вводят в ковш во время выпуска из конвертера. Ферросплавы с элементами с высоким сродством к кислороду (Cr, Ti, Zr, Ca, Ce, V, Nb и т.д.) вводят после подачи всех раскислителей.

Определяя расход ферросплавов, учитывают, что часть легирующих элементов угорает (окисляется и испаряется). Величину угара каждого элемента (которая тем выше, чем выше сродство к кислороду) определяют опытным путем. Из-за возможного охлаждения жидкой стали и неравномерного распределения количество добавок ограничено и этим методом получают низколегированные стали с общим содержанием легирующих элементов не выше 2-3%.

В установках внепечной обработки (доводки стали в ковше) легирующие компоненты вводят после того, как в ковше создают шлаковый покров, защищающий металл от окисления и охлаждения, после чего объем перемешиваемого металла вводят алюминий и сплавы с другими элементами, обладающими высоким сродством к кислороду. Например, используют введение в виде проволоки (Al), вдувание в струе аргона (Ca), в виде проволоки, имеющей стальную оболочку и наполнитель из легирующего элемента.

В процессе внепечной обработки отбирают пробы металла и на основании результатов анализа проводят корректировку содержания вводимых легирующих элементов.

Легирование жидкими ферросплавами. Способ заключается в том, что при выпуске стали из конвертера в ковш заливают легирующие добавки, предварительно расплавленные в индукционной или дуговой электропечи. Метод позволяет вводить в сталь большое количество легирующих, но требует дополнительного плавильного агрегата.

Легирование экзотермическими ферросплавами. Экзотермические ферросплавы - это смесь ферросплавов с термитными добавками, которые при соприкосновении с жидкой сталью загораются и нагреваются до температуры, близкой к температуре расплавленного металла. Ферросплавы в виде брикетов вводят в ковш перед выпуском в него стали. В состав брикетов, помимо ферросплавов, входят окислитель (натриевая селитра), восстановитель (алюминиевый порошок) и связующие. При растворении в стали алюминий окисляется кислородом селитры, а выделяющееся тепло расходуется на расплавление легирующих. Подобным методом с успехом вводят в сталь до 4 % легирующих элементов.

5. Производство меди.

Медные руды представляют собой различные сернистые соединения. Наряду с Cu они содержат Ni, Zn, Pb, Au, Ag и другие металлы. Медь из руды получают преимущественно пирометаллургическим (с применением высоких температур) способом.

Технологическая система получения меди состоит из 4-х процессов:

1. Обогащение руды методом флотации, основанном на различной смачиваемости соединений меди и пустой породы. Размельченная руда помещается в суспензию с флотационным агентом (например, пихтовым маслом), который создает пленку на поверхности частичек руды. При продувке воздухом пленка образует пузырьки, которые собирают на поверхности руду в виде пены, а пустая порода опускается на дно. Собранная и высушенная пена – это концентрат, содержащий до 30% меди.

2. Концентрат обжигают, в результате получается сернистый газ (для получения H_2SO_4) и обожженный медный концентрат, который переплавляют с получением медного штейна - продукта, состоящего из меди и сульфидов железа.

3. Штейн продувают в конвертерах кислородом в присутствии кварцевого песка. При продувке сульфиды железа переходят в оксид железа и уходят в шлак, и выплавляется черновая медь, содержащая ~1,5% примесей.

4. Очистку (рафинирование) черновой меди осуществляют огневым или электролитическим методом. При огневом методе в расплав меди кладутся деревянные (осиновые) жерди и пропускается воздух. Кислород воздуха в присутствии жердей окисляет и выводит примеси.

При электролитическом методе черновую медь используют в качестве анода, а катодом служат медные листы. При пропускании тока анод растворяется, и медь оседает на катоде. За 10 дней получается лист меди весом 60-90 кг. При этом примеси осаждаются на дно ванны в виде шлама, в котором может содержаться до 35% серебра, 6% селена, 1% золота. Поэтому шламы обычно перерабатывают для получения этих элементов.

6. Производство алюминия.

Алюминий получают из минералов - бокситов, нефелинов и алунитов, при этом сначала производят глинозем, из которых вначале производят глинозем, а затем из глинозема путем электролиза получают алюминий.

Технологическая схема производства алюминия состоит из 3-х процессов:

1. Получение глинозема Al_2O_3 путем выщелачивания концентрированным раствором щелочи измельченного боксита и его последующего прокалывания.

2. Растворение глинозема в расплаве криолита (Na_3AlF_6) и его электролиз в ванне с угольным анодом и покрытым угольными блоками катодом. Катионы алюминия нейтрализуются на катоде и выпадают в виде расплава. На производство 1 т алюминия уходит 17-18 тыс. кВт электроэнергии.

3. Электролитическое рафинирование, аналогичное рафинированию меди, где в качестве анодов используют алюминиевые блоки.

7. Производство титана.

Рудами для получения титана, являются ильменит ($FeTiO_3$), содержащий 53% TiO_2 и 47% FeO, и рутил (TiO_2).

Полученный после электромагнитного или гравитационного обогащения концентрат руды подвергают восстановительной плавке в смеси с коксом при 1700°C. Железо восстанавливается, и образует чугун, а оксид титана переходит в шлак, состоящий из 65-85% TiO_2 .

Шлак брикетируют с коксом и подвергают хлорированию в специальных шахтных печах при температуре 600°C, где титан переходит в тетрахлорид TiCl₄.

Тетрахлорид титана плавится при температуре 23°C и кипит при +136°C, поэтому в печи он испаряется и, увлекая за собой летучие хлориды примесей (Si, Mg, Fe и др.), направляется в конденсационную установку, в которой наличие секций с различными температурами позволяет их разделить. Выделенный четыреххлористый титан далее подвергают очистке ректификацией.

Затем четыреххлористый титан восстанавливают в стальных ретортах (герметичный сосуд из огнеупорного материала). Реторту устанавливают в электропечь, заполняют аргоном, нагревают до 750-800°C и заливают жидкий тетрахлорид титана и магний.

Восстановленный титан спекается в пористую губку, а жидкий хлорид магния сливают и направляют на электролиз для получения магния и хлора.

Титановая губка содержит в порах до 35-45% примесей (магний, хлорид магния и др.), поэтому ее подвергают очистке методом вакуумной дистилляции – выдерживают в вакууме при 900°C в течение нескольких десятков часов. Часть примесей удаляется в виде расплава, другие испаряются.

Плавку титановой губки осуществляют в вакуумных электродуговых печах. Одним электродом служит стержень из прессованной титановой губки, другим — расплавленный металл. При горении дуги стержень плавится, титан стекает в тигель и затвердевает в слиток. Вакуум предохраняет металл от окисления и способствует очистке от растворенных газов.

8. Производство магния.

Сырьем для производства магния являются магнезит MgCO₃, доломит CaCO₃·MgCO₃, карналлит MgCl₂·KCl·6H₂O и бишофит MgCl₂·6H₂O. Наиболее распространенным является электролитический способ производства из хлорида MgCl₂.

Технология производства включает три стадии: получение безводного хлорида магния, электролиз с получением жидкого магния, рафинирование.

Получение хлорида магния ведут тремя способами.

1. Обезвоживание карналлита в две стадии. Первую проводят, нагревая карналлит в трубчатых вращающихся печах или печах кипящего слоя. Вторую - в печах-хлораторах, где карналлит расплавляют при 550-600°C и продувают хлором (примеси MgO переводят в MgCl₂). Обезвоженный карналлит содержит 47-52% MgCl₂, 40-46% KCl и 5-8% NaCl.

2. Хлорирование магнезита или оксида магния, получаемого путем предварительного обжига магнезита: $MgO + Cl_2 + C = MgCl_2 + CO$.

3. Получение MgCl₂ в качестве побочного продукта в процессе восстановления титана магнием.

Получение магния осуществляют в электролизере.

Электролит состоит из MgCl₂ (5-17%), KCl, NaCl и добавок CaF₂. Электролиз ведут при 670-720°C. На катоде выделяется магний, на аноде - газообразный хлор.

Анодами служат графитовые пластины 1, а катодами — стальные пластины 2. Плотность магния меньше плотности электролита, и поэтому магний всплывает.

Чтобы хлор, выделяемый на аноде, не взаимодействовал с Mg, а также против замыкания анода и катода расплавленным магнием, над анодом устанавливают разделительную диафрагму 3.

Рафинирование магния осуществляют отстаиванием в печах, возгонкой или электролизом. Наиболее распространен первый способ, заключающийся в выдержке расплава магния в печах под слоем флюса. При этом происходит отстаивание (переход в осадок) примесей электролита и шлама. Рафинирование возгонкой осуществляют испарением в вакууме при 900°C, чистый Mg осаждают в конденсаторе. Электролитическое рафинирование аналогично рафинированию алюминия. В электролизере внизу у анода находится слой рафинируемого магния, выше — слой электролита, а над ним у катода накапливается чистый магний.

9. Производство свинца.

Основным сырьем для производства свинца являются сульфидные полиметаллические руды (свинцово-цинковые и медно-свинцово-цинковые), которые помимо Pb содержатся Zn, Cu, Cd, Bi, Au, Ag, As, Sb, Ti, Se, Te, Ge и In. Важнейшим минералом является галенит PbS.

Руды содержат не более 8-9% Pb, и для переработки их подвергают обогащению методом селективной флотации, в результате чего получают свинцовые концентраты, содержащие 30-80% Pb; 1-14% Zn; до 10% Cu; 2-15% Fe; 9-15% S; 2-13% SiO₂.

Для переработки свинцовых концентратов применяют пирометаллургические технологии: реакционную, осадительную и восстановительную.

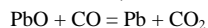
В основе реакционной плавки лежат химические взаимодействия:



Плавку осуществляют в горнах, в электропечах и т.д.

Осадительная плавка основана на реакции вытеснения свинца из его сульфида железом.

Восстановительную плавку осуществляют в шахтных печах. Перед плавкой концентраты обжигают и спекают, затем обожженный агломерат плавят с коксом, восстанавливая свинец:



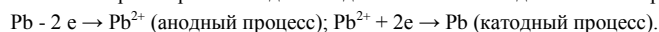
Примеси с большим сродством к кислороду при плавке образуют шлак, а с малым - восстанавливаются до металлов и растворяются в свинце. Загрязненный свинец, содержащий 2-10% примесей, называется черновым, который в жидком виде направляют на рафинирование.

Рафинирование проводят пирометаллургическим и электролитическим способами. Электролиз применяют при небольшом содержании примесей и применяется в меньшей степени.

Пирометаллургическое рафинирование черного свинца предусматривает последовательное выделение примесей с учетом химических свойств примесей или их соединений. На каждой стадии рафинирования образуются сьемы (промежуточные продукты), в которые переходят примеси и часть свинца. Продолжительность всего цикла составляет около 100 часов.

В промышленности в основном применяют метод окислительного рафинирования - окислением селитрой в присутствии едкого натра (щелочное рафинирование). В результате реакции окисления образуются арсенаты, антимонаты и станаты натрия, которые нерастворимы в свинце и образуют с едким натром щелочной сплав. Очищенный от примесей мягкий свинец разливают в слитки (чушки) массой 30-40 кг.

Электролитическое рафинирование применяют для получения 20% производимого в мире свинца высокой чистоты. Процесс заключается в электрохимическом растворении анодов в виде пластин массой до 200 кг из черного свинца, и осаждении чистого свинца на катоде:



Катодом служат тонкие листы (толщиной - 1 мм) очищенного свинца.

Электролит состоит из водного раствора H_2SiF_6 (8-10%) и PbSiF_6 (6-8%Pb). Расход электроэнергии на 1 т свинца ~200 кВт·ч. Электролиз проводят в железобетонных ваннах с кислотоупорной футеровкой из винилпласта или керамики. Продолжительность наращивания катодов 2-3 сут. Чистота электролитного свинца 99,995-99,997%.

10. Производство олова.

Производство олова включает добычу и обогащение оловянной руды, выплавку и рафинирование. Годовой объем его производства сравнительно невелик и редко превышает 250 000 т. Олово получают в основном из касситерита SnO_2 , который, будучи довольно тяжелым минералом, хорошо поддается гравитационному обогащению. Полученный концентрат касситерита содержит 70-76% олова.

Для восстановления касситерит плавят с углеродсодержащими материалами в печах. В качестве топлива используют каменный уголь (реже древесный). Руду смешивают с антрацитом и известняком. Процесс аналогичен выплавке чугуна. Шлаки, содержащие до 25% олова, подвергают доработке переплавкой при более высокой температуре с добавлением новых количеств восстановителя. В результате получается черновое олово с высоким содержанием железа (железистая печная насталь).

Рафинирование может проводиться термическим или электролитическим способом. При термическом рафинировании черновое олово, содержащее 97-99% Sn, рафинируют от примесей в стальных полусферических котлах при температуре ~300°C. Железо и медь удаляют добавлением в расплав угля и серы, мышьяк и сурьму отделяют в виде соединений и сплавов с алюминием, свинец - действием SnCl_2 , а висмут - в виде соединений с кальцием и магнием. Рафинированный металл содержит 99,75-99,95% Sn.

Для электролитического рафинирования применяют электролитные ванны и вспомогательное оборудование примерно такие же, как и при рафинировании меди. Электролит содержит 8% серной кислоты, 4% крезол- и фенолсульфокислоты и 3% двухвалентного олова (Sn^{2+}). Чистота электролитического олова более 99,98%. Дополнительной очисткой по методу зонной плавки получают особо чистое олово для полупроводниковой техники (99,995% Sn).

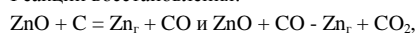
11. Производство цинка.

Цинк обычно получают из полиметаллических сульфидных руд (свинцово-цинковых), содержащих свинец, и часто серебро. Руды обогащаются либо флотационным, либо гравитационным способами.

Выплавку и очистку выполняют обычно термическим или электролитическим способами. В любом случае первой стадией процесса является обжиг измельченной и обогащенной руды в печах с кипящим слоем. В результате обжига образуется оксид цинка и выделяется сернистый газ (для производства побочного продукта — серной кислоты, или выбрасывается в атмосферу).

В термическом (или дистилляционном) методе концентраты оксида цинка смешивают с углем и нагревают в специальных ретортных печах. Восстановление оксида цинка до металла углеродом и CO происходит при температуре 1000-1200°C, т.е. выше температуры кипения получаемого цинка.

Реакции восстановления:



сопровождаются образованием газообразного цинка. Компоненты пустой породы остаются при этом в твердом виде. Пары улавливаются и охлаждаются в конденсаторах в виде жидкого цинка.

Достоинствами пирометаллургической схемы получения цинка являются ее малостадийность, сравнительно высокое прямое извлечение цинка в металл, использование высокопроизводительного оборудования непрерывного действия и возможность перерабатывать низкокачественное сырье с высоким содержанием железа, мышьяка, сурьмы, и кремнезема.

Цинк, полученный дистилляцией, называют черновым, общее содержание примесей в нем достигает 3-4%. Черновой цинк идет в основном на оцинкование железа.

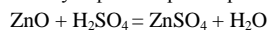
Большую часть дистилляционного цинка подвергают рафинированию. Применяют разные способы: ликвацию, дистилляцию, химическое рафинирование и ректификацию.

Ликвация основана на изменении растворимости примесей в расплавленном цинке при охлаждении с выделением примесей в отдельную фазу и разделением по плотности.

Для получения чистого цинка высоких марок применяют последовательно ликвацию и ректификацию, которая позволяет получить цинк чистотой 99,996%.

Электролитический метод выплавки: обожженный цинковый концентрат обрабатывают серной кислотой, чтобы перевести окись цинка в сульфатный раствор, который подвергают электролизу.

В основе электрохимического метода лежит обработка оксида цинка из обожженного концентрата разбавленной серной кислотой с переводом цинка в сульфатный раствор:



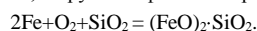
После этого цинк из раствора выделяют путем электролитического восстановления на катоде. На аноде в это время регенируется серная кислота, что позволяет использовать отработанный электролит в качестве растворителя при выщелачивании огарка.

12. Производство никеля.

Сырьем для производства никеля являются окисленные никелевые или сульфидные медно-никелевые руды. В окисленных рудах никель находится в виде силикатов $n\text{NiO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot m\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (содержится 1-7% Ni). В сульфидных рудах никель находится в виде NiS (0,3-5,5% Ni, а также Си, Со, Pt, Iг и др.).

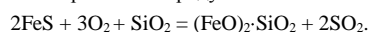
Окисленные руды перед плавкой их измельчают, сушат, брикетируют или агломерируют. Шихту, состоящую из руды, кокса, известняка и других материалов выплавляют в шахтных печах с воздушным дутьем через щелевидные фурмы. Продуктом плавки является штейн - сплав сульфидов (Ni_3S_2 и FeS), содержащий 12-30% Ni, 45-60% Fe, 17-23% S, а также Си и Со.

Затем проводят плавку на фاینштейн путем продувки расплавленного штейна воздухом в конверторах, аналогичных конверторам для получения меди. Плавка делится на два этапа. На первом окисляется и удаляется металлическое железо. В конвертор заливают порцию расплавленного штейна, загружают флюс - кварцевый песок (SiO_2) и продувают:



Шлак сливают, заливают новую порцию штейна, загружают флюс и продолжают продувку. Эти операции повторяют несколько раз, до заполнения штейном конвертора.

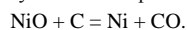
На втором этапе продувки окисляется сульфид железа



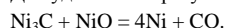
Продукт плавки — фэйнштейн - сплав сульфида никеля (Ni_3S_2) и никеля, содержащий 75—78% Ni (~15% металлического), 20—23% S, небольшое количество кобальта, меди, железа.

Окислительный обжиг фэйнштейна производят в печах для удаления серы и получения закиси никеля NiO
 $2\text{Ni}_3\text{S}_2 + 7\text{O}_2 = 6\text{NiO} + 4\text{SO}_2$.

Для восстановления никеля проводят плавку в дуговых электрических печах, аналогичных сталеплавильным. Восстановителем служит древесный уголь или нефтяной кокс:



Для удаления образующегося карбида (Ni_3C) производят доводку присадками NiO



Черновой никель содержит 99,2-99,6% Ni, 0,3-0,8% Fe, 0,04-0,4% Cu.

Электролитическое рафинирование никеля обычно проводят в бетонных ваннах, футерованных керамической плиткой. Аноды - литые пластины из черного никеля, катоды - тонкие листы из чистого никеля. Электролит - водный раствор сульфата никеля NiSO_4 . Чтобы избежать выделения на катоде Cu, Co и Fe, катоды помещают в ванне в плоских коробках — диафрагмах со стенками из брезента, хлорвиниловых и других тканей.

Чистый электролит (католит) непрерывно заливают в диафрагму, а электролит, содержащий примеси (анолит), непрерывно удаляют и направляют на химическую очистку. Напряжение около 3 В, расход электроэнергии на 1 т никеля около 3000 кВт·ч. За 10-15 суток катод наращивают до толщины 10-15 мм. Из анодного шлама извлекают платину и другие ценные металлы.

Сульфидные медно-никелевые руды перерабатывают по технологии, аналогичной переработке медных руд. Бедные руды обогащают методами флотации, обычно получая медно-никелевый концентрат. Перед плавкой концентрат подвергают обжигу. Плавку на штейн проводят в отражательных пламенных печах (как при производстве меди). Богатые руды и концентрат, плавят в электродуговых печах.

Для извлечения никеля из медно-никелевых фэйнштейнов можно применить карбонильный способ. Сплав измельчают и обрабатывают окисью углерода CO при давлении 70-200 атм. и температуре ~200°C. В результате обработки образуются жидкие карбонилы $\text{Ni}(\text{CO})_4$, $\text{Fe}(\text{CO})_5$ и др. Ректификацией выделяют карбонил никеля $\text{Ni}(\text{CO})_4$, который затем разлагают при 300°C с выделением порошкообразного никеля.

Тема 4. ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

1. Общие сведения о литейном производстве.

Литейным производством называют процесс получения отливок путем заполнения жидким металлом специальных форм.

Литье - наиболее простой и дешевый способ изготовления заготовок. Из всех известных способов формообразования (обработка резанием и давлением, сварка, порошковая металлургия) литейная технология наиболее эффективна, так как позволяет получать изделия необходимой формы непосредственно из расплава при сравнительно небольших затратах энергии, материалов и труда.

Суть процесса литья заключается в том, что расплав заданного химического состава заливается в литейную форму, полость которой соответствует геометрии будущей отливки. Затвердевшую отливку затем извлекают из формы.

Методом литья можно получать законченные изделия, а также заготовки для дальнейшей обработки. Литье обладает универсальностью, т.е. позволяет получать изделия различной конфигурации, размеров и массы (от нескольких граммов до сотен тонн) из сплавов любого состава (чугун, сталь, сплавы цветных металлов).

Специальные методы литья позволяют получать отливки с высокой точностью размеров и чистотой поверхности, не требующие дальнейшей механической обработки.

Современное литейное производство использует около 50 различных видов технологий, при этом наиболее часто применяют литье в песчано-глинистые формы, в кокиль, в оболочковые формы, под давлением, центробежное литье, по выплавляемым и выжигаемым моделям.

Литейные формы могут быть разового и многократного применения.

2. Литье в песчано-глинистые формы.

Процесс состоит из следующих основных операций: изготовление модельной оснастки; приготовление формовочных и стержневых смесей; изготовление литейных форм (полуформ) и песчаных стержней; сборка формы; приготовление жидкого сплава и заливка его в форму; удаление из формы и очистка затвердевшей отливки.

Модельная оснастка включает

- модель будущей отливки (из дерева, металла, пластмассы) для получения в песчаной форме отпечатка, соответствующего по конфигурации отливке;

- подмодельную плиту, к которой крепится модель;

- опору - металлическую раму, которая заполняется формовочной смесью с последующим уплотнением;

- стержневые ящики для изготовления песчаных стержней, которые служат для образования внутренних полостей в отливках.

Формовочные материалы представляют собой смесь кварцевого песка, глины (5–8%) и воды (3–4%) с добавками и связующими. Стержневые смеси готовят из песка и связующих.

Изготовление полуформ и стержней производится вручную и на машинах. При изготовлении полуформ одновременно формируют литниковую систему (для заливки металла в полость формы). Форму собирают из двух полуформ, при этом в нижнюю устанавливают песчаные стержни.

Жидкий сплав получают в плавильных печах и заливают в формы с помощью разливочных ковшей. После охлаждения отливки формы разрушают на виброрешетках. Литниковую систему отделяют от отливки (пилами, газовой и электродуговой резкой). Стержни удаляют на вибрационных машинах и струей воды.

Очистка отливок от пригоревшей формовочной смеси производится в галтовочных барабанах, на дробеструйных установках и другими методами.

Способ литья в песчано-глинистые формы отличается универсальностью, но относительно низкой точностью размеров и чистотой поверхности получаемых отливок наряду с возможностью образования достаточно большого количества дефектов (пригар, недолив, засор, усадочные раковины и др.).

3. Специальные методы литья в разовые и постоянные формы.

Специальные способы литья подразделяют на литье в разовые и в постоянные формы.

К специальным методам лить в разовые формы относятся: литье в оболочковые формы, по выплавляемым и выжигаемым моделям.

Для получения оболочек используют смесь мелкого кварцевого песка с горячелетвердеющей смолой. Формирование оболочки происходит на нагретой до 250°C металлической модели. Толщина оболочки составляет 6 - 10 мм. Две оболочковые полуформы скрепляют струбцинами или клеем, форму устанавливают в опору с песком. Металл заливают в форму через литниковую систему, после его охлаждения форму разрушают. Расход формовочной смеси снижается примерно в 10 раз, повышенная точность отливок уменьшает затраты на механическую обработку. Метод легко механизуется и автоматизируется, обеспечивая высокую производительность.

Литье по выплавляемым моделям производят в неразъемную оболочковую форму, которая формируется вокруг разовой модели из легкоплавкого материала (парафин, стеарин, воск). Модель окунают в огнеупорную суспензию, обсыпают мелким песком и сушат. Процесс повторяют, пока толщина оболочки не достигнет нескольких миллиметров. Затем модель расплавляется и вытекает из формы. Форму прокалывают, устанавливают в опоку с песком и заливают металлом. Метод обеспечивает высокую размерную точность и чистоту поверхности сложных отливок, но отличается высокой трудоемкостью и себестоимостью отливок.

Литье по выжигаемым моделям сходно с литьем по выплавляемым моделям. Однако здесь модель, изготовленную из полистирола, не извлекают из формы перед заливкой металла. Модель выжигается (заливаемым металлом), освобождая полость для отливки.

К специальным методам литья в постоянные формы относится литье в кокиль, под высоким и низким давлением, центробежное и непрерывное.

Кокиль - металлическая литейная форма (из чугуна, стали, цветных сплавов) многократного использования (от 1000 для заливки стали до 20000 при заливке цветных сплавов). Стержни используются металлические или из стержневой смеси. Перед заливкой кокиль подогревают до 200–300°C и покрывают огнеупорной краской для предохранения кокиля от термических ударов. Преимущества - более высокая точность и чистота поверхности отливок, низкая стоимость отливок, более высокая производительность.

Литье под высоким давлением осуществляется на специальных машинах. Стальная пресс-форма из двух полуформ с полированной рабочей поверхностью заполняется расплавом под давлением поршня. Обеспечивается высокая точность и чистота поверхности отливок, что снижает объем механической обработки (примерно в десять раз), и очень высокая производительность. Недостатки - высокая стоимость пресс-форм и газовая пористость отливок.

Литье под низким давлением осуществляется давлением сжатого воздуха на зеркало расплава, который вытесняется по металлопроводу в металлическую форму с относительно небольшой скоростью. Обеспечивается высокая плотность, получение тонкостенных отливок большой протяженности, но относительно низкая производительность.

Центробежное литье осуществляется заливкой расплава во вращающуюся форму, который под действием центробежных сил прижимается к внутренней поверхности формы, растекается по ней и затвердевает. Обеспечивается плотная структура, высокая производительность. Применяется в основном для изготовления отливок цилиндрической формы.

Непрерывное литье используют для получения протяженных отливок постоянного поперечного сечения путем непрерывной подачи расплава из металлоприемника в водоохлаждаемый кристаллизатор и вытягивания из него затвердевшей части отливки.

4. Технологии порошковой металлургии.

Процесс производства изделий из металлических порошков состоит из следующих операций:

1. Получение металлических порошков.

Их получают механическими и физико-химическими методами. При механическом измельчении металлов используют различные мельницы, ультразвук и метод гранулирования, при котором капли металла, попадая в воду, застывают в виде мелких частиц. Химические и физико-химические методы основаны на восстановлении или электролизе оксидов металла.

2. Формование изделий из порошков в холодном состоянии и под давлением:

- методом одностороннего и двустороннего сжатия в прессформах,
- мундштучным прессованием - выдавливанием через сужающийся канал смеси порошка с пластификатором,
- прокаткой металлических порошков с получением спрессованной ленты,
- гидростатическим методом - обжатием металлического порошка, находящегося в эластичной оболочке, жидкостью со всех сторон.

3. Спекание спрессованных изделий в электрических печах при температуре 0,7 - 0,9 от температуры плавления порошка для обеспечения заданной прочности. При горячем прессовании процессы формования и спекания порошка совмещаются.

4. Отделка полученных изделий.

Этим методом изготавливают детали широкой номенклатуры из различных композиций металлических порошков, что позволяет получать изделия с особыми свойствами (с регулируемой пористостью, с пропиткой маслами и растворами и т.д.).

Порошковая металлургия отличается высокой технико-экономической эффективностью за счет низких отходов металла (2-5 %), относительно небольшой трудоемкости и себестоимости и возможности использования отходов металлообработки.

5. Технологии обработки металлов давлением.

Суть метода заключается в пластической деформации заготовки для придания ей заданной формы и размеров. Для повышения пластичности заготовку нагревают. Для предотвращения взаимодействия с окружающей атмосферой нагрев осуществляют в защитной среде (засыпки, обмазки, инертные газы). Метод отличается высокой производительностью и низкими потерями металла, высокой точностью и качеством получаемых изделий.

Этим методом получают заготовки и изделия массой от нескольких грамм до сотен тонн.

Различают следующие технологические разновидности метода: прокатка, волочение, прессование, ковка, штамповка.

Прокатка - наиболее распространенный и экономичный способ. Заготовка деформируется путем обжатия между вращающимися валками прокатного стана. Продольную прокатку применяют для получения листового и сортового проката, поперечную прокатку - для получения зубчатых колес, поперечно-винтовую прокатку - для получения бесшовных труб, шаров, осей.

Волочение осуществляют протягиванием (в т.ч. многократным) металлической заготовки в холодном состоянии через отверстие волоочильной доски. Получают проволоку, прутки различного профиля, трубы с уменьшенным диаметром.

Прессование - нагретый металл выдавливают из замкнутой полости через отверстие в матрице. Получают изделие с формой поперечного сечения, соответствующей форме отверстия матрицы. Исходным материалом служат нагретые прокатанные заготовки или слитки. По сравнению с прокаткой обеспечиваются более точные размеры изделий и большая производительность. Однако предельные размеры изделий ограничены, а отходы в виде прессостатка достигают 40 % от массы заготовки.

Ковка - свободная пластическая деформация нагретого металла при многократном воздействии ударного инструмента. Исходным материалом служат слитки, прокат. Машинную ковку осуществляют на молотах и прессах. Основные операции машиннойковки: осадка (уменьшение

высоты заготовки), протяжка (удлинение заготовки за счёт уменьшения её толщины), прошивка отверстий и полостей, сварка, скручивание, отрубка, раскатка. Применяется в мелкосерийном и единичном производстве.

Штамповка - деформация металла в штампе, т.е. в стальной форме, состоящей из двух частей (нижней и верхней). Заготовка приобретает форму и размеры, соответствующие внутренней полости штампа. Для объемной штамповки исходным материалом служат прутки или штульные заготовки, для листовой штамповки - плоские листовые заготовки. Метод обеспечивает и более высокую производительность, точность и чистоту поверхности, чем при свободной ковке. Потери при штамповке до 25% и требует дополнительной операции обрезки. Штампы дороги, поэтому метод целесообразно применять в серийном и массовом производстве.

6. Технология сварки.

К сварке плавлением относятся электродуговая и газовая сварка.

Электродуговая сварка имеет наибольшее распространение. Для плавления используется электрическая дуга, имеющая температуру до 6000°C, которая возникает между электродом и заготовками. Для питания дуги используются переменный (экономичнее) или постоянный (устойчивее дуга) ток. Сварка может выполняться плавящимся (расходуемым) или неплавящимся электродом.

При сварке неплавящимся электродом (графитовым, вольфрамовым) в зону дуги подают при необходимости присадочный материал в виде проволоки. Для повышения качества сварного соединения и защиты дуги и жидкого металла от кислорода применяют флюсы и инертные газы. В состав флюсов входят раскислители и легирующие элементы, улучшающие структуру и свойства сварного шва. Жидкий флюс покрывает шов, а после остывания его корка легко удаляется. В качестве защитных газов используют углекислый газ, аргон, гелий, водород, которые подают в зону горения дуги.

При газовой сварке для расплавления кромок заготовок используется теплота, выделяемая при сгорании газа (ацетилен, водород, пропан, природный газ и др.) в кислороде. Наиболее часто применяют ацетилен, сгорание которого с кислородом имеет наибольшую температуру пламени (3150°C). Для сварки применяют газовые горелки. Различают 3 вида газовой сварки:

1. нормальным пламенем (соотношение кислорода и ацетилена эквимолярное) - для большинства сталей;
2. науглероживающим пламенем (с избытком ацетилена) - для чугуна (выгорающий при сварке углерод компенсируется за счет углерода ацетилена);
3. окислительным пламенем (с избытком кислорода) - для латуни (образующаяся оксидная плёнка препятствует испарению цинка).

Газовая сварка имеет значительно меньшее распространение, чем электродуговая так как: трудно поддается автоматизации, имеет меньшую производительность, наличие кислорода в пламени ухудшает механические свойства и качество сварного шва.

Основным видом сварки давлением является электрическая контактная сварка. Она основана на местном разогреве свариваемых заготовок электрическим током и сжатии их. Этим методом получают более 30% сварных соединений, обеспечивается высокое качество и надежность сварного соединения, механизация и автоматизация процесса, и высокая производительность. Различают три вида электроконтактной сварки: точечную, шовную, стыковую, газопрессовую.

Точечную сварку применяют для соединения плоских заготовок внахлест, свариваемых в отдельных точках. Заготовки зажимаются между двумя медными электродами, к которым подведен ток. Ток включается кратковременными импульсами. В месте контакта металл расплавляется и затвердевает. Толщина свариваемых заготовок 0,001 - 30 мм.

При шовной сварке электродами служат вращающиеся ролики, между которыми в сжатом состоянии перемещаются заготовки, соединяемые внахлест. Образуется непрерывный сварной шов. Скорость сварки до 6 м/мин. Применяется для получения герметичных соединений из заготовок толщиной 0,001 - 3 мм.

При стыковой сварке заготовки, соединяемые торцами, закрепляют в зажимах, к которым подводится электрический ток. При сближении заготовок их торцы нагреваются до оплавления и сжимаются. Применяется для сварки заготовок с большой площадью поперечного сечения.

Газопрессовая сварка аналогична стыковой, но нагрев заготовок производят газовыми горелками. Затем заготовки сдавливают. Качество сварного соединения и производительность уступают стыковой сварке. Применяется для сварки труб, рельсов, арматуры.

7. Характеристика процесса обработки металлов резанием.

Обработкой металлов резанием называют процесс, при котором режущим инструментом снимается слой материала заготовки для получения детали нужной формы, заданных размеров и шероховатости (чистоты обработки).

На металлорежущих станках получают окончательно готовые, не требующие дальнейшей обработки детали. В качестве заготовок используют отливки, поковки, штамповка, сортовой прокат и другие материалы.

При обработке резанием заготовка и режущий инструмент совершают определенные движения. Они подразделяются на рабочие движения, в процессе которых происходит снятие стружки, и вспомогательные - для подготовки узлов станка к этому процессу. Рабочее движение подразделяется на главное - снятие стружки резцом и подачи - перемещение резца в направлении обработки заготовки. Например, при сверлении вращение сверла является главным движением, а перемещение сверла вдоль оси является движением подачи.

Обработка резанием обеспечивает высокую точность размеров и малую шероховатость поверхности деталей, но значительная часть металла уходит в стружку. Процесс резания состоит из главного рабочего движения (движение резания) и второстепенного (движение подачи).

Слой материала, подлежащий срезанию с поверхности заготовки для получения заданного размера, называют припуском на обработку.

К основным методам механической обработки относят:

- точение (обтачивание, растачивание, подрезание, разрезание),
- сверление (рассверливание, зенкерование, развертывание и др.),
- фрезерование, строгание и долбление, шлифование,
- отделочные (полировка, притирка, суперфиниш и др.).

Видам обработки соответствуют виды станков.

Точность размерной обработки оценивается допуском - интервалом значений между верхним и нижним отклонениями размеров деталей от номинальных (основных). Классы точности называют качествами. Их всего 19 (01; 0; 1; 2 ... 17), номер возрастает с увеличением поля допуска. Качество обработки поверхности оценивается шероховатостью в пределах 14 классов (чем меньше шероховатость, тем выше класс).

8. Обработка наружных и внутренних поверхностей.

Наружные поверхности тел вращения (валы, оси, втулки) предварительно обрабатывают точением на токарных и подобных станках (револьверных, лобовых, карусельных). Окончательная обработка выполняется на шлифовальных и иных станках, предназначенных для чистовой обработки, которую применяют для повышения точности и уменьшения шероховатости поверхности детали.

Шлифование обеспечивает повышение точности до 6 качества, выполняется на круглошлифовальных станках.

Притирка осуществляется абразивной пастой, внедренной в специальные инструменты - притиры из чугуна, меди, твердых пород дерева. В процессе притирки заготовка вращается, а притир совершает возвратно - поступательное движение.

Суперфиниш – сверхчистовая доводка для уменьшения шероховатости поверхности, выполняемая мелкозернистыми абразивными брусками. Заготовка вращается, бруски совершают колебательное движение вдоль оси заготовки с малой амплитудой (до 6мм), большой частотой (до 1000 в минуту) и небольшой силой резания.

Полирование применяется для получения блеска поверхности. Выполняется вращающимися мягкими кругами (войлочными, фетровыми), на поверхность которых наносятся мелкозернистые абразивные пасты.

Предварительная обработка отверстий выполняется сверлением или растачиванием. Для повышения точности полученное отверстие обрабатывают зенкером (спиральное сверло с тремя - четырьмя режущими и калибрующими боковыми кромками) и разверткой (цилиндр с режущими боковыми кромками).

Кроме развёртывания, для чистовой обработки могут применяться протяжки. Режущая часть этих инструментов состоит из кольцевых зубьев, диаметр которых последовательно увеличивается. Размер последнего зуба соответствует конечному диаметру отверстия.

Калибрование отверстий осуществляют закалённым стальным шариком, который с натягом перемещают вдоль оси отверстия, или путём раскатывания роликами.

Хонингование производят на хонинговальных станках для повышения точности размеров и исправления погрешностей формы отверстий (конусность, овальность) в закалённых стальных, чугунных и бронзовых заготовках. Инструмент - хон - самоцентрирующийся цилиндр, в пазах которого находятся абразивные бруски. Они имеют возможность раздвигаться в радиальном направлении в пределах заданного припуска. Хон совершает вращательное и возвратно-поступательное движение (вдоль оси отверстия). Производительный процесс.

Притирка и полирование идентичны операциям при обработке наружных поверхностей. Шлифование отверстий мало производительно и вызывает большой износ абразивного круга.

Фрезерование выполняется вращающейся фрезой - многолезвийным режущим инструментом. Метод высокопроизводительный. Существует встречное (черновое) и попутное (чистовое) фрезерование. Оснащение фрез пластинами из твёрдого сплава повышает производительность, точность и качество поверхностей.

Строгание плоскостей на поперечно-строгальных станках осуществляется резцом, движущимся прямолинейно (главное рабочее движение). Вспомогательное движение (поперечное) осуществляет стол станка с заготовкой. На продольно-строгальных станках главное рабочее движение (возвратно-поступательное) совершает стол с заготовкой. Наличие холостого хода резко снижает производительность. Точность обработки не высокая (8-11 квалитет). Долбление - разновидность строгания. Резец совершает главное рабочее движение (возвратно-поступательное) в вертикальной плоскости. Заготовка имеет поперечную и продольную подачу.

К чистовым методам обработки плоскостей относятся тонкое фрезерование (малая глубина и подача при высокой скорости резания), шлифование, притирка, полирование.

9. Термическая обработка металлов.

Термической обработкой металлов называется тепловое воздействие с целью придания им необходимых свойств. Тепловое воздействие может сочетаться одновременно с химическим воздействием. Такие процессы относятся к химико-термическим.

Различают следующие виды термической обработки: отжиг, закалку, отпуск и старение.

Отжиг бывает 1-го и 2-го рода. Сущность отжига 1-го рода заключается в нагреве заготовок выше температуры фазового превращения с последующим медленным охлаждением (иногда вместе с печью). Различают следующие разновидности отжига 1 -го рода:

- гомогенизационный, применяемый для выравнивания структуры,
- рекристаллизационный, устраняющий изменения структуры, возникающие, в процессе обработки металлов давлением, приводящие к повышению твердости и снижению пластичности;
- отжиг, снимающий или уменьшающий остаточные внутренние напряжения, возникающие при различных технологических операциях (холодной обработке давлением, сварке и др.).

С помощью отжига 2-го рода, или полного отжига, изменяют структуру сплава и устраняют внутренние напряжения. Заготовки нагревают до температуры, превышающей на 30—50°C температуру фазового превращения, и медленно охлаждают вместе с печью. Такой процесс термообработки проводят с целью понижения твердости. Разновидностью отжига 2-го рода является нормализация, при которой заготовки охлаждают на воздухе.

Закалка — это процесс, осуществляемый для повышения твердости и прочности материала. При закалке заготовки (наиболее часто стальные) нагревают выше температуры превращения и быстро охлаждают в воде, минеральном масле, растворах солей или в расплавленных солях (270 — 290°C). Тип охлаждающей среды определяет скорость охлаждения, которая влияет на получение той или иной структуры.

При необходимости получить высокую твердость лишь поверхностного слоя применяют поверхностную закалку заготовок, нагревая их токами высокой частоты с последующим быстрым охлаждением окунанием в жидкость или на дождевальной установке.

Отпуск — нагрев закаленных заготовок до температур, лежащих ниже температуры фазового превращения, и охлаждение их на воздухе. Повышая температуру отпуска, можно повысить пластичность и вязкость материала при одновременном понижении твердости и прочности. Отпуск при высоких температурах нагрева называют улучшением.

При всех процессах получения заготовок деталей их материал приходит в напряженное состояние, характеризующее определенным уровнем внутренних напряжений. Поэтому перед началом механической обработки часто проводят старение, которое ускоряет релаксацию внутренних напряжений.

Различают *естественное старение* — длительное выдерживание деталей на складах, заводских дворах при воздействии на них непрерывно изменяющихся атмосферных факторов (температуры» влажности и т. д.), а также *искусственное старение* с нагревом заготовок в печах до температуры 100—150°C и охлаждением вместе с печью.

10. Химико-термическая обработка металлов.

Химико-термическая обработка — тепловая обработка металлов в различных химически активных средах с целью изменения химического состава и структуры поверхностного слоя металла, повышающих его свойства (твердость, износостойкость).

В зависимости от элемента, насыщающего поверхность заготовки, различают следующие виды химико-термической обработки: цементацию, азотирование, цианирование, диффузионную металлизацию.

Цементацией называется процесс насыщения углеродом поверхностного слоя заготовок из низкоуглеродистой (до 0,3% С) стали для создания в них после термической обработки твердой поверхности при достаточной вязкости сердцевины. Различают цементацию в твердом карбюризаторе (древесном угле с добавками различных углекислых солей), жидкую и газовую.

Азотирование - процесс диффузионного насыщения азотом поверхностного слоя заготовок из сталей и чугуна. Такие легирующие элементы как алюминий, хром, молибден, ванадий, а также железо, при азотировании образуют с азотом твердые и стойкие химические соединения — нитриды.

Азотирование протекает при более низкой температуре, нежели цементация. Азотированная поверхность имеет более высокую твердость, износостойкость и коррозионную стойкость, которые сохраняются практически неизменными при повторных нагревах до 500–600°C.

Азотирование назначают как последнюю операцию при изготовлении деталей, так как после этого процесса они сохраняют светлую чистую поверхность, не требующую дополнительной обработки.

Цианирование заключается в одновременном насыщении поверхностей заготовок стальных деталей азотом и углеродом. Процесс цианирования может выполняться в жидкой и газовой среде. В зависимости от температуры цианирование подразделяется на *низкотемпературное* (530–650°C) и *высокотемпературное* (800–930°C). При цианировании используются ядовитые вещества, что требует особой осторожности при его выполнении и строгого соблюдения правил техники безопасности.

Жидкостное цианирование осуществляется в ваннах, содержащих цианистые и нейтральные соли. После цианирования детали подвергаются термической обработке.

Газовое цианирование, или нитроцементация, выполняется в газовой среде, состоящей из цементующего и нитрирующего газов. При высокотемпературной нитроцементации глубина планированного слоя может достигнуть 1,8 мм при длительности процесса 6 — 7 ч.

Диффузионная металлизация — это процесс насыщения поверхностного слоя заготовок различными химическими элементами (алюминием, хромом, кремнием, бором и др.) при совместном их нагревании и выдержке. В зависимости от используемого элемента процессы металлизации получили названия: алитирование, хромирование, силицирование, борирование и т. д. Кроме того, применяют комплексную металлизацию в печаваннах при 800—1300°C (например, хромопелитирование, хромоалитирование и др.).

Диффузионная металлизация может выполняться в твердых, жидких и газообразных средах. Этот процесс обеспечивает повышение твердости, коррозионной стойкости, жаростойкости и износостойкости поверхностей деталей.

Основным недостатком диффузионной металлизации является малая глубина металлизированного слоя (0,2 — 0,4 мм) при относительно большой длительности процесса.

11. Технология сборочного производства.

Сборочный процесс является заключительным этапом производственного процесса в машиностроении. От качества сборки зависят эксплуатационные показатели изделия, его надежность, работоспособность и долговечность. В ряде случаев сборка является наиболее трудоемким процессом: для многих машин, приборов, аппаратов трудоемкость сборки составляет от 40 до 60% от общей трудоемкости изготовления.

Технологический процесс сборки заключается в последовательном соединении деталей в сборочные единицы, механизмы и машины. Большинство деталей предварительно соединяют с образованием сборочной единицы. Соединение нескольких сборочных единиц составляет механизм. Целое изделие (машину) собирают из механизмов, агрегатов, сборочных единиц и отдельных деталей.

Любой сборочный процесс, состоит из нескольких стадий:

- 1) подгонки или обработки деталей в сборочной единице (характерно для единичного или мелкосерийного производств при отсутствии условий, обеспечивающих взаимозаменяемость);
- 2) предварительной сборки — соединения отдельных деталей в простейшие сборочные единицы и механизмы (агрегаты);
- 3) общей (или окончательной) сборки изделия;
- 4) регулирования и испытания изделия.

Исходными для сборки являются следующие документы:

- 1) сборочные чертежи изделия со спецификацией;
- 2) технические условия на приемку и испытание изделия;
- 3) производственная программа.

Технологический сборочный процесс разрабатывают для каждой стадии и оформляют в виде технологических карт, схем, которые являются основной технологической документацией. В картах указываются: наименование изделия; годовой выпуск; наименование и описание операций и переходов, приспособления и инструмент, необходимые для выполнения каждой сборочной операции; эскизы; технические условия сборки; нормы времени; квалификация рабочих.

Сборка выполняется в сборочных цехах, а отдельные ее этапы иногда проводят в механосборочных цехах или в сборочных отделениях механических цехов.

В единичном производстве для сборки применяют универсальное сборочное оборудование и универсальную технологическую оснастку (приспособления, инструмент). В серийном производстве на сборку поступают, в основном, взаимозаменяемые детали.

Различают две организационные формы сборки стационарную и подвижную.

При *стационарной сборке* изделия полностью собирают на одном сборочном месте, к которому подают все детали и сборочные единицы, входящие в это изделие (применяют в единичном и мелкосерийном производствах).

При *подвижной сборке* собираемое изделие последовательно перемещается по рабочим местам, на каждом из которых выполняется определенная сборочная операция (применяют в массовом и крупносерийном производствах). Собираемое изделие перемещают с помощью различных транспортных средств роликовых конвейеров, рельсовых и безрельсовых тележек, ленточных и ценных сборочных транспортеров и т. п.

При подвижной сборке перемещение изделия может совмещаться с выполнением технологических операций: промывки, продувки, сушки, окраски.

12. Основные виды соединений, используемых при сборке.

При сборке основным видом работ является осуществление различных соединений и сопряжений деталей — разъемных и неразъемных, подвижных и неподвижных.

К *разъемным* относят такие, которые могут быть полностью разобраны без повреждения составляющих их частей и крепежных деталей (резьбовые, штифтовые, шпоночные, шлицевые и клиновые). Резьбовые соединения могут осуществляться либо с применением крепежных деталей (винтов, шурупов, болтов, гаек), либо выполнением резьбы на соединяемых деталях. Штифтовые соединения применяются для точной фиксации сопрягаемых деталей, а шпоночные и шлицевые — преимущественно для передачи вращательного движения в механизмах машины.

Остальные соединения относят к *неразъемным*, которые в свою очередь подразделяются на две группы. В первую группу входят соединения с гарантированным натягом, получаемым без дополнительных средств крепления (например, изготовленные прессованием, развальцовкой, отбортовкой). Они используются, как правило, при сборке готовых деталей. Ко второй группе относят соединения, осуществляемые с помощью сварки, пайки, клепки, склеивания.

Сварка — технологический процесс образования неразъемного соединения деталей путем их местного сплавления.

Пайка — процесс соединения заготовок, выполненных из металлов и неметаллических материалов, находящихся в твердом состоянии, посредством расплавленного присадочного материала, называемого *припоем*.

Температура плавления припоя должна быть ниже температуры плавления основного материала. Неразъемное соединение образуется в результате плавления припоя, смачивания и взаимной диффузии припоя и основного материала. Для взаимной диффузии необходимо, чтобы спаиваемые поверхности были очищены от оксидов и загрязнений, а припой и металл защищены от окисления. С этой целью используют различные флюсы.

Нагрев заготовок и расплавление припоя в зависимости от его вида производят паяльниками, газовыми горелками, электрическим током в печах, индукционным током, а также в печах-ваннах с расплавами солей.

Паять можно заготовки из всех марок металлов и сплавов. Пайка металлов с неметаллами (кварцем, стеклом, керамикой, полупроводниками) и требует применения особых технологических процессов.

Клепка — процесс создания неразъемного соединения с помощью заклепок — стержней круглого сечения, устанавливаемых в совмещенные отверстия соединяемых деталей. Затем выступающие концы (головки) заклепок деформируются (расклепываются).

Клепанные конструкции применяются главным образом в сооружениях, испытывающих значительные динамические нагрузки (железнодорожные мосты и т.д.). Склепывание осуществляется пневматическими и электрическими молотками, электромеханическими, пневматическими и пневмогидравлическими прессами и машинами.

В настоящее время при сборке получает все более широкое распространение склеивание (клеевая технология). Клей — композиция на основе веществ, способных соединять (склеивать) материалы. Действие клея основано на образовании между ним и склеиваемыми материалами адгезионной (межмолекулярной) связи, способствующей образованию неразъемного соединения.

Наиболее часто склеивают те материалы, которые теряют свои свойства при нагревании и сдавливании: пластмасс, стекла, керамики, легких сплавов (алюминиевых, магниевых).

Технологический процесс получения клевого соединения состоит из следующих этапов: подготовка поверхностей, нанесение клея, склеивание при определенных температурах, давлении и времени выдержки, очистка соединения и контроль качества.

В зависимости от материала и конструктивных особенностей соединяемых частей применяют различные клеи. Вид и качество применяемого клея оказывают большое влияние на механическую прочность соединения. Для органических клеев из синтетических полимеров (полиэфирных, эпоксидных, феноло-формальдегидных смол) характерны высокая прочность склеивания и стойкость в различных средах. Клеи из природных полимеров (например, коллагена, альбумина, камедей, крахмала) отличаются невысокой устойчивостью к действию воды и микроорганизмов. К неорганическим клеям относятся керамические, силикатные и др. Клеи могут быть жидкими (например, растворы, эмульсии) и твердыми (пленки, порошки, прутки), которые расплавляют перед употреблением или наносят на нагретые поверхности.

Тема 5. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Общая технология керамических производств.

Керамика — искусственные материалы и изделия, полученные спеканием неорганических смесей мелкодисперсных компонентов.

Компоненты (сырье) делят на пластичные, отошающие и плавни. К пластичным относят глины и каолины.

Глина — осадочная горная порода, состоящая из глинистых минералов (каолинит, гидрослюда, монтморрилонит и др.), а главными компонентами являются SiO_2 (30 — 70%) и Al_2O_3 (10 — 40%). Каолин — глины белого цвета, состоящие преимущественно из каолинита.

В техническом аспекте глины — землистые горные породы, способные при затворении водой образовывать пластичное тесто, которое после сушки обладает некоторой прочностью, а после обжига приобретает камнеподобные свойства.

К отошающим (для снижения пластичности) относят кварцевый песок, шамот (обоженный каолин и глину), шлаки; к плавням (для снижения температуры плавления) — полевые шпаты, искусственные силикатные стекла.

В керамическом производстве можно выделить пять основных стадий:

1. подготовка глиняной массы;
2. формование изделий;
3. сушка отформованных изделий;
4. обжиг высушенных изделий;
5. поверхностная обработка керамических изделий.

Подготовка глиняной массы заключается в удалении твердых каменистых включений, измельчении и увлажнении для получения однородной массы с требуемыми формовочными свойствами. Используются в основном механические и гидромеханические процессы.

В зависимости от исходного сырья и вида продукции различают следующие способы подготовки: полусухой и мокрый (шликерный).

При полусухом способе сырье после предварительного дробления сушат (в сушильных барабанах до остаточной влажности 6–8%), затем измельчают, просеивают, увлажняют (до влажности 8–12%) и тщательно перемешивают. Этот способ используется в основном при производстве плиток.

При мокром способе подготовки глиняной массы исходное сырье дробят, тонко измельчают и увлажняют до получения однородной пластичной массы влажностью 18–22%. Этот способ применяется при производстве глиняного кирпича, черепицы, труб.

При шликерном способе высушенное сырье измельчают в порошок и смешивают с водой до получения однородной массы (шликер), который используют для получения изделий способом литья (санитарно-технические изделия, декоративная керамика и др.).

Формование заключается в придании керамическим изделиям требуемых формы и размеров. При полусухом и пластическом способах подготовки глиняной массы оно осуществляется преимущественно на прессах, при шликерном — в гипсовых формах методом литья.

Сушка может проводиться в естественных условиях, а также в камерных (периодического действия), либо туннельных (непрерывного действия) сушильках. Продолжительность сушки составляет от 24 ч до 3 суток до остаточной влажности, не более 5% (во избежание неравномерной усадки и растрескивания при обжиге).

Обжиг производят преимущественно в туннельных печах непрерывного действия, в которых навстречу изделиям, перемещаемым вагонетками, подаются дымовые газы. Условно печь делят на три зоны — подогрева, обжига и охлаждения.

Вначале происходит досушивание изделий (при 100–200 °С). При температуре 200–800 °С выделяется летучая часть органических примесей глины и выгорающих добавок. В интервале температур 550–800 °С происходит полное обезвоживание глинистых минералов и удаление химически связанной воды. При этом легкоплавкие составляющие плавятся, а частицы глины в местах их контакта сближаются, происходит усадка

изделий. Дальнейший подъем температуры до максимальной обуславливает существенные необратимые изменения в структуре керамики: глина необратимо переходит в камневидное состояние.

После достижения максимальной температуры обжига изделия подвергают изотермической выдержке для выравнивания температуры по всей их толщине.

Поверхностная обработка керамических изделий предназначена главным образом для придания им привлекательного вида, декорирования и повышения стойкости к внешним воздействиям. При этом поверхность некоторых керамических изделий перед обжигом покрывают глазурью — стекловидным покрытием толщиной 0,15—0,3 мм.

2. Производство керамической плитки.

Большинство керамических изделий можно разделить по способу производства на три группы. Это - неглазурованные плитки (керамический гранит), глазурованные плитки двукратного обжига (настенная плитка) и глазурованные плитки однократного обжига. Технология их производства во многом схожа, но имеется и ряд отличий.

Технологическая схема производства керамической плитки включает следующие основные фазы: приготовление раствора (смеси); формовка изделия; сушка; приготовление глазури и глазуровка (эмалировка); обжиг.

Приготовление смеси включает в себя несколько операций, которые обеспечивают получение измельченного однородного материала с определенным содержанием влаги.

При сухой технологии сырьевые ингредиенты подвергаются измельчению в молотковых дробилках, а затем увлажняют. При мокрой технологии получают шликер.

При производстве плиток применяют два метода формовки - прессовка и экструзия.

Для прессования воду удаляют противоточным распылением шликера и нагретого воздуха. Для экструдирования (получения изделий путем продавливания расплава материала через формуемое отверстие) воду удаляют при помощи фильтра-пресса.

Наибольшее распространение получил метод прессования (около 98% всей керамической плитки). Прессованные керамические плитки изготавливаются из порошкообразной смеси, уплотняющейся и формирующейся под высоким давлением (до 500 кг/см²) при помощи гидравлического пресса посредством пресс-форм.

Экструдированные плитки изготавливаются из тестообразной массы исходных материалов и формируются при прохождении через специальное отверстие экструдера при помощи матрицы-мундштука, обеспечивающей плитке толщину и ширину. Далее происходит нарезка изделия по длине специальными ножами (тонкой проволокой).

Перед тем как попасть в печь керамическая плитка проходит через сушильную камеру.

Основной керамической глазури являются особые виды стекла (фритты), которые в процессе обжига плитки расплавляются.

Существует много способов нанесения глазури: в виде гранул, пастообразной массы или распыленной суспензии. Нанесения может происходить по-разному: до обжига, после обжига и во время обжига. Один из самых распространенных способов нанесения орнаментов называется шелкографией: через специальную сетку с различными по своей величине и частоте отверстиями с помощью красок наносят рисунки.

Затем происходит обжиг плитки, который может длиться от 40 до 120 минут. Печь для обжига - закрытый конвейер длиной от 50 до 80 метров, в каждой точке поддерживается определенная температура. В процессе движения по печи изделие обжигается при температуре от 200 до 1200°C. Для каждого типа плитки разрабатывается индивидуальный температурный режим. Отличается и максимальная температура обжига для разных материалов. У плитки двойного обжига - около 950°C, у однократного обжига - до 1180°C, у керамогранита - до 1300°C.

Однократный обжиг, когда глазурь и основание обжигаются вместе - используется, как правило, для производства напольной глазурованной плитки. Высокая температура обжига позволяет получить хорошо спеченный прочный бисквит, и обеспечивает значительную устойчивость глазури к истиранию.

Двойной обжиг используется для производства настенной глазурованной плитки. Он состоит из двух этапов. На первом - обжигается только основание плитки. В результате получается высокопористый черепок, не подвергнувшийся усадке. Далее на основание наносится глазурь и происходит вторичный обжиг.

Особыми типами плиток являются «прессованно-эмалированные», полученные нанесением порошкообразной эмали в момент прессования, и плитки с «эмалировкой по раскаленному корпусу», полученные путем нанесения гранулированных эмалей на раскаленный корпус.

Декор производится при помощи 3-его обжига. На уже готовую плитку наносят необходимый рисунок. Делается это различными способами в зависимости от ожидаемого эффекта - нанесением рисунка через сетки или трафареты красками, золотом, глазурью (иногда в виде порошка). После изделие обжигается, при этом порошок глазури расплавляется, образуя рельефный рисунок.

3. Производство керамического гранита.

Керамогранит (керамический гранит, керегранит) – искусственный отделочный материал, который производится методом полусухого прессования из пресс-порошка при давлении 400–500 кг/см², с последующим обжигом при температуре 1200—1300°C. В результате обжига плитки становятся однородными, предельно прочными и стойкими к различным воздействиям.

Пресс-порошок получают из шликера, который представляет собой тщательно гомогенизированную смесь сырьевых компонентов: белой глины и каолины, кварцевый песок, плавни (полевые шпаты и пегматиты), вода.

Визуально керамический гранит определяют по боковому срезу – у него рисунок тот же, что и на поверхности.

Изделие окрашивается на стадии изготовления: для придания керамограниту необходимого цвета в сырьевую массу вводят минеральные пигменты. Таким образом, цвет распределяется по всей толщине плитки, придавая ей однородную структуру, напоминающую природный гранит.

Дозированные, согласно рецепту, сырьевые материалы подвергаются мокрому помолу, который осуществляется в шаровых мельницах, с целью повышения реакционной способности массы при обжиге и качественного перемешивания сырьевых материалов.

Превращение шликера в пресс-порошок осуществляется в башенной распылительной сушилке «атомизаторе». Шликер, распыленный под высоким давлением в башне атомизатора до капельного состояния, при контакте с теплоносителем отдает влагу, и превращается в сыпучий порошок заданного гранулометрического состояния.

Обжиг керамического гранита осуществляется в роликовой печи в течение 50 минут. Транспортировка плитки через печи, осуществляется посредством керамических роликов. Вся обожженная плитка, подвергается тесту на наличие трещин и поступает на сортировку, причем человек принимает участие, только в классификации качества лицевой поверхности, по всем геометрическим показателям, сортировку плитки, осуществляет электроника. Система сортировки позволяет разделять плитку по калибрам таким образом, что линейные размеры плитки, уложенные на один поддон, не отличаются более чем на 1 мм.

В зависимости от способа обработки поверхность керамогранита может быть различной:

Матовая – поверхность имеет натуральный необработанный вид, который получается после выхода из печи, без дальнейшей механической обработки.

Полированная – достигается ровным срезанием необработанной матовой поверхности с последующим «осветлением» получившегося среза. Материал становится сверкающим, приобретает эффект «глубины» цвета.

Полуполированная – получается за счет частичного срезания верхнего матового слоя. Так обрабатываются обычно плитки, изначально имеющие неровную поверхность - создается эффектная фактура полированных участков, смешанных с грубой матовой поверхностью.

Рельефная (структурированная) – с ярко выраженным рельефом на поверхности.

По сравнению с керамической плиткой керамический гранит обладает более высокими показателями износостойкости, сопротивления механическим и климатическим воздействиям, морозостойкости, устойчивости к ультрафиолетовым излучениям. Материал обладает чрезвычайно низким водопоглощением, что объясняется его плотной структурой. Керамический гранит не реагирует на воздействие кислот и щелочей, даже в концентрированном виде. Его высочайшая механическая прочность позволяет использовать материал в сложных условиях (ударная или ветровая нагрузка, внутренние напряжения, вызванные перепадами температур). Керамогранит препятствует распространению огня.

Керамический гранит выпускается глазурованным и неглазурованным. Глазурованная плитка применяется, в основном, для полов, где существует относительно меньшая нагрузка на полы, так как глазурь под воздействием песка может стираться. В этом случае ее внешний вид ухудшается, но при этом своей прочностью плитка не терит.

4. Технология производства стекла.

Строительное стекло – это перохлажденный расплав смеси оксидов и бескислородных соединений.

Сырьевые материалы, используемые для производства стеклянных изделий, подразделяют на главные и вспомогательные.

Главные сырьевые материалы – это основные компоненты стекла: кремнезем, глинозем, оксиды натрия, калия, кальция, магния и др. Эти материалы вводятся в стекломассу главным образом в виде природных соединений.

Вспомогательные сырьевые материалы вводятся в стекломассу для придания стеклу особых свойств или улучшения технологии его производства. Они по своему назначению подразделяют на следующие группы:

- ускорители варки стекла – для снижения температуры и увеличения скорости образования стекломассы (фтористые соединения);
- осветлители – для освобождения стекломассы от газовых пузырей (хлористый натрий);
- обесцвечиватели – для предотвращения окрашивания стекла (селитра, сульфат натрия);
- глушители – для получения непрозрачного стекла (соединения фтора и фосфора);
- красители – для окрашивания (соединения кобальта, хрома, марганца, урана, железа).

Кроме того, в состав смеси вводят также стеклобой.

Не зависимо от вида и назначения стеклянных изделий в технологии стекла выделяют следующие основные стадии:

- подготовка сырьевых материалов;
- приготовление стекольной шихты;
- варка стекла;
- формование (выработка стекла);
- термическая обработка.

Подготовка сырьевых материалов включает в себя предварительное дробление, сушку, тонкое измельчение, классификацию по размерам частиц.

Приготовление стекольной шихты включает в себя дозирование исходных материалов, тщательное их перемешивание для получения однородной смеси – шихты, брикетирование и гранулирование шихты.

Варка стекла (стекловарение) — основная и самая сложная стадия, по своей сущности это совокупность высокотемпературных химических процессов. Процесс варки стекломассы условно подразделяют на следующие этапы: силикатообразование, стеклообразование, гомогенизация, студка.

В ходе силикатообразования (при температуре около 400°C) начинаются химические реакции в твердой фазе с образованием плотного монолитного спека.

При дальнейшем подъеме температуры (до 1000 °C) силикаты плавятся, начинается стадия стеклообразования, в ходе которой образуется неоднородный, приобретающий прозрачность расплав исходных компонентов и продуктов их химического взаимодействия, а также выделяются газообразные продукты, удаляемые из расплава. Удаление пузырьков газов ускоряется путем введения осветлителей, перемешиванием стекломассы, воздействием ультразвука.

На стадии гомогенизации (1400–1600°C) обеспечивается химическая однородность стекломассы, получается стекло требуемого состава и свойств.

Студка представляет собой процесс охлаждения стекломассы до температур, при которых она имеет вязкость, оптимальную для выработки изделий.

Варка стекла осуществляется в специальных стекловаренных печах периодического или непрерывного действия. Производительность современных печей – до 600 т стекломассы в сутки, а их размеры – до 70 м длины. В качестве топлива в большинстве случаев используется природный газ.

Охлажденная до необходимой температуры выработка стекломасса поступает на стадию *формования* изделий. В зависимости от вида получаемой продукции в настоящее время используют следующие способы выработки стекла:

- вытягивание и прокат (производство листового стекла);
- прессование (производство изделий в заранее подготовленных пресс-формах);
- литье (производство полых изделий в литейных формах);
- выдувание, когда форма изделию придается с помощью сжатого воздуха;
- сварка, когда изделие состоит из двух и более деталей.

Кроме того, возможно комбинирование вышеперечисленных способов.

В последнее время для производства полированного листового стекла используют так называемый флоат-процесс, когда гладкая лицевая поверхность стекла формируется на поверхности расплавленного олова.

Термическая обработка является заключительной стадией. В большинстве случаев стеклянные изделия подвергаются отжигу – нагреву до температуры, которая на 20°C ниже температуры размягчения стекла (400–600°C) и последующему медленному охлаждению. Отжиг снимает внутренние напряжения, возникшие в изделии из-за неравномерности охлаждения его наружных и внутренних слоев, и уменьшает вероятность разрушения изделия под действием незначительных механических нагрузок.

5. Технология производства портландцемента.

(Portland - название полуострова на юге Великобритании)

Портландцемент - гидравлическое вяжущее вещество, твердеющее на воздухе и в воде. Является важнейшим строительным материалом. Но производству и применению занимает первое место среди вяжущих материалов.

Сырьём служат: известняк (CaCO_3) ~ 75%; глина, (оксиды Si, Al и Fe) ~ 25%; возможные добавки гипса (1–5%) и других минеральных веществ (до 10%).

Технологический процесс производства портландцемента включает следующие стадии:

1. Добыча и подготовка сырьевых материалов.
2. Приготовление смеси.
3. Обжиг смеси и получение цементного клинкера (полуфабриката).
4. Вылѐживание клинкера.
5. Помол клинкера и смешение его с добавками.

В зависимости от метода приготовления сырьевой смеси различают мокрый и сухой способы производства портландцемента.

Мокрый способ включает:

1. Измельчение твёрдого известняка до крупности частиц менее 5 мм (в щѐковых или валковых дробилках) и приготовление глиняной суспензии перемешиванием глины (и мела) с водой (50%) в специальных болтушках (резервуар диаметром 5–10 м, высотой 3 м с вращающейся вокруг вертикальной оси крестовиной, к которой на цепях подвешены стальные грабли).

2. Смешение глиняной суспензии с дроблѐным известняком (и с меловым шламом) в трубной мельнице (стальной цилиндр диаметром 3 м, вращающийся вокруг горизонтальной оси, разделенный внутри на 3...4 камеры перегородками с отверстиями, частично заполненный стальными шарами).

Полученный шлам (жидкоподвижная масса с влажностью 35...45 %) подаѐтся в шламобассейны (стальные или железобетонные резервуары), где корректируется химический состав шлама.

3. Обжиг шлама производят во вращающихся печах из листовой стали, футерованных внутри огнеупорным материалом (диаметр 5–7 м, длина до 230 м, скорость вращения 1–1,5 об/мин). Шлам подаѐтся во вращающуюся печь со стороны её приподнятого конца и постепенно перемещается к нижнему отверстию. Навстречу сырьевой смеси подаются топочные газы.

По мере повышения температуры смеси при её движении происходит ряд превращений:

- при температуре до 200 °С - испарение влаги и комкование материала;
- при 200–700 °С - разложение гидратов (удаление связанной влаги) и выгорание органических примесей;
- при 700–1100 °С - диссоциация (распад) карбонатов (до CaO и CO_2) и глинистых минералов (на оксиды SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3);
- при 1100–1300 °С - образование основных клинкерных минералов (белит или двухкальциевый силикат ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), трѐхкальциевый алюминат ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), целит или четырёхкальциевый алюмоферрит ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$);
- при 1300–1450 °С - спекание с образованием главного минерала клинкера - алита (трѐхкальциевый силикат $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$).

Обожжѐнный клинкер содержит 45...60% алита, 20...30% белита, 10...20% целита и 4... 12% трѐхкальциевого алюмината. Вышедший из печи обожжѐнный клинкер охлаждается в холодильнике и в виде гранул отправляется на склад.

4. Вылѐживание клинкера на складе 10–15 суток. При этом свободная известь гасится влагой, содержащейся в воздухе: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$.

5. Тонкий помол клинкера в трубных многокамерных (шаровых) мельницах. Добавки измельчаются вместе с клинкером или раздельно с последующим их смешением.

Готовый портландцемент подаѐтся в специальные ёмкости (силосы) для охлаждения, затем расфасовывается. При хранении активность цемента снижается (через 3 месяца - на 20%, через 6 месяцев - на 30 %, через год - на 40%).

Сухой способ отличается тем, что сырьевые материалы после предварительного дробления сразу измельчаются в сухом виде (влажность не более 10 %) в шаровых мельницах. Полученные порошкообразные компоненты затем тщательно смешиваются в смесителях. Сухая смесь подаѐтся на обжиг и далее - по описанной схеме.

6. Разновидности и применение и портландцемента.

Портландцемент широко применяется для получения растворов и бетонов, для изготовления монолитных и сборных бетонных и железобетонных конструкций надземных и подземных сооружений, для бетонных покрытий дорог и аэродромов.

Обычный портландцемент имеет скорость схватывания после затворения водой - от 45 мин до 10 часов, время твердения до достижения нормальной прочности - 28 суток.

Для придания цементу определённых свойств в него вводят различные минеральные добавки.

В зависимости от вида и количества минеральных добавок различают следующие виды портландцементов:

1. Быстротвердеющий - время твердения 3 суток. Марки 400, 500. Для сборного железобетона.
2. Особобыстротвердеющий высокопрочный - время твердения 1...4 часа. Марки 500, 550, 600. Для аварийно-восстановительных работ.

Получают оба вида с использованием более тонкого помола и регулирования химического и минералогического состава цемента. Количество активных минеральных добавок - до 20 %.

3. Пуццолановый - тонкое измельчение плюс 20...40 % минеральных добавок (и гипса). Марки 300, 400. Для подземных и подводных конструкций в условиях мягких пресных вод и при сульфатной коррозии.

4. Сульфатостойкий - тонкое измельчение плюс минеральные добавки до 20 % (и гипс). Марки 400, 500, а с добавками шлака - марки 300, 400. Для подземных и подводных конструкций при сульфатной коррозии. Повышает морозостойкость бетонов.

5. Шлакопортландцемент - с добавками измельчѐнного шлака (21...80%) и гипса. Марки 300, 400, 500. Для железобетонных сборных изделий, для монолитных надземных, подземных и подводных конструкций при воздействии пресных и минерализованных вод.

6. Белый портландцемент из чистых известняков и белых глин, почти не содержащих оксидов железа и марганца. Марки 400, 500. Для архитектурно - отделочных работ.

7. Цветной - получают совместным тонким измельчением белого и цветного клинкера, красителей, гипса и активной минеральной добавки. Марки 300, 400, 500.

7. Строительные материалы на основе портландцемента.

К этим материалам относятся строительные растворы, бетоны и железобетоны.

Строительные растворы состоят из смеси портландцемента (с добавкой извести), воды и мелкого заполнителя (кварцевый песок и др.). Количество заполнителя зависит от марки портландцемента. Применяют для кладочных, штукатурных и монтажных работ.

Цементные бетоны готовят на основе цементных растворов и крупных заполнителей. В зависимости от заполнителя они имеют различную плотность.

В обычных тяжёлых цементных бетонах (плотность 1,8 ... 2,5 т/м³, пористость - около 5%) в качестве заполнителей используют кварцевый песок, гравий или щебень (куски размером 5...70 мм). Щебень получают дроблением горных пород, поэтому он имеет остроугольную форму и шероховатую поверхность, способствующую хорошему сцеплению с цементно-песчаным раствором. Гравий имеет округлую форму с гладкой поверхностью и худшее сцепление с раствором. Применяют для всех несущих конструкций.

В лёгких бетонах (плотность 0,5... 1,8 т/м³, пористость 35...65 %) мелкими и крупными заполнителями (в виде песка и щебня) служат различные пористые материалы естественного происхождения (пемза, туф, пористый известняк и др.) и искусственные (керамзит, аглопорит, вспученный перлит и др.). Применяют для несущих конструкций надземной части зданий.

В особо тяжёлых бетонах (плотность более 2,5 т/м³) используют тяжёлые заполнители - магнетит, чугунный скрап и др. Применяют для специальных защитных конструкций.

В особо лёгких ячеистых бетонах (плотность менее 0,5 т/м³, пористость 75-85 %) искусственно образуются замкнутые поры при разложении вводимых в бетонную смесь газо- и пенообразователей. Применяют для теплоизоляции.

В правильно подобранной бетонной смеси массовая доля цемента составляет 8...15 %, а заполнителей - 80...85%.

Железобетон - сочетание бетона и стальной арматуры (каркаса), монолитно соединённых в единую конструкцию. При этом бетон в большей степени воспринимает сжимающие нагрузки, а арматура - растягивающие. Для повышения трещиностойкости применяют предварительное напряжение железобетонных конструкций.

Железобетон широко применяется в жилищном и промышленном строительстве, мостостроении, гидротехническом строительстве.

8. Технология изготовления железобетонных изделий.

Бетонные и железобетонные изделия в зависимости от способа изготовления подразделяются на монолитные, сборные и сборномонолитные.

Монолитные конструкции изготавливают непосредственно на месте будущего сооружения в временной разборной форме - опалубке, соответствующей по размерам и конфигурации будущей конструкции. Для получения железобетонных конструкций в опалубке монтируют арматурный каркас. Опалубка заполняется бетоном с последующим уплотнением. После достижения бетоном достаточной прочности (около 7 суток) опалубку разбирают и при необходимости наращивают. Этим способом выполняют массивные фундаменты, плотины, стены зданий.

Железобетонные монолитные конструкции ввиду их повышенной прочности особенно целесообразно применять в сейсмических районах, на просадочных грунтах, для зданий повышенной этажности и дымовых труб.

Сборные конструкции изготавливают на заводах серийно в виде крупногабаритных элементов для фундаментов, стен, перекрытий, мостовых и др. конструкций. На строительной площадке из таких элементов собирают строительные конструкции в соответствии с проектом с помощью монтажных кранов. Этот способ обеспечивает значительное сокращение сроков и трудоёмкости строительства.

Сборно-монолитные конструкции сочетают сборные элементы в роли опалубки и монолитный бетон, укладываемый на месте строительства. Применяют при возведении очень массивных конструкций, изготовление которых на заводах невозможно.

Сборные бетонные и железобетонные изделия выпускают заводы железобетонных изделий, цехи крупнопанельного домостроения.

Технология изготовления железобетонных изделий включает следующие основные операции:

1. *Подготовка форм.* Для изготовления форм применяют листовую сталь. Рабочую поверхность форм очищают и смазывают водно-масляной эмульсией для предотвращения схватывания её с бетоном.

2. *Приготовление бетонной смеси* производят в бетоносмесителях с автоматизацией процесса дозирования компонентов смеси.

3. *Изготовление арматурных каркасов:* очистка арматурной стали; резка до заданных размеров; гибка для придания необходимой формы; сварка элементов для получения арматурных сеток и каркасов заданных размеров и формы.

4. *Формование:* заполнение формы с уложенным арматурным каркасом бетонной смесью (бетоноукладчиком); разравнивание смеси; уплотнение для вытеснения пузырьков воздуха и выравнивания свойств по объёму изделия.

Для уплотнения бетонных смесей применяются вибрационный способ, прессование, прокатку, послонное трамбование (ударами трамбовки); центрифугирование, вакуумирование и комбинированные способы.

5. *Тепловлажностная обработка* заформованных изделий в пропарочных камерах для ускорения процесса твердения.

6. *Отделка поверхностей* для придания архитектурно-эстетических качеств производится цветными бетонами и растворами, облицовочными керамическими и стеклянными плитками, мраморной крошкой, боем стекла.

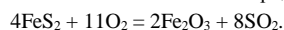
Изготовление сборных бетонных и железобетонных изделий может осуществляться в перемещаемых или в неподвижных формах. Обе схемы производства являются поточными.

Тема 6. ТЕХНОЛОГИИ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

1. Производство серной кислоты.

90% серной кислоты производят контактным способом. Он обеспечивает высокую концентрацию и чистоту продукта. Этот способ включает 4 стадии:

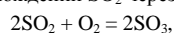
1) Получение сернистого ангидрида - диоксида серы SO₂ в процессе обжига при 1000°C измельчённого серного колчедана FeS₂ в печах (эффективнее во взвешенном слое с продувкой горячим воздухом).



Образующийся огарок Fe₂O₃ содержит до 50 % железа и направляется для производства чугуна.

2) Очистка полученного сернистого ангидрида от пыли в циклонах и электрофильтрах.

3) Получение серного ангидрида - триоксида серы SO₃: нагретый до 450°C газ SO₂ пропускают через контактный аппарат, на решётчатых полках которого расположена контактная масса с катализаторами (окись ванадия, оксиды щелочных металлов, высокопористые алюмосиликаты). При прохождении SO₂ через контактную массу происходит его окисление до SO₃ с повышением температуры до 600°C:



полученный газ охлаждают до 60°C.

3) Абсорбция серного ангидрида концентрированной серной кислотой с получением олеума (пересыщенного раствора серной кислоты) с последующим его разбавлением водой до заданной концентрации.

Серная кислота используется для производства удобрений (суперфосфат, аммофос и др.), для очистки нефтепродуктов, для травления металлов, в цветной металлургии, в производстве красителей, лекарственных веществ, некоторых пластмасс, химических волокон, ядохимикатов, взрывчатых веществ и др. Промышленность выпускает техническую, аккумуляторную и реактивную серную кислоту. Они отличаются по назначению и содержанию примесей.

2. Производство аммиака и азотной кислоты.

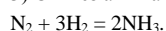
Азот - инертный газ, поэтому в природе его соединения встречаются редко. Большинство организмов (растения и животные) усваивают азот только в виде его соединений. Поэтому усваиваемые растениями соединения азота необходимы для производства минеральных удобрений, а также для различных отраслей промышленности (для производства азотной кислоты, полимерных материалов, взрывчатых веществ, красителей, фармацевтических препаратов). Есть три метода получения связанного азота: дуговой, цианомидный и аммиачный. Энергетически и технологически наиболее выгоден аммиачный метод. Поэтому в производстве азотных соединений свыше 90% приходится на аммиак.

Производство аммиака состоит из трёх стадий:

1) Получение азотоводородной смеси. Азот выделяют из воздуха, охлаждённого до жидкого состояния, путём ректификации (разделения), основанной на различии температур кипения газов. Водород получают электролизом воды или из газов, содержащих метан CH_4 (природный газ и др.). Метан в присутствии водяного пара и кислорода превращается в водород и углекислый газ. Это превращение (конверсию) природного газа проводят при атмосферном или повышенном давлении с применением никелевых катализаторов или без них.

2) Очистка полученных газов (N_2 и H_2) от примесей сернистых соединений, попавших из природного газа, и от CO и CO_2 , образовавшихся при его конверсии. Очистку производят с помощью различных жидких поглотителей (растворов кислот, солей и др.).

3) Синтез аммиака (NH_3). В основе процесса лежит обратимая экзотермическая реакция соединения азота с водородом:

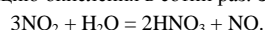


Для этого смесь азота с водородом в соотношении 1:3 подаётся в трубчатую колонну, где на катализаторе при повышенном давлении и температуре происходит синтез аммиака. Из колонны выходит смесь азота, водорода и аммиака с содержанием до 20% аммиака при температуре 200°C. Она направляется в холодильник и далее в сепаратор для выделения из смеси аммиака.

Аммиак - бесцветный газ с резким запахом. Хорошо растворим в воде; 25%-ный раствор аммиака в воде называют аммиачной водой или нашатырным спиртом. Аммиак является важнейшим и практически единственным соединением азота, производимым в промышленных масштабах из азота атмосферы. Это основной полупродукт для получения азотосодержащих веществ, применяемых в промышленности, сельском хозяйстве.

Азотная кислота HNO_3 является сильнейшим окислителем. Её производство основано на процессах окисления аммиака кислородом воздуха и последующей переработке полученных оксидов азота. Окисление аммиака происходит в смеси с воздухом в две стадии: $\text{NH}_3 - \text{NO} - \text{NO}_2$.

Процесс ведут с применением катализаторов (сетки из платиновой проволоки) при температуре около 800°C. Увеличение давления ускоряет реакцию окисления в сотни раз. Затем оксид азота NO_2 абсорбируется водой с образованием азотной кислоты:



По мере протекания реакции концентрация получаемой азотной кислоты возрастает и реакция замедляется.

Промышленность выпускает азотную кислоту различной концентрации: слабую (45 - 60 %), разбавленную (70 %) и концентрированную (92 - 94 %). Разбавленная используется в производстве азотнокислых солей (удобрений), концентрированная - в производстве красителей, взрывчатых веществ, фармацевтических препаратов и др.

3. Производство минеральных удобрений.

Минеральные удобрения - вещества, содержащие элементы, необходимые для питания растений и вносимые в почву для получения высоких устойчивых урожаев. Большую роль в питании растений играют азот, фосфор, калий, магний, сера, железо - макроэлементы. Микроэлементы (бор, марганец, цинк, медь, молибден), вносятся в почву в очень небольших дозах. Из почвы ежегодно уносится большая часть запасов питательных веществ, особенно азот, фосфор и калий. Эти элементы необходимо вносить в почву в виде органических и минеральных удобрений.

Минеральные удобрения классифицируют по следующим основным признакам:

По агрохимическому действию - прямые (содержат питательные элементы - суперфосфат и др.) и косвенные для улучшения физических и биохимических свойств почвы (известняк, доломит - для снижения кислотности почвы).

По видам питательных элементов - азотные, фосфорные, калийные и микроудобрения.

По количеству питательных элементов - простые (содержат один элемент) и сложные (содержат два и более элементов).

По содержанию питательных веществ - обычные (менее 30%) и концентрированные (более 30 %).

По агрегатному состоянию - твёрдые и жидкие.

Аммиачная селитра содержит до 35% азота, успешно используется на любых почвах для любых растений. Получают путём взаимодействия разбавленной азотной кислоты с аммиаком, полученный раствор нитрата аммония упаривают до плава, который гранулируют разбрызгиванием форсунками с охлаждением капель в потоке холодного воздуха.

Карбамид (мочевина) содержит до 46% азота. Получают из жидкого аммиака и газообразного CO_2 при повышенном давлении и температуре 200°C с упариванием раствора до плава с последующим его гранулированием.

Сульфат аммония содержит до 20% азота. Получают как побочный продукт коксохимических и других производств. Его не рекомендуют вносить в кислые подзолистые почвы.

Сырьём для производства фосфорных удобрений служат природные апатиты и фосфориты. В них соединения фосфора входят в нерастворимой форме. Основной задачей производства является перевод нерастворимых фосфорных солей природных фосфатов в водорастворимые соли путём их разложения кислотами, щелочами, нагревом (90% фосфорных удобрений получают разложением кислотами). Продуктом разложения природных фосфатов серной кислотой является суперфосфат простой и двойной.

К калийным удобрениям относятся соли калия: хлориды (около 90%), сульфаты, карбонаты. Хлорид калия получают обогащением сильвинитовой руды флотацией. Получаемый концентрат содержит 92 - 95% KCl . Другой способ растворение сильвинита с последующей раздельной кристаллизацией компонентов раствора.

Для ряда культур (картофель, виноград, сахарная свекла) необходимы бесхлорные формы калийных удобрений (сульфат калия). Получают их по комбинированным технологическим схемам из полиминеральных руд.

Комплексные удобрения получают на основе химического взаимодействия исходных веществ (сложные) и путём механического смешения готовых, простых удобрений (смешанные) с различным соотношением компонентов. В их состав обычно вводят микроэлементы. Выпускают в основном в виде гранул.

Из сложных удобрений чаще применяют нитрофос, нитрофоску и др. Применение комплексных удобрений снижает затраты на транспортирование, хранение и внесение в почву.

4. Технологии переработки нефти.

Фракционная перегонка нефти

Нефть состоит в основном из углеводородов. Они имеют различную температуру кипения, в зависимости от которой делятся на фракции. Разделение нефти на отдельные фракции называется перегонкой. Она основана на разнице температур кипения входящих в её состав углеводородов.

Нефть, нагретая до температуры кипения (около 350°C), подаётся в ректификационную колонну. Давление в колонне пониженное, поэтому нефть легче разделяется на фракции. Низкокипящие фракции превращаются в пар и устремляются вверх. Самая лёгкая бензиновая фракция отводится при 180 - 200°C из верхней части колонны в конденсатор и далее в сепаратор для отделения от воды. Из средней части колонны отводятся средние фракции с температурой кипения 200 - 300°C: керосин, лигроин, соляровое масло. Тяжёлая фракция (мазут) стекает вниз. Выход бензина около 15 %, мазута - около 55 %. Фракционная перегонка даёт лишь грубые фракции сравнительно невысокого качества и количества. Поэтому некоторые из них подвергают вторичной термической обработке - крекингу.

Крекинг нефтепродуктов

Основная цель крекинга - получение светлых топлив из мазута или нефтяных остатков (гудрона и полугудрона). Крекинг заключается в расщеплении длинных молекул тяжёлых углеводородов, входящих в высококипящие фракции, на более короткие молекулы низкокипящих (лёгких) продуктов. Термический крекинг обычно ведут под высоким давлением (до 7 МПа) при температуре 450 - 500°C в трубчатой печи. Смесь продуктов крекинга проходит через испаритель. Здесь отделяются вещества, не поддающиеся крекингу, а лёгкие продукты направляют в ректификационную колонну на разделение. Получают бензина - около 30 %, газовой смеси 10 - 15 %, крекинг-остатка 50 - 55 %.

Скорость и полнота крекинга возрастают с увеличением температуры процесса, его продолжительности и давления. Применение катализаторов позволяет снизить давление или температуру процесса и увеличить выход продуктов. Крекинг с использованием порошкообразных катализаторов (алюмосиликаты, бокситы) называют каталитическим. Его ведут при давлении до 180 кПа и температуре 450 - 500°C. Выход бензина возрастает до 35 - 40%, газа - до 15 - 20%. Бензин каталитического крекинга имеет более высокие свойства, а газы отличаются высоким содержанием изобутана и бутилена, используемых в производстве синтетических каучуков.

5. Производство полимеров.

Синтетические полимеры производят двумя способами: полимеризацией и поликонденсацией.

Полимеризация - процесс соединения многих молекул мономера в макромолекулу полимера, имеющего тот же элементарный состав, что и исходный мономер. При реакциях полимеризации происходит разрыв двойных связей мономеров с образованием мономерных группировок, которые, соединяясь между собой, образуют молекулы полимера. Побочные продукты не выделяются.

Процесс полимеризации может быть цепным и ступенчатым.

В ходе цепной полимеризации под действием температуры, давления, катализаторов сначала активируется одна молекула мономера, которая далее вступает во взаимодействие с неактивированными молекулами и присоединяет их. По мере протекания процесса количество активных молекул возрастает. Цепной полимеризацией получают полиэтилен, полистирол, поливинилхлорид и другие материалы.

Ступенчатая полимеризация характеризуется образованием полимера по ступеням: последовательным соединением мономеров в димеры, тримеры и т.д., которые могут быть выделены на нужной стадии полимеризации. Методом ступенчатой полимеризации получают полиуретаны, полиэфирные смолы, полиформальдегид и др.

Кроме того, для получения полимеров требуемых свойств применяется также сополимеризация, т.е. совместная полимеризация двух и более различных мономеров (бутадиен-стирольный каучук).

В условиях промышленного производства полимеризация может осуществляться следующими методами:

- полимеризация в массе (блочный метод);
- полимеризация в растворе;
- полимеризация в эмульсии (эмульсионная полимеризация);
- полимеризация в суспензии (суспензионная полимеризация).

При полимеризации в массе исходные мономеры находятся в основном в жидкой фазе в неразбавленном состоянии. Методом полимеризации в массе получают полиэтилен, полистирол.

Полимеризация в растворе осуществляется с применением инертных растворителей, в которых растворяется мономер, а затем - образующийся полимер. Готовый продукт представляет собой раствор полимера, который применяют, например, в качестве лака или клея. Получаемые по такой технологии полимеры отличаются однородностью состава (поливинилацетат, полибутилакрилат и др.).

Эмульсионная полимеризация происходит путем смешивания мономера с инициатором (веществом, способствующим протеканию полимеризации) и эмульгатором (веществом, обеспечивающим устойчивость смеси) в воде. Частицы мономера находятся в смеси во взвешенном состоянии, так как он нерастворим или плохо растворим в воде. При нагревании в исходной эмульсии идет реакция полимеризации и образуется полимер. Эмульсионная полимеризация является основным методом получения каучуков, поливинилхлорида, полиакрилатов и др.

Суспензионная полимеризация заключается в том, что мономер равномерно распределяется (диспергируется) в воде. Инициаторы полимеризации растворяются в мономере, но нерастворимы в воде. Полимеризация происходит в каждой крупной капле мономера, полимер образуется в виде твердых частиц (гранул), нерастворимых в воде, и отделяется фильтрованием. Таким методом получают эфиров акриловой кислоты, дивинил бензола.

Поликонденсация - образование высокомолекулярного соединения в результате взаимодействия большого числа молекул двух или больше разных мономеров с одновременным выделением побочных низкомолекулярных продуктов реакции (H_2O , NH_3 , CO_2 и др.).

Процесс поликонденсации в условиях производства может осуществляться в расплаве, растворе и при непосредственном поверхностном взаимодействии мономеров.

Методом поликонденсации получают полиэфирные (например, полиэтилентерефталат), полиамиды, полиуретаны, поликарбонаты, полиакрилаты, фенолоформальдегидные смолы и др.

6. Технологии производства изделий из пластмасс.

Пластические массы (пластмассы, пластики) - конструкционные материалы на основе полимеров, способные приобретать требуемую форму при нагревании под давлением.

По составу пластмассы бывают простые (ненаполненные) и сложные (наполненные).

Простые пластмассы состоят только из полимеров (иногда с добавкой пластификатора или красителя).

Сложные пластмассы содержат ряд других компонентов в зависимости от требуемых свойств материала.

Основными компонентами сложных пластмасс являются связующие вещества, наполнители, пластификаторы, отверждающие вещества и катализаторы, стабилизаторы, красители, газообразователи.

Технология переработки пластмасс включает следующие основные стадии:

- 1) приготовление материала на основе полимера и подготовка его к формованию;
- 2) формование материала и изготовление из него изделий или полуфабрикатов;
- 3) обработка с целью улучшения свойств полимера или изделия (термическая обработка, механическая обработка, сварка и др.).

Способы формования изделий из пластмасс зависят от их отношения к нагреву, т.е. от того, являются они термопластами или реактопластами.

Прямое (компрессионное) прессование – самый распространенный способ переработки пластмасс (преимущественно – термореактивных), включает следующие операции: дозировку прессовочного материала, загрузку его в пресс-форму, выдержку изделия в пресс-форме при повышенной температуре (130–190°C) и под давлением (20–60 МПа) для осуществления реакции поликонденсации, разъем пресс-формы и извлечение изделия, очистку изделия от заусенцев.

Прессованием получают многие слоистые материалы, представляющие собой ткань, бумагу или древесный шпон, пропитанные раствором фенолоальдегидной или карбамидной смолы и спрессованные в листы, трубки или другие профили. Смолу растворяют в спирте или другом растворителе и полученным раствором пропитывают ткань, бумагу или древесину, которые затем высушивают в сушильных камерах. Из высушенного материала делают заготовки, складывают их в пачки и прессуют горячим способом в листы или профили. Одновременно с прессованием происходит отверждение смолы, которая прочно склеивает слои пропитанного материала. Таким способом получают текстолит, стеклопластики, гетинакс.

Для осуществления прямого прессования используют различные гидравлические и механические прессы. Прессованием можно получать изделия несложной формы, разнообразных размеров и толщины.

Литьевое прессование применяется для переработки термореактивных и термопластичных материалов. От прямого прессования оно отличается тем, что загрузочная камера (тигель) отделена от формующей полости пресс-формы. Материал, загруженный в камеру, прогревается до вязкотекучего состояния и с помощью пуансона продавливается через каналы (литники) в формующую полость пресс-формы, где он дополнительно прогревается.

Основными преимуществами литьевого прессования являются: возможность изготовления более сложных деталей; более короткий цикл прессования; отсутствие больших внутренних напряжений в изделиях; большая точность размеров деталей и срок службы пресс-форм.

Литье под давлением (инжекционное прессование) основано на том же принципе, что и литьевое прессование.

7. Формование и обработка изделий из пластмасс

Листовое формование предназначено для получения из листов термопластичных материалов изделий коробчатой формы или профилированных листов. Формование этим способом осуществляется путем штампования, сжатым воздухом, вакуумом.

При вакуум-формовании в полости между листом и поверхностью формы создается разрежение, а размягченный материал формируется в изделие с помощью наружного атмосферного давления. Выдувание применяют для формовки преимущественно полых изделий из термопластичных материалов. Заготовка (нагретая трубка или два листа) помещается между двумя половинками разъемной металлической формы, имеющей отверстия (сопла) для подвода горячего воздуха, который нагнетается в трубку или между листами. Размягченная заготовка под давлением воздуха вытягивается и заполняет форму. Этим способом получают изделия из полиэтилена, полистирола, полиакрилатов и др.

Каландрование (обработка полимерных материалов на каландрах) по своей сути аналогично прокатке при обработке металлов давлением. Каландр – устройство с горизонтальными валами обычно расположенными один над другим, между которыми пропускают полимерный материал для повышения его плотности и гладкости, нанесения рисунка или поверхностного узора, получения соответствующего профиля.

Прокатка наиболее широко применяется для производства слоистых композиционных материалов на основе полимеров.

Полив раствора полимера на холодную или нагреваемую полированную поверхность — один из первых промышленных методов получения полимерных пленок и листов. В настоящее время этим методом производятся главным образом пленки на основе целлюлозы и ее производных, а также из некоторых термореактивных полимеров.

Макание можно считать разновидностью предыдущего метода, когда тонкостенные изделия, например медицинские перчатки, получают по заранее подготовленной модели многократным ее окунанием в ванну с латексом.

Латекс представляет собой водную дисперсию синтетических полимеров, главным образом каучуков. Он образуется при полимеризации соответствующих мономеров в водной среде или при эмульгировании в ней растворов полимеров в органических растворителях (синтетические латексы последнего типа называются искусственными).

Механическая обработка пластмасс похожа на обработку металлов резанием, однако вследствие меньшей твердости пластмасс по сравнению с металлами их обработку проводят при большей скорости подачи соответствующих инструментов (резцы, сверла и т.д.). Из методов обработки резанием для обработки пластмасс используют точение, шлифование, полирование, фрезерование, сверление и т.д.

Механической обработке подвергают в основном термореактивные или блочные пластмассы, такие как фторопласт. Ее используют при изготовлении мелкосерийной или опытной продукции, а также для удаления заусенцев, литников с изделий, полученных, например, прессованием и литьем. Поверхности прессованных и литьевых деталей после снятия заусенцев, как правило, полируют.

Тема 7. ТЕХНОЛОГИИ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Основы производства натуральных текстильных волокон.

Хлопок. Волокна, извлеченные из раскрывшихся коробочек вместе с семенами хлопчатника, называют хлопком-сырцом. На специальных машинах он очищается от тяжелых примесей (камней, комков почвы и др.), после чего на волокноотделительных машинах осуществляется отделение волокон от семян. Далее волокно прессуется в кипы массой 160–200 кг, которые направляются для дальнейшей переработки на прядильные предприятия.

В зависимости от длины волокон хлопок делят на коротко- (20–27 мм), средне- (28–34 мм) и длиноволокнистый (35–60 мм). Хлопок применяют для производства тканей различного назначения. Из хлопкового пуха (волокон длиной менее 20 мм) изготавливают медицинскую, одежду и мебельную вату. Его также используют как целлюлозное сырье для изготовления искусственных волокон, пленок, пластмасс, лаков и др.

Лубяные волокна получают из стеблей, листьев или оболочек плодов различных растений. Наиболее ценные лубяные волокна – льняные. Процесс выделения волокон из стеблей растения включает следующие операции: мочку и обработку паром для удаления пектиновых (склеивающих) веществ и отделения волокон от стебля; мять и трепание на специальных машинах. После трепания получают длинные волокна, называемые трепаным льном, и отходы трепания (короткие волокна). Трепаный лен подвергается гребнечесанию, в результате чего получают длинные горсти чесаного льна, состоящего из очищенных длинных, тонких технических волокон, и очесы.

Шерсть – это волокна снятого волосяного покрова овец, коз, верблюдов, кроликов и других животных. Шерсть, снятую стрижкой в виде цельного волосяного покрова, называют руном. В разных частях руна шерсть неоднородна по качеству, поэтому ее сортируют, а затем подвергают трепанию (для устранения растительных и минеральных примесей), мойке (для удаления потожировых веществ), сушке и упаковке. Выход шерсти при этом составляет примерно 50%.

Длина шерсти влияет на технологию получения пряжи, ее качество и качество готовых изделий. Из длинных волокон (обычно 55–120 мм) получают гребенную (камвольную) пряжу — тонкую, ровную по толщине, плотную, гладкую (непушистую). Из коротких волокон (до 55 мм) получают аппаратную (суконную) пряжу, которая в отличие от гребенной более толстая, рыхлая, пушистая, с неровностями по толщине.

Натуральный шелк. Промышленное значение имеет шелк, получаемый от гусениц тутового шелкопряда. Шелковую нить получают путем размотки размягченного паром кокона шелкопряда. Коконная нить состоит из двух шелковин, склеенных серицином. При отварке серицин растворяется, и коконная нить распадается на две шелковины.

Коконные нити очень тонкие, поэтому после отварки их разматывают одновременно с 6–8 коконов, соединяя в одну комплексную нить, называемую шелком-сырцом. Длина составляет примерно 1000 м, иногда более. Значительную его часть перерабатывают в крученые нити, из которых получают креповые, а также полукреповые ткани.

Оставшийся после размотки кокона сдир (тонкая, не поддающаяся размотке оболочка, содержащая около 20 % длины нити), рвань шелка-сырца, перерабатывают в короткие волокна, из которых получают шелковую пряжу.

2. Основы производства химических текстильных волокон и нитей.

Общая схема производства химических волокон состоит из следующих этапов: получение и предварительная обработка сырья; приготовление прядильного раствора или расплава; формование нитей; отделка; текстильная переработка.

Получение и предварительная обработка сырья. Сырье для производства искусственных волокон, состоящее из природных полимеров, обычно получают на предприятиях (целлюлозных заводах, заводах пищевой промышленности) путем выделения из древесины, семян, молока и т.д. Предварительная обработка сырья состоит в его очистке или химическом превращении в новые полимерные соединения. Сырье для производства синтетических волокон получают путем синтеза полимеров из простых веществ на заводах искусственного волокна или химических заводах.

Приготовление прядильного раствора, или расплава. При изготовлении химических волокон необходимо из твердого исходного полимера получить длинные тонкие текстильные нити или волокна с продольной ориентацией макромолекул. Для этого переводят полимер в жидкое (растворение) или размягченное (расплавление) состояние.

Формование волокон или нитей состоит в дозированном продавливании прядильного раствора или расплава через отверстия фильеры, затвердевании вытекающих струек и наматывании полученных нитей на приемные устройства. Формование струек в элементарные нити осуществляется различными методами: из расплава, из раствора сухим и мокрым способами и др.

При формовании химические волокна получают в виде комплексных нитей, состоящих из нескольких длинных элементарных волокон, и в виде штапельных волокон – отрезков небольшой длины.

Отделка. Она включает в себя следующие операции: удаление примесей и загрязнений путем промывания волокон в различных растворах; белиние волокон оптическими отбеливателями; вытягивание и термообработка волокон для упорядочивания их первичной структуры; поверхностная обработка (аппретирование, замасливание), необходимая для придания нитям способности к последующим текстильным переработкам.

Текстильная переработка проводится с целью соединения элементарных нитей в комплексные и повышения их прочности, увеличения объема паковок нитей, оценки качества полученных нитей (сортировка).

3. Производство и применение искусственных волокон и нитей.

К искусственным относят волокна, получаемые из природных высокомолекулярных соединений (полимеров – целлюлозы, белков), металлов, их сплавов, силикатных стекол. Более 99,5% всех таких волокон вырабатывают из целлюлозы. Существуют три способа получения искусственных волокон из целлюлозы: вискозный, ацетатный и медно-аммиачный, в соответствии с которыми они и получили свои наименования.

Вискозное волокно. Для его изготовления обычно используют древесную, преимущественно еловую, целлюлозу, которую путем обработки химическими реагентами превращают в прядильный раствор – вискозу. Для получения окрашенных в массу волокон и нитей в раствор вводят высокопрочный краситель, для получения матированных волокон – двуокись титана.

Вискозные волокна вырабатывают в виде комплексных нитей и волокон. Из комплексных нитей (в чистом виде и в сочетании) вырабатывают подкладочные, платьевые, сорочечные, бельевые, декоративные ткани, верхний и бельевой трикотаж, чулочно-носочные, текстильно-галантерейные изделия (ленты, тесьма, галстуки). Волокна чаще применяют в смеси с другими волокнами для изготовления платьевых-костюмных, сорочечных тканей, верхнего трикотажа.

Ацетатные волокна получают из хлопкового пуха и облагороженной древесной целлюлозы (содержание целлюлозы – не менее 98%). При воздействии на целлюлозу уксусным ангидридом, уксусной и серной кислотами образуется ацетилцеллюлоза, из раствора которой получают ацетатные волокна или нити. В зависимости от применяемых растворителей и других химических реагентов вырабатывают *диацетатные* (ацетатные), и *триацетатные* волокна.

Ацетатные и триацетатные волокна выпускают в виде комплексных и текстурированных нитей (повышенной объемности), волокон. Нити (в чистом виде и в сочетании с другими нитями, волокнами) используют в ассортименте шелковых платьевых, блузочных, сорочечных тканей, верхнего трикотажа, галстуков, шарфов, кружев.

Медно-аммиачные волокна. Исходным сырьем является хлопковый пух или облагороженная древесная целлюлоза. Медно-аммиачное волокно повышенной линейной плотности (1–1,5 текс) используется в смеси с другими химическими волокнами или шерстью (для изготовления ковров). Более тонкие волокна и нити применяют для выработки того же ассортимента, что и вискозные.

Металлосодержащие волокна (нити) могут быть металлическими или металлизированными (пленочными с металлическим покрытием).

Металлические нити представляют собой мононити круглого или плоского сечения из алюминиевой фольги, меди и ее сплавов, серебра, золота и других металлов.

Металлизированные нити представляют собой двухслойные пленочные нити с внутренним алюминиевым покрытием. Для упрочения их обкручивают одной или двумя капроновыми нитями.

4. Производство и применение синтетических волокон и нитей.

Синтетические волокна получают из природных низкомолекулярных веществ (мономеров), которые путем химического синтеза превращаются в высокомолекулярные (полимеры).

В качестве низкомолекулярных веществ часто используют продукты переработки нефти, природного газа, каменного угля.

Основными поставителями синтетических волокон являются полиамидные (капроновые), полиэфирные (лавсановые), полиакрилонитрильные (нитроновые), полиолефиновые (полипропиленовые, полиэтиленовые), полигалогеновые (поливинилхлоридные, хлориновые), поливинилспиртовые (виниловые).

Полиамидные (капроновые) волокна получают из полимера капролактама — низкомолекулярного кристаллического вещества, которое добывают из продуктов химической переработки каменного угля или нефти. Капроновые волокна используют главным образом в смеси с шерстью, хлопком в ассортименте костюмных, пальтовых тканей. Из тонких нитей изготавливают легкие блузочные, платьевые, плащевые ткани, бельевой трикотаж, чулочно-носочные изделия, кружева. Из толстых нитей получают корд для автопокрышек, канаты, веревки, шетины, лески.

Полиэфирные (лавсановые) волокна получают из продуктов переработки нефти (полиэтилентерефталата) и каменноугольной смолы (терефталевой кислоты и этиленгликоля). Волокно используют в гардинно-тюлевых, тентовых, палаточных изделиях, в смеси с шерстью, хлопком, льном, вискозным волокном для выработки тканей, трикотажа, искусственного меха. Из текстурированных нитей получают верхний трикотаж, из комплексных нитей – тюлевые изделия, из монопнитей – сетки, шетину.

Полиакрилонитрильные (нитроновые) волокна вырабатывают из сополимеров полиакрилонитрила, содержащих один или два других компонента. Нитроновые волокна в чистом виде и в смеси с шерстью используют для выработки платьево-костюмных тканей, искусственного меха, верхнего трикотажа, головных уборов, шарфов, перчаточных изделий. Из комплексных нитей вырабатывают гардинно-тюлевые изделия, рыболовные снасти.

Полиолефиновые (полипропиленовые, полиэтиленовые) волокна получают из продуктов переработки нефти и природного газа — полипропилена и полиэтилена. Моно- и комплексные нити используют для выработки парусных тканей, веревок, канатов. В чистом виде или в смеси с шерстью, хлопком применяют для изготовления ковров, мебельно-декоративных тканей, скатертей, одеял.

Полигалогеновые (поливинилхлоридные, хлориновые) волокна вырабатывают из раствора поливинилхлоридной смолы в диметилформамиде (ДМФА) и из хлорированного поливинилхлорида (хлориновое волокно). Полигалогеновые волокна чаще всего используют в смеси с другими волокнами для производства трикотажного белья, фильтровальных тканей, сукна.

Поливинилспиртовые (виноловые) волокна изготавливают из поливинилового спирта, получаемого из поливинилацетата, являющегося продуктом переработки ацетилена и уксусной кислоты. В смеси с хлопковым, вискозным и шерстяным волокнами используют для выработки сорочечных, платьево-костюмных тканей, бельевого и верхнего трикотажа, ковров, одеял.

5. Основы производства пряжи.

Пряжу вырабатывают как из одного вида волокон, так и из их смеси. Прядение большинства текстильных волокон состоит из следующих основных операций: приемка волокон по качеству, подбор сырья и составление смеси, рыхление, трепание, чесание, выравнивание лент, утонение лент, прядение.

Приемка волокон по качеству заключается в определении их толщины, длины, извитости, разрывной нагрузки и других показателей и сравнении с нормами стандартов.

При подборе сырья и составлении смеси исходят из необходимости целесообразного использования сырья и возможности придания тканям нужных свойств. При смешивании используют сочетания натуральных волокон с различными видами химических или искусственных и синтетических химических волокон друг с другом. Смесь чаще всего состоит из двух видов волокон, но может быть и трех-, и четырехкомпонентной.

Рыхление волокон производят в связи с тем, что они поступают на текстильные предприятия в спрессованных тюках или кипах. В процессе этой операции также удаляются грубые посторонние примеси.

Трепание проводят для более тщательного рыхления волокон и очистки их от посторонних примесей, оставшихся после рыхления. После трепания получают слой волокон, называемый *холстом*.

Чесание – одна из важнейших операций при переработке волокон в пряжу. Встречающиеся в холсте мелкие клочки волокон при этой операции полностью разделяются на отдельные волокна, удаляются оставшиеся мелкие сорные примеси, а также происходят частичное распрямление волокон. Чесание проводят на чесальных машинах (кардочесальных, гребнечесальных или чесальных аппаратах). От названия этих машин образованы наименования вида пряжи и способа ее получения – кардная, гребенная, аппаратная.

Кардным способом вырабатывают пряжу из натуральных волокон средней длины, их смеси с химическими волокнами, химических волокон, льняных очесов. По качеству кардная пряжа имеет средние значения толщины, неравномерности по толщине, ворсистости.

Гребенному чесанию подвергают натуральные волокна большой длины – тонковолокнистый хлопок, лен, шерсть длиной более 55 мм, отходы натурального шелка, химические волокна большой длины резки. Гребенная пряжа — это самая тонкая.

Аппаратному чесанию подвергают низкосортный короткий хлопок, льняные очесы, шерстяные волокна длиной менее 55 мм. Пряжа более толстая, рыхлая, сильно ворсистая, с неровной поверхностью.

Выравнивание лент по толщине необходимо для дальнейших распрямления и параллелизации волокон. Выравнивание лент производится на ленточных машинах путем сложения и вытяжки лент в такое же количество раз, во сколько они соединены.

Утонение лент и получение из них ровницы производят на ровничных машинах с помощью вытяжных приборов. Для скрепления волокон между собой ленту слегка подкручивают и получают *ровницу* – полуфабрикат пряжи.

Прядение осуществляется на кольцепрядильной машине и заключается в дальнейшем утонении ровницы до необходимой толщины, ее закручивании и намотке полученной пряжи на паковку.

6. Основы производства тканей.

Получение ткани осуществляется на ткацких предприятиях и является сложным технологическим процессом, включающим в себя, как правило, две основные стадии:

- 1) *ткачество* – получение суровой (неотделанной) ткани;
- 2) *отделка ткани* – формирование определенных потребительских свойств ткани и придание ей товарного вида.

Ткачеством называют процесс образования ткани из систем нитей, расположенных взаимно перпендикулярно и связанных между собой переплетением.

Система нитей, расположенных вдоль ткани, называется *основой*, а поперек – *утком*. Так как нити основы испытывают значительное натяжение и трение, то они должны быть более прочными и гладкими, чем нити утка.

Технологический процесс получения суровой (неотделанной) ткани состоит из двух основных этапов: предварительной подготовки нитей и ткачества (переплетения основных и уточных нитей).

Предварительная подготовка нитей заключается в проведении ряда специальных операций с нитями, обеспечивающих их нормальную переработку в процессе ткачества.

Для нитей основы осуществляются *снование* — параллельное наматывание большого числа нитей (300—640 шт.) одинаковой длины и с одинаковым натяжением на сновальный валик и *шлихтование* — пропитка специальным клейким составом, называемым шликтой, для придания основе гладкости, прочности, устойчивости к трению и предупреждению обрывов в процессе ткачества; для уточных — *перематывание* на уточные шпули с целью получения нитей большой длины на одной паковке, очистки их от посторонних примесей и дефектов, устранения слабых мест в пряже и обрывов. Данные операции выполняются на сновальных и мотальных машинах.

Процесс *ткачества* (переплетение основных и уточных нитей) осуществляется на ткацком станке. Часть нитей основы (например, четные), периодически поднимается, а другие нити (нечетные) опускаются. Между ними образуется зев, в него быстро пробрасывается механизм челнок с уточной нитью. Затем нити основы меняют положение для следующего пробрасывания челнока с уточной нитью. В такой последовательности процесс образования ткани повторяется до конца основы. Пролет челнока происходит через каждые 0,3 с и менее, при этом за 1 мин прокладывается 220 уточин.

Ткацкие станки бывают различного типа: одночелночные, многочелночные и бесчелночные. Многочелночные ткацкие станки применяют при производстве тканей с утком разного состава, неодинаковых круток и направлений, разных цветов, полутораслойных и двухслойных. Для выработки тканей более сложных переплетений применяют кареточные жаккардовые станки.

Снятая с ткацкого станка ткань называется суровьем (или суровой тканью). Из ткацкого цеха (фабрики) ее направляют в красильно-отделочный цех или на фабрику для отделки.

7. Технология отделки тканей.

Отделкой тканей называют совокупность химических и физико-механических процессов, в результате которых суровая ткань превращается в готовую.

Полный цикл отделки тканей любого ассортимента состоит из ряда самостоятельных, но взаимосвязанных этапов: предварительной отделки, крашения и узорчатой расцветки, заключительной отделки, специальной отделки.

Предварительная отделка предназначена для подготовки тканей к последующему крашению или нанесению узорчатой расцветки. Она может включать в себя (в зависимости от ткани) операции: опаливание, расшлихтовку, отварку, карбонизацию, мерсеризацию, отбелку, валку, ворсование, ратинирование, мокрую декатировку, оживление, утяжеление, термофиксацию.

Опаливание необходимо для удаления выступающих кончиков волокон, осуществляется на плитных и газовых опальных машинах.

Расшлихтовку проводят для удаления из суровья шликты, нанесенной на нити основы в процессе подготовки, загрязнений и примесей (пектиновых и азотистых веществ).

Отварка для хлопчатобумажных и льняных тканей осуществляется в щелочных растворах, а шелковых — в мыльных. В процессе отварки в результате омыления жиров они удаляются с волокон вместе с воскообразными и другими веществами.

Карбонизация — обработка чистошерстяных тканей 4–6% раствором серной кислоты для очистки от растительных примесей.

Мерсеризация — обработка хлопчатобумажных тканей при пониженной температуре концентрированным раствором едкого натра с последующей промывкой горячей и холодной водой, для придания мягкости, повышенной механической прочности и гигроскопичности.

Отбелка необходима для разрушения и обесцвечивания природной окраски волокна и придания ткани устойчивой белизны. В качестве отбеливающих веществ используют перекись водорода, гипохлорит натрия и кальция и др. Кроме химического отбеливания тканей, применяют оптическое с применением лейкофора, бланкофора.

Валка — процесс механической обработки шерстяных тканей для уплотнения и создания войлокообразного настила.

Ворсование осуществляется с целью придания тканям повышенной мягкости, пористости и улучшения теплозащитных свойств.

Ратинирование проводится с целью фигурного расположения ворса.

Мокрая декатировка — обработка горячим паром и водой с целью устранения внутренних напряжений и предупреждения образования заломов.

Оживление проводится для тканей из натурального шелка растворами органических кислот (уксусной, молочной, муравьиной) для придания характерного скрипа или хруста.

Утяжеление — обработка отваренного шелка минералами (солями железа, олова, свинца, цинка и др.) и органическими соединениями (дубящими веществами) для придания повышенной массы, плотности.

Термофиксация проводится для тканей из синтетических волокон, заключается в нагревании и быстром охлаждении. Ткани, прошедшие термофиксацию, практически беззасадочны и устойчивы к сминанию, образованию заломов и складок.

Крашение и узорчатая расцветка тканей.

Под *крашением* тканей понимают процесс изменения их природной окраски путем поглощения красящего вещества из раствора.

Технологический процесс нанесения рисунка на ткань называется *печатанием* или *набивкой*. Узорчатая расцветка тканей достигается следующими способами: ручной набивкой; аэрографным способом; сетчатыми, шаблонами; полихроматическим способом; способом термопечати; на печатных машинах.

Заключительная отделка тканей включает в себя ряд процессов, которые улучшают внешний вид, структуру и свойства: спиртовку, аппретирование, ширение, каландрирование, подворсовку, стрижку и чистку, заключительную декатировку, фиксацию.

Спиртовка — легкое отбеливание неокрашенных участков тканей.

Аппретирование заключается в обработке тканей клеящими веществами для придания им полноты, жесткости, гигроскопичности, уменьшения загрязняемости.

Ширение — процесс придания тканям стандартной ширины и устранения перекосов.

Каландрование осуществляется с целью разглаживания и уплотнения тканей, придания ей гладкой глянцевой поверхности, блеска и др.

Подворсовка проводится с целью поднятия ворса.

Стрижка и чистка проводятся для удаления с лицевой поверхности торчащих концов волокон или выравнивания по высоте начесного ворса.

Заключительная декатировка — это обработка горячим паром с целью предотвращения усадки, снятия внутренних напряжений, устранения блеска.

Фиксация — ткани из синтетических нитей проходят вторичную стабилизацию путем термической обработки в натянутом состоянии.

Специальные виды отделки применяют для увеличения срока службы и улучшения эстетических и гигиенических свойств тканей (немываемый аппарат, стойкое тиснение, отделка с устойчивым блеском, износостойкая, антистатическая, металлизация, водонепроницаемая, водоотталкивающая, противоусадочная, противогнилостная, противомолеваля, огнеупорная и др.).

8. Основы трикотажного производства.

Трикотаж – это изделия или полотна, получаемые из одной нити или системы нитей путем образования петель и их взаимного переплетения.

Основными элементами трикотажа являются *петли, наброски и протяжки*. Сочетание элементов петельной структуры, составляющих непрерывный элементарный ряд, и чередование этих рядов создают *переплетение*. Петли, расположенные в одном ряду по ширине трикотажа, образуют *горизонтальный петельный ряд*, а петли, нанизанные одна на другую по вертикали, – *вертикальный петельный столбик*.

Трикотаж характеризуется большим многообразием переплетений, которые подразделяют на следующие классы: главные, производные, рисунчатые и комбинированные.

К *классу главных* относят переплетения, состоящие из одинаковых элементов структуры (петель). Главные переплетения образуют гладкую и равномерную поверхность трикотажа.

К *классу производных* относят переплетения, образованные из сочетания нескольких главных, взаимно вязанных так, что между петельными столбиками одного помещаются петельные столбики другого или нескольких таких же переплетений.

К *классу рисунчатых* относят переплетения, образованные на базе главных или производных путем введения в них дополнительных элементов (набросков, протяжек, дополнительных нитей) или изменения процессов выработки, позволяющих получать трикотаж с новыми свойствами.

К *классу комбинированных* относят переплетения, в которых сочетаются признаки различных главных, производных или рисунчатых переплетений. При выработке трикотажа комбинированными переплетениями могут быть получены разнообразные рисунчатые эффекты: цветные, оттеночные, рельефные, ворсовые и т.д.

В зависимости от способа образования трикотажа переплетения каждого класса подразделяются на поперечно-вязанные (кулирные) и основовязанные (продольновязанные). В *кулирном* трикотаже петельный ряд образуется последовательным изгибанием одной нити, а в *основовязанном* трикотаже — одновременным прокладыванием на иглы и изгибанием целой системы параллельно расположенных нитей.

Трикотажные изделия вырабатывают различными способами: регулярным, полу регулярным, раскройным и комбинированным.

Регулярным называют способ, при котором на специализированных машинах получают цельновязаное изделие или детали, не требующие подкроя при их соединении в изделие.

При *полу регулярном* способе изделие получают из трубчатого или плоского купона, ширина и длина которого равны соответствующему размеру изделия.

Раскройный способ состоит в том, что полотно, полученное на трикотажной машине, раскраивают подобно тканям, т.е. из полотна вырезают плоские детали изделия по контуру, которые затем соединяют швами, придавая изделиям необходимую форму.

При *комбинированном* способе различные детали изделия изготавливаются регулярным (полурегулярным) и раскройным способами.