

**БЕЛКООПСОЮЗ
ВЕЩЕДИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ТОРГОВО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КООПЕРАЦИИ»**

Л.В. ЦЕЛИКОВА

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Курс лекций
для студентов специальностей
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»,
1-25 01 10 «Коммерческая деятельность»,
1-26 02 03 «Маркетинг»**

Гомель 2008

УДК 675.92.02
ББК 30-3
Ц 34

Рецензенты: А. В. Сейлова, начальник отдела легкой промышленности и коммерции Гомельского облпотребсоюза;
Е. Г. Кикинева, канд. техн. наук, доцент кафедры товароведения непродовольственных товаров Белорусского торгово-экономического университета потребительской кооперации»

Рекомендован научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации». Протокол № 2 от 11 декабря 2007 г.

Целикова, Л. В.

Ц 34 Производственные технологии: курс лекций для студентов специальностей 1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии», 1-25 01 10 «Коммерческая деятельность», 1-26 02 03 «Маркетинг» / Л. В. Целикова. – Гомель: учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2008. – 168 с.
ISBN 978-985-461-606-3

УДК 675.92.02
ББК 30-3

ISBN 978-985-461-606-3

© Л. В. Целикова, 2008
© Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», 2008

ВВЕДЕНИЕ

Технология – это современный способ развития общественного производства, поскольку данное понятие впитывает в себя производственное, интеллектуальное, информационное, образовательное и иное технологическое развитие. Проникновение технологий во все сферы жизнедеятельности человека является частью уровня развития современного общества.

Целью дисциплины «Производственные технологии» является формирование базовых знаний об основных типовых технологических процессах и системах, позволяющих специалистам экономического, коммерческого и маркетингового профиля профессионально определять стратегию развития предприятия в соответствии с требованиями рынка и запросами обслуживаемого контингента. Кроме того, усвоение общего механизма протекания технологических процессов позволит понять экономико-финансовые, технологические и правовые основы организации производства товаров народного потребления, особенности их ценообразования и объективно давать оценку конкурентоспособности потребительских товаров в условиях рынка.

Излагаемый материал направлен на формирование у студентов представления о технологии как базовом звене современного производства, об общих закономерностях формирования, законах функционирования и развития технологических процессов и систем; о системах качества, техническом нормировании, стандартизации и сертификации и их роли в повышении конкурентоспособности продукции; о технологическом прогрессе как двигателе общественного развития.

После изучения дисциплины «Производственные технологии» студенты должны знать категории курса, терминологию, теорию технологического развития производства и уметь их использовать в своей дальнейшей практической деятельности; понимать влияние особенностей технологического процесса на формирование современной структуры ассортимента товаров на торговом предприятии, их качество и конкурентоспособность; иметь навыки проведения простейших технико-экономических расчетов.

Объектом изучения дисциплины «Производственные технологии» является производство (материальное и нематериальное), предметом изучения – технология его осуществления.

Производство представляет собой средство создания продуктов (заводы, фабрики, предприятия, мастерские художников, скульпторов, архитекторов и т. д.).

Производственный процесс – это процесс функционирования предприятия, завода, фабрики и т. д.; совокупность технологических и экономических действий, связанных воедино как производственные действия.

Технология производства – часть производственного процесса, представляющая последовательность технологических действий непосредственно преобразующих предмет труда в продукт. Технологические действия – это, не что иное, как технологический процесс.

Содержание дисциплины «Производственные технологии» включает изучение следующих вопросов:

- Введение в технологию, где рассматриваются основы зарождения и формирования технологии как науки.
- Сущность и параметрическое описание технологического процесса, его структура, классификация, виды, характеристика.
- Эволюционно-революционное развитие технологических процессов (закономерности формирования, законы функционирования и развития).
- Понятие технологической системы, классификация, характеристика, история возникновения, закономерности формирования, законы функционирования, направления развития.
- Оценка научно-технического развития производства.
- Технологическое обеспечение качества выпускаемой продукции, где исследуются основы технического нормирования и стандартизации, сертификации, техническое качество и факторы, его формирующие, оценка конкурентоспособности выпускаемой продукции на разных рынках и их сегментах.
- Основы технологии машиностроительного производства как главного звена в развитии экономики.
- Технологический прогресс и инновационные технологии производства важнейших потребительских товаров.
- Основы технологии нематериального производства (культура, образование, наука, направления, технического творчества и т. д.).

Методология курса опирается на методы научного познания, направленные на исследование основного объекта производственных технологий – производства, его характеристик и изменений в процессе функционирования в условиях конкуренции. В эту группу входят *эмпирические* (экспериментальные) и *аналитические* методы научного познания.

Эмпирические (экспериментальные) методы – это методы познания, основанные на опыте или наблюдениях. В зависимости от используемых технических средств измерения и принципов естественных наук экспериментальные методы подразделяются следующим образом:

- *Измерительные* – методы определения характеристик и свойств продукции на основе технических средств измерений, основными видами которых являются физические, физико-химические, химические, биологические.

- *Органолептические* – методы определения характеристик продукции с помощью органов чувств.

Аналитические методы – это методы научного познания, основанные на мысленном или фактическом разложении целого на составные части. Они подразделяются на две подгруппы: методы управления научным познанием и методы систематизации.

К методам управления научным познанием относятся следующие:

- *Анализ продукции*, который базируется на данных, полученных экспериментальными методами. В результате применения аналитических методов становится возможным *диагноз*, или *научное описание* основных признаков, характеризующих изучаемую продукцию.

- Результаты диагностики могут использоваться для *прогнозирования* возможных изменений при формировании промышленного и торгового ассортимента товаров, требований к их качеству.

- Выводы, полученные на основании методов прогнозирования, позволяют осуществить *программирование*, т. е. определить последовательность действий специалистов по обеспечению надлежащих характеристик продукции, рационального ее товародвижения в сферах производства, товарного обращения и потребления.

- В результате применения указанных аналитических методов становится возможным дальнейшее *планирование* научного познания товаров.

Методы систематизации – методы упорядочения однородных, взаимосвязанных объектов по общим признакам путем расположения их в определенном порядке. К ним относятся следующие:

- *Идентификация* – метод отождествления, установления соответствия характеристик продукции требованиям нормативных, товарно-сопроводительных документов или маркировке.

- *Группировка* – метод обобщения объекта (продукции) по общим признакам. Обобщению предшествует деление целого на отдельные его части, выявление тех частей, для которых характерны общие признаки, и их объединение в группы по общности признаков.

- *Кодирование* – метод, предусматривающий образование и присвоение кода классификационной группировке и (или) объекту классификации.

- *Классификация* – метод, требующий подразделения множества на подмножества по определенным признакам.

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИЮ

1.1. Общество и потребности, взаимосвязь с производственной деятельностью

Общество – определенная группа людей, объединившихся для общения и совместного выполнения какой-либо деятельности; конкретный этап в историческом развитии какого-либо народа или страны.

Общество является динамичной системой, т. е. оно постоянно изменяется, но при этом сохраняет свою сущность и качественную определенность.

Следует различать такие понятия в развитии общества, как формация и цивилизация, ибо и то, и другое – это тип и ступень в развитии общества, его материальной и духовной культуры. Основное содержание данных понятий отражают рисунки 1 и 2.

Часто изменения в обществе отождествляются с прогрессом, что не всегда верно. Прогресс – это движение вперед. Его критерием в широком понимании выступает гуманизация общества, а в более узком – рост производительности труда, уровень развития науки и техники.

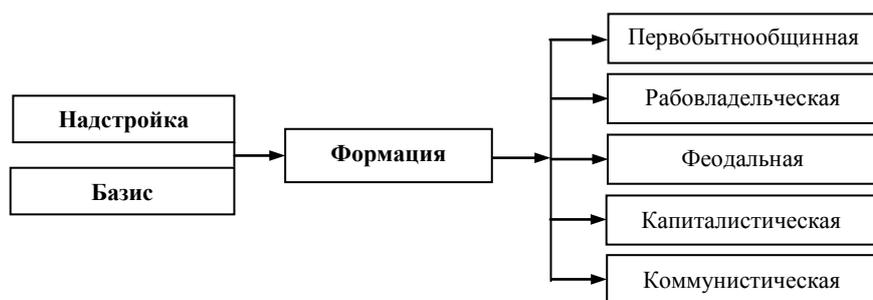


Рис. 1. Основное содержание понятия «формация»



Рис. 2. Основное содержание понятия «цивилизация»

Организация производства продукции требует соблюдения следующих условий:

- четкой постановки цели;
- наличия стратегии деятельности предприятий;
- хорошего знания рынка и характера его требований по отношению к конкретной продукции;
- ясного представления о своих возможностях и ресурсах в текущий момент и на перспективу.

Деятельность любого продуцента направлена на выявление реальных нужд и потребностей обслуживаемого контингента на потребительском рынке и наилучшее их удовлетворение в результате организации производства и реализации необходимых товаров.

Основные факторы, влияющие на организацию производственной деятельности в области товаров народного потребления в условиях формирования рыночной среды, отражает рис. 3.



Рис. 3. Факторы, влияющие на организацию производственной деятельности в области потребительских товаров

Основой развития производства являются потребности. Потребности – это двигатель развития производственных процессов.

Сложные процессы зарождения, развития, изменения и отмирания потребностей сопровождают нашу жизнь. Разнообразные потребности реализуются через деятельность людей. Чтобы начать что-то производить или продавать, субъект хозяйственных отношений должен найти те потребности, которые в настоящее время нуждаются в удовлетворении. Человек не может полагаться на действие каких-то сверхъестественных сил, он должен трудиться, добывать или создавать продукты, готовить орудия труда. Однако любое целенаправленное поведение должно быть мотивировано, должен появиться толчок к действию. В связи с этим, различают мотивы, нужду человека в чем-либо и потребность.

Нужда – это чувство, испытываемое человеком при отсутствии или недостатке того, что ему хотелось бы иметь. Человеческие нужды разнообразны и многочисленны. Люди нуждаются в пище, тепле, сочувствии, одежде и т. д. Если нужда не удовлетворена, человек ощущает дискомфорт, напряжение.

Потребность – это та же нужда, но имеющая конкретные очертания, определенные культурой и особенностями личности человека. Она выражается в предметах, удовлетворяющих нужду способом, свойственным данному обществу. Например, одна и та же нужда в одежде у людей, принадлежащих к разным обществам, приобретает форму разных потребностей. Потребность в одежде жителя Америки и Африки, шахтера и инженера различна.

Мотивы – это внутреннее состояние человека, его предрасположенность к действию, направленному на реализацию той или иной потребности. Мотивы и потребности близки по значению, но не однозначные понятия. Мотив – это состояние, характеризующее нужду, желание человека. Потребность представляет собой средство реализации этой нужды или желания. Мотивы в форме нужды или желания однозначны (особенно физиологические), потребности же, как правило, многолики.

Потребности подвижны и диалектичны. Для них характерна цикличность и развитие по спирали. Изменяется общество, изменяются и потребности. Например, потребность в быстрой передаче информации обусловила создание телефона, радио, телевизора, компьютера. Растворимый кофе, микроволновая печь, пищевые концентраты – результат усилий человека по ускорению приготовления пищи.

Формирование потребностей происходит под воздействием различных факторов. Ведущим из них является уровень экономического и духовного развития общества, его социальное устройство.

Потребности выступают мотивом производства. Производство создает новые товары для удовлетворения потребностей. Созданные товары оцениваются с позиции соответствия потребностям. При этом устанавливаются как достоинства, так и недостатки потребляемых изделий. Осознание недостатков, присущих товарам, формирует потребность в новом, более совершенном товаре. Создается мотивация производства нового товара. Производство, осуществляя творческий поиск и аккумулируя опыт и новые знания, создает новый товар. Развитие производства вызывает к жизни новые потребности и, наоборот, вновь возникающие новые потребности требуют развития новых видов производств или прогрессивных технологий. Этот механизм можно представить в виде рис. 4.

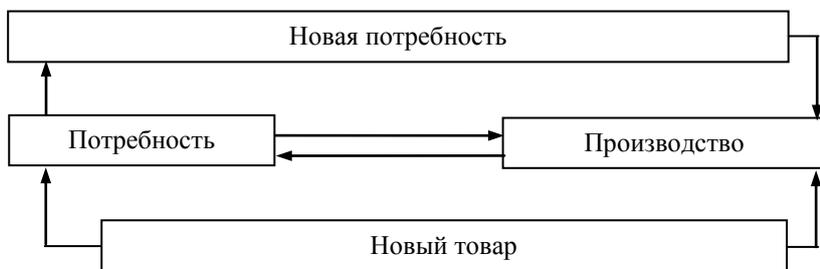


Рис. 4. Диалектическая взаимосвязь потребностей и производства

Следует отметить, что потребности и производство, находясь в постоянном диалектическом противоречии, обуславливают друг друга. Равенство между ними невозможно. Следует подчеркнуть особую значимость в этом противоречии производства. Чем выше уровень развития производства, тем полнее удовлетворяются потребности.

Если потребности удовлетворяются на невысоком уровне, то замедляется развитие самого человека, и снижается результативность его деятельности на производстве. Поэтому очень важно, чтобы достижения производства получили реализацию в производстве предметов потребления как конечного продукта общественного производства.

Виды потребностей разнообразны. Существует определенная система потребностей, которую можно рассматривать на различных уровнях. Знание основ классификации потребностей позволит понять в какой степени готов потребитель платить деньги за удовлетворение тех или иных потребностей, поскольку более высокая потребность удовлетворяется лишь тогда, когда удовлетворены предыдущие. Это значит, что товар, обеспечивающий человеку самовыражение, будет приобретен лишь тогда, когда уже закуплена продукция, ориентированная на удовлетворение простейших потребностей.

Создание и использование новых материалов, совершенствование средств труда на основе достижений научно-технологического прогресса, повышение научно-технологического потенциала самого человека выступают одной из главных предпосылок создания новых и совершенствования традиционных в потреблении изделий.

Классификация потребностей человека, выявленных медиком и психологом А. Маслоу, может быть представлена двумя группами: *нижние* (потребности существования) и *высшие* потребности.

Далее А. Маслоу выделял среди них пять ступеней.

- *Нижние потребности*: первая ступень – дыхание, жажда, голод, тепло; вторая ступень – безопасность.

- *Высшие потребности* (следующие три ступени): третья ступень – стремление принадлежать к определенному кругу людей (родственники, друзья, знакомые), ощущать их поддержку; четвертая ступень – желание завоевать признание, уважение, престиж в глазах окружающих; пятая ступень – стремление реализовать себя в этом мире, в своем деле, т. е. потребность в самореализации.

Знание основ лестницы А. Маслоу позволит понять, в какой степени готов потребитель платить деньги за удовлетворение тех или иных потребностей, поскольку более высокая потребность удовлетворяется лишь тогда, когда удовлетворены предыдущие. Это значит, что товар, обеспечивающий человеку самовыражение, будет приобретен лишь тогда, когда уже закуплена продукция, ориентированная на удовлетворение простейших потребностей.

Важно отметить, что именно развитие высших потребностей способствует приумножению средств удовлетворения потребностей, т. е. созданию новых товаров, расширению ассортимента, порождению новых потребностей, развитию производства.

По масштабу распространения потребности принято классифицировать как всеобщие, международные, региональные, национальные (в пределах страны).

По степени сопряженности потребности бывают слабо сопряженные, сопряженные и сильно сопряженные; *по степени эластичности* – слабо эластичные, эластичные и сильно эластичные.

По природе возникновения их подразделяют на первичные (основные), вторичные (второстепенные), косвенные (дополнительные); *по способу удовлетворения* – на индивидуальные, групповые, общественные; *по количественной определенности* – на абсолютные, платежеспособные, действительные.

По отношению общества потребности бывают отрицательные, положительные и нейтральные.

По времени удовлетворения потребности подразделяют на прошлые, настоящие, будущие.

По уровню удовлетворения их классифицируют на полностью, частично, вообще неудовлетворяемые.

По частоте удовлетворения они бывают единично удовлетворяемые, периодически удовлетворяемые, непрерывно удовлетворяемые.

По рациональности удовлетворения потребности подразделяют на нерациональные (мешают развитию личности) и рациональные (способствуют развитию личности); *по степени новизны* – традиционные и новые; *по области применения* – в одной, нескольких и всех областях.

По комплексности удовлетворения потребности бывают: удовлетворяемые одним товаром, удовлетворяемые взаимодополняющими товарами, удовлетворяемые взаимозаменяемыми товарами.

По степени осознанности потребности подразделяют на осознанные и неосознанные.

Следует иметь в виду, что все потребности человека взаимосвязаны, потребление одних товаров влияет на потребление других. При проектировании товаров и моделировании процессов их удовлетворения речь идет не об отдельных потребностях, а об их комплексах, выявленных на основе реального поведения потребителей.

Фактическая структура потребления является результатом стремления огромного количества людей оптимизировать удовлетворение комплекса своих потребностей, исходя из реальных доходов, состава семьи и множества других факторов, влияющих на структуру потребностей. В. П. Скляниковым отмечено, что при эксплуатации непродовольственных товаров удовлетворяются такие духовные потребности, являющиеся частью социальных, как потребности в познании нового, потребности воспринимать приятное, испытывать чувство морального удовлетворения, престижности, эстетические потребности. В конечном счете потребность зримо предстает в результатах труда в виде конкретных продуктов, непосредственно удовлетворяющих конкретные потребности. Используя природные факторы, человек своим трудом материализует потребности, превращает их в продукты труда для своего же потребления. Вместе с тем, потребительские товары удовлетворяют лишь часть потребностей человека.

1.2. Технологическая структура общественного производства

Любое производство основано на использовании природных или общественных и духовных процессов. Прогресс общественного производства и общественное разделение труда дифференцируют производство. Его принято подразделять на материальное и нематериальное (рис. 5). Материальное производство связано с производством материального продукта. Процесс получения нематериальных благ относится к сфере нематериального производства. Решающим фактором и источником его финансирования выступает рост производительности общественного труда.



Рис. 5. Структура общественного производства

Сфера материального производства представлена промышленностью (производство средств производства и производство товаров народного потребления); сельским хозяйством (животноводство и растениеводство); заготовительной отраслью (например, заготовками лома черных и цветных металлов, тряпья, макулатуры, картофеля, дикорастущего и лекарственного сырья и т. д.); общественным питанием и др.

Сущность материализованного труда не сводится к характеристике его как труда, непременно овеществляющегося. Некоторые виды трудовой деятельности реализуются в материальных благах, не принимающих вещественной формы. К ним относятся, например, получаемая энергия (топливно-энергетическая промышленность); деятельность, связанная с перемещением потребительских стоимостей

(транспорт). Отличие некоторых моментов в этих видах деятельности от процесса непосредственного создания материальных благ не противоречит, на наш взгляд, рассмотрению их в качестве своеобразной формы материального производства.

Главным отличительным признаком сферы материального производства, определяющим все другие признаки, является функциональная направленность труда работников производственной сферы. Она заключается в преобразовании предмета труда в продукт труда.

Понятие непроеизводственной сферы не тождественно понятию сферы обслуживания, поскольку она включает торговлю, общественное питание, бытовое обслуживание населения.

Нематериальное производство представлено такими отраслями, как наука, образование, медицина, бытовое обслуживание населения, социальное обеспечение, жилищно-коммунальное хозяйство, связь, информационные технологии, культура, архитектура, скульптура, искусство, а также техническое творчество и аппарат государственного управления. Иногда к этой сфере деятельности применяют термин «социальные технологии». Справедливость такого подхода подтверждается тем, что для общества важно производить с наименьшими затратами не только вещественную продукцию, но и нематериальную, которая, как правило, предоставляется в виде различного рода социальных услуг. Знание непроеизводственной сферы необходимо специалистам, занимающимся вопросами экономики, народного образования, медицины, научного исследования и т.п.

Потребительская кооперация – это сложная хозяйственная система. Отношения между ее предприятиями и организациями, а также между ними и внешней средой охватывают все сферы рынка: производство, распределение, обмен и потребление материальных и духовных благ. Схематично эту взаимосвязь представим рис. 6.



Рис. 6. Общая схема проявления эффекта масштаба потребительской кооперации в структуре рынка

Кооперативная промышленность располагает предприятиями по производству непродовольственных и продовольственных товаров. В структуре непродовольственного производства имеются заводы по производству железобетонных изделий, мебели, торгового оборудования, деревообрабатывающие предприятия и т. д. Основной объем кооперативного производства принадлежит пищевой промышленности, где сосредоточено 81% кооперативных предприятий, 80% работающих в промышленности, около 89% объема выпускаемой продукции и более 83% годовой стоимости основных фондов кооперативного производства [1, с. 19]. Пищевая промышленность представлена хлебопекарным, кондитерским, колбасным, мясным, консервным и некоторыми другими видами производств. В последнее время отмечается наращивание объемов производства данных продуктов питания на предприятиях кооперативной промышленности.

На современном этапе отмечается изменение условий деятельности заготовительной отрасли. Она занимается не только непосредственно заготовительной, но производственной деятельностью, связанной с переработкой заготавливаемой продукции. Заготовительный оборот потребительской кооперации характеризуется сложной структурой. Наибольший вес в нем занимают закупки сельскохозяйственной продукции с характерной тенденцией к их росту.

Предприятия общественного питания потребительской кооперации являются также существенным звеном в удовлетворении потребностей населения и воспроизводстве рабочей силы для отраслей агропромышленного комплекса посредством производства продукции. На современном этапе, как представляется, удорожание стоимости продукции системы общественного питания за счет резкого повышения цен и тарифов на сырье и услуги; ликвидация предприятий третьей категории из-за низкой покупательной способности сельского населения; несоответствие предприятий высшей категории (ресторанов) современным требованиям качественного обслуживания потребителей с высоким уровнем доходов; несвоевременность развертывания сети быстрого питания способствовали снижению объемов деятельности данной отрасли, что незамедлительно сказалось на позициях потребительской кооперации в производственном комплексе Республики Беларусь. В настоящее время посредством принятия ряда мер удалось почти полностью восстановить контингент, развернуть сеть предприятий быстрого питания.

Анализ структуры оборота общественного питания потребительской кооперации показывает положительные тенденции в его развитии: рост доли собственной продукции в обороте, рост доли розничного то-

варооборота отрасли в общем его объеме. Чем выше доля оборота по собственной продукции, тем рентабельнее отрасль, тем выше ее влияние на укрепление позиций системы, тем она конкурентоспособнее.

В целом долю потребительской кооперации в общем объеме производства товаров народного потребления в Республике Беларусь очень значима.

1.3. Технология: сущность, классификация, характеристика, роль в производственном процессе

Термин «технология» произошел от двух греческих слов *техно* – мастерство и *логос* – наука. Сочетание их в дословном переводе означает «наука о мастерстве».

В обыденном представлении под *технологией* понимается чисто техническая наука, связанная со станками, машинами, оборудованием и др. Технология впервые зародилась в сфере материального производства и трактовалась как совокупность знаний о методах получения благ.

Вопросы, связанные с технологией, начали интенсивно возникать в период зарождения машинного производства. С того времени фактически начинается и наука о технологии.

Характерно, что во всех классификациях, в том числе и общей, технология относится к техническим наукам (например, в классификации научных дисциплин, используемых ЮНЕСКО). Согласно вышеизложенному, сфера технологии совпадает по существу со сферой техники. Такое положение в наше время все больше проявляет свою неполноту. Как представляется, техника – это лишь одна из областей цивилизации и культуры, отражающая степень овладения человеком природы.

В труде «Капитал» К. Маркс обстоятельно анализирует сущность технологии, раскрывает причины ее ускоренного развития при капитализме. Он пишет, что принципом крупной промышленности является разложение всякого процесса производства на его составные части в зависимости от желаемого эффекта, области применения естествознания. К. Маркс не ограничивал технологию только сферой техники. Он указывал, что Ч. Дарвин изучает технологии естествознания – образование растительных и животных органов.

Современное содержание технологии чрезвычайно разнообразно. Наряду с традиционным сочетанием «промышленные технологии» и «технологии естествознания» во второй половине XX в. появились такие термины, как «инженерные технологии», «информационные технологии», «технологии управления», «технология решения математических задач», «технология мышления», «технология торгового обслуживания» и др.

Следовательно, современное определение технологии можно обозначить следующим образом. Технология – это наука о мастерстве производства материальных и нематериальных благ.

В последнее время технология трактуется как познанный, изученный и реализованный процесс получения потребительских стоимостей, т. е. производственные способы изготовления товаров народного потребления: автомашин, тракторов, самолетов, телевизоров, инструментов, бытовых электроприборов и др. Так например, в машиностроении технология – это наука о производственных способах обработки материалов, изготовления деталей и машин; в химическом производстве технология – это наука о способах и средствах изготовления полуфабрикатов, готовых изделий из пластмасс, резин, волокон, кислот, минеральных удобрений путем их синтеза или переработки.

Причиной развития технологий является преобладание потребностей над возможностью их удовлетворения существующим уровнем развития производительных сил.

Следует дать определение технологии с учетом каждого элемента, ее образующего.

С учетом *человеческого фактора* технология – это совокупность процессов, правил, навыков, применяемых при изготовлении какого-либо продукта, как в материальном, так и нематериальном производстве.

С позиции *предмета труда* технология есть совокупность изменений состояния, свойств, формы, строения предмета труда с целью производства продукции.

С позиции *средств производства* технология представляет собой совокупность действий средств производства, необходимых для производства продукции.

Обобщенное определение отражает, что технология – это совокупность правил, приемов, умений, навыков, необходимых для осуществления суммы действий средств производства, в результате которых протекают требуемые изменения состояния, свойств, формы, строения предмета труда при изготовлении продукции.

Для того, чтобы осуществить требуемую технологию необходимы предмет труда, средство труда (инструмент) и человеческое начало. Они протекают по объективным законам и закономерностям.

Возникает вопрос: «Чем или кем приводится в действие инструмент?» Исторически первым это делал человек. Причем, вероятнее всего, исторически первым видом инструмента были руки человека. Затем на стадии машинного производства эту функцию начали выполнять машины.

В настоящее время преобладает именно машинный привод инструмента в действие. И человек-исполнитель технологического воздействия на предмет труда, и машина требуют соответствующей оплаты, т. е. являются компонентами трудовых затрат. Но возможна ситуация, когда и инструмент, и объект, приводящий его в действие, являются *природными*. Речь идет о природных естественных процессах, которые

могут быть использованы в технологическом процессе. Например, гравитационное поле, которое давно в сочетании с ветром применяется при очистке семян от шелухи, течение реки, используемое для транспортировки леса и т. д. Главным достоинством таких используемых человеком природных процессов является отсутствие затрат на их осуществление. Очевидно, что чем больше природных процессов применяется в технологическом процессе, тем он дешевле. Мы подошли к понятию идеальной технологии.

Идеальная технология – технология, при которой затраты труда на технологические действия практически отсутствуют (приближены или равны нулю), требуемые технологические действия выполняются и продукция изготавливается.

Неслучайно еще А. Смит полагал, что отраслевая форма труда, т. е. характеристика труда со стороны его качества, оказывает непосредственное воздействие на стоимостнообразующую силу. Он считал, что чем ближе труд к действию сил природы, тем эффективность его как источника стоимости выше.

Вот почему многие исследователи производственных технологий и процессов прошлого отрицали существование объективных экономических законов, а указывали на наличие естественных законов, действующих всегда и везде. К их числу относятся Т. Р. Мальтус, К. Книс, Е. Дюринг, М. И. Туган-Барановский и др.

В основе организации любой производственной технологии лежат следующие принципы:

- *Специализация*, характеризующаяся ограниченной номенклатурой и массовым изготовлением одноименной продукции или выполнением определенных стадий технологического процесса.

- *Непрерывность*, предполагающая постоянное нахождение предмета труда в обработке.

- *Пропорциональность*, требующая выпуска продукции равными партиями через одинаковый интервал времени всеми взаимосвязанными подразделениями предприятия.

- *Параллельность* предполагает одновременное выполнение отдельных частей технологических операций и совмещение во времени основных и вспомогательных действий.

- *Прямоточность* – обеспечение кратчайшего расстояния движения предметов труда в технологическом процессе.

- *Ритмичность* – регулярное повторение процесса технологии производства через равные промежутки времени.

Технология будет рациональной только в том случае, если обеспечено единство взаимодействия и выполнения всех принципов.

Различаются и определенные типы производственных технологий: массовые, серийные, индивидуальные.

Массовые производственные технологии характеризуются узкой номенклатурой выпускаемой продукции в больших объемах, специализированным оборудованием, высокой производительностью труда, низкой себестоимостью продукции, низким удовлетворением запросов потребителей.

Серийные производственные технологии, как и серийное производство в целом характеризуются тем, что продукция выпускается небольшими партиями в небольших объемах. Как правило, это опытная партия продукции или продукция, имеющая спад своего жизненного цикла на рынке.

Индивидуальные технологии связаны с выпуском продукции по индивидуальным заказам. Это могут быть единичные изделия или небольшие партии.

Технологии классифицируют по многим признакам. Основными являются структура (рассмотрена выше), функциональное и потребительское назначение, характер протекания, стадии изготовления, степень непрерывности, степень технической оснащенности, особенность использования оборудования.

Так, *по функциональному признаку* технологии подразделяются на основные, вспомогательные, обслуживающие. Основные технологии – это процессы, в ходе которых сырье и материалы превращаются в готовую продукцию. Вспомогательные технологии – обособленные части технологического процесса, могут быть выделены в самостоятельное производство. Они заняты изготовлением продукции, необходимой основному производству или технологическому процессу. Обслуживающие производственные технологии тесно связаны с основным и обеспечивают бесперебойную работу всех его подразделений (межцеховой и цеховой транспорт).

По характеру протекания технологии классифицируют как простые технологии ($C + M = \Gamma\Pi$), синтетические технологии ($((C \text{ и } M) + (C \text{ и } M) + (C \text{ и } M) = \Gamma\Pi)$), аналитические технологии ($C = \Gamma\Pi; \Gamma\Pi; \Gamma\Pi;$). По первой схеме получают кирпич, по второй – чугун и сталь, по третьей перерабатывают нефть.

По стадиям изготовления выделяют заготовительные, обрабатывающие, выпускающие (сборочные) технологии. *Заготовительные* производственные технологии превращают сырье в заготовки, приближенные по форме к готовой продукции (литьевое производство), *обрабатывающие* – превращают их в готовые изделия (механическая и гальваническая обработка, швейные процессы). *Сборочные* производственные технологии служат для сборки готовой продукции через сборку определенных узлов (влажно-тепловая обработка, инструментальная).

По степени непрерывности технологии классифицируют на прерывные (периодические) и непрерывные. Прерывные технологии предполагают организацию перерывов в производстве продукции без ущерба ее качеству. Например, выплавка стали, литье в форму производятся на оборудовании, которое загружается исходными материалами через определенные промежутки времени. После их обработки, полученный

продукт выгружается. Непрерывные технологии протекают непрерывно, что обусловлено спецификой технологии производства (производство цемента).

По степени технической оснащенности технологии подразделяются следующим образом:

- ручные (выполняемые вручную без помощи машин);
- частично-механизированные (ручной труд заменен на отдельных технологических операциях, чаще основных);
- комплексно-механизированные (все производственные операции осуществляются машинами, кроме обслуживания самих машин).

Рассматривая особенности использования оборудования, целесообразно выделить следующие технологии:

- Автоматизированные. Все операции и управление машинами осуществляется автоматически без участия работника.
 - Аппаратурные. Протекают в специальном оборудовании (ванны, реакторы, сосуды) и не требуют участия рабочего в ходе их выполнения.
 - Дискретные. Выполняются на отдельных станках с участием работника.
- По видам потребительских стоимостей технологии классифицируются следующим образом:
- материальные технологии, связанные с производством предмета труда как в материализованной (вещественной) форме, так и физическом состоянии (поля, энергия);
 - социальные технологии (наука, медицина, просвещение, социальное обеспечение и т. д.);
 - духовные технологии (литература, искусство, архитектура и т. д.)

1.4. Производственный процесс как объект, изучаемый технологией и экономикой

Совокупность знаний о методах (способах) получения материальных и нематериальных благ называется *технологией* (материальной и нематериальной).

Материальная технология изучает способы и процессы получения, переработки продуктов природы в предметы потребления и средства производства. Технологические отношения охватывают ту сторону взаимоотношений в процессе производства, которая обусловлена характером производственных операций, т. е. это отношения между человеком, средствами производства и предметом труда в производственном процессе. Систему их взаимодействия можно отразить следующей цепочкой: человек – наука – техника – производство.

Непроизводственная сфера технологического развития – это совокупность видов деятельности (кроме производства материальных благ), удовлетворяющих разнообразные потребности людей и общества.

Осуществление организации производства немыслимо в настоящее время без экономики. В широком понимании *экономика* – это наука о хозяйствовании. В сферу своего исследования она включает все вопросы ведения хозяйственной деятельности, будь то на бытовом или общественном уровнях.

Научно-техническая революция становится той ареной, на которой крепнет содружество технологии и экономики. Однако необходимо признать первостепенную роль и важность производственной деятельности как источника, обеспечивающего воспроизводство условий существования общества.

Для того, чтобы осуществлялась производственная деятельность необходимо выполнение двух групп действий: *основных* (непосредственно осуществляются в цехах и являются чисто технологическими) и *вспомогательных* (осуществляются в административных зданиях и кабинетах и напрямую связаны с экономикой). Таким образом, *производство* – это единая совокупность, где технология является базисом, а экономика – надстройкой. Они находятся в тесной диалектической связи между собой. И то общество, которое успешно решает производственные задачи, находится на более высокой ступени развития, что подтверждается реальными практическими примерами.

Производственная деятельность является базой экономического роста Республики Беларусь. Технология создает предпосылки для успешной хозяйственной деятельности в целом. Экономика просчитывает эти предпосылки, отбирает наиболее рациональные, которые могут служить концепцией социально-экономического развития республики. В свою очередь технология опирается на научные сведения о протекании процессов, используемых в производстве. Таким образом, ни экономика, ни технология не функционируют сами по себе, а образуют систему диалектически взаимосвязанных элементов, которую можно представить в виде следующей схемы (рис. 7).



Рис. 7. Структура взаимосвязи технологии и экономики

Человек изучает в искусственно создаваемых условиях производства с учетом протекания объективных процессов сырье (предмет труда), вырабатывает законы, закономерности, целую теорию технологии его преобразования. После чего следует этап организации производства в соответствии с разработанной технологией. И лишь затем складываются соответствующие экономические показатели производства.

Если полученные результаты не удовлетворяют ожидания, необходимо искать способы их улучшения, возвращаясь при этом на любой из предшествующих этапов. Причем, чем дальше мы уходим от объективного процесса, тем выше вероятность появления ошибки.

Следовательно, вопросы совершенствования производства лежат не только в области «чистой экономики», но и в области технологии и научных исследований. В связи с этим экономисту приходится решать две важнейшие задачи:

- создание условий для полной реализации возможностей используемого в производстве объективно происходящего процесса;
- отыскание более совершенного, более производительного процесса, т. е. новой технологии, которая придет на смену старой.

Безусловно, решение этих задач сочетается с вопросами экономики (учет, анализ, контроль, управление производством).

В заключение можно отметить, что производственный процесс состоит из двух частей – технологии и экономики. Основным звеном, обеспечивающим неограниченный рост производительности труда, выступает *технологический процесс*. Для успешного выполнения своих функций в производственном процессе микроэкономика обязана в должной мере владеть вопросами технологии производства.

Основными формами организации производственного процесса являются следующие:

- *Концентрация* – процесс сосредоточения изготовления продукции на предприятии и в его производственных подразделениях. Уровень концентрации определяется уровнем мощности оборудования и производственными площадями. В результате различают мелкие, средние и крупные предприятия.

- *Специализация* предполагает выпуск на ограниченных производственных площадях одноименной, однотипной продукции; разделение выполнения определенных технологических операций. Различают *технологическую* (на уровне отрасли: прядильные, ткацкие, отделочные фабрики, на уровне предприятия – по цехам), *предметную* (на уровне предприятия: производство отдельных видов продукции в отдельных цехах) и *подетальную* специализации (производство отдельных узлов и деталей).

- *Стандартизация* устанавливает строго определенные нормы и правила в процессе изготовления и реализации готовой продукции (качество, форма, размеры и т. д.).

- *Диверсификация* предполагает разнообразие сфер деятельности на производстве, помимо основного ее вида.

- *Кооперирование* предполагает наличие производственных связей между предприятиями. В его основе лежат по детальной и технологической формы специализации.

- *Комбинированная форма* организации производства представляет собой сочетание различных форм. Она характерна для всех отраслей и видов деятельности. Чаще применяется в металлургии, нефтеперерабатывающей, химической, лесной промышленности и т. д.

Производственный процесс включает в себя технологические и экономические действия. Следовательно, его можно классифицировать по тем же признакам, что и технологии: по структуре, функциональному и потребительскому назначению, характеру протекания, стадии изготовления, степени непрерывности, степени технической оснащенности, особенности использования оборудования.

Совокупность промышленных предприятий, научно-исследовательских и конструкторских организаций, изготавливающих продукцию, сходную по своему назначению и сырью, и применяющих в основном производстве сходную технологию и специально подготовленные кадры, определяют как *отрасль промышленности*. Каждая отрасль имеет свои специфические особенности производства, технологии и экономики. Отраслевая структура промышленности представляет собой соотношение удельных весов разных отраслей в общем объеме выработанной за год продукции.

2. ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ, ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И СИСТЕМ

2.1. Понятие и основные параметры технологического процесса

В основе любого промышленного (технологического) производства лежит технологический процесс. Каждый товар имеет свой способ производства, который излагается в форме последовательного описания операций, протекающих в соответствующих аппаратах, машинах или на ином оборудовании. В данной подтеме будут изложены теоретические основы технологических процессов.

Для осуществления технологического процесса необходимы *предмет труда* (сырье, полуфабрикаты); *инструмент труда* (то, что непосредственно воздействует на предмет труда в ходе технологического процесса в виде вещества, например, технологическое оборудование, или физического поля); *субъект*

труда (человек, осуществляющий определенные технологические действия для создания потребительной стоимости).

Этапы производственного процесса, на протяжении которых происходят качественные изменения объекта производства, называются технологическими процессами. Например, технологический процесс изготовления деталей, сборки, окраски и тому подобное.

Таким образом, *технологический процесс* – это основная часть производственного процесса, необходимая непосредственно для изменения формы, размеров или состояния предмета труда (сырья, заготовки, сборки изделий или сборочных единиц).

Более детально каждый технологический процесс может быть расчленен на определенное число типовых технологических звеньев и представлен в виде типовой логической технологической схемы.

Обобщенная схема структуры технологического процесса представлена на рис. 8.

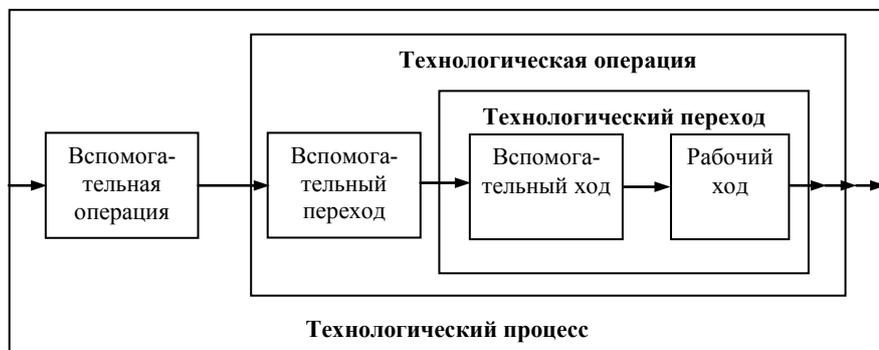


Рис. 8. Структура технологического процесса

Рабочий ход (проход) – однократное относительное движение приспособления и заготовки, в результате которого с ее поверхности удаляется один слой материала, равный глубине резания.

Чтобы обработать заготовку, ее необходимо расположить относительно рабочих органов станка и закрепить (зафиксировать).

Процесс придания требуемого положения детали и закрепление называется *установом*. Для полной обработки детали нужно, как правило, несколько установов.

Главной чертой рабочего хода является вид элементарного воздействия инструмента на предмет труда.

Материальным средством воздействия на предмет труда является *инструмент* (резец, пламя и т. д.). Инструмент не обязательно представляется в вещественном виде, часто инструментом могут быть различные физические поля: гравитационное, магнитное и т. д.

При воздействии на предмет труда инструмент должен как можно дольше сохранять свои свойства, а предмет труда как можно быстрее и легче видоизменяться. Но, например, в химико-технологических процессах порой сложно различить предмет труда и инструмент. Если в реакцию вступают два вещества, то они оба воздействуют друг на друга и преобразуются, т. е. обладают свойствами сырья и инструмента. Поэтому химико-технологические процессы в этом плане характеризуются своими специфическими особенностями.

Процесс воздействия инструмента на предмет труда всегда представляет собой какой-то естественный процесс – физический, химический, биологический и т. д. Течение процессов предопределяется не желаниями человека, а соответствующими законами физики, химии, биологии и т. д. От человеческих предпочтений зависит только выбор того или иного естественного процесса. Но после этого его действия должны соответствовать закономерностям выбранного процесса.

Чтобы произошло непосредственное воздействие инструмента на предмет труда, их нужно совместить в пространстве. Инструмент и предмет труда за редким исключением не находятся в постоянном контакте, поэтому необходимо путем пространственных перемещений обеспечить этот контакт и взаимодействие. Можно выделить следующие виды воздействий инструмента на материальный предмет труда: точечное, линейное, плоскостное, объемное. Все они широко используются в производственной практике в соответствии с потребностью.

Таким образом, функциональной, основной частью элементарного акта преобразования предмета труда в продукт является процесс непосредственного воздействия инструмента на предмет труда. Эту «элементарную» часть технологического процесса называют *рабочим ходом*. Рабочий ход приводит к изменению свойств предмета труда в сторону получаемого продукта. Наиболее часто инструмент приводится в действие средствами производства, сам являясь при этом их важной составной частью.

Именно рабочий ход предопределяет все достоинства и недостатки технологического процесса.

Вид рабочего хода изменяется при изменении вида инструмента, типа воздействия инструмента на сырье, а также режима такого воздействия. Например, если изменяется режим при обработке деталей реза-

нием, рабочий ход также изменяется, поскольку изменяется характер воздействия инструмента (резца) на сырье (деталь).

Вспомогательный ход – процесс пространственного совмещения инструмента и предмета труда. Это вспомогательная часть акта преобразования предмета труда в продукт. Вспомогательный ход изменяет, как правило, пространственные характеристики инструмента и предмета труда, предполагает управление последними. Его назначение – подготовить инструмент и предмет труда к выполнению рабочего хода.

Выполнение вспомогательного хода всегда предшествует выполнению рабочего хода при обработке некоторой порции или единицы сырья.

Вид вспомогательного хода предопределяется видом рабочего хода и функционально зависит от последнего.

Совокупность рабочих и вспомогательных ходов образует *технологический переход*.

Переход – законченная часть операции, выполняемая одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах и установке заготовки.

Переход связан с получением конкретной поверхности (например, при резании). Так, обработка отверстия может выполняться несколькими инструментами: сверлом – зенкером – разверткой. В этом случае необходимо три перехода. Растачивание трехступенчатого отверстия блоком резцов представляет собой один переход.

Различают переходы основные, непосредственно связанные с осуществлением технологического воздействия (сверление, точение и тому подобное); вспомогательные – действия рабочего и механизмов, необходимые для выполнения основного перехода (установка и закрепление детали, смена приспособления, отвод, подвод и тому подобное).

Таким образом, для выполнения технологических переходов, как правило, необходимо осуществить свою группу вспомогательных действий более высокого иерархического уровня. Они включают действия по перезакреплению инструмента и деталей, переналадке оборудования и т. д. Все эти действия называют *вспомогательным переходом*.

Характерной чертой технологического перехода выступает постоянство режимов обработки предмета труда. При его смене, соответственно, изменяется технологический переход.

Прием – законченная совокупность действий, направленных на выполнение перехода или его части и объединенных одним целевым назначением. Например, переход «установить заготовку» включает в себя ряд действий: взять заготовку из тары – переместить к приспособлению – забазировать – закрепить.

Переход, например, при механической обработке может выполняться за один рабочий ход или несколько (черновая обработка, шлифование).

Технологический и вспомогательный переход объединяются в следующий иерархический элемент технологического процесса – *технологическую операцию*.

Для ее выполнения также необходима своя относительно обособленная группа вспомогательных действий. Технологической операции предшествует транспортирование предмета труда от одного вида оборудования к другому, загрузка и выгрузка, закрепление и снятие деталей и т. д. Эту группу вспомогательных действий называют *вспомогательной технологической операцией*.

Для выполнения отдельных частей операции или технологического процесса в целом бывает необходимо перемещение объекта производства в пространстве вместе с приспособлением

Позиция – каждое новое фиксированное положение объекта производства совместно с приспособлением, в котором установлен объект, относительно рабочих органов станка.

Технологический процесс выполняется рабочими с помощью технологического оборудования, инструментов, приспособлений, размещенных в пространстве (помещении).

Рабочее место – часть пространства цеха (участка), предназначенная для выполнения операции одним или группой рабочих, в которой размещены оборудование, инструменты, приспособления.

Операция – законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте. Операция является наименьшей частью технологического процесса, для которой разрабатывается технологическая документация, по которой ведется планирование и учет.

Схематическая структура технологической операции с тремя технологическими переходами показана на рис. 9.

Отличительной чертой технологической операции является ее реализация на определенном виде технологического оборудования. Если предмет труда перемещается на другой вид оборудования, то это, как правило, свидетельствует о переходе на другую технологическую операцию.

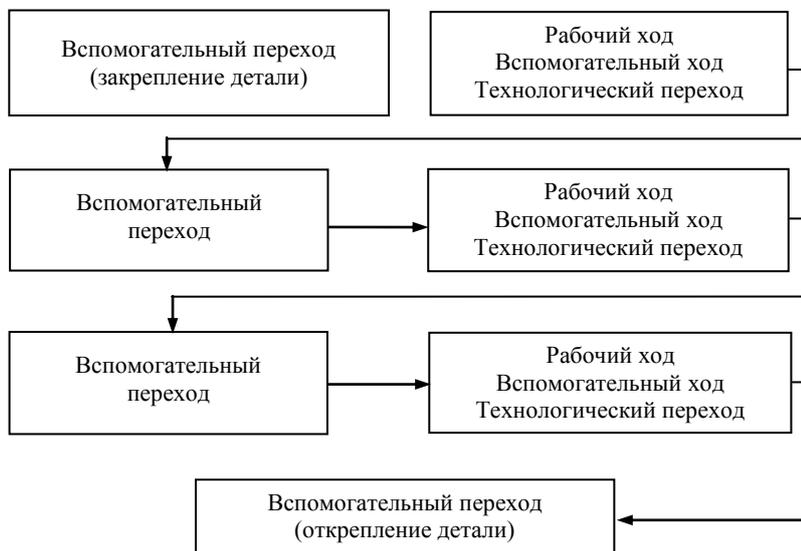


Рис. 9. Структура технологической операции

Необходимость деления технологического процесса на операции порождена двумя причинами: физическими (невозможно обработать деталь с шести сторон; необходимо различное оборудование для чистовой и черновой обработки); экономическими (целесообразность создания специального станка).

Цикл – отрезок календарного времени, определяющий длительность периодически повторяющейся технологической операции от начала до конца.

Интенсивность производства одинаковых изделий характеризуется тактом выпуска.

Такт – промежуток времени, через который периодически осуществляется выпуск изделия. Если говорят, что машину изготавливают с тактом в 5 мин, это значит, что через каждые 5 мин завод выпускает машину.

Ритм выпуска – величина, обратная такту.

Пройдя ряд технологических и вспомогательных операций, предмет труда преобразуется в продукт, т. е. совокупность операций приводит к изготовлению продукта, что является целью технологического процесса. Значит, эта совокупность действий образует технологический процесс.

Возможны случаи, когда некоторые элементы технологического процесса отсутствуют. Тогда соответствующим образом видоизменяется и структура технологического процесса.

Таким образом, при изготовлении продукции все технологические действия подразделяют на рабочие и вспомогательные разного иерархического уровня. На каждом иерархическом уровне рабочим действиям соответствует своя группа вспомогательных действий. Причем, рабочие элементы более высокой иерархии поглощают рабочие и вспомогательные элементы более низкой иерархии, образуя структуру, построенную по принципу «матрешки».

Рабочие технологические действия преобразуют предмет труда в продукт. К ним относятся: рабочий ход, технологический переход, технологическая операция и сам технологический процесс.

Вспомогательные технологические действия создают предпосылки для выполнения рабочих технологических действий и включают: вспомогательный ход, вспомогательный переход, вспомогательную операцию.

Необходимо отметить, что, кроме рабочих и вспомогательных технологических действий, в некоторых случаях присутствует также ряд обслуживающих действий. К ним относятся действия по обслуживанию оборудования, контролю качества продукта, ремонту оборудования, техническому испытанию изделий и др.

Группа обслуживающих действий не участвует в непосредственном процессе преобразования предмета труда в продукт. Поэтому в строгом смысле эти действия не относятся к технологическим.

Обслуживающие действия разного вида можно рассматривать как некоторые специфические виды самостоятельных технологических процессов, которые имеют свои цели. В соответствии с вышеизложенным это – техническое обслуживание, контроль продукта и технологического процесса, ремонт, технические испытания изделий и др.

Технологический процесс является основой проектирования и реконструкции промышленных предприятий. Он дает исходные материалы для определения потребности в рабочей силе, оборудовании, производственных площадях, капитальных вложениях и т. д.

От качества разработки технологического процесса в будущем зависит дееспособность и рентабельность предприятия. Поэтому на действующих предприятиях функционируют технологические службы:

отдел главного технолога, цеховые технологические бюро, лаборатории. Разработанный технологический процесс должен обеспечить выполнение всех требований по изготовлению товаров народного потребления, указанных в чертежах и технических условиях. Вместе с тем изготовление должно обеспечиваться с минимальными издержками, наименьшей стоимостью.

Технологическая подготовка производства производится на основе пакета ТНПА «Единая система технологической подготовки производств» (ЕСТПП).

Она включает ряд последовательных этапов:

- проектирование технологического процесса;
- проектирование и изготовление специальной оснастки (приспособлений, инструмента);
- разработку методики контроля и изготовление специальных контрольных устройств;
- разработку необходимых технических нормативов.

Для правильного проведения технологического процесса составляется технологический план, где технологический процесс расчленяется на отдельные составные части.

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются:

• Рабочий чертеж и чертеж заготовки, связывающий работу заготовительных и обрабатывающих цехов.

• Технические условия, поскольку в чертежах на более ответственные детали нельзя отразить все требования.

• Производственная программа, где отражается количество изделий, выпускаемое за определенный период времени. Обычно за год.

• Руководящие технические материалы, которые регламентируются ГОСТ 3.1105-74 «Единая система технологической документации» (ЕСТД). К ним относятся сведения по оборудованию, нормативы на инструмент, допуски, припуски, сведения по техническому нормированию, технико-экономическим расчетам и др.

Совокупность всех операций технологического процесса в определенной последовательности, данные об оборудовании, приспособлениях, инструменте, разряде работы и нормах времени указывается в технологическом документе, который называют *маршрутной картой*. Так, например, технологический маршрут токарной обработки втулки отражен в табл. 1.

Дополнительно к маршрутной карте составляются следующие документы:

• Карта эскизов – документ, содержащий эскизы, схемы, таблицы, поясняющие содержание технологических операций и необходимые для их выполнения сведения (оборудование, режимы работы и др.)

• Технологические инструкции – документ, содержащий дополнительные сведения по выполнению вспомогательных операций (компоновка и разведение клеев) и комплектовочные карты.

• Ведомости оснастки и расцеховки; ведомости материалов.

Для описания отдельно взятого технологического процесса или сопоставления его с другими процессами используют различные показатели или параметры технологического процесса, которые условно можно разделить на три группы:

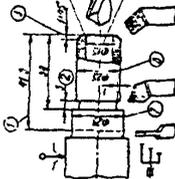
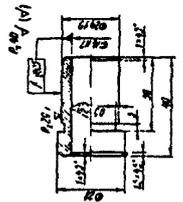
• *частные* (при сопоставлении однотипной продукции, изготовленной по типовой технологии, – состав сырья, его рецептура и концентрация, особенности использования оборудования и инструмента, особенности режима процесса: давление, температура);

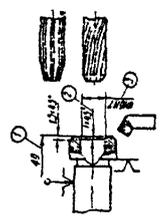
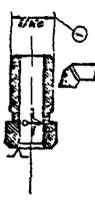
• *единичные* (при сопоставлении однотипной продукции, изготовленной по разной технологии – материалоемкость, трудоемкость, себестоимость, энергоемкость, капиталоемкость);

• *обобщенные* (при сопоставлении разнообразных технологических процессов – удельные затраты, т. е. затраты, приходящиеся на единицу продукции).

Таблица 1. Примерная схема технологического маршрута токарной обработки втулки

Операция		Установка		Измерка		Содержание установов и переходов		Схема установов		Прикоординаты		Инструменты		Режим резания		Число проходов	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	A																
Установить заготовку в патроне с вылетом 50 мм и закрепить		Подрезать торцы		Обточить цилиндр		Обточить цилиндр		3-кулач. Резец про- ковый са- ходной от- мошен- гнутый; трияру- 115К6		Штанген- циркуль ШЦ-1		Резец про- ходной упорный; 115К6		16 1,5 0,39 180 1800		0,03	
Установить заготовку в патроне с вылетом 50 мм и закрепить		Подрезать торцы		Обточить цилиндр		Обточить цилиндр		3-кулач. Резец про- ковый са- ходной от- мошен- гнутый; трияру- 115К6		Штанген- циркуль ШЦ-1		Резец про- ходной упорный; 115К6		32 30 3,5 0,39 180 1800		0,05	
Установить заготовку в патроне с вылетом 50 мм и закрепить		Подрезать торцы		Обточить цилиндр		Обточить цилиндр		3-кулач. Резец про- ковый са- ходной от- мошен- гнутый; трияру- 115К6		Штанген- циркуль ШЦ-1		Резец про- ходной упорный; 115К6		32 15 2 0,39 130 1800		0,03	



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
4	Сверлить отверстие 6					Сверло Ø15, Р6М5		15	45	7,5	0,2	26	560	1	0,45		
5	Проточить фаску 3					Резец отрезной 3 мм; Т15К6		25	1,5	1,5	0,3	140	1800	1	0,003		
6	Выточить канавку 2							25	1	3	0,1	140	1800	1	0,006		
7	Срезать заготовку в размер 1							28	6,5	3	0,096	158	1800	1	0,04		
2 А	Установить и закрепить заготовку в патроне 1, обрезать торцы в размер 1		З-кулачковый самоходный отжимной патрон	Резец прогонный Штангенциркуль Т15К6	23	6,5	1,5	0,39	158	1800	1	0,01					
2-3	Проточить две фаски 2							28	1,5	1,5	0,3	158	1800	1	0,006		
4	Зенкеровать отверстие 3							15,8	40	0,4	0,3	35	710	1	0,21		
5	Развернуть отверстие 3							16	40	0,1	1	3,6	71	1	0,7		
3 А	Установить и закрепить заготовку на оправке 1		Оправка разжимная	Резец прогонный Микрометрический Т15К6 0-25	25	27	0,5	0,32	175	2340	1	0,04					

2.2. Классификация и характеристика типовых технологических процессов

Классификация технологических процессов во многом тождественна классификации, которая была приведена в подтеме 1.3 темы 1 в целом для производственных технологий. Отличие заключается в том, что классификация технологических процессов должна рассматриваться на микроуровне более высокого порядка. Далее мы более подробно рассмотрим лишь специфические особенности классификации технологических процессов.

По способу организации технологические процессы подразделяют на периодические, непрерывные и комбинированные. Они имеют свои преимущества и недостатки, определяющие область их применения.

Непрерывные технологические процессы характеризуются одновременным выполнением вспомогательных и рабочих действий. Они противоположны по своему содержанию дискретным технологическим процессам. В этом случае в стадии обработки находится несколько единиц или порций сырья. Пока над одной порцией выполняются, например, рабочие действия, над другой, в это же время, выполняются вспомогательные. Таким образом, хотя при обработке каждой отдельной порции сырья вспомогательные и рабочие действия чередуются, для всех обрабатываемых порций наблюдается одновременное выполнение рабочих и вспомогательных действий. Например, пока одна порция сырья загружается, другая перерабатывается и т. д. В итоге получаем непрерывное выполнение рабочих действий, т. е. непрерывный технологический процесс.

Наиболее длительными по времени являются рабочие действия, поэтому они определяют сроки обработки. Следовательно, непрерывные процессы «экономят» время, но требуют больших производственных территорий. Они компактны по времени, но растянуты (разнесены) в пространстве.

Наиболее распространены непрерывные процессы в химической промышленности, металлургии, энергетике. Примером непрерывного процесса может служить конвейерная сборка в машиностроении.

Непрерывные технологические процессы компактны во времени, позволяют производить большое количество продукции в единицу времени, поэтому применяются в массовом и серийном производстве товаров. Кроме того, к их преимуществам относятся следующие:

- постоянство режимов работы оборудования, что облегчает условия его работы и удлиняет срок службы;
- возможность максимальной механизации и автоматизации процесса;
- создание благоприятных условий для использования вторичных энергоресурсов (например, тепла отходящих газов).

Однако непрерывные процессы имеют и ряд недостатков:

- занимают большие производственные площади;
- требуют большего количества перемещений предмета труда, т. е. имеют большую долю вспомогательных действий;
- непригодны при изготовлении крупногабаритных и крупнотоннажных видов продукции, при единичном производстве, при изготовлении пробных партий продукции.

Дискретные технологические процессы характеризуются чередованием во времени вспомогательных и рабочих действий при выпуске продукции. Их название происходит от прерывистого характера выполнения рабочих действий. Так как рабочие и вспомогательные действия в дискретных процессах осуществляются на одном месте (в одном агрегате), приходится прибегать к чередованию рабочих и вспомогательных действий. Наиболее часто рабочие действия прерываются на загрузку-выгрузку, после чего цикл обработки (рабочие действия) повторяется.

Таким образом, дискретные процессы компактны в пространстве и растянуты во времени (отличаются большой длительностью). Причем в стадии обработки находится одна порция сырья, над которой поочередно выполняются все технологические действия.

Дискретные технологические процессы преобладают в машиностроении, капитальном строительстве, добывающих отраслях промышленности. Примером дискретного процесса может служить также стационарная сборка в машиностроении.

Недостатками дискретных процессов являются все вышеперечисленные достоинства непрерывных процессов. Основной из них – прерывистый (на загрузку и выгрузку) режим работы оборудования, которое делит по этому принципу на непрерывное и оборудование периодического действия.

Комбинированные технологические процессы представляют собой сочетание периодических и непрерывных процессов. На одном месте выполняется часть технологических действий, на другом следующая часть и т. д. Например, работа доменной печи, коксование углей, поточные линии механической обработки деталей. Агрегатно-поточный способ изготовления железобетонных изделий и конструкций характеризуется также выполнением на одном производственном месте нескольких технологических операций.

На рис. 10 схематично представлены дискретные и непрерывные технологические процессы.



Рис. 10. Схемы технологических процессов: а – дискретные; б – непрерывные

По кратности обработки сырья различают следующие виды процессов:

- Процессы с разомкнутой (открытой) схемой, в которой сырье или материалы подвергаются однократной обработке. Примером их может служить конвертерный способ получения стали.
- Процессы с замкнутой (круговой, циркуляционной или циклической) схемой, в которой сырье или вспомогательные материалы неоднократно превращаются в начальную стадию процесса для повторной обработки, а иногда и регенерации (восстановление потерянных свойств). Например, химическая переработка нефтяных фракций. Для восстановления активности катализатора последний постоянно циркулирует между реакционной зоной крекинга и прокалочной печью для выжигания углерода с его поверхности.
- Комбинированные технологические процессы (со смешанной схемой). Сочетают в себе схемы открытых и закрытых технологических процессов. Примером их могут служить технологические процессы получения серной кислоты нитрозным способом, где оксиды серы обрабатываются открытым способом, а оксиды азота – циркулируют по замкнутой схеме.

Процессы с замкнутой схемой более рациональны. Они позволяют экономить сырье, материалы, водные ресурсы, получать продукцию более высокого качества. Они являются основой создания *безотходных, малоотходных и энергосберегающих производств*.

- *Малоотходные технологические процессы* – это процессы, при которых выход готовой продукции значителен в процентном выражении от используемого сырья или материалов. Например, объем отходов при изготовлении пластмассовых деталей на термопласт-автоматах составляет 1–3%, при получении металлодеталей методом горячей штамповки на ковочных машинах – 7–12%.

- *Безотходные технологии* – это производства, при которых выход готовой продукции практически равен объему или массе используемого сырья, например, порошковая металлургия, изготовление ДВП и ДСП, железобетонных конструкций, поливитаминов, лекарств.

- *Энергосберегающие производства* – это технологические процессы, связанные с незначительным потреблением энергии при высоком процентном выпуске продукции. Например, внедрение токов высокой частоты при выплавке стали, пайке; варке стекломассы и прочее.

В заключение следует отметить, что все технологические процессы должны быть *экологически чистыми и безопасными* для человека и окружающей среды.

Для интенсификации любого технологического процесса необходимо стремиться к уменьшению времени его осуществления, т. е. выполнения рабочих (основных) и вспомогательных (дополнительных) ходов. По мере совершенствования технологических процессов общие затраты труда должны убывать.

Общие затраты (совокупные затраты труда) в технологическом процессе (T_c) складываются из *затрат прошлого труда* или труда машины (T_n) и *затрат живого труда* или целенаправленного труда человека ($T_ж$), поскольку производственные действия могут выполнять два субъекта (человек и машина), причем вместе или раздельно. Если предположить, что один из этих субъектов требует меньше издержек, т. е. какой-то вид труда дешевле другого, тогда целесообразна замена дорогого субъекта (труда) на дешевый. При этом вид и характер производственных действий может вообще не изменяться, заменяется только субъект, их выполняющий.

Об экономической эффективности материального производства судят по общеизвестному показателю или критерию – производительности труда.

Производительность труда (П) – показатель плодотворности, эффективности деятельности работающих, измеряемый количеством продукции, выпущенной в единицу времени, или количеством времени, затраченным на производство единицы продукции.

В соответствии с тремя параметрами трудозатрат различают три вида производительности труда, определяемой по следующим формулам:

$$P_ж = \frac{Q}{T_ж};$$

$$P_n = \frac{Q}{T_n};$$

$$P_c = \frac{Q}{T_c},$$

где $P_ж$, P_n , P_c – производительность живого, прошлого и совокупного труда;

Q – количество выработанной продукции;

$T_ж$, T_n , T_c – затраты живого, прошлого и совокупного труда соответственно.

Для определения эффективности производства и измерения производительности труда следует сравнивать результаты труда (созданную стоимость) со всем количеством затраченного на ее создание труда, как живого, так и прошлого, овеществленного.

Каждое совершенствование технологического процесса сопровождается изменением затрат труда во времени (рис. 11). Соотношение затрат живого и прошлого труда меняется по-разному в зависимости от уровня развития технологических процессов. При переходе от ручного труда к механизированному затраты живого труда на единицу продукции резко снижаются, а затраты прошлого труда на единицу продукции резко возрастают.

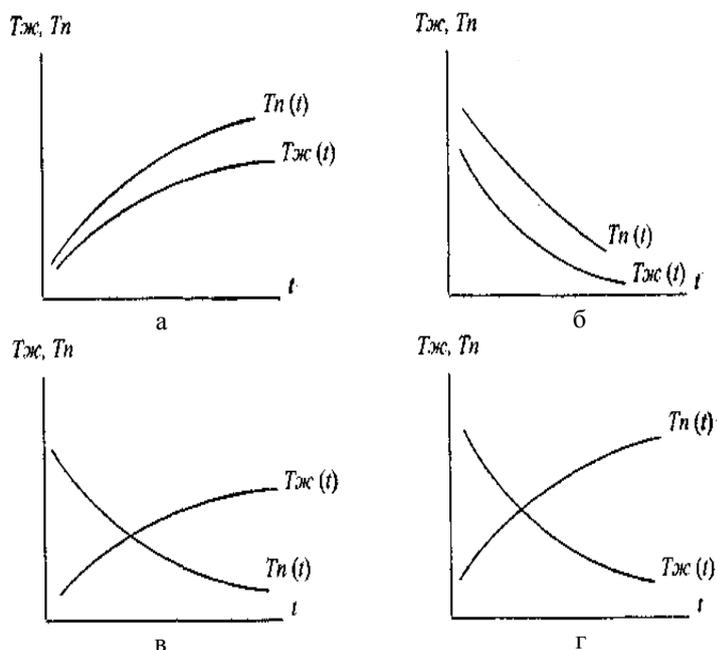


Рис. 11. Варианты изменения трудозатрат во времени

при совершенствовании технологического процесса:

а – одновременное повышение $T_{ж}$ и $T_{п}$; б – одновременное снижение $T_{ж}$ и $T_{п}$; в – повышение $T_{ж}$ и снижение $T_{п}$; г – снижение $T_{ж}$ и повышение $T_{п}$

Вариант *а*, где отмечается одновременное повышение затрат живого и прошлого труда с течением времени, а как следствие повышение всех совокупных затрат и снижение производительности труда, является экономически не целесообразным и исключается из рассмотрения.

Вариант *б*, где наблюдается одновременное снижение затрат живого и прошлого труда, а как следствие, совокупного труда и рост производительности труда, называют вариантом неограниченной динамики трудозатрат при развитии технологического процесса.

Вариант *в* возможен, если живой труд дешевле труда машин. Здесь наблюдается повышение затрат живого труда и снижение затрат прошлого труда, что противоречит мировой исторической тенденции развития научно-технического прогресса. Такой вариант с точки зрения технологического процесса является бесперспективным, хотя и экономически выгодным.

Вариант *г*, где наблюдается снижение затрат живого и повышение затрат прошлого труда, на практике находят широкое применение. Человек заменяется машиной, поскольку его возможности по повышению производительности труда ограничены природными физиологическими возможностями. Если возможности машины становятся исчерпывающими, ученые занимаются разработкой новых машин, обладающих более производительным принципом действия. Машинное производство не имеет ограничений в повышении производительности труда. Однако наступает предел, при котором замещение человека полностью является нецелесообразным. Очень важно предвидеть предел замещения живого труда прошлым. Вариант замещения живого труда машинным называют вариантом ограниченной динамики трудозатрат при развитии технологического процесса.

Обобщая вышеизложенное, отметим, что известны два варианта развития технологического процесса – рационалистический и эвристический.

Для рационалистического типа характерно следующее:

- повышение производительности труда за счет уменьшения затрат живого труда;
- рост прошлого труда, затрачиваемого на единицу продукции, для обеспечения повышения производительности труда;
- падение эффективности рационалистического решения по мере развития технологического процесса;
- ограниченность во времени и по эффективности технических решений рационалистического типа.

Для анализа динамики развития технологических процессов можно использовать следующие показатели:

- технологическую вооруженность технологического процесса;
- производительность труда.

Годовые затраты прошлого труда определяются суммой годовых амортизационных отчислений от стоимости оборудования (Φ_T).

Технологическая вооруженность (B) определяется по формуле

$$B = \frac{\Phi_T}{n},$$

где Φ_T – сумма годовых амортизационных отчислений от стоимости оборудования, р. в год;

n – численность работающих, чел.

Этот параметр показывает количество прошлого труда, перенесенного на предмет труда одним работающим.

Производительность живого труда (L) определяется соотношением годового чистого продукта к числу работающих по следующей формуле:

$$L = \frac{Q}{n},$$

где Q – стоимость продукта, выработанного за год;

n – число работающих.

Производительность труда и технологическая вооруженность характеризуют уровень технологии.

Модель рационалистического развития технологического процесса имеет следующий вид:

$$L = Y \cdot B,$$

где L – производительность живого труда;

Y – коэффициент уровня технологии.

Уровень технологии – это уровень мастерства, который определяется произведением производительности живого и прошлого труда и представляет обобщенную эффективность технологического процесса:

$$Y = \frac{Q}{n} \cdot \frac{Q}{\Phi_T}$$

или

$$Y = \frac{1}{T_{ж}} \cdot \frac{1}{T_n}.$$

2.3. Закономерности формирования, законы функционирования и основные приоритетные направления (законы) развития технологических процессов

Технологические процессы, как и выпускаемая продукция, имеют свой «жизненный» цикл от зарождения до устаревания. Он описывается тремя группами законов и закономерностей. Это закономерности формирования, законы функционирования и развития технологических процессов.

Закономерности формирования технологических процессов вскрывают поэлементный состав структуры технологических процессов, описывают те части, из которых складывается технология. Эти сведения являются основой формирования технологических процессов.

Законы функционирования технологических процессов описывают взаимосвязи между элементами структуры, процессы взаимодействия между элементами технологического процесса в ходе изготовления продукции (между рабочими и вспомогательными действиями во времени и пространстве). Дополнительно в эту группу можно отнести законы сохранения массы и закон сохранения энергии.

Закон сохранения массы вещества гласит, что масса веществ (сырья), взятых для технологического процесса (технологической операции), равна массе веществ, образовавшихся в ходе технологического процесса (технологической операции).

Исходный продукт процесса – предметы природы, сырье или полуфабрикат. *Сырье* – предмет труда, на добычу или производство которого, был затрачен труд. *Полуфабрикат* – сырье, которое подвергалось обработке, но не может быть потреблено как готовый продукт. *Продукция* – это результат производства в виде сырья, полуфабриката, созданных материальных и культурных благ или выполненных работ производственного характера (рис. 12, табл. 2).

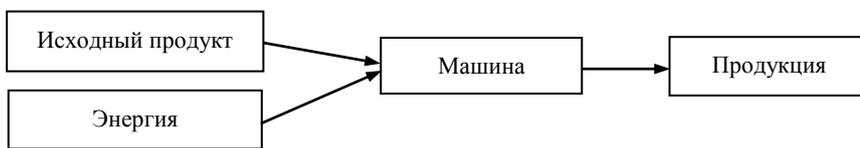


Рис. 12. Машина – средство производства

Таблица 2. Преобразования машинами исходного продукта в продукцию

Исходный продукт	Энергия	Машина	Продукция
Заготовка	Электроэнергия	Станок	Деталь
Груз	Механическая	Автомобиль	Перевезенный груз
Ткань, нить	Механическая	Швейная машина	Шов
Электромагнитные волны	Электрическая	Телевизор	Изображение и звук
Задача	Электрическая	ЭВМ	Решенная задача
Энергия сгораемого топлива	Расширения газов	Двигатель внутреннего сгорания	Механическая энергия

На основе закона сохранения массы рассчитывается материальный баланс технологического процесса.

Аналогичным образом рассчитывается энергетический баланс, который является проявлением закона сохранения энергии в технологических процессах.

Закон сохранения массы и закон сохранения энергии относятся к законам функционирования технологических процессов, так как они проявляются только в ходе изготовления продукции.

Закономерности формирования и функционирования технологических процессов являются базой, необходимой для установления закономерностей развития технологических процессов.

Законы развития технологических процессов показывают, какие изменения происходят в структуре с течением времени, каким образом видоизменяются элементы технологического процесса и связи между ними во времени.

Все три группы обозначенных закономерностей и законов взаимосвязаны между собой и представляют диалектическое единство. Чтобы приступить к выявлению законов следующего уровня или группы (вниз по предложенной классификации), необходимы сведения о законах предыдущего уровня. Знание законов всех трех уровней позволяет говорить о достаточно полной изученности объекта.

Законы развития технологических процессов являются основой научно обоснованного управления развитием технологических и производственных процессов в целом.

Развитие технологического процесса складывается из стадии *эволюционного и революционного развития*.

Эволюционный путь развития – это снижение затрат труда на осуществление технологического процесса за счет улучшения только вспомогательных действий и соответствующего снижения трудозатрат. Поскольку оба вида труда (живой и прошлый) в общем случае расходуются на выполнение как рабочих, так и вспомогательных действий, можно предложить схему уменьшения трудозатрат за счет эволюционного развития технологического процесса, представленную на рис. 13.

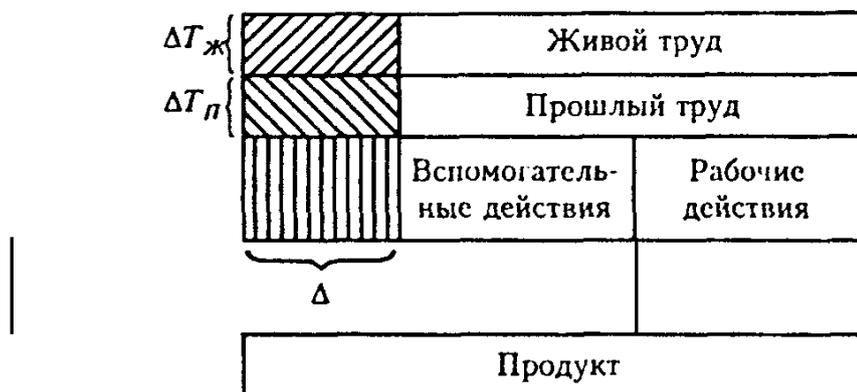


Рис. 13. Схема взаимосвязи трудозатрат с технологическими действиями при эволюционном развитии технологического процесса

Вспомогательные действия сокращаются на некоторую величину Δ , что приводит к соответствующему снижению затрат живого ($\Delta T_{ж}$) и прошлого ($\Delta T_{п}$) труда. Если на эту часть вспомогательных действий затрачивается только какой-то один вид труда, то, естественно, он и снижается.

Эволюционное развитие технологического процесса соответствует неограниченному во времени варианту снижения трудозатрат.

Сформулируем *закон эволюционного развития*: эволюционное развитие технологического процесса предполагает такие изменения в области вспомогательных действий, которые приводят к снижению совокупных затрат труда и повышению производительности совокупного труда.

Сократить долю вспомогательных действий, сущность которых в основном сводится к пространственному перемещению предмета труда и (или) инструмента, можно следующим образом:

1. Снижением доли вспомогательных действий непосредственно в области этих действий:

- путем рационального размещения технологического оборудования;

- применением новых технологий, например, роторных, позволяющих по сравнению с традиционными организационными схемами непрерывных технологических процессов значительно повысить компактность и за счет этого снизить материальные и энергозатраты на выполнение вспомогательных действий.

2. Снижением доли вспомогательных действий путем повышения технологических возможностей инструмента.

Например, при токарной обработке деталей для этого достаточно выполнить резец обоюдоострым, позволяющим снимать стружку не только в одном направлении его движения вдоль детали, но и в обратном. В таком случае вспомогательный ход (все перемещения резца относительно детали) значительно сокращается, что влечет за собой соответствующее снижение расхода энергии (трудозатрат).

3. Повышением мощности технологических процессов. Это приводит к увеличению объема выпускаемой продукции. И если затраты на сырье и рабочие действия в таком случае увеличиваются пропорционально объему выпуска, то затраты на вспомогательные действия, как правило, не растут в такой же зависимости. Так, практически не увеличиваются расходы на транспортирование деталей от станка к станку при увеличении их числа, допустим, с 20 единиц до 25.

4. Повышением мощности вспомогательного производства. Часто транспортное оборудование не работает в номинальном по мощности режиме, поэтому его догрузка не влечет увеличение затрат на транспортирование. Именно по указанной причине крупные производства обеспечивают снижение себестоимости продукции по сравнению с маломощными. Поэтому, когда говорят о том, что мелкие производства более гибкие, менее инерционные, то, кроме всего прочего, быть такими их заставляет рассматриваемая ситуация.

Для непрерывных технологических процессов, характеризующихся одновременным выполнением рабочих и вспомогательных действий, снизить затраты на вспомогательные действия можно путем замедления их длительности вплоть до длительности рабочих действий. Хотя при этом выполняемая работа, а значит, и расход энергии на перемещение сырья остается прежним, выигрыш обеспечивается за счет меньшей стоимости менее мощных транспортных средств.

Перечень путей эволюционного совершенствования технологического процесса может быть, безусловно, продолжен.

5. В идеале существует принципиальная возможность полного исключения вспомогательных действий и соответствующих затрат. Такое возможно тогда, когда инструмент и предмет труда находятся в постоянном контакте и не требуется совмещать их в пространстве. Например, если в качестве инструмента выступает окружающая среда (воздух). Она является инструментом для всех процессов окисления. Также известно, что, например, качество глины улучшается под воздействием окружающей среды (под воздействием циклов заморозания и оттаивания).

6. Возможен вариант почти полного исключения затрат на выполнение вспомогательных действий. Для этого надо найти «бесплатное» транспортное средство. Им являются природные эффекты и явления. Так, при перемещении груза сверху вниз мы часто используем силу тяжести и не задумываемся, что это самый экономически выгодный способ осуществления вспомогательных действий. Для этой цели также можно использовать, например, течение воды, таяние льда, образование льда, ветер, дождь, морские приливы и т. д.

Порой полное исключение затрат на выполнение вспомогательных действий невозможно по технологическим причинам, когда нельзя применить естественные природные процессы. Но к данной цели необходимо стремиться, так как это является одним из способов повышения производительности труда.

Революционный путь развития – это снижение совокупных затрат труда путем целесообразного видоизменения рабочих действий, а точнее рабочего хода технологического процесса как зародыша всех рабочих действий более высоких иерархических уровней.

С повышением иерархии рабочие действия низших уровней поглощаются действиями высших уровней, что следует из структуры технологического процесса. При этом на каждом новом иерархическом уровне к соответствующим рабочим действиям добавляются вспомогательные действия.

Рабочие действия составляют основную часть всех технологических действий, поэтому именно с ними связана доминирующая доля совокупных трудозатрат на выпуск продукции. Причем с учетом того, что в настоящее время технологические процессы осуществляются с помощью машин, на выполнение рабочих действий затрачивается, главным образом, *прошлый труд*. Поэтому существенно снизить затраты прошлого труда в технологическом процессе можно именно путем революционных преобразований.

Революционное развитие так же, как и эволюционное соответствует варианту неограниченного снижения трудозатрат во времени. При этом изменяется пропорция между затратами живого и прошлого труда в сторону увеличения доли живого труда. Этот вывод очевиден, так как новые технологии, как правило, яв-

ляются недоработанными в рационалистическом и эволюционном плане, т. е. плохо освоены на практике.

Заметим, что, исходя из структуры технологического процесса (см. рис. 8), к рабочим действиям следует отнести только рабочие ходы из каждой технологической операции, так как все остальные технологические действия относятся в строгом смысле к вспомогательным действиям (вспомогательный ход, переход, операция и т. д.).

Что касается принципиальных путей возможного видоизменения рабочих действий, то подход к ним существенно отличается от подхода к вспомогательным действиям.

Сократить количество рабочих действий (сократить их долю) нельзя, так как в этом случае предмет труда не претерпит необходимых изменений для своего преобразования в продукт.

Необходима кардинальная перестройка рабочих действий с целью снижения трудозатрат на их выполнение. При этом произойдет изменение типа воздействия на предмет труда, а, как следствие, изменение инструмента, а это в свою очередь, приведет к формированию принципиально новых по виду вспомогательных действий. Такие технологические изменения в любых по происхождению объектах называют *революционными*.

Схематично данная последовательность действий представлена на рис. 14. После изменения старых рабочих действий (рабочих ходов), новый набор технологических действий, как правило, меняет пропорцию между живым и прошлым трудом.

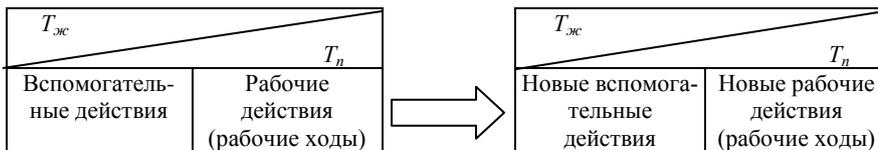


Рис. 14. Схема революционного преобразования технологического процесса

Сформулируем закон революционного развития технологических процессов.

Революционное развитие технологических процессов связано с изменениями в области рабочих действий, которые обеспечивают снижение совокупных затрат труда главным образом за счет снижения затрат прошлого труда. Причем только революционное развитие позволяет скачкообразно снизить трудозатраты в технологическом процессе.

Направления революционного преобразования технологических процессов, которые повышают результативность существующих рабочих действий и позволяют таким путем снижать трудозатраты, предусматривают следующие пути их реализации:

- Повышение технологичности предмета труда, т. е. склонности к обработке способом, предусмотренным имеющимся видом рабочего хода. Например, нагрев металла перед ковкой позволяет повысить результативность этого процесса. Появляется новая операция нагрева, затраты на которую должны окупиться за счет более легкой, а, значит, менее затратной, последующей обработки ковкой.

- Повышение технологических возможностей инструмента. Скорости и режимы, при которых инструмент воздействует на предмет труда, могут быть повышены и улучшены, если преодолеть причины, препятствующие этому. Например, скорость обработки резанием ограничивается тем, что рабочая кромка резца испытывает самые высокие температурные нагрузки, под действием которых она теряет нужные механические свойства. Для устранения этого недостатка целесообразно повысить красностойкость резца, что позволит повысить скорости обработки и, соответственно, снизить трудозатраты на единицу продукции.

Стимулирующую роль по отношению к рабочим действиям технологического процесса выполняют различные способы внешнего воздействия. К их числу следует отнести: высокие температуры, давление, традиционные и биологические катализаторы, окислители, электронно-ионные воздействия, радиационное облучение и т. д.

Указанные направления по аналогии с эволюционным путем развития не ведут к существенному снижению трудозатрат на выполнение технологического процесса. Повышение результативности рабочего хода не изменит его сущности. Эффект достигается в рамках известных рабочих воздействий на предмет труда. Значение показателя уровня технологии хотя и повышается, но незначительно.

- Снижение трудозатрат за счет организационных и технических решений. Техника как элемент производственной системы и субъект производственного процесса обладает относительной самостоятельностью по отношению к технологии. Развитие техники в соответствии с ее закономерностями также способствует снижению трудозатрат на выпуск продукции. Станок нового поколения, выполняющий известные функции старой технологии, позволяет понизить трудоемкость продукции.

- Снижение трудозатрат на основе кардинального изменения рабочего хода с помощью неиспользованных ранее свойств предмета труда.

Основой формирования технологических процессов является замысел, воплощенный в эскизный проект. Определяется, какой продукт следует получить, круг его свойств (физических, химических, механических, геометрических и т. д.). В соответствии с ними подбирается необходимое сырье. Чем больше

свойств сырья соответствует свойствам будущего продукта, тем лучше. Здесь надо учитывать также трудоемкость получения того или иного свойства. Например, геометрические свойства (размеры и конфигурация) изменять легче (менее затратно), чем химические и физические свойства предмета труда.

Технология имеет целью придать сырью ряд недостающих свойств будущего продукта. При этом для переработки сырья в требуемом направлении технология может исходить только из свойств этого сырья. Например, высушить можно только влажный твердый материал, разрезать – только твердый, отлить – только жидкий. Таким образом, совокупность рабочих действий технологического процесса функционально зависит от свойств предмета труда. Причем, каждый вид рабочего хода базируется на некотором одном или нескольких свойствах материала. Ряд других свойств сырья остается неиспользованным. И этот ряд для всякого материала очень широк. Именно неиспользованные ранее свойства предмета труда могут стать источником новых видов рабочего хода, новых технологий. Поэтому новые технологии, как правило, используют новые свойства предмета труда или известные, но с новой стороны.

Предложенную последовательность связей можно развернуть в следующую логическую цепь: продукт – свойства продукта – свойства сырья – сырье – свойства сырья – технология – продукт.

Примером революционных преобразований технологического процесса, меняющих вид рабочих действий, является порошковая металлургия, которая пришла на смену традиционной обработке деталей резанием. Порошковая технология предусматривает получение металлических порошков с последующим спеканием их в детали под высокими давлением и температурой. Эта технология основана на использовании следующих свойств металлов: способности локально плавиться, свойствах твердых тел, теплопроводности.

Таким образом, только принципиальное изменение рабочих действий позволяет повысить значение уровня технологии и осуществить резкое снижение трудозатрат.

Если в структуре технологических действий при эволюционном или революционном пути развития практически не происходит изменений, изменяется лишь субъект, выполняющий такие действия, то соответствующий вариант развития называется рационалистическим.

Рационалистический путь развития технологических процессов предусматривает, как правило, лишь изменение скорости вспомогательных или рабочих действий технологического процесса путем замещения живого труда прошлым, причем такого замещения, которое приводит к снижению совокупных трудозатрат на выпуск продукции.

Каждое внедряемое техническое решение должно отвечать следующим требованиям:

- физически осуществимым (соответствовать законам природы, на которых базируется принцип действия технического устройства);
- технически реализуемым (соответствовать ресурсам и научно-техническому потенциалу общества);
- экономически выгодным.

Сущность технологических действий при рационалистическом развитии заключается в целенаправленных процедурах, которые наиболее часто осуществляет человек или машина. Поэтому один из вариантов экономического совершенствования технологии заключается в замене действий человека на действия машин, механизмов и автоматов. Очевидно, что при этом предполагается увеличение затрат прошлого труда в технологическом процессе. Но это увеличение не может быть бесконечным. Оно должно иметь оптимум с долей живого труда в технологическом процессе для того, чтобы обеспечить снижение совокупных затрат труда.

Вместе с тем рационалистическое развитие технологических процессов носит ограниченный затухающий характер по причине постепенного снижения эффективности от дополнительных затрат прошлого труда. Чем ниже достигнутое значение затрат живого труда, тем большие затраты прошлого труда необходимы для следующего шага развития.

Увеличение объема прошлого труда происходит за счет насыщения производства станками, приспособлениями, автоматическими устройствами, т. е. за счет механизации и автоматизации производственных процессов. В связи с этим необходимо сделать вывод об ограниченной эффективности механизации и автоматизации.

Автоматизация производства может быть экономически невыгодной в ряде случаев и даже полностью автоматизированное производство может быть отсталым в технологическом плане (иметь устаревшую базовую технологию). Новые базовые технологии – это продукт революционного развития производства, которое является более прогрессивным.

Сформулируем закон рационалистического развития технологических процессов:

Рационалистическое развитие технологических процессов предполагает замену действий человека, выполняющего технологические процедуры, на действия машин и автоматов, что приводит к увеличению затрат прошлого труда и за счет этого снижению затрат живого труда или повышению производительности живого труда. Причем по мере эволюционного развития каждое последующее повышение производительности труда требует все больших затрат труда прошлого на единицу прироста производительности совокупного труда.

Разные образцы техники (прошлый труд) и работники разной квалификации (живой труд) характеризуются разной ценой. Следует рассмотреть соотношение живого и прошлого труда в технологическом процессе при рационалистическом направлении развития.

Если подходить к проблеме соотношения между затратами живого и прошлого труда из меркантильных соображений, т. е. из условия восстановления затрат на человека-работника ($T_{ж}$) по аналогии с восстановлением затрат на машину ($T_{н}$), то очевидно, что затраты на человека-работника выше затрат на станки, оборудование и т. д. Или «средний» работник дороже «средней» машины.

Очевидно и другое, что все машины, энергия, техника потребляются человеком, причем составляют только часть его потребностей. Поэтому «стоимость» человека всегда выше стоимости техники. Следовательно, затраты живого труда не могут быть ниже затрат прошлого труда. В крайнем предельном случае они уравниваются. Значит живой труд в стоимостном представлении в принципе не может быть вытеснен из технологического процесса. При осуществлении технологического процесса человек, как известно, переносит стоимость прошлого труда на продукт. И этот перенос должен оплачиваться не ниже перенесенного прошлого труда. Здесь нет аналогии с простым физическим переносом груза носильщиком.

Данное утверждение соответствует идее полной автоматизации технологического процесса, которая внешне предполагает полное исключение живого труда при изготовлении продукта. Но в данном случае необходимо учесть существенное отличие натуральных и стоимостных измерителей труда, т. е. возможен случай, когда затраты живого труда в натуральном виде незначительны, а в стоимостном велики. Ведь работник должен получать больше не только за счет сокращения общего числа работников, но и за счет более квалифицированного сложного труда на более дорогом, а значит технически более сложном оборудовании. Развитие производства подтверждает эту мысль.

Можно предположить, что даже при наличии на производстве лишь одного человека, оплата его труда (живой труд) должна превышать стоимость всего прошлого труда.

Отечественная производственная практика показывает наличие обратной картины. У нас затраты живого труда намного меньше затрат прошлого труда. Но это объясняется не высоким уровнем механизации и автоматизации технологических процессов, а просто очень низкой стоимостью живого труда.

Труд обесценен до крайней степени благодаря плановому подходу к трактовке и исчислению параметра производительности труда, а затем и заработной платы.

Если за производительность труда принять (что в настоящее время и делается) скорость выпуска продукции или выработку, то понятно, что знаменатели выражений остаются неизменными при любых (кроме изменения числа работников) изменениях живого и прошлого труда в технологическом процессе, а значит и в производстве в целом.

Более того, чем больше затрат вовлекается в процесс изготовления продукции, тем выше расчетное значение производительности труда – ведь все затраты включаются в числитель. Особенно это касается затрат прошлого труда, которые включаются только в числитель выражений. Отсюда вытекает затратность нашей экономики, существующая и в настоящее время.

Однако у нас все же происходит насыщение производства средствами прошлого труда. Дешевый живой труд согласно существующим подходам заменяется на дорогой прошлый.

Таким образом, вышеизложенные пути развития решают общую главную задачу – снижение трудозатрат на выпуск продукции. Но степень или глубина решения этой задачи для каждого варианта развития своя.

Самым радикальным в этом плане является революционное развитие технологических процессов. При чем такое, которое сопряжено с заменой основной идеи технологического процесса, его «генного» набора, – принципа рабочего хода.

Все остальные варианты развития основаны не на существенном изменении рабочего хода, а на улучшении технологических процессов в рамках имеющихся рабочих действий.

Соответственным образом меняется значение показателя уровня технологии, отражающего качественную сторону технологического процесса.

При видоизменении рабочего хода происходит значительное повышение уровня технологии технологического процесса.

В остальных случаях развития (рационалистическое, эволюционное, революционное в рамках имеющегося рабочего хода) уровень технологии либо не изменяется, либо возрастает незначительно.

Следовательно, по степени радикальности все многообразие вариантов развития технологических процессов можно свести к *радикальным* и *нерадикальным* путям развития. Именно многообразие вариантов развития технологических процессов поднимает проблему установления оптимальной последовательности, обеспечивающей наиболее благоприятные условия для развития.

Наличие одного варианта развития исключало бы надобность в решении этой проблемы, как и принципиальная возможность и экономическая целесообразность осуществлять развитие всеми известными путями одновременно.

Установленный вид рабочего хода предопределяет весь скелет технологических действий (рабочих и вспомогательных). Улучшать и совершенствовать технологический процесс со стороны этой структуры представляется возможным только при условии постоянства рабочего хода. Замена рабочего хода (радикальный путь развития) ведет к появлению нового вида всех остальных технологических действий. В это же время улучшить

эти действия невозможно, так как еще неизвестно, что появится. Поэтому одновременное развитие радикальным и нерадикальным путем на практике невозможно. Тогда следует установить наиболее оптимальную очередность указанных этапов развития.

Когда возможны оба направления развития технологических процессов, экономически более выгодным является нерадикальное развитие, поскольку рационалистическое развитие (механизация и автоматизация технологического процесса) целесообразно при соблюдении соотношения $T_{ж} > T_n$.

Эволюционное развитие и революционное развитие, не затрагивающие реализуемый вид рабочего хода, по отдельности целесообразны всегда, равно как и радикальное изменение технологического процесса.

Однако все варианты нерадикального развития требуют, как правило, меньших капитальных вложений. Их реализуют в соответствии с имеющимся уровнем развития техники. Для этого достаточно адаптировать известные технические решения к местным условиям, к условиям имеющегося технологического процесса.

Кроме того, нерадикальное развитие не требует реконструкции технологического процесса. Улучшение здесь связано с его точечными локальными изменениями, в противовес значительным потерям, связанным с радикальным изменением технологического процесса (реконструкцией технологического процесса).

Но надо помнить, что рано или поздно заложенные в рабочем ходе возможности технологического процесса будут исчерпаны. Эффект от нерадикальных улучшений технологического процесса постепенно будет снижаться, так как он будет обеспечиваться не за счет существенного изменения технологических действий, а за счет технического развития, улучшения техники. После достижения такого предела единственным путем развития технологического процесса будет радикальное изменение рабочего хода. Новый рабочий ход повысит потенциальные возможности технологического процесса, которые будут реализовываться на стадии последующего нерадикального развития.

Таким образом, экономически предпочтительнее чередование радикальных и нерадикальных стадий развития технологического процесса.

Рассмотрим соотношение между живым и прошлым трудом. На этапе нерадикального развития прослеживается тенденция к выравниванию пропорции между затратами живого и прошлого труда. При исчерпании потенциальных возможностей нерадикального развития (стоимость новой техники перестает окупаться повышением производительности труда) происходит замена старого вида рабочего хода на новый. В большей степени снижаются затраты прошлого труда. Возрождается движущая сила для будущего нерадикального развития (устанавливается соотношение $T_{ж} > T_n$). В ходе последующего развития это соотношение вновь изменяется в сторону равенства $T_{ж} = T_n$ и т. д.

Путь радикального развития технологического процесса хотя и связан с большими затратами, дает и качественно лучший результат. Однако постоянное развитие технологического процесса в этом направлении нецелесообразно не только по экономическим причинам, но и невозможно по объективным.

Новый вид рабочего хода не может возникнуть на «пустом месте». Он появляется как результат устранения недостатков старого вида рабочего хода. Пока мы не увидим недостатки старой технологии, не сможем создать ничего лучшего. А для выявления недостатков технологического процесса необходима стадия его практического освоения (нерадикального развития). В это же время происходит всестороннее изучение технологического процесса, которое необходимо для радикальной замены имеющегося рабочего хода.

Траекторию развития технологического процесса можно представить схематично (рис. 15).

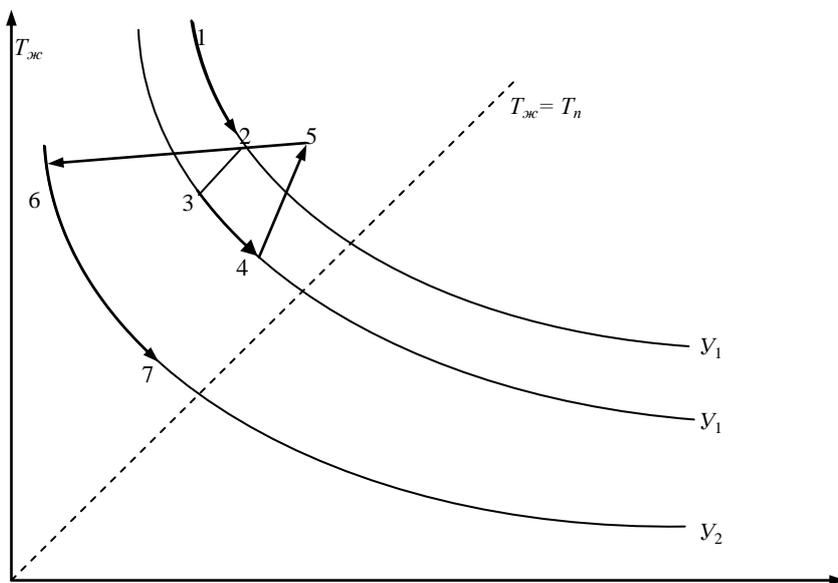


Рис. 15. Траектория развития технологического процесса

Траектория развития технологического процесса складывается из следующих этапов:

- На интервале 1–2 осуществляется рационалистическое развитие технологического процесса при постоянном значении уровня технологии (U_1).
- Отрезок развития 2–3 характеризуется изменением уровня технологии до значения U_1 за счет либо эволюционного, либо революционного процесса.
- Этап 3–4 соответствует стадии рационалистического развития при постоянном значении уровня технологии U_1 . При этом в точке 4 еще не достигается предельное соотношение между затратами живого и прошлого труда.
- Интервал 4–5–6 соответствует радикальному революционному развитию технологического процесса. Как уже отмечалось, реконструкция технологического процесса приводит к локальному увеличению затрат на выпуск продукции (отрезок 4–5). Их исключить нельзя, но можно свести к минимуму. Это уже предусматривает революционное радикальное развитие. Уровень технологии возрастет до значения U_2 .
- Издержки радикального развития технологического процесса окупаются нерадикальным последующим развитием. На графике это отрезок 6–7.

2.4. Материальные и энергетические балансы

Под *технологическим балансом* подразумевают результаты расчетов (выраженные в виде уравнений, таблиц или диаграмм), отражающих количество введенных и полученных в производственном процессе материалов и энергии (их приход и расход).

В основе составления материальных и энергетических балансов лежат *законы сохранения материи и энергии*.

В каждом материальном балансе количество введенных в производственный процесс материалов должно равняться количеству полученных основных и промежуточных продуктов и отходов производства.

Точно так же должны быть равны количества введенной тепловой или электрической энергии и количества выведенной с продуктами и отходами энергии.

При составлении технологических балансов пользуются стехиометрическими и термохимическими расчетами, а в ряде случаев и другими физическими и физико-химическими закономерностями.

Материальный баланс составляется по уравнению суммарной химической реакции с учетом параллельных и побочных реакций.

Побочные реакции часто являются следствием присутствия примесей в исходном сырье. Поэтому в балансах приходится сопоставлять массу основных компонентов и примесей с массой отходов производства, основных и побочных продуктов.

Однако из-за неточностей технико-химического анализа, погрешностей лабораторных измерений и неполного учета всех происходящих реакций материальный баланс в конечном счете имеет приближенный характер.

В большинстве случаев определение массы вещества производится отдельно для твердой, жидкой и газообразной фаз по выражению

$$Mt + Mж + Mr = M't + M'ж + M'r,$$

где Mt , $Mж$, Mr – соответственно массы твердых, жидких и газообразных материалов, поступивших на обработку, т. е. приход материалов;

$M't$, $M'ж$, $M'r$ – массы продуктов, получившихся в результате химической переработки, расход материалов.

В практических расчетах не всегда участвуют все три фазы (твердая, жидкая и газообразная). Кроме того, часть продуктов остается непрореагировавшей. В этом случае уравнение материального баланса имеет следующий вид:

$$Ma + Mb = Mc + Md + M\Delta a + M\Delta b + \dots + M\Delta e + M\Delta f + Mn,$$

где Ma и Mb – масса веществ, введенных в производственный процесс или в одну из его стадий;

Mc и Md – масса продуктов, получившихся в результате взаимодействия;

$M\Delta a$ и $M\Delta b$ – масса непрореагировавших исходных веществ;

$M\Delta e$ и $M\Delta f$ – масса побочных продуктов реакции;

Mn – масса продуктов (отходов или отбросов).

Уравнение материального баланса составляется в пересчете на единицу готовой продукции, на единицу массы сырья или единицу времени.

Для составления материального баланса необходимо знать химический состав, некоторые физические и физико-химические свойства исходного сырья, отходов, основных и побочных продуктов. После проведения стехиометрических расчетов, для которых используются данные технико-химической и материальной

отчетности производства, результаты вычислений оформляются в виде таблицы, состоящей из приходной и расходной частей. В каждой из них все статьи баланса выражаются не только в весовых или объемных единицах, но и в процентах к общему приходу или расходу. Это позволяет нагляднее отображать степень использования веществ по отношению к теоретически возможному и облегчает анализ цифровых данных.

В качестве примера в табл. 3 приводится материальный баланс обжига серного колчедана. По этим данным можно рассчитать расход сырья для получения единицы основного или промежуточного продукта, определить фактический выход продукта.

Таблица 3. Материальный баланс обжига серного колчедана

Приход			Расход			
материал	масса, кг	удельный вес, %	материал	масса, кг	удельный вес, %	
Колчедан сухой	1415	20,2	Огарок	1066	15,1	
Влага с колчеданом	44	0,6	Обжиговый газ	–	–	
Сухой воздух	5515	78,7	В том числе:			
Влага с воздухом	40	0,5		SO ₂	1140	16,3
				O ₂	513	7,4
				N ₂	4215	60,0
			H ₂ O	84	1,3	
Итого	7014	100,0	Итого	7018	100,0	

Тепловой баланс (энергетический) является количественным выражением закона сохранения энергии.

Применительно к тепловым процессам химической переработки этот закон формулируется следующим образом: количество тепловой энергии, принесенной в зону взаимодействия веществ, равно количеству энергии, вынесенной веществами из этой зоны.

Равенство прихода и расхода теплоты выражается уравнением общего вида

$$Q\phi + Q_{\varepsilon} + Q_{\nu} = Q'\phi + Q'n,$$

где $Q\phi$ – физическая теплота, введенная в процесс с исходными веществами;

Q_{ε} – теплота экзотермических и физических переходов из одного агрегатного состояния в другое (например, плавление, испарение, конденсация, растворение, кристаллизация). Если тепловой эффект взаимодействия отрицательный, то величину Q_{ε} помещают в расходной части баланса;

Q_{ν} – теплота, введенная в процесс извне и не принимающая участия в химических реакциях (например, с горючими газами, топливом, нагретой водой и т. д.);

$Q'\phi$ – физическая теплота, выведенная из процесса с продуктами реакции;

$Q'n$ – потери теплоты в окружающую среду.

Слагаемые теплового баланса рассчитываются по общеизвестным формулам.

Так, физическую теплоту ($Q\phi$), введенную с исходными веществами или выведенную с продуктами реакции, рассчитывают следующим образом:

$$Q\phi = Mct,$$

где M – масса исходного вещества;

c – средняя теплоемкость веществ при температуре их поступления;

t – температура исходных веществ.

Теплота экзотермических реакций и физических переходов веществ из одного агрегатного состояния в другое берется из экспериментальных данных, либо определяется термохимическим расчетом по закону Гесса.

Потери теплоты в окружающую среду (Qn), обусловленные теплопроводностью наружных стенок аппарата, излучением и конвекцией, вычисляют по основным расчетным зависимостям теплопередачи или берут на основе практических данных. Если это невозможно, то тепловые потери определяют по разности между суммой прихода и расхода.

Тепловой баланс составляется на основании материального баланса, рассчитывается и оформляется в виде таблицы.

Для примера в табл. 4 приводятся результаты вычислений теплового баланса полочной печи обжига серного колчедана.

Таблица 4. Тепловой баланс полочной печи обжига серного колчедана

Приход			Расход		
статья	теплота, кДж	удельный вес, %	статья	теплота, кДж	удельный вес, %
С сухим колчеданом	15400	0,2	С огарком	510000	6,7
С влагой колчедана	3650	0,05	С газами	4183200	54,9
С воздухом	152400	2,0	Теплопотери через стенку	156000	17,9
С влагой воздуха	1550	0,02	С воздухом, охлаждающим вал	2763700	20,5
Теплота горения колчедана	7439900	97,73			
Итого	7612900	100,0	Итого	7612900	100,0

Из таблицы видно, что 54,9% теплоты уносится с отходящими газами, имеющими температуру ~ 700°C.

Поскольку для последующей стадии переработки такого газа необходимо его охлаждение до 20°C, то фактически вся эта теплота может быть безвозвратно потеряна для производственного процесса. На практике в подобных случаях всегда стремятся к рациональному использованию тепловых отходов. Это достигается утилизацией и регенерацией теплоты.

При составлении материального и теплового балансов производства и технико-экономическом анализе рациональное использование теплоты нередко оказывается решающим фактором для оценки конкурентоспособности и выбора наилучших способов производства одного и того же продукта.

2.5. Технологические системы

Технологическая система – это совокупность взаимосвязанных технологических процессов различного иерархического уровня, взаимодействующих с окружением как единое целое посредством предметных и информационных связей.

Исторически первые системы, как совокупность технологических процессов, возникли еще в тот период, когда человек впервые начал изготавливать или приспособлять для использования окружающие предметы природы.

Затем появилось кустарное производство, характеризовавшееся независимым изготовлением товара отдельным работником-кустарем.

На смену кустарному производству пришли цехи ремесленников. Это первые системы промышленного производства. В Западной Европе цехи ремесленников получили наибольшее распространение на рубеже XIII–XIV вв. В России цеховое устройство было законодательно введено только в 1722 г.

Цех объединял ремесленников одной специальности для выпуска некоторого вида продукции: столяров, сапожников, кондитеров и т. д. Принципиальных изменений в технологическом процессе изготовления продукта при переходе к цехам ремесленников не происходило. Процесс изготовления продукта осуществляли не изолированно друг от друга, а в одном помещении – цехе ремесленников. Эффект такого объединения сказался на повышении количества и качества выпускаемой продукции.

Во-первых, совместная работа ремесленников создавала условия для обмена опытом между ними, чего не было при кустарном производстве.

Во-вторых, в каждом цехе ремесленников был работник, выполнявший комплекс профессиональных действий быстрее и качественнее других.

В-третьих, цеховая работа способствовала разделению труда и установлению монопольного права на производство и сбыт продукции.

При изготовлении готовых продуктов одним исполнителем (цехи ремесленников) приходилось пользоваться различными инструментами и приспособлениями. Поэтому достаточно много рабочего времени уходит на подготовку к выполнению следующей операции (надо убрать старые приспособления и подготовить новые). При изготовлении новой единицы продукта требовалось вновь повторять все вспомогательные действия и т. д.

Разные способности и навыки людей обуславливают наличие достаточного условия, которое вместе с необходимым условием обеспечивает рост производительности труда.

Цеховые структуры (ремесленники) организационно объединяли однотипные технологические процессы, связанные между собой информационными каналами, обеспечивающими обмен опытом, т. е. цехи ремесленников создали благоприятные условия для обмена технологическим опытом, чем объясняется целесообразность их создания.

Затем из своей среды ремесленники начали выделять мастера, который был источником передового опыта, поскольку путем обучения новых работников (подмастерьев и учеников) мастер принесет больше пользы для общего дела. Постепенно он переставал сам изготавливать продукт, а занимался только обуче-

нием других. Этот момент выделения из технологической системы первого ремесленника, непосредственно не изготавливавшего продукт, очень важен. Это первый человек, который кроме технологической, начинает осуществлять экономическую деятельность (прямое участие в изготовлении продукции).

Постепенно к нему перешли и другие функции: снабжение, сбыт продукции, управление, которые ранее выполнялись всеми ремесленниками. Исходя из этого, можно полным правом назвать мастера исторически первым экономистом на производстве. Интересно, что мастер-экономист в цехе сформировался благодаря доскональному знанию реализуемого технологического процесса, т. е. исторически первый экономист не просто знал технологию производства, а знал ее лучше все остальных. В настоящее время экономика производства утратила эту важную черту. Экономическая деятельность дистанцировалась от технологической, а экономика как наука порой не видит, что в технологии заключен главный источник развития производства.

Вслед за цехами ремесленников на их базе возникла *простая капиталистическая кооперация*. В системе технологических процессов не произошло изменений, последние коснулись лишь вопроса собственности. Цех перешел в частную собственность, в нем использовался труд наемных рабочих. Этот исторический этап не вызывает интереса с технологической стороны, но чрезвычайно важен с точки зрения решения проблемы собственности.

Собственником цеха ремесленников стал мастер. Он должен был получать больше всех остальных ремесленников за свое умение. Именно он первым мог накопить необходимые средства для приобретения цеха в личную собственность. Остальные ремесленники работали на правах наемных работников. Первый капитал был заработан и собран справедливо. Для его получения человек должен был обладать большими способностями. Поэтому, звучащий в последнее время «постулат» о криминальном происхождении первого капитала, не следует принимать на веру. Криминальный путь – самый бесчеловечный и легкий способ зарабатывания денег, но из этого не следует, что именно таким способом образовался первый капитал.

На следующем этапе развития технологических систем появилось мануфактурное производство. Мануфактура в дословном переводе означает ручное изготовление. Это предприятие, основанное на разделении труда и преимущественно ручной технике. Весь комплекс технологических действий разбивался на отдельные относительно самостоятельные этапы (технологические операции), которые выполняли разные люди. К тому времени люди осознали, что меньший, более простой объем работ человек выполняет быстрее и качественнее. На освоение меньшей суммы действий также уходит меньше времени.

В Западной Европе мануфактурное производство существовало с середины XVI в. почти до конца XVIII в. В России – со второй половины XVII в. до середины XIX в.

Появление мануфактур вызвало стремительный рост производительности труда за счет общественного разделения труда. Отдельные операции выполнялись на определенном месте отдельными исполнителями. При этом не происходило принципиальных изменений в технологическом процессе.

Мануфактурное производство не заменило цеховое во всех областях применения. Две формы производства взаимно дополняли друг друга.

Повышение производительности труда в цехах ремесленников и мануфактурном производстве достигалось по-разному: для мануфактурного производства – за счет общественного разделения труда, а для цехового – за счет обмена опытом.

Кроме того, в цехах ремесленников технологические системы образовались путем суммирования однотипных технологических процессов, а в мануфактурном производстве – путем дробления ранее единого технологического процесса на ряд операций. Причем каждая операция отличалась по содержанию от других операций.

Преимущества общественного разделения труда ярко проявились на стадии мануфактурного производства. Здесь общественное разделение труда явилось инструментом образования технологических систем. Однако не следует забывать и о его недостатках.

Общественное разделение труда любого происхождения приводит к изоляции отдельных частей общего производственного организма. Для предотвращения выявленного объективного недостатка должны быть предложены компенсационные меры, например, обучение персонала.

Элементы технологической системы, реализуемой на стадии мануфактурного производства, связаны между собой материальными потоками предмета труда. Продукт одних технологических операций является сырьем для других, продукт которых, в свою очередь, служит сырьем для следующих операций и т. д. Таким образом, вид связей между элементами мануфактуры (материальные потоки предмета труда) существенно отличается от вида связей между элементами цеховых структур (обмен опытом).

Мануфактурное производство создало благоприятные условия для разработки и использования первых образцов техники. Технологические операции отличались значительной простотой по сравнению со всем технологическим процессом. Малое количество и постоянная повторяемость движений подталкивали к изобретению первых простейших рычажных механизмов.

Машинное производство возникло в результате промышленного переворота во второй половине XVIII в. На смену человеку, который вручную приводил в действие инструмент, пришли машины и механизмы.

В дальнейшем появились современные организационные формы производства, которые в технологическом плане сочетали в различной комбинации цеховые и мануфактурные структуры. К ним относятся

фабрики, заводы, комбинаты, фирмы, предприятия, пришедшие на смену цехам ремесленников и мануфактурам.

Фабрика – промышленное предприятие, основанное на применении системы машин.

Завод – это промышленное предприятие с механизированными процессами производства.

Промышленное объединение – структура, характерная для стран СНГ. Это единый хозяйственный производственно-хозяйственный комплекс, состоящий из промышленных предприятий, научно-исследовательских, проектно-конструкторских, технологических и других предприятий и организаций. Дополнительно в его состав могут входить производственные объединения и комбинаты.

Производственное объединение – это специализированный производственно-хозяйственный комплекс, в состав которого входят фабрики, заводы, научно-исследовательские, проектно-конструкторские, технологические и другие производственные единицы, не являющиеся юридическими лицами.

Комбинат – объединение промышленных предприятий разных отраслей, в котором продукция одного предприятия служит сырьем для другого.

Монополия – промышленно-хозяйственное объединение, концентрирующее в своих руках материальные, финансовые и научно-технические ресурсы и обеспечивающее выпуск какого-либо вида продукта. Основной формой монополии на современном этапе является концерн.

Концерн – одна из форм монополистических объединений, включающих самостоятельные промышленные предприятия, предприятия и организации транспорта, торговли и банковской сферы, объединенные финансовыми связями и выпускаемой продукцией. Только концерн обладает возможностью проведения независимой технической политики.

Государственные производственные предприятия – это предприятия, основанные на государственной форме собственности и находящиеся в ведении государства. Объектами их собственности являются основные и оборотные средства, производимая продукция.

Арендные производственные предприятия – предприятия, которым на определенный срок передана полная или частичная собственность во временное владение за определенную плату. В аренду могут сдаваться земля и другие природные ресурсы, здания, сооружения, оборудование, транспортные средства, предприятия в целом.

Коллективные предприятия возникают в случае перехода всего имущества государственного предприятия в собственность трудового коллектива в результате выкупа или реорганизации и ликвидации предприятия.

Акционерные производственные общества являются собственниками имущества, созданного за счет продажи акций, а также полученного в результате его хозяйственной деятельности. Разновидностью акционерных обществ являются открытые, закрытые общества и общества с ограниченной ответственностью.

Хозяйственные ассоциации объединяют несколько акционерных обществ или обществ с ограниченной ответственностью.

Кооператив – производственное или потребительское предприятие, основанное на добровольном объединении граждан на основе членства и соединения их денежных, материальных и других ресурсов для совместной производственной и иной деятельности. Возможна и аренда имущества кооперативом.

Совместные предприятия – предприятия, использующие в своей деятельности иностранный капитал или средства предприятий различных форм собственности (государственной, коллективной, частной).

Хотя между названными видами производственных систем нет принципиальных отличий, и они тождественны в экономическом плане, в то же время, они имеют некоторые технологические и технические отличия.

Следующим этапом исторического развития систем технологических процессов является возникновение промышленных объединений, отраслей народного хозяйства, монополий, концернов. Последние образуют структуры наиболее высокого уровня – уровня народнохозяйственного комплекса государства.

В нашем государстве до настоящего времени функционирует отраслевая организационная схема устройства народнохозяйственного комплекса, в западных странах – схема, основным звеном которой являются концерны. Отрасли выступают до сих пор монопольными производителями определенного набора товаров, а концерны западного типа, как правило, образуют систему однотипных звеньев, наподобие цеховым структурам. Это является базой для возникновения конкуренции между ними.

Технологические системы, являющиеся основой производственных систем, шагнули за рамки государственных границ, в результате чего образуются наднациональные объединения различных видов. Этот факт еще раз подтверждает важность производственной деятельности для человечества. Особая роль таких объединений видится в решении общечеловеческих производственных проблем, например, экологических.

Рассмотрим закономерности формирования, функционирования и развития технологических систем.

Закономерности формирования дают сведения о внутреннем строении технологических систем, об их структуре.

Как уже отмечалось, системы технологических процессов состоят из элементов и связей между ними. В ходе знакомства с историческими этапами развития технологических систем были выявлены два вида связей – *информационные* (по обмену опытом) и *материальные* (по предмету труда). Вид связей карди-

нально меняет состав и характеристики технологических систем, и именно видом связей системы отличаются друг от друга.

Элементы технологических систем относительно постоянны, они могут включать те или иные технологические связи с образованием соответствующих технологических систем. Причем на первом иерархическом уровне систем технологических процессов всегда в качестве элементов выступают технологические операции.

Исторически цех ремесленников (первая форма технологических систем) характеризовался *параллельной структурой*. Схематично параллельная система технологических процессов представлена на рис. 16а.

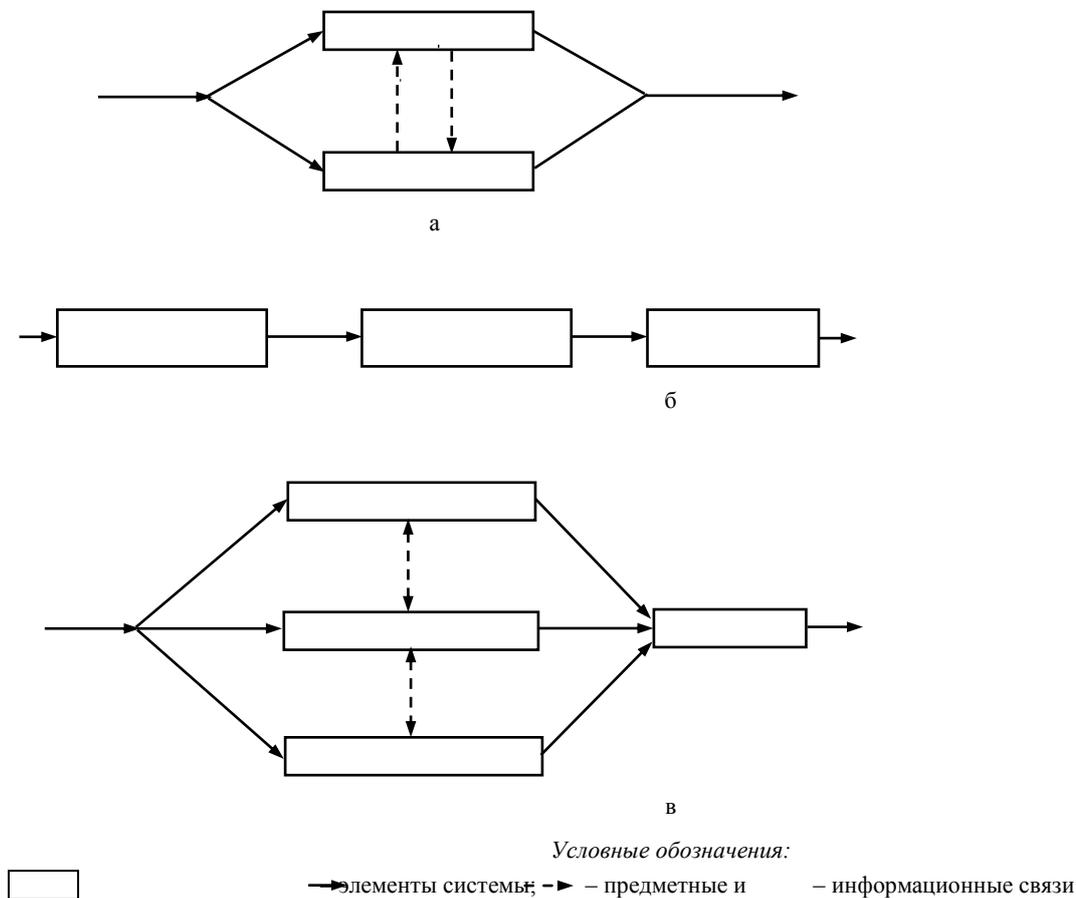


Рис. 16. Схема структуры систем технологических процессов:
а – параллельная система; б – последовательная система;
в – комбинированная система

Элементы параллельной системы не зависимы между собой по предметным связям. Именно этот признак использован при выработке названия таких систем.

Здесь термин «параллельная» выступает синонимом понятию независимости элементов системы по материальным потокам предмета труда.

Элементы параллельной системы (операции, технологические процессы и др.) связаны информационными связями, которые по своей природе хотя и материальны, но служат для передачи по ним нематериального знания и умения по изготовлению того или иного продукта. Поэтому по сути информационные связи можно назвать нематериальными.

Общий объем выпуска параллельной системы в натуральном виде складывается из суммы выпусков всех элементов системы.

Выход из строя одного из элементов параллельной системы не влечет за собой прекращение функционирования всей системы.

Параллельные системы позволяют осуществлять вывод одного элемента для реконструкции безболезненно по отношению к другим элементам. Это свойство параллельных систем также подтверждает их приспособленность к технологическому развитию.

Кроме того, однотипность элементов параллельной системы приводит к упрощению обслуживания и управления.

Характерной особенностью параллельных технологических систем является их предрасположенность к технологическому развитию.

Параллельная структура имеет общее с механизмом конкуренции. В обоих случаях предусматривается

наличие однотипных звеньев, конкурирующих между собой. Если природа параллельных технологических систем указывает на обмен опытом между элементами системы, как на целесообразно организуемый и иницируемый процесс, то рыночные подходы исходят из обратного: рынок предполагает наличие отдельных собственников однотипных производств, которые, наоборот, не заинтересованы в развитии друг друга. Они отделяются друг от друга рамками частной собственности. Развитие идет не путем обмена информационными связями, а путем установления барьеров между ними. Если для прибыльного предприятия это выгодно, то для государства в целом такое положение нерационально из-за неравномерного и неэффективного использования ресурсов.

Система технологических процессов при мануфактурном производстве строится по-иному. Это *последовательная система* технологических процессов (см. рис. 16б).

Связи между элементами системы *жестко детерминированы* предметными связями (объем производства продукции).

Продукт первого элемента системы становится сырьем для второго и т. д.

Примером последовательных систем технологических процессов может служить конвейерная сборка в машиностроении. Выход из строя одного элемента системы ведет к выходу из действия всей системы. Поэтому последовательные системы называют системами с жесткими связями. В противовес им параллельные системы характеризуются нежесткими технологическими связями.

Последовательные технологические системы обеспечивают наращивание объема выпускаемой продукции без принципиальных изменений технологических процессов. Причем объем полученной системой продукции в натуральном виде определяется, как правило, лимитирующим звеном.

Поскольку реальные последовательные технологические системы не находятся в оптимальном состоянии, то в каждой из них имеется звено (элемент), сдерживающее рост объема выпускаемой продукции. Лимитирующее звено обладает недостаточной мощностью, поэтому оно, в силу жестких связей, предопределяет общий выпуск системы.

Особенностью последовательных систем является нацеленность на увеличение объема выпуска и практическая невозможность технологического развития в рамках этой системы.

Примерами последовательных систем технологических процессов могут служить цехи в структуре предприятия, образующие последовательность по переработке одного предмета труда.

Реальные системы чаще комбинированные. Структура *комбинированной системы* схематично показана на рис. 16в.

Для анализа указанных систем необходимо использовать сведения как из области параллельных, так и из области последовательных систем.

В комбинированных системах может наблюдаться преобладание либо параллельных, либо последовательных структур.

В соответствии с ГОСТ 07.004-85 «Системы технологические. Термины и определения» и с учетом вышеизложенного следует принимать за низший иерархический уровень систем технологических процессов непосредственно технологический процесс. Тогда комбинированные технологические системы, начиная с первого низшего уровня по мере увеличения иерархического уровня систем технологических процессов, строятся следующим образом:

- последовательность технологических операций образует последовательную систему технологического процесса;
- однотипные технологические процессы (например, в цехе) образуют параллельную систему технологических процессов;
- последовательность цехов на промышленном предприятии создает последовательную систему предприятия;
- однотипные предприятия образуют параллельную систему отрасли народного хозяйства;
- последовательность отраслей объединяется в последовательную систему народнохозяйственных комплексов (топливно-энергетической и т. д.).

Указанная закономерность должна быть учтена при выработке экономической политики, поскольку она касается структуры технологических систем как предприятия (микроэкономика), так и народнохозяйственного комплекса (макроэкономика).

Последовательным и параллельным технологическим системам соответствуют определенные организационно-управленческие структуры, поскольку в ходе развития происходят изменения в технологической структуре производства. К *первому типу* можно отнести народнохозяйственный комплекс Республики Беларусь, ко *второму* – различного рода концерны. Утеря этой логической связи приводит к ухудшению результатов производственной деятельности.

Управление само по себе функционально зависит от структуры технологической системы, поэтому не должно выходить за предписанные рамки. Однако общество в силах формировать «нужные» системы технологических процессов и таким образом решать производственные задачи.

Так, исследование иерархических уровней показало, что на уровне народнохозяйственного комплекса реализуется последовательная система технологических структур, которая препятствует технологическому развитию. Но народнохозяйственный комплекс в целом должен развиваться, поэтому на последнем

уровне необходимо создать параллельную систему однотипных элементов, создающих условия для развития.

Отрасли народного хозяйства, не входящие в последовательные системы народнохозяйственных комплексов, и сами эти комплексы не образуют параллельную систему. Они образуют набор монопольных, не связанных между собой элементов. Все это сдерживает технологическое развитие народного хозяйства в целом. Тем более, что даже при наличии параллельной системы технологических процессов органы управления часто занимаются не своим делом.

Структура экономики развитых капиталистических стран организационно представляет собой параллельную систему конкурирующих между собой концернов, т. е. ориентирована на развитие. Концерны образно называют «государствами в государстве», так как они образуют практически автономно существующие социально-промышленные группы. Например, в США 200 концернов дают 80% национального дохода (всего в США около 5 млн предприятий). Всего в промышленно развитых странах 380 концернов производят 40% промышленной продукции и дают 80% технологических нововведений.

На практике в рамках имеющегося производства часто приходится решать две важнейшие производственные задачи: повышение объема выпускаемой продукции (повышение производительности труда) и обеспечение научно-технического развития систем технологических процессов. Если встает задача развития технологической базы производства, то необходимо в комбинированной системе технологических процессов реального производства выделить параллельную подсистему однотипных элементов и решать поставленную задачу в ее рамках. Новые технологии позволяют снизить затраты труда на производство продукции или повысить производительность труда.

Для наращивания объемов выпускаемой продукции в комбинированной системе технологических процессов производства необходимо выделить последовательную подсистему. Только путем достижения высокой согласованности и сбалансированности между элементами последовательной подсистемы можно повысить производительность, так как сбой в одном из элементов сказывается на функционировании всей подсистемы. Следует обеспечить бесперебойное снабжение элементов последовательной цепочки сырьем, энергией, расходными материалами и т. д.

Важнейшими признаками, характеризующими технологические системы, являются следующие:

- структура (параллельные, последовательные, комбинированные системы);
- уровень иерархии (операция, технологический процесс, цех, предприятие);
- уровень автоматизации (механизированные, автоматизированные, автоматические системы);
- уровень специализации (специальная, специализированная, универсальная технологическая система);
- вид связи (жесткая, нежесткая, с горизонтальными, вертикальными связями).

Характер технологических систем описывают те же закономерности и законы, что и технологических процессов.

Закономерности формирования дают сведения о внутреннем строении технологических систем, об их структуре. В связи с этим различают следующие закономерности формирования технологических систем:

- все элементы технологической системы находятся в строгой логической последовательности и технологической взаимозависимости;
- элементы технологической системы связаны между собой по принципу «матрешки»;
- для технологических систем характерны два вида связей – информационные (по обмену опытом) и материальные (по предмету труда, отражающие его движение);
- элементы технологических систем относительно постоянны, они могут включать те или иные технологические связи с образованием соответствующих технологических систем;
- на первом иерархическом уровне систем технологических процессов всегда в качестве элементов выступают технологические операции.

Законы функционирования технологических систем – это закон сохранения энергии и закон сохранения массы вещества.

Закон сохранения массы вещества гласит применительно к производству, что масса веществ (сырья), используемых в технологическом процессе для производства продукции, равна массе новых веществ, образовавшихся в ходе технологического процесса (технологической операции), т. е. равна массе готовой продукции. На основе закона сохранения массы вещества рассчитывают материальный баланс технологического процесса.

Аналогичным образом рассчитывают энергетический баланс, который является проявлением закона сохранения энергии в технологических процессах.

Закономерности формирования и функционирования технологических процессов являются базой, необходимой для установления закономерностей развития технологических процессов.

Системы технологических процессов представляют собой более высокий иерархический уровень по сравнению с системой отдельного технологического процесса. Подход к системам разного иерархического уровня остается неизменным. Для них характерны одни и те же законы, действующие на уровне технологических процессов. Технологическое развитие связано с видоизменением технологических действий. В связи с этим различают революционное, эволюционное и рационалистическое развитие технологических систем.

Рационалистическое развитие предполагает взаимозамещение живого труда прошлым, относящееся к любым действиям из всей совокупности технологических действий системы технологических процессов. Это может быть взаимозамещение внутри отдельного элемента технологической системы (что рассматривалось выше) или взаимозамещение на уровне вспомогательных действий, обеспечивающих реализацию технологических связей между элементами системы. Например, в параллельной системе технологических процессов для налаживания обмена производственным опытом могут быть использованы технические средства на базе компьютерной техники, позволяющие накапливать, обрабатывать, сохранять и передавать информацию. Такие компьютерные центры передового технологического опыта целесообразно организовывать для обучения, переподготовки, повышения квалификации персонала.

Соотношение между затратами живого и прошлого труда при условии сохранения целесообразности рационалистического развития на уровне всей системы должно быть в пользу живого труда.

Эволюционное развитие систем технологических процессов предусматривает снижение совокупных затрат труда за счет улучшения вспомогательных действий, как внутри элемента системы, так и за его пределами (в области системных технологических связей). Например, сокращение расстояния перемещения предмета труда между элементами последовательной технологической системы приведет к снижению трудозатрат. Это может быть обеспечено рациональным выбором поставщиков сырьевых материалов, организацией собственных производственных элементов, строительством предприятий непосредственно у источников сырья и т. д.

Революционное развитие систем технологических процессов, предусматривает повышение результативности имеющегося рабочего хода, принципиальную его замену. При этом революционное развитие некоторого элемента технологической системы приводит к повышению качественных характеристик всей системы.

Необходимо отметить специфические особенности развития параллельных и последовательных технологических систем.

Смысл создания параллельных систем технологических процессов заключался в инициировании технологического развития производства. Поэтому задачи развития более успешно решаются именно в рамках параллельных технологических систем.

При этом, как правило, выделяется наиболее технологически отсталое звено системы, которое совершенствуют в соответствии с его внутренними потребностями либо радикальным, либо нерадикальным образом.

В силу того, что окружающие звенья параллельной системы технологических процессов являются однотипными, для развития отсталого звена используется опыт других аналогичных звеньев. Когда уровень развития всех звеньев параллельной системы технологических процессов сравнивается, прибегают к другим приемам, повышающим качественную сторону элементов и всей системы.

По-другому строится тактика технологического развития в рамках существующих последовательных систем технологических процессов. Такие системы не приспособлены к технологическому развитию.

Оптимизация технологических систем – достижение более высокого результата (выпуска) при наличии прежних затрат и прежних по качеству технологических элементов.

3. ОСНОВЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

3.1. Методы и модели оценки

Производственные процессы отличаются высокой сложностью, влиянием на них большого числа факторов, многоплановостью и т. п. Неслучайно при исследовании производственных процессов прибегают к статистическим и вероятностным методам исследования, которые, однако, не дали ожидаемого результата. Этот факт может служить объективной причиной недостаточной их изученности и существования различных подходов, методов и моделей в оценке.

Существующие в настоящее время методы и модели оценки развития производства можно объединить в три основные группы подходов: экономический; технократический (пифагорийский); системный.

Экономический подход предусматривает сравнение отдельных мероприятий и производственных систем на основе соответствующих затрат и результатов. Здесь выделяются следующие методы:

1. *Метод сравнительных издержек.* Сущность данного метода заключается в том, что рентабельнее то производство, которое выпускает менее трудоемкие товары, т. е. именно те товары, которые производятся и реализуются с наименьшими издержками. Сравнение и анализ производится по такому показателю как издержки производства и (или) обращения. Такой метод чаще используют предприятия-изготовители при выработке экспортно-импортной политики своих фирм, т. е. они специализируются на производстве и экспорте товаров, с относительно меньшими, чем у других субъектов хозяйствования, издержками.

2. *Метод сравнения результирующих показателей производственно-хозяйственной деятельности.* Суть метода заключается в том, что для оценки производственной деятельности берется система показателей, отражающая эффективность ее функционирования, и проводится их сравнение со средними по отрасли или наилучшими показателями за ряд последних лет анализируемого периода.

3. *Метод «производственной функции».* Производство рассматривается как некоторая система, характеризующаяся устойчивой функциональной зависимостью между затратами ресурсов на производство и выпуском продукции. Функциональная связь между каждым допустимым уровнем затрат и соответствующим ему максимальным выпуском продукции называется производственной функцией и выражается уравнением

$$U_{max} = f(V),$$

где U_{max} – выпуск продукции;
 V – затраты.

Наиболее эффективный вариант выбирается по наилучшему из соотношений «затраты – выпуск».

Однако данный метод не показывает, каким образом затраты «перерабатываются» в выпуск. В этом видится его основной недостаток. Производственный элемент (предмет труда и др.) практически не исследуется и не познается, а анализу подвергаются лишь его следствия (выпуск) и параметры, характеризующие потребности (затраты), но никак не характеризующие сам производственный процесс. Затраты стоят до, а выпуск – после производственного процесса.

4. *Метод оценки производства с помощью параметра приведенных затрат.* Этот метод перекликается с методами сравнительных издержек и «производственной функции», но применяется для нововведений. Для сравнения изучаемых вариантов все затраты приводятся к единице продукции, что послужило причиной использования слова «приведенные» в названии параметра. Здесь внимание заостряется на затратах при уравнивании выпуска по сравниваемым вариантам. Поэтому пользоваться параметром приведенных затрат в экономических расчетах гораздо проще, чем методологией производственной функции. Тот вариант нововведения считается лучшим, который характеризуется минимумом приведенных затрат:

$$\rightarrow C + E_n K \quad \min,$$

где C – себестоимость;

E_n – нормативный коэффициент окупаемости (величина, обратная сроку окупаемости);

K – капитальные вложения.

Технократический (пифагорийский) подход основан на анализе технологических процессов с помощью изобретательской деятельности. Используется с целью определения конкретного содержания научно-технического развития производства. Основной отличительной особенностью технократического подхода является представление научно-технического развития как процесса реальной замены старой технологии и техники новой. В оценке технологических сдвигов решающее значение придается новизне событий, поэтому технологическую и научную деятельность принято измерять с помощью таких показателей, как количество единиц новой техники, число статей, опубликованных в данной области, объем внедрения технических мероприятий и др.

Однако при таком подходе содержание технологии остается в стороне. Технологии анализируются абстрактно статистическими методами, дающими поверхностную характеристику. Не учитываются экономические аспекты нововведений. Ведь расчет эффективности новой техники не может правильно оценить ее производительность в конкретном производстве за некоторый промежуток времени, так как новая техника в начале ее применения имеет, как правило, более низкие технико-экономические показатели по сравнению с базовой техникой.

Здесь, как и при экономическом подходе, происходит чрезмерное абстрагирование от конкретных свойств исследуемого объекта, экономические аспекты изобретательской деятельности не рассматриваются, а специфика отдельных технологий не раскрывается.

При *системном подходе* исходят из того, что материальное производство, которое будет рассматриваться в дальнейшем безотносительно от вида получаемого товара, представляет собой сложную систему взаимосвязанных элементов. Ее развитие подчиняется внутренним закономерностям, выявление которых позволит определить основные направления развития. Несмотря на различия видов получаемых товаров, любая производственная система включает ряд однотипных, повторяющихся для разных видов производств, элементов. Поэтому использование системного подхода к производству, как и другим объектам, вполне оправдано. Проблема развития производства решается путем усовершенствования технологического процесса в рамках установленных закономерностей.

Внутри системного подхода разработано несколько моделей развития технологических процессов:

1. *Модель научно-технического развития В. А. Трапезникова* связывает производительность труда с параметрами объема прошлого труда и уровнем знаний, заложенных в технических и организационных решениях. (уровень технологии):

$$L = \sqrt{Y \cdot \Phi},$$

где L – производительность живого труда;
 Y – уровень знаний (уровень технологии);
 Φ – фондовооруженность одного работающего.

Отличительной особенностью предлагаемой модели является учет влияния на рост производительности труда одновременно двух различных производственных факторов: уровня организационных и технических решений, заложенных в производство (уровень технологии), и величины затрат на технологическое оснащение рабочего места (фондовооруженность).

Умение высокоэффективно использовать материальную базу производства обеспечивает прирост производительности труда. Причем такой прирост появляется из нематериального фактора производства.

К достоинству модели необходимо отнести достаточно глубокое проникновение в сущность технологического процесса. Однако, в то же время, модель не дает ответа на вопрос: «Какие изменения в технологическом процессе необходимо осуществить для повышения значения показателя производительности труда?» Ведь простое увеличение значения параметра фондовооруженности не всегда результируется в виде повышения производительности труда. Затраты на производство продукции могут быть и неэффективными.

2. *Модель динамического оптимума А. И. Каца* направлена на решение проблемы динамической оптимизации экономического развития производства. Динамический оптимум предлагается рассчитывать по формуле

$$Y = Z^2 : VC,$$

где Y – критерий сравнительной динамической эффективности капитальных вложений;
 Z – объем конечной (условно-чистой) продукции;
 V – численность работников;
 C – капитальные вложения.

Модель А. И. Каца хорошо согласуется с моделью В. А. Трапезникова. Если принять, что $Z : V = L$ – производительность живого труда, а $C : V = \Phi$ – фондовооруженность, то две модели (формулы) становятся аналогичными.

Основное содержание критерия динамического оптимума сводится к определению экономической эффективности капитальных вложений как основного источника роста производительности труда и роста объема получаемого общественного продукта. В этом смысле подход А. И. Каца отличается от подхода В. А. Трапезникова, который акцентировал внимание как раз на нематериальной стороне производственного процесса.

По мнению А. И. Каца, рассмотрение затрат на производство продукции в их динамике имеет существенные преимущества перед широко применяемой статической оптимизацией затрат (например, с помощью производственной функции). И такое утверждение справедливо. Наиболее передовые образцы новой техники в значительной мере повышают фондоемкость продукции, понижая ее отдачу на единицу капитальных вложений. В динамике за ряд лет прогрессивная техника, несмотря на ее первоначальную дороговизну, дает большой эффект, нередко приводя в последующем к абсолютному снижению самой фондоемкости продукции. Например, на заре автомобилестроения, когда автомобиль двигался со скоростью пешехода, по затратам на производство и эксплуатацию он значительно уступал той же гужевой повозке.

Критерий А. И. Каца вместе с тем не лишен недостатков. Вывод о том, что оптимальному развитию любого технологического процесса способствует преимущественное и ничем не ограниченное увеличение фондовооруженности, нельзя признать справедливым. Рост фондовооруженности технологического процесса целесообразен лишь до тех пор, пока не исчерпаны потенциальные возможности этого технологического процесса. При исчерпании всех возможностей принципа действия технологического процесса дополнительные вклады в производственные фонды не будут экономически окупаться увеличением производительности труда, а приведут лишь к росту стоимости продукции.

3. *Модель М. Д. Дворчина*, который первым связал результаты технологической деятельности со структурой технологического процесса., экономические результаты производственной деятельности с содержанием технологического процесса. Изменение параметров технологического процесса есть результат изменений в его структуре. Развитие технологического процесса складывается из стадий революционного и эволюционного развития. Эволюционное развитие является ограниченным в смысле экономической отдачи и характеризуется следующей математической моделью:

$$L = \sqrt{Y \cdot B},$$

где L – производительность живого труда ($L = Q : n$);
 Y – уровень знаний (уровень технологии);

B – технологическая вооруженность ($B = \Phi : n$);
 Φ – годовые затраты прошлого труда за исключением затрат на предмет труда.

Экономическая граница эволюционного (рационалистического) развития наступает в момент времени, соответствующий минимуму совокупных затрат труда (сумма живого и прошлого труда) или, что одно и то же, максимуму производительности совокупного труда.

М. Д. Дворцин вскрыл те изменения, которые необходимо осуществить в структуре для обеспечения революционного и эволюционного развития технологического процесса. По его мнению, производственный процесс складывается из системы технологических процессов. Автор исследует технологические системы разного иерархического уровня и определяет закономерности их развития. Принципиально важен вывод о технологиях как центральном звене всякого производства.

При этом М. Д. Дворцин не совсем четко выделяет элементы в структуре технологического процесса. Описаны следствия технологических действий, а не их сущность и содержание. Имеется и ряд других недостатков. Поэтому данное направление требует дальнейших более глубоких исследований, результаты которых необходимы для решения реальных производственных проблем.

3.2. Показатели оценки технологического развития производства

В зависимости от потребностей изделия изготавливают в разных количествах, определяемых объемом и программой выпуска.

Объем выпуска характеризует примерное количество машин, деталей, заготовок, изделий, подлежащих выпуску в течение планируемого периода времени (год, месяц).

Это понятие используется на стадии проектирования завода, цеха, технологического процесса.

Программа выпуска – перечень изделий с указанием количества выпуска по каждому наименованию на планируемый период (год, месяц).

Программу выпуска изделий устанавливают в соответствии с планом отрасли и выполнение ее обязательно.

Серия – общее число изделий, подлежащих изготовлению по неизменным чертежам.

Размер серии зависит от совершенства конструкции и степени спроса у потребителей.

Партия – количество заготовок (изделий) одного наименования и типоразмера, одновременно (или непрерывно) поступающих для обработки на одно рабочее место в течение определенного времени.

Различие объемов выпуска приводит к делению производства на три типа: единичное, серийное, массовое.

Под *единичным* производством понимают изготовление машин (изделий), характеризующееся малым объемом выпуска. При этом считают, что выпуск таких же машин (изделий), не повторится по неизменным чертежам. Продукцией единичного производства являются опытные образцы, тяжелые прессы, уникальные станки т. д.

Под *серийным* производством понимают периодическое изготовление повторяющимися партиями по неизменным чертежам в течение продолжительного промежутка календарного времени. Возможна партия из одного изделия.

Различают мелкосерийное, среднесерийное, крупносерийное производства.

Продукция серийного производства (станки, компрессоры, судовые двигатели и т. д.) выполняется периодически повторяющимися партиями.

Под *массовым* производством понимают непрерывное изготовление в больших объемах по неизменным чертежам продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна и та же операция. Для массового производства характерны узкая номенклатура и большой объем выпуска. Продукция массового производства – автомобили, холодильники, часы, телевизоры, и т. п. Отнесение производства к какому-то типу условно. На одном и том же предприятии можно встретить все типы, поэтому определяют тип по преобладающему типу.

По организации производственные процессы делят на два вида: поточный и непоточный.

Поточный вид характеризуется непрерывностью и равномерностью. Заготовки без задержек передаются с одной операции на другую, а деталь сразу на сборку. Деталь и сборка находятся в постоянном движении со скоростью, подчиненной такту выпуска. Все необходимое оборудование расставляется по ходу технологического процесса.

Непоточный вид – движение заготовок на разных стадиях изготовления прерывается пролеживанием на рабочих местах или на складах. Не соблюдается такт выпуска.

Поточный вид организации применяется в массовом типе производства, непоточный вид – в единичном и мелкосерийном типах производства.

Принцип организации поточного производства используется и в крупносерийном производстве при изготовлении изделий близких по-своему служебному назначению, которые объединяют в группы.

Изготовление ведут поточным методом в пределах одного изделия, со сменой изделия меняется поток и такт выпуска. Такой вид организации называется *переменно-поточным*.

Оценка организационно-технического уровня производства производится с помощью системы показателей, охватывающих все основные стороны производственной деятельности предприятия путем сравнения значений достигнутых предприятием с базовыми показателями, характеризующими лучший отечественный и зарубежный опыт (рис. 17).



Рис. 17. Развернутая схема оценки организационно-технического уровня производства предприятия

Прогрессивность технологических процессов характеризуется следующими показателями: производительностью; показателем применения прогрессивного оборудования; показателем охвата рабочих механизированным и автоматизированным трудом; показателем использования материалов (безотходность), которые рассчитываются по соответствующим методикам и формулам.

Рассмотрим данные показатели:

1. *Себестоимость выпускаемой продукции* – важнейший технико-экономический показатель работы предприятия.

Себестоимость и качество продукции рассматриваются в курсах различных экономических дисциплин. Здесь дается лишь самое общее представление и раскрывается их значение для понимания курса технологии ведущих отраслей промышленности.

Себестоимость продукции (S) представляет собой величину материальных и трудовых затрат предприятия в денежном выражении, необходимых для производства и реализации продукции. Иногда ее называют полной себестоимостью.

Затраты предприятия, непосредственно связанные с производством продукции, называются *фабрично-заводской себестоимостью*. Соотношение между различными видами затрат, составляющих себестоимость, представляет собой *структуру себестоимости*.

Все затраты, необходимые для изготовления продукции, могут быть разделены на четыре основные группы:

- затраты, связанные с приобретением исходного сырья, полуфабрикатов, вспомогательных материалов, топлива, воды, электроэнергии;
- затраты на заработную плату всего числа работников;
- затраты, связанные с амортизацией, т. е. отчисления на возмещение износа основных производственных фондов (зданий, сооружений, оборудования и т. д.);
- прочие денежные затраты (цеховые и общезаводские расходы на содержание и ремонт зданий, оборудования, технику безопасности, оплата за аренду помещений, оплата процентов банку и др.).

При составлении калькуляции себестоимости единицы продукции применяют расходные нормы по сырью, материалам, топливу и энергии в натуральных единицах, а затем пересчитывают в денежном выражении. Соотношение затрат по различным статьям себестоимости зависит от вида технологического процесса.

2. *Качество продукции.* Целевой установкой промышленности является производство продукции высокого качества с наименьшими затратами на базе ускорения научно-технического прогресса, интенсификации и оптимизации технологических процессов. Оно зависит от уровня технологии и определяется рядом таких факторов, как механизация, автоматизация технологических процессов, их непрерывность, качество исходных материалов, энерговооруженность труда, общая культура производства и т. д.

Комплексность категории качества обуславливает необходимость наличия различных показателей, которые должны количественно оценить степень соответствия промышленной продукции ее эксплуатационному назначению.

Существует огромное число методик определения показателей качества продукции: экспертная, векторная, балльная, графическая, стоимостная и др. На производстве показатели качества рассчитывают с использованием технико-экономических показателей через коэффициент сортности.

Коэффициент сортности продукции, или *коэффициент качества продукции (Кс.пр.)* рассчитывается как отношение суммарной стоимости фактически выпущенной продукции (V) к общей суммарной стоимости этой же продукции (V_c) в пересчете на 1-й сорт:

$$Кс. пр. = \frac{V}{V_c}.$$

3. *Выход продукта.* Степень совершенства технологического процесса определяется выходом продукта, а также его качеством.

Под выходом продукта (X) понимают отношение фактически полученного продукта ($M\phi$) к теоретическому (Mt), которое можно было бы получить из данного исходного вещества:

$$X = \frac{M\phi}{Mt}.$$

Для химических реакций теоретический выход продукта определяется по уравнению реакций с учетом количества исходного вещества.

Для диффузионных процессов сушки, испарения, улавливания, поглощения и других, связанных с переносом массы из фазы в фазу через границу раздела (например, Т – Г, Г – Ж, Ж₁ – Ж₂, Т – Ж), за максимальное принимается все количество продукта, которое имеется в отдающей фазе (например, влаги во влажном материале, какого-то газа в воздухе при его поглощении жидким или твердым поглотителем и т. д.). Такой выход продукта применительно к химическим реакциям называется степенью превращения, а применительно к процессам переноса массы – степенью улавливания, поглощения и т. п.

Если в уравнении вместо фактически полученного продукта ($M\phi$) подставить количество продукта, полученное в момент равновесия (Mp), то выход продукта в этом случае будет называться равновесным (Xp):

$$Xp = \frac{Mp}{Mt}.$$

Для необратимых процессов $Xp = 1$, для обратимых – $Xp < 1$, поскольку равновесие наступает при неполном превращении реагирующих компонентов в продукты реакции.

Фактический выход ($X\phi$) – это отношение фактически полученного продукта ($M\phi$) к количеству, которое получалось бы в состоянии равновесия (Mp):

$$X\phi = (M\phi : Mp) \cdot 100 = (M\phi : Mt Xp) \cdot 100.$$

Выход продукта зависит от условий процесса и является функцией многих переменных. Он характеризует степень совершенства технологического процесса.

Фактический выход готового продукта определяют на основе практических данных и применяют эту величину для сравнительной оценки производства одного и того же продукта разными методами либо од-

ним этим же методом, но разными предприятиями. Чем выше $X\phi$, тем совершеннее организовано производство и лучше его экономические показатели.

Изменяя основные факторы технологического процесса, можно влиять на скорость процесса и выход продукта. Так, для интенсификации процессов, протекающих в кинетической области, целесообразно изменять температуру, давление, концентрации реагирующих веществ и использовать катализаторы.

Процессы, протекающие в диффузионной области, интенсифицируются гомогенизацией, перемешиванием, турбулизацией и рациональным выбором направления движения взаимодействующих потоков.

Для интенсификации процессов, протекающих в переходной области, используются одновременно как кинетические факторы (температура, давление, катализатор, повышение концентрации взаимодействующих веществ), так и диффузионные (гомогенизация, перемешивание, турбулизация, направление движения потоков).

4. *Точка безубыточности предприятия.* Предприятие может быть прибыльным (выручка от реализации продукции и услуг превышает издержки предприятия) или убыточным (затраты на выпуск продукции и выполнение услуг больше цены продаж).

Объем производства в натуральном выражении, при котором затраты на производство продукции равны стоимости продаж, а прибыль равна нулю, называется *точкой безубыточности предприятия*.

5. *Объем выпуска продукции* – количество выпускаемой продукции за анализируемый период (V).

6. *Объем продаж продукции* – количество реализуемой продукции за анализируемый период (V).

7. *Общая численность промышленно-производственного персонала* – количество персонала, занятого в производственном или технологическом процессе в совокупности (\mathcal{C}).

8. *Выработка продукции (B)* – количество продукции (N), выработываемой одним работником в единицу времени (t):

$$B = \frac{N}{t}.$$

Этот показатель иногда называют трудоемкостью.

9. *Производительность труда (Π)* – объем продукции (B), выработанный в единицу времени работниками, занятыми в технологическом или производственном процессе в совокупности (\mathcal{C}):

$$\Pi = \frac{B}{\mathcal{C}}.$$

10. *Коэффициент применения прогрессивного технологического оборудования ($K_{по}$)* рассчитывается как отношение трудоемкости на прогрессивном оборудовании в норма-часах (T_{np}) к общей трудоемкости механообрабатывающего производства (T):

$$K_{по} = \frac{T_{np}}{T},$$

где T_{np} – трудоемкость механической обработки на прогрессивном оборудовании, норма-ч;

T – общая трудоемкость механической обработки.

11. *Коэффициент охвата рабочих механизированным и автоматизированным (K_m)* трудом рассчитывается как отношение числа рабочих, занятых механизированным трудом ($\mathcal{C}_{ма}$), к общей численности производственных рабочих по данному виду производства (\mathcal{C}_p):

$$K_m = \frac{\mathcal{C}_{ма}}{\mathcal{C}_p},$$

где $\mathcal{C}_{ма}$ – число рабочих, занятых механизированным и автоматизированным трудом, чел;

\mathcal{C}_p – общая численность производственных рабочих по данному виду производства, чел.

12. *Коэффициент использования сырья и материалов ($K_{ис}$)* характеризует технологичность изготовления продукции и равен отношению массы полученной продукции (M) к массе используемого сырья согласно нормативу (H):

$$K_{ис} = \frac{M}{H},$$

где M – масса изделия, кг;

H – норма расхода материала на изделие, кг.

13. Коэффициент использования оборудования характеризуется отношением фактически затраченного технологического времени к нормативному ($K_{иоб}$):

$$K_{иоб} = \frac{t\phi}{tн}$$

14. Уровень технологии производства определяется по формуле

$$УМ = \sum K_i \frac{\Pi_i}{\Pi_{iн}} = K_1 \frac{\Pi_n}{\Pi_n''} + K_2 \frac{\Pi_0}{\Pi_0''} + K_3 \frac{\Pi_м}{\Pi_м''} K_4 \frac{\Pi_{им}}{\Pi_{им}''}$$

где K_i – коэффициент весомости каждого из показателей уровня технологии;

Π_i – показатель, характеризующий i -е свойство технологического процесса;

Π_i'' – нормативное значение показателя.

Фактические показатели рассчитываются на основе данных статистической отчетности предприятий.

Нормативные значения показателей устанавливаются на основе статистической обработки данных о работе передовых предприятий и изучения прогноза развития технологических процессов.

Коэффициенты весомости (K_i) каждого показателя уровня технологии определяются на основе анализа и обработки соответствующих статистических данных. Они представляют собой долю степени влияния каждого показателя на уровень технологии. Для использования предлагается принять следующие среднеотраслевые коэффициенты весомости механообрабатывающего машиностроительного производства: $K_1 = 0,4$; $K_2 = 0,3$; $K_3 = 0,2$; $K_4 = 0,1$.

4. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

4.1. Макро- и микроанализ металлов и сплавов для производства продукции машиностроения и потребительских товаров

Современное металлургическое производство представляет собой комплекс различных производств, базирующихся на месторождениях руд и коксующихся углей, энергетических комплексах. Оно включает следующее:

- шахты и карьеры по добыче руд и каменных углей;
- горно-обогатительные комбинаты, где обогащают руды, подготавливая их к плавке;
- коксохимические заводы (подготовка углей, их коксование и извлечение из них полезных химических продуктов);
- энергетические цехи для получения сжатого воздуха (для дутья доменных печей), кислорода, очистки металлургических газов;
- доменные цехи для выплавки чугуна и ферросплавов или цехи для производства железорудных металлизированных окатышей;
- заводы для производства ферросплавов;
- сталеплавильные цехи (конвертерные, мартеновские, электросталеплавильные);
- прокатные цехи (переработка слитков в сортовой прокат).

Основной продукцией черной металлургии является следующее:

- чугуны (передельный, используемый для передела в сталь, и литейный для производства фасонных отливок);
- железорудные металлизированные окатыши для выплавки стали;
- ферросплавы (сплавы железа с повышенным содержанием марганца, кремния, ванадия, титана и т. д.) для легированных сталей;
- стальные слитки для производства проката,
- стальные слитки для изготовления крупных кованых валов, дисков (кузнечные слитки).

Основная продукция цветной металлургии:

- слитки цветных металлов для производства проката;
- слитки для изготовления отливок на машиностроительных заводах;
- лигатуры – сплавы цветных металлов с легирующими элементами для производства сложных легированных сплавов;
- слитки чистых и особо чистых металлов для приборостроения и электротехники.

Металлы – один из классов конструкционных материалов, характеризующийся определенным набором свойств:

- «металлическим блеском» (хорошей отражательной способностью);
- пластичностью;
- высокой теплопроводностью;
- высокой электропроводностью.

Под *сплавом* понимают вещество, полученное сплавлением двух или более элементов. Возможны другие способы приготовления сплавов: спекание, электролиз, возгонка. В этом случае вещества называются псевдосплавами.

Макроструктуру металлов и сплавов изучают с помощью макроскопического анализа, который заключается в исследовании их строения невооруженным глазом или при небольших увеличениях (до 30 раз).

Макроанализ позволяет оценить качество материала, выявить наличие в нем макродефектов, характер предшествующей обработки (литье, резание, сварка и др.), структурную и химическую неоднородность, волокнистость, причины и характер разрушения. Его проводят путем изучения изломов, макрошлифов или внешних поверхностей заготовок и деталей.

Излом – поверхность, образующаяся вследствие разрушения металла. Изломы металлов могут существенно отличаться по цвету, на их поверхности можно видеть дефекты, которые способствуют разрушению.

Макрошлиф – образец с плоской шлифованной и протравленной поверхностью, вырезанный из исследуемого участка детали или заготовки. При травлении реактив активно взаимодействует с участками, где есть дефекты и неметаллические включения, протравливает их более сильно и глубоко. Поверхность макрошлифа получается рельефной. С помощью реактивов для глубокого травления можно выявить даже внутренние дефекты (раковины, трещины, поры), не выходящие непосредственно на поверхность деталей.

При микроскопическом анализе каждый металл и сплав имеет свой, присущий только ему рисунок расположения кристаллов.

Микроструктуру углеродистых сталей и чугунов изучают с помощью микроскопического анализа, используя в исследованиях оптический или электронный микроскоп.

Микроскопический анализ позволяет определить форму и размеры отдельных зерен и фаз, а также их содержание, относительное расположение, выявить наличие имеющихся в металле включений, микродефектов и судить о свойствах металлов и сплавов.

Микроскопический анализ состоит из следующих этапов:

- приготовление микрошлифов;
- травление шлифов;
- исследование микроструктуры металла;
- приготовление микрошлифов.

Приготовление микрошлифов

Микрошлифом называется небольшой образец металла, имеющий особо подготовленную поверхность для микроанализа. Обычно они имеют форму цилиндра или четырехгранника с линейными размерами 10–20 мм.

В зависимости от целей исследования выбирается место вырезки шлифа, после чего место среза шлифуется крупнозернистой, а затем и мелкозернистой шкуркой вручную или на специальных шлифовальных станках. После шлифования образец полируют на полировальном станке с применением пасты ГОИ, диск которого обтянут материалом (фетр, войлок, сукно). В результате получается образец, имеющий полированный срез с зеркальным блеском. Может применяться электрохимическое полирование. После полирования под микроскопом сначала изучают нетравленный шлиф, а затем и протравленный.

Изучение нетравленного микрошлифа позволяет выявить дефекты, ухудшающие механические свойства сплавов. Их характер оценивается по специальной балльной шкале, после чего делается заключение о пригодности металла для изготовления тех или иных деталей.

Травление шлифов

Для выявления микроструктуры образца полированную поверхность подвергают травлению в течение нескольких секунд растворами кислот (для сталей и чугунов применяется 2–4%-ный раствор азотной кислоты в спирте). Затем шлиф промывают водой, высушивают фильтровальной бумагой и изучают с помощью металлографического микроскопа. После травления можно легко определить форму и размер зерен металла вследствие неодинакового травления пограничных участков зерна и его центра. Световые лучи, направленные на микрошлиф, отразятся от границ зерен под различными углами и создадут картину действительных стыков между зернами, представляющую чередование белых и темных пятен различной формы и размеров. Мелкозернистый металл обладает более высоким комплексом механических свойств, чем крупнозернистый.

Исследование микроструктуры сталей и чугунов следует начинать с построения и изучения *диаграммы Fe – Fe₃C* («железо-углерод»). Она является научной основой производства и обработки чугунов и сталей. При изменении количества углерода прямо пропорционально изменяются и свойства сплавов. Оба элемента (углерод и железо) обладают способностью к полиморфизму.

Полиморфизм – существование одного и того же вещества с различными кристаллическими структурами и физическими свойствами. Полиморфные превращения обозначаются буквами греческого алфавита: альфа (α), бета (β), гамма (γ), дельта (δ). В температурном интервале 910-1392 °С устойчиво γ-железо, в интервале ниже 910°С и выше 1392 °С устойчиво α-железо.

Компонентами железоуглеродистых сплавов является железо и углерод, который может находиться в сплавах в химически связанном состоянии в виде цементита (*Ц*) или в свободном состоянии в виде графита (*Г*). В зависимости от этого структурообразование железоуглеродистых сплавов при их охлаждении из жидкого состояния рассматривается по диаграмме метостабильного *Fe – Fe₃C* или стабильного *Fe – С* равновесия (соответственно цементитная и графитная диаграммы). На рис. 18 приведена цементитная диаграмма.

Диаграмма состояния «железо – углерод» построена на основании кривых охлаждения сплавов железа с углеродом. Это упрощенный вид диаграммы состояния «железо – углерод». Здесь показаны превращения соединения из жидкого состояния в твердое и превращения в твердом состоянии. Буквенные обозначения характерных точек диаграммы являются общепринятыми во всех странах.

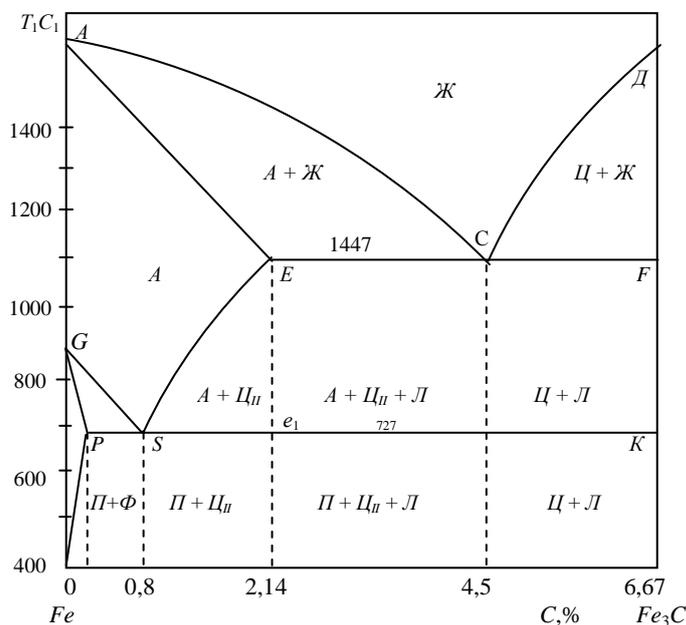


Рис. 18. Диаграмма состояния сплавов «железо – углерод»

Основными структурными составляющими сплавов железа с углеродом являются следующие:

- *Аустенит (А)* – мягкий пластичный материал с невысокой прочностью и отсутствием магнитных свойств. Он представляет собой твердый раствор углерода в γ-железе, которое имеет кристаллическую решетку в виде гранцецентрического куба. Температура существования аустенита составляет от 723°С до 1130°С. Максимальное количество углерода, которое растворяется при температуре 1130°С, доходит до 2,14%. При температуре 723°С он растворяется до 0,8%.

- *Феррит (Ф)* – твердый раствор углерода в α-железе. Его предельная растворимость в α-железе – 0,02% при температуре 723°С. Характеризуется малой прочностью, малой твердостью и высокой пластичностью. При комнатной температуре обладает ярко выраженными магнитными свойствами.

- *Цементит (Ц)* – химическое соединение железа с углеродом (карбид железа Fe₃C), содержащее углерод в количестве 6,67%. Температура плавления цементита 1550°С. Он весьма хрупок и тверд, обладает ярко выраженными металлическими свойствами.

- *Перлит (П)* – продукт распада аустенита при температуре 723°С, составляющий эвтектоидную механическую смесь феррита с цементитом. Содержание углерода в перлите всегда равно 0,08%. Он может содержаться в виде чешуйчатых пластин или мелких округлых зерен.

- *Ледебурит (Л)* – эвтектическая механическая смесь (эвтектика) аустенита с цементитом, образующаяся при кристаллизации жидкого сплава, содержащего 4,3% углерода при температуре 1147°С. Нижняя граница существования ледебурита равна 723°С. При этой температуре аустенит претерпевает перлитные превра-

шения. Охлажденный ледебурит представляет собой механическую смесь перлита и цементита. Данный сплав хрупок, тверд. Его основная часть – цементит.

• *Графит (Г)* – полиморфная модификация углерода. Мягкий материал, обладающий низкой прочностью.

Ледебурит и графит являются основными составляющими чугунов.

На горизонтальной оси диаграммы (рис. 18) откладывается процентное содержание составляющих компонентов в начальной точке – 100% железа и 0% углерода. Затем концентрация углерода увеличивается, а железа уменьшается. Диаграмма заканчивается при содержании углерода 6,67%.

На вертикальных осях диаграммы откладываются температуры. На начальной и конечной точке вертикали указаны критические точки чистого железа и цементита. На вертикалях, соответствующих сплавам с промежуточными концентрациями составляющих компонентов, отмечены их критические точки. Критические точки, соответствующие одинаковым превращениям, соединены плавными линиями.

Превращения из жидкого состояния в твердое (первичная кристаллизация)

Линия ACD – *ликвидус*, линия AECF – *солидус*. Выше линии AC сплавы системы находятся в жидком состоянии (*Ж*). По линии AC из жидкого сплава начинает кристаллизоваться *аустенит (А)*.

В области диаграммы ACE находится смесь двух фаз – жидкого сплава (*Ж*) и аустенита (*А*).

По линии CD из жидкого сплава начинают выпадать кристаллы цементита (*Ц*).

В области диаграммы CFD находится смесь двух фаз – жидкого сплава (*Ж*) и цементита (*Ц*).

В точке *С* при массовом содержании углерода 4,3% и температуре 1147 °С происходит одновременная кристаллизация аустенита и цементита и образуется их тонкая механическая смесь – *эвтектика*, называемая в этой точке ледебуритом (*Л*). Ледебурит присутствует во всех сплавах с содержанием углерода от 2,14 до 6,67%. Эти сплавы относятся к группе чугунов.

Точка *Е* соответствует предельному насыщению железа углеродом (2,14%). Сплавы, лежащие левее этой точки, относятся к группе сталей.

Превращения в твердом состоянии (вторичная кристаллизация)

Линии GSE, PSK показывают, что в сплавах системы в твердом состоянии происходят изменения структуры. Превращения в твердом состоянии происходят вследствие перехода железа из одной модификации в другую, а также в связи с изменением растворимости углерода в железе.

В области диаграммы AGSE находится аустенит (*А*). При охлаждении сплава аустенит распадается с выделением по линии CS феррита (*Ф*) и перлита (*П*), а по линии SE – цементита и перлита. Цементит, выпадающий из твердого раствора, называется вторичным цементитом (*Ц₂*), в отличие от первичного цементита (*Ц*), выпадающего из жидкого сплава.

В области диаграммы CSP находится смесь двух фаз – феррита (*Ф*) и распадающегося аустенита (*А*), а в области SEE₁ – смесь вторичного цементита (*Ц₂*) и распадающегося аустенита (*А*).

В точке *С* при содержании углерода 0,8% и при температуре 723°С весь аустенит распадается, и одновременно кристаллизуется тонкая механическая смесь феррита и цементита вторичного – *эвтектоид* (т. е. подобный эвтектике), который в этой системе называется перлитом (*П*).

Сталь, содержащая 0,8% углерода, называется *эвтектоидной*, менее 0,8% – *доэвтектоидной*, от 0,8% до 2,14% углерода – *заэвтектоидной*.

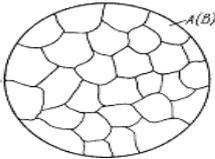
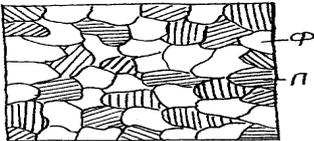
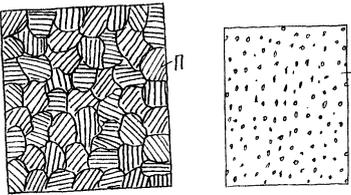
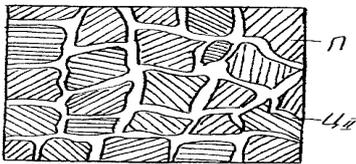
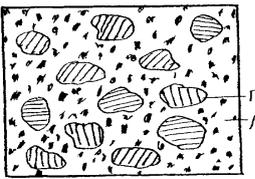
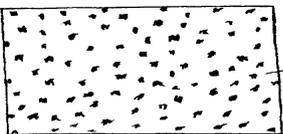
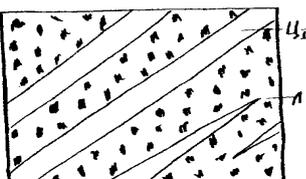
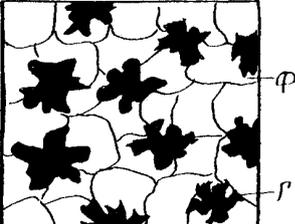
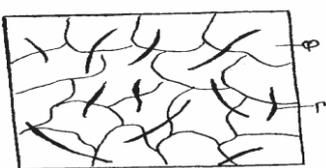
При охлаждении сплавов по линии PSK происходит распад аустенита, оставшегося в любом сплаве системы, с образованием перлита. Поэтому данная линия называется линией перлитного (*эвтектоидного*) превращения.

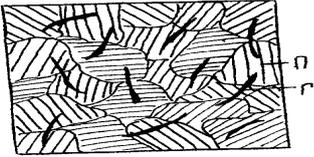
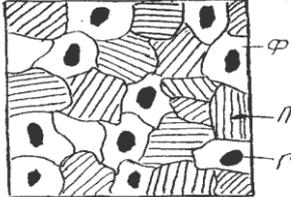
Сравнивая между собой превращения в точках *С* и *С* диаграммы, можно отметить следующее:

- выше точки *С* находится жидкий сплав, выше точки *С* – твердый раствор (аустенит);
- в точке *С* сходятся ветви *АС* и *CD*, указывающие на начало выделения кристаллов из жидкого раствора (первичной кристаллизации);
- в точке *С* сходятся ветви, указывающие на начало выделения кристаллов из твердого раствора (вторичной кристаллизации);
- в точке *С* жидкий раствор, содержащий 4,3% углерода кристаллизуется с образованием эвтектики (ледебурит, содержащий 4,3% углерода);
- в точке *С* твердый раствор с содержанием углерода 0,8% перекристаллизуется с образованием эвтектоида – перлита;
- на уровне точки *С* лежит прямая *EF* эвтектического (ледебуритного) превращения, а на уровне точки *С* – прямая *PK* эвтектоидного (перлитного) превращения.

Характеристика микроструктуры сталей и чугунов представлена в табл. 5.

Таблица 5. Характеристика микроструктуры сталей и чугунов

Наименование сплава	Состояние микроструктуры	Графическое изображение микроструктуры	Марка, назначение
Стали			
Сталь ферритной структуры с содержанием углерода 0,01% (армко-железо)	Содержит только феррит (Φ)		—
Доэвтектоидная сталь (с содержанием углерода от 0,02 до 0,8%)	Структура состоит из феррита (Φ) и перлита (Π)		Сталь марки 40
Эвтектоидная сталь (с содержанием углерода 0,8%)	Структура состоит из пластинчатого (Πn) или зернистого перлита ($\Pi з$)		Сталь марки У8
Заэвтектоидная сталь (с содержанием углерода от 0,8 до 2,14%)	Структура состоит из перлита (Π) и вторичного цементита (Ц_{II})		Сталь марки У12
Белый доэвтектический чугун (с содержанием углерода от 2,14 до 4,3%)	Структура состоит из ледобурита (Л), перлита (Π) и вторичного цементита (Ц_{II})		Чугун марки П1
Белый эвтектический чугун (с содержанием углерода 4,3%)	Структура состоит из ледобурита (Л)		Чугун марки П2
Белый заэвтектический чугун (с содержанием углерода от 4,3 до 6,67%)	Структура состоит из призматических кристаллов первичного цементита (Ц_I) в ледобуритной основе (Л)		Чугун марки П3
Ковкий ферритный чугун	Структура состоит из ферритной металлической основы (Φ) с включениями пластинчатого графита (Γ)		Белый отоженный чугун. Маркируется буквами КЧ и двумя цифрами. Первая обозначает предел прочности при растяжении (кг/мм), вторая – относительное удлинение (%)
Серый чугун на ферритной основе	Структура состоит из ферритной металлической основы (Φ) с включениями графита (Γ)		Маркируется СЧ буквами

Наименование сплава	Состояние микроструктуры	Графическое изображение микроструктуры	Марка, назначение
Серый чугун на перлитной основе	Структура состоит из перлитной металлической основы (Φ) с включениями графита (Γ)		Маркируется СЧ 24; СЧ 18, где цифры показывают предел прочности при растяжении (кг/мм)
Серый чугун на ферритно-перлитной основе	Структура состоит из ферритно-перлитной металлической основы (Φ , Π) с включениями графита (Γ)		Маркируется СЧ 24; СЧ 18, где цифры показывают предел прочности при растяжении (кг/мм)
Высокопрочный чугун	Структура состоит из ферритно-перлитной металлической основы (Φ , Π) с включениями глобулярного графита (Γ)		Маркируется ВЧ 45; ВЧ 42 и т. д., где цифры показывают предел прочности при растяжении (кг/мм)

Стали являются наиболее распространенными материалами. Обладают хорошими технологическими свойствами. Изделия получают в результате обработки давлением и резанием. Достоинством является возможность получать нужный комплекс свойств, изменяя состав и вид обработки. Стали подразделяют на углеродистые и легированные.

Углеродистые стали являются основными. Их свойства определяются количеством углерода и содержанием примесей, которые взаимодействуют с железом и углеродом.

С ростом содержания углерода в структуре стали увеличивается количество цементита при одновременном снижении доли феррита. Изменение соотношения между составляющими приводит к уменьшению пластичности, а также к повышению прочности и твердости. Прочность повышается до содержания углерода около 1%, а затем она уменьшается, так как образуется грубая сетка цементита вторичного.

Углерод влияет на вязкие свойства. Увеличение содержания углерода повышает порог хладоломкости и снижает ударную вязкость.

Углерод оказывает влияние и на технологические свойства. Повышение содержания углерода ухудшает литейные свойства стали (используются стали с содержанием углерода до 0,4%), обрабатываемость давлением и резанием, свариваемость.

В сталях всегда присутствуют примеси, которые делятся на четыре группы:

1. *Постоянные примеси* – кремний, марганец, сера, фосфор.

Марганец и кремний вводятся в процессе выплавки стали для раскисления, они являются технологическими примесями.

Содержание *марганца* не превышает 0,5 – 0,8%. Марганец повышает прочность, не снижая пластичности, и резко снижает красноломкость стали, вызванную влиянием серы.

Содержание *кремния* не превышает 0,35 – 0,4%. Кремний повышает плотность слитка. Кремний растворяется в феррите и повышает прочность стали, особенно повышается предел текучести, но наблюдается некоторое снижение пластичности, что снижает способность стали к вытяжке.

Содержание *фосфора* в стали – 0,025–0,045%. Фосфор, растворяясь в феррите, искажает кристаллическую решетку и увеличивает предел прочности и предел текучести, но снижает пластичность и вязкость. Располагаясь вблизи зерен, увеличивает температуру перехода в хрупкое состояние, вызывает хладоломкость..

Для некоторых сталей возможно увеличение содержания фосфора до 0,10–0,15%, для улучшения обрабатываемости резанием.

Сера – вредная примесь. Содержание серы в сталях составляет 0,025–0,06%.. Стали, с повышенным содержанием серы, характеризуются красноломкостью. *Красноломкость* – повышение хрупкости при высоких температурах. Сера снижает механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность, а также предел выносливости. Она ухудшает свариваемость и коррозионную стойкость.

2. *Скрытые примеси* – газы (азот, кислород, водород) – попадают в сталь при выплавке.

Азот и кислород находятся в стали в виде хрупких неметаллических включений: окислов (FeO , SiO_2 , Al_2O_3), нитридов (Fe_2N), в виде твердого раствора или в свободном состоянии, располагаясь в дефектах (раковинах, трещинах).

Примеси внедрения – азот (N_2) кислород (O_2) – повышают порог хладоломкости и снижают сопротивление хрупкому разрушению. Неметаллические включения (окислы, нитриды), являясь концентраторами напряжений, могут значительно понизить предел выносливости и вязкость.

Очень вредным является растворенный в стали водород, который значительно делает ее хрупкой. Он приводит к образованию в катаных заготовках и поковках флокенов.

Флокены – тонкие трещины овальной или округлой формы, имеющие в изломе вид пятен – хлопьев серебристого цвета. Металл с флокенами нельзя использовать в промышленности, при сварке образуются холодные трещины в наплавленном и основном металле.

Для удаления скрытых примесей используют вакуумирование.

3. *Специальные примеси* – специально вводятся в сталь для получения заданных свойств. Примеси (элементы), специально вводимые в сталь в определенных концентрациях с целью изменения ее строения и свойств, называются *легирующими элементами*, а стали – *легируемыми*.

Содержание легирующих элементов может изменяться в очень широких пределах: хром или никель – 1% и более; ванадий, молибден, титан, ниобий – 0,1–0,5%; кремний и марганец – также более 1%. При содержании легирующих элементов до 0,1% процесс называется микролегированием.

Стали классифицируются по множеству признаков. Так, по химическому составу они могут быть углеродистые и легируемые.

Вначале рассмотрим углеродистые, а затем легируемые стали.

Углеродистые стали классифицируют следующим образом:

1. По содержанию углерода:

низкоуглеродистые, с содержанием углерода до 0,25%, обладают малой прочностью, высокой пластичностью, применяются для изготовления малонагруженных деталей – шайб, прокладок и т. п.;

среднеуглеродистые, с содержанием углерода 0,3–0,6%, обладают малой пластичностью и высокой прочностью.

высокоуглеродистые, с содержанием углерода выше 0,7%, используются как рессорно-пружинные, для прокатных валков, шпинделей станков.

2. По равновесной структуре:

- доэвтектоидные;
- эвтектоидные;
- заэвтектоидные.

3. По качеству. Количественным показателем качества является содержания вредных примесей (серы и фосфора):

- $0,04 \leq P \leq 0,08\%$ – углеродистые стали обыкновенного качества;
- $P, S = 0,03 \dots 0,04\%$ – качественные углеродистые стали;
- $P, S \leq 0,03\%$ – высококачественные углеродистые стали.

4. По способу выплавки:

- в мартеновских печах;
- в кислородных конверторах;
- в электрических печах: электродуговых, индукционных и др.

5. По назначению:

- Конструкционные стали применяются для изготовления деталей машин и механизмов.
- Инструментальные стали применяются для изготовления различных инструментов. Так, стали У7–У13А обладают высокой твердостью, хорошо шлифуются, дешевы и недефицитны. Из сталей марок У7, У8А изготавливают инструмент для работы по дереву и инструмент ударного действия, когда требуется повышенная вязкость – пуансоны, зубила, штампы, молотки. Стали марок У9–У12 обладают более высокой твердостью и износостойкостью, используются для изготовления сверл, метчиков, фрез. Сталь У13 обладает максимальной твердостью, используется для изготовления напильников, граверного инструмента.

- Специальные стали с особыми свойствами: электротехнические, с особыми магнитными свойствами и др.

Легируемые стали классифицируют следующим образом:

1. По структуре после охлаждения на воздухе подразделяют на три основных класса:

- перлитный;
- мартенситный;
- аустенитный.

Стали перлитного класса характеризуются малым содержанием легирующих элементов; мартенситного – более значительным содержанием; аустенитного – высоким содержанием легирующих элементов.

2. По степени легирования (по содержанию легирующих элементов):

- низколегированные – 2,5–5%;
- среднелегированные – до 10%;
- высоколегированные – более 10%.

3. По числу легирующих элементов:

- трехкомпонентные (железо, углерод, легирующий элемент);
- четырехкомпонентные (железо, углерод, два легирующих элемента) и т. д.

4. По составу – никелевые, хромистые, хромоникелевые, хромоникельмолибденовые и т. д. (признаком является наличие тех или иных легирующих элементов).

5. По назначению:

• Конструкционные. Из них получают детали, требующие высокой прочности и поверхностной твердости. Например, кулачковые муфты, поршни, пальцы, втулки, зубчатые колеса, валы, оси.

• Инструментальные (режущие, мерительные, штамповые). Так, «алмазная» сталь ХВ5 содержит 5% вольфрама и используется для изготовления инструмента, сохраняющего длительное время острую режущую кромку и высокую размерную точность (развертки, фасонные резцы, гравёрный инструмент).

• Стали и сплавы с особыми свойствами (резко выраженные свойства – нержавеющие, жаропрочные и термоустойчивые, износостойчивые, с особыми магнитными и электрическими свойствами).

При маркировке принято буквенно-цифровое обозначение сталей.

Углеродистые стали обыкновенного качества. Стали содержат повышенное количество серы и фосфора. Маркируются Ст.2кп., БСт.3кп, ВСт.3пс, ВСт.4сп.

Ст – индекс данной группы стали. Цифры от 0 до 6 – это условный номер марки стали. С увеличением номера марки возрастает прочность и снижается пластичность стали.

Индексы *кп*, *пс*, *сп* указывают степень раскисленности стали: *кп* – кипящая, *пс* – полуспокойная, *сп* – спокойная.

По гарантиям при поставке существует три группы сталей: А, Б и В. Для сталей группы А при поставке гарантируются механические свойства, в обозначении индекс группы А не указывается. Для сталей группы Б гарантируется химический состав. Для сталей группы В при поставке гарантируются и механические свойства, и химический состав.

Качественные углеродистые стали. Качественные стали поставляют с гарантированными механическими свойствами и химическим составом (группа В). Степень раскисленности, в основном, спокойная. Они могут быть конструкционными и инструментальными.

Конструкционные качественные углеродистые стали маркируются двухзначным числом, указывающим среднее содержание углерода в сотых долях процента. Указывается степень раскисленности, если она отличается от спокойной. Например, сталь 08 кп, сталь 10 пс, сталь 45. Содержание углерода, соответственно, 0,08%, 0,10%, 0,45%.

Инструментальные качественные углеродистые стали маркируются буквой У (углеродистая инструментальная сталь) и числом, указывающим содержание углерода в десятых долях процента. Например, сталь У8, сталь У13. Содержание углерода, соответственно, 0,8% и 1,3%.

Инструментальные высококачественные углеродистые стали маркируются аналогично качественным инструментальным углеродистым сталям, только в конце марки ставят букву А, для обозначения высокого качества стали, например сталь У10А.

В легированных сталях легирующие элементы имеют условные обозначения. Обозначаются буквами русского алфавита. Обозначения легирующих элементов следующие: Х – хром; Н – никель; М – молибден; В – вольфрам; К – кобальт; Т – титан; А – азот (указывается в середине марки); Г – марганец; Д – медь; Ф – ванадий; С – кремний; П – фосфор; Р – бор; Б – ниобий; Ц – цирконий; Ю – алюминий.

В начале марки указывается двухзначное число, показывающее содержание углерода в сотых долях процента. Далее перечисляются легирующие элементы. Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах. Если число не стоит, то содержание элемента не превышает 1,5%.

Чугун отличается от стали *по составу* более высоким содержанием углерода и примесей; *технологическим свойствам* – более высокими литейными свойствами, малой способностью к пластической деформации, почти не используется в сварных конструкциях.

Графит улучшает обрабатываемость резанием, так как образуется ломкая стружка.

Чугун имеет лучшие антифрикционные свойства по сравнению со сталью, так как наличие графита обеспечивает дополнительную смазку поверхностей трения. Из-за микропустот, заполненных графитом, чугун хорошо гасит вибрации и имеет повышенную циклическую вязкость. Детали из чугуна не чувствительны к внешним концентраторам напряжений (выточки, отверстия, переходы в сечениях). Чугун значительно дешевле стали.

Производство изделий из чугуна литьем дешевле изготовления изделий из стальных заготовок обработкой резанием, а также литьем и обработкой давлением с последующей механической обработкой.

Различают следующие виды чугунов:

1. *Белый чугун*. В нем углерод находится в связанном состоянии в виде цементита, в изломе имеет белый цвет и металлический блеск. Получается непосредственно при отливке. Кристаллизация должна происходить быстро. В зависимости от содержания углерода белые чугуны подразделяются следующим образом:

- *Доэвтектические* (от 2,14 до 4,3%). При комнатной температуре имеют структуру состоящую из ледебурита, перлита и цементита вторичного.
- *Эвтектические* (4,3%). Структура эвтектического белого чугуна состоит из ледебурита.
- *Заэвтектические* (от 4,3% до 6,67%). Их структура представляет собой призматические кристаллы цементита первичного в ледебуритной основе.

Белый чугун маркируется буквой, обозначающей способ производства из него стали (М, Б, П).

2. *Серый чугун*. Здесь весь углерод или большая часть находится в свободном состоянии в виде графита, а в связанном состоянии находится не более 0,8% углерода. Из-за большого количества графита его излом имеет серый цвет. Получается непосредственно при отливке. Кристаллизация должна происходить медленно. Металлическая основа может быть ферритной, перлитной, ферритно-перлитной. Маркируется СЧ 24; СЧ 18, где цифры показывают предел прочности при растяжении (кг/мм).

Серый чугун широко применяется в машиностроении, так как легко обрабатывается и обладает хорошими свойствами.

В зависимости от прочности серый чугун подразделяют на 10 марок. Серые чугуны при малом сопротивлении растяжению имеют достаточно высокое сопротивление сжатию.

3. *Половинчатый чугун*. В нем часть углерода находится в свободном состоянии в форме графита, но не менее 2% углерода находится в форме цементита. Мало используется в технике.

4. *Ковкий чугун* – это белый отожженный чугун. Ковкий чугун имеет в большем объеме ферритную структуру (чередование темных и белых пластин). Характеризуется высокой пластичностью. Маркируется буквами КЧ и двумя цифрами. Первая обозначает предел прочности при растяжении (кг/мм), вторая – относительное удлинение (%).

5. *Высокопрочный чугун* имеет глобулярные шаровидные включения графита вместо пластинчатых. Такая форма графита меньше разобщает металлическую основу, повышает прочность и пластичность чугуна. Маркируется ВЧ 45; ВЧ 42 и т. д., где цифры показывают предел прочности при растяжении (кг/мм).

К *цветным металлам* относятся титан, магний, медь, алюминий, хром, никель, цинк, олово и прочие элементы системы Д. И. Менделеева.

Титан – серебристо-белый легкий металл плотностью 4,5 г/см³. Температура плавления титана зависит от степени чистоты и находится в пределах 1660–1680°C. Титан имеет низкую теплопроводность. При нормальной температуре обладает высокой коррозионной стойкостью в атмосфере, в воде, в органических и неорганических кислотах (не стоек к плавиковой, крепкой серной и азотной кислотам), благодаря тому, что на воздухе быстро покрывается защитной пленкой плотных оксидов. При нагреве выше 500°C становится очень активным элементом. Он либо растворяет почти все соприкасающиеся с ним вещества, либо образует с ними химические соединения.

Титановые сплавы имеют ряд преимуществ по сравнению с другими: сочетание высокой прочности с хорошей пластичностью; малая плотность, обеспечивающая высокую удельную прочность; хорошая жаропрочность – до 600–700°C; высокая коррозионная стойкость в агрессивных средах. Основным недостатком титановых сплавов является плохая обрабатываемость режущим инструментом. По способу производства деталей различаются деформируемые (ВТ 9, ВТ 18) и литейные (ВТ 21Л, ВТ 31Л) сплавы. Титан используют:

- авиация и ракетостроение (корпуса двигателей, баллоны для газов, сопла, диски, детали крепежа);
- химическая промышленность (компрессоры, клапаны, вентили для агрессивных жидкостей);
- оборудование для обработки ядерного топлива;
- морское и речное судостроение (гребные винты, обшивка морских судов, подводных лодок);
- криогенная техника (высокая ударная вязкость сохраняется до 253°C).

Алюминий – легкий металл плотностью 2,7 г/см³ и температурой плавления 660°C. Обладает высокой тепло- и электропроводностью. Химически активен, но образующаяся плотная пленка оксида алюминия Al_2O_3 предохраняет его от коррозии.

Алюминий высокой чистоты маркируется А99 (99,999% Al), А8, А7, А6, А5, А0 (содержание алюминия составляет от 99,85% до 99%).

Технический алюминий хорошо сваривается, имеет высокую пластичность. Из него изготавливают строительные конструкции, малонагруженные детали машин, используют в качестве электротехнического материала для кабелей, проводов.

К листовым, или деформируемым сплавам алюминия относятся дюралюмины (сложные сплавы систем алюминий – медь – магний или алюминий – медь – магний – цинк). Они имеют пониженную коррозионную стойкость, для повышения которой вводится марганец.

Широкое применение дюралюмины находят в авиастроении, автомобилестроении, строительстве.

Высокопрочными стареющими сплавами являются сплавы, которые, кроме меди и магния, содержат цинк. Сплавы В95, В96 имеют предел прочности около 650 МПа. Основным потребителем является авиастроение (обшивка, стрингеры, лонжероны).

Ковочные алюминиевые сплавы АК, АК8 применяются для изготовления поковок. Поковки изготавливаются при температуре 380–450°C, подвергаются закалке от 500–560°C и старению при 150–165°C в течение 6–15 часов. Из них затем изготавливают поршни, лопатки и диски осевых компрессоров, турбореактивных двигателей.

К литейным сплавам относятся сплавы системы алюминий – кремний (силумины), содержащие 10–13% кремния.

Литейные сплавы маркируются от АЛ2 до АЛ20. Силумины широко применяют для изготовления литых деталей приборов и других средне- и малонагруженных деталей, в том числе тонкостенных отливок сложной формы.

Магний – очень легкий металл, его плотность составляет 1,74 г/см³, температура плавления 650°C. Очень активен химически, вплоть до самовозгорания на воздухе.

Основными магниевыми сплавами являются сплавы магния с алюминием, цинком, марганцем, цирконием. Сплавы делятся на деформируемые и литейные.

Деформируемые сплавы маркируют МА1, МА8, МА9, ВМ 5–1. Из деформируемых магниевых сплавов изготавливают детали автомашин, самолетов, прядильных и ткацких станков. В большинстве случаев эти сплавы обладают удовлетворительной свариваемостью.

Литейные сплавы маркируются МЛ3, МЛ5, ВМЛ–1. Последний сплав является жаропрочным, может работать при температурах до 300°C. Отливки изготавливают литьем в землю, в кокиль, под давлением. Из литейных сплавов изготавливают детали двигателей, приборов, телевизоров, швейных машин.

Магниевые сплавы, благодаря высокой удельной прочности, широко используются в самолето- и ракетостроении.

Медь имеет гранцентрированную кубическую решетку. Плотность меди 8,94 г/см³, температура плавления 1083°C.

Характерным свойством меди является ее высокая электропроводность, поэтому она находит широкое применение в электротехнике. Технически чистая медь маркируется М00 (99,99% меди), М0 (99,95% меди), М2, М3 и М4 (99% меди).

Механические свойства меди относительно низкие, поэтому в качестве конструкционного материала медь применяется редко. Повышение механических свойств достигается созданием различных сплавов на основе меди.

Различают две группы медных сплавов: латуни – сплавы меди с цинком; бронзы – сплавы меди с другими (кроме цинка) элементами.

Латуни могут иметь в своем составе до 45% цинка. Повышение содержания цинка до 45% приводит к увеличению предела прочности до 450 МПа. Максимальная пластичность имеет место при содержании цинка около 37%.

По способу изготовления изделий различают латуни деформируемые и литейные.

Деформируемые латуни маркируются буквой Л, за которой следует число, показывающее содержание меди в процентах, например в латуни Л62 содержится 62% меди и 38% цинка. Если кроме меди и цинка имеются другие элементы, то ставятся их начальные буквы (О – олово, С – свинец, Ж – железо, Ф – фосфор, Мц – марганец, А – алюминий, Ц – цинк). Количество этих элементов обозначается соответствующими цифрами после числа, показывающего содержание меди, например, сплав ЛАЖ60-1-1 содержит 60% меди, 1% алюминия, 1% железа и 38% цинка.

Однофазные α-латуни используются для изготовления деталей деформированием в холодном состоянии: ленты, гильзы патронов, радиаторные трубки, проволоку.

Для изготовления деталей деформированием при температуре выше 500°C используют (α + β)-латуни. Из двухфазных латуней изготавливают листы, прутки и другие заготовки, из которых последующей механической обработкой изготавливают детали. Обрабатываемость резанием улучшается присадкой в состав латуни свинца, например, латунь марки ЛС59-1, которую называют «автоматной латуной».

Литейные латуни также маркируются буквой Л. После буквенного обозначения основного легирующего элемента (цинк) и каждого последующего ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, латунь ЛЦ23А6Ж3Мц2 содержит 23% цинка, 6% алюминия, 3% железа, 2% марганца. Наилучшей жидкотекучестью обладает латунь марки ЛЦ16К4. К литейным латуням относятся латуни типа ЛС, ЛК, ЛА, ЛАЖ, ЛАЖМц.

Латуни являются хорошим материалом для конструкций, работающих при отрицательных температурах.

Сплавы меди с другими элементами кроме цинка называются *бронзами*.

Бронзы подразделяются на деформируемые и литейные.

При маркировке деформируемых бронз на первом месте ставятся буквы Бр, затем буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава. После букв идут цифры, показывающие содержание компонентов в сплаве. Например, марка БрОФ10-1 означает, что в бронзу входит 10% олова, 1% фосфора, остальное – медь.

Маркировка литейных бронз также начинается с букв Бр, затем указываются буквенные обозначения легирующих элементов и ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Например, бронза БрОЗЦ12С5 содержит 3% олова, 12% цинка, 5% свинца, остальное – медь.

Выделяют оловянные бронзы, алюминиевые бронзы, кремнистые бронзы, свинцовые бронзы, бериллиевые бронзы.

Оловянные бронзы (медь с оловом) подразделяются на деформируемые и литейные.

В деформируемых бронзах содержание олова не должно превышать 6%, для обеспечения необходимой пластичности, например, БрОФ6,5-0,15.

В зависимости от состава деформируемые бронзы отличаются высокими механическими, антикоррозионными, антифрикционными и упругими свойствами и используются в различных отраслях промышленности. Из этих сплавов изготавливают прутки, трубы, ленту, проволоку.

Литейные оловянные бронзы (БрОЗЦ7С5Н1, БрО4Ц4С17) применяются для изготовления пароводяной арматуры и для отливок антифрикционных деталей типа втулок, венцов червячных колес, вкладышей подшипников.

Из *алюминиевых бронз* (БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л, БрАЖН10-4-4) изготавливают относительно мелкие, но высокоответственные детали типа шестерен, втулок, фланцев литьем и обработкой давлением. Из бронзы БрА5 штамповкой изготавливают медали и мелкую разменную монету.

Кремнистые бронзы (БрКМц3-1, БрК4) применяют как заменители оловянных бронз. Они немагнитны и морозостойки, превосходят оловянные бронзы по коррозионной стойкости и механическим свойствам, имеют высокие упругие свойства. Сплавы хорошо свариваются и подвергаются пайке. Благодаря высокой устойчивости к щелочным средам и сухим газам, их используют для производства сточных труб, газо- и дымопроводов.

Свинцовые бронзы (БрС30) используют как высококачественный антифрикционный материал. По сравнению с оловянными бронзами имеют более низкие механические и технологические свойства.

Бериллиевые бронзы (БрБ2) являются высококачественным пружинным материалом.

4.2 Сырье для производства металлов и сплавов

Для производства чугуна, стали и цветных металлов используют руду, флюсы, топливо, огнеупорные материалы.

Промышленная руда – горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы и их соединения (содержание металла в руде должно быть не менее 30–60% для железа, 3–5% – для меди, 0,005–0,02% – для молибдена).

Руда состоит из минералов, содержащих металл или его соединения, и пустой породы. Называют руду по одному или нескольким металлам, входящим в их состав, например, железные, медно-никелевые руды.

В зависимости от содержания добываемого элемента различают руды богатые и бедные. Бедные руды обогащают – удаляют часть пустой породы.

Флюсы – материалы, загружаемые в плавильную печь для образования легкоплавкого соединения с пустой породой руды или концентратом и золой топлива. Такое соединение называется *шлаком*.

Обычно шлак имеет меньшую плотность, чем металл, поэтому он располагается над металлом и может быть удален в процессе плавки.

Шлак защищает металл от печных газов и воздуха.

Шлак называют кислым, если в его составе преобладают кислотные оксиды (S_iO_2 , P_2O_5), и основным, если в его составе больше основных оксидов (CaO ; MgO ; FeO). Вводят в виде агломерата и окатышей.

В металлургических печах в качестве *топлива* используется кокс, природный газ, мазут, доменный (колошниковый) газ.

Кокс получают сухой перегонкой при температуре 1000⁰С (без доступа воздуха) каменного угля коксующихся сортов. В коксе содержится 80–88% углерода, 8–12% – золы, 2–5% – влаги. Куски кокса должны иметь размеры 25–60 мм. Это прочное неспекающееся топливо, служит не только горючим для нагрева, но и химическим реагентом для восстановления железа из руды.

Огнеупорные материалы применяют для изготовления внутреннего облицовочного слоя (футеровки) металлургических печей и ковшей для расплавленного металла.

Они способны выдержать нагрузки при высоких температурах, противостоять резким изменениям температуры, химическому воздействию шлака и печных газов.

По химическим свойствам огнеупорные материалы разделяют на следующие группы: кислые (кварцевый песок), основные (магнезитовый кирпич, магнезитохромитовый кирпич), нейтральные (шамотный кирпич).

Взаимодействие основных огнеупорных материалов и кислых шлаков, и наоборот, может привести к разрушению печи.

Углеродистый кирпич и блоки содержат до 92% углерода в виде графита, обладают повышенной огнеупорностью. Применяются для кладки доменных печей, электролизных ванн для получения алюминия, тиглей для плавки и разливки медных сплавов.

4.3. Выплавка чугуна

Чугун – сплав железа и углерода с сопутствующими элементами (содержание углерода – более 2,14%).

Для выплавки чугуна в доменных печах используют железные руды, топливо, флюсы.

К железным рудам относятся:

- *магнитный железняк* (Fe_3O_4) с содержанием железа 55–60%, месторождения – Соколовское, Курская магнитная аномалия;

- *красный железняк* (Fe_2O_3) с содержанием железа 55–60%, месторождения – Кривой Рог, Курская магнитная аномалия;

- *бурый железняк* (гидраты оксидов железа $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ и $Fe_2O_3 \cdot H_2O$) с содержанием железа 37–55%, месторождение – Керчь.

Марганцевые руды применяются для выплавки сплава железа с марганцем – ферромарганца (10–82% марганца), а также передельных чугунов, содержащих до 1% марганца. Марганец в рудах содержится в виде окислов и карбонатов: MnO_2 , Mn_2O_3 , $Mn_3O_4MnCO_3$, и др.

Хромовые руды применяются для производства феррохрома, металлического хрома и огнеупорных материалов – хромагнезитов.

Топливом для доменной плавки служит кокс, возможна частичная замена газом, мазутом.

Флюсом является известняк $CaCO_3$ или доломитизированный известняк, содержащий $CaCO_3$ и $MgCO_3$, так как в шлак должны входить основные оксиды (CaO , MgO), которые необходимы для удаления серы из металла.

Подготовка руд к доменной плавке осуществляется для повышения производительности доменной печи, снижения расхода кокса и улучшения качества чугуна.

Метод подготовки зависит от качества руды.

Дробление и сортировка руд по крупности служат для получения кусков оптимальной величины, осуществляются с помощью дробилок и классификаторов.

Обогащение руды основано на различии физических свойств минералов, входящих в ее состав и включает следующее:

- промывку (отделение плотных составляющих от пустой рыхлой породы);

- гравитацию, или отсадку (отделение руды от пустой породы при пропускании струи воды через дно вибрирующего сита: пустая порода вытесняется в верхний слой и уносится водой, а рудные минералы опускаются);

- магнитную сепарацию (измельченную руду подвергают действию магнита, притягивающего железосодержащие минералы и отделяющего их от пустой породы).

Окусковывание производят для переработки концентратов в кусковые материалы необходимых размеров. Применяют два способа окусковывания: агломерацию и окатывание.

При агломерации шихту, состоящую из железной руды (40–50%), известняка (15–20%), возврата мелкого агломерата (20–30%), коксовой мелочи (4–6%), влаги (6–9%), спекают на агломерационных машинах при температуре 1300–1500 °С. При спекании из руды удаляются вредные примеси (сера, мышьяк), разлагаются карбонаты и получается кусковой пористый офлюсованный агломерат.

При окатывании шихту из измельченных концентратов, флюса, топлива увлажняют и при обработке во вращающихся барабанах она приобретает форму шариков-окатышей диаметром до 30 мм. Их высушивают и обжигают при температуре 1200–1350 °С.

Использование агломерата и окатышей исключает отдельную подачу флюса (известняка) в доменную печь при плавке.

Чугун выплавляют в печах шахтного типа – доменных печах. Сущность процесса получения чугуна в доменных печах заключается в восстановлении оксидов железа, входящих в состав руды оксидом углерода, водородом и твердым углеродом, выделяющимся при сгорании топлива.

При выплавке чугуна происходят следующие процессы:

1. Восстановление железа из окислов руды, науглероживание его и удаление в виде жидкого чугуна определенного химического состава.

2. Оплавление пустой породы руды, образование шлака, растворение в нем золы кокса и удаление его из печи.

Устройство и работа доменной печи

Доменная печь (рис. 19) имеет стальной кожух, выложенный огнеупорным шамотным кирпичом. Рабочее пространство печи включает колошник (6), шахту (5), распар (4), заплечики (3), горн (1), лещадь (15).

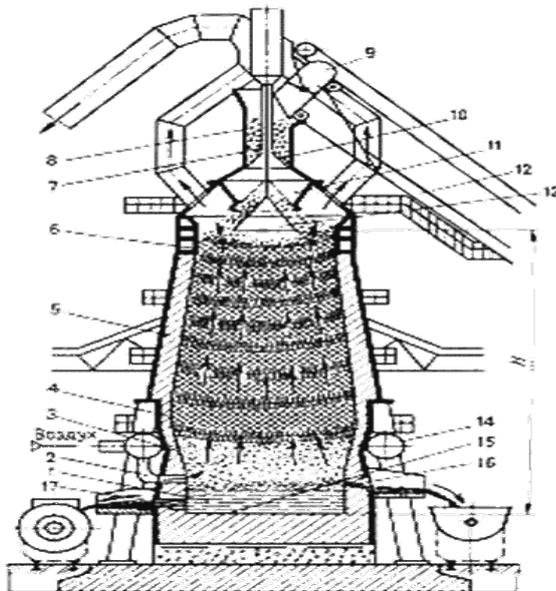


Рис. 19. Устройство доменной печи

В верхней части колошника находится засыпной аппарат (8), через который в печь загружают шихту. Шихту подают в вагонетки (9) подъемника, которые передвигаются по мосту (12) к засыпному аппарату и, опрокидываясь, высыпаят шихту в приемную воронку (7) распределителя шихты. При опускании малого конуса (10) шихта попадает в чашу (11), а при опускании большого конуса (13) – в доменную печь, что предотвращает выход газов из доменной печи в атмосферу.

При работе печи шихтовые материалы, проплавляясь, опускаются, а через загрузочное устройство подают новые порции шихты, чтобы весь полезный объем был заполнен.

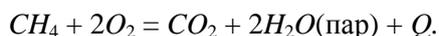
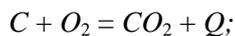
Полезный объем печи – объем, занимаемый шихтой от лещади до нижней кромки большого конуса засыпного аппарата при его опускании.

Полезная высота доменной печи (H) достигает 35 м, а полезный объем – 2000–5000 м³.

В верхней части горна находятся фурменные устройства (14), через которые в печь поступает нагретый воздух, необходимый для горения топлива. Воздух поступает из воздухонагревателя, внутри которого имеются камера сгорания и насадка из огнеупорного кирпича, в которой имеются вертикальные каналы. В камеру сгорания к горелке подается очищенный доменный газ, который, сгорая, образует горячие газы. Проходя через насадку, газы нагревают ее и удаляются через дымовую трубу. Через насадку пропускается воздух, он нагревается до температуры 1000–1200⁰С и поступает к фурменному устройству, а оттуда через фурмы (2) – в рабочее пространство печи. После охлаждения насадок нагреватели переключаются.

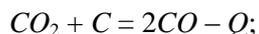
Горение топлива

Вблизи фурм природный газ и углерод кокса взаимодействуют с кислородом воздуха и сгорают. Данный процесс отражают следующие реакции:



В результате горения выделяется большое количество теплоты, в печи выше уровня фурм развивается температура выше 2000⁰С.

Продукты сгорания взаимодействуют с раскаленным коксом по следующим реакциям:



Образуется смесь восстановительных газов, в которой окись углерода (CO) является главным восстановителем железа из его оксидов. Для увеличения производительности подаваемый в доменную печь воздух увлажняется, что приводит к увеличению содержания восстановителя.

Горячие газы, поднимаясь, отдают теплоту шихтовым материалам и нагревают их, охлаждаясь до 300–400⁰С у колошника.

Шихта (агломерат, кокс) опускается навстречу потоку газов, и при температуре около 570°C начинается восстановление оксидов железа.

Восстановление железа в доменной печи

Закономерности восстановления железа выявлены академиком А. А. Байковым.

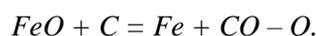
Восстановление железа происходит по мере продвижения шихты вниз по шахте и повышения температуры от высшего оксида к низшему, в несколько стадий:



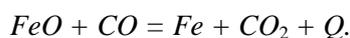
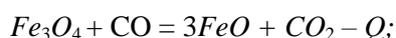
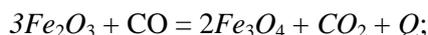
Температура определяет характер протекания химических реакций.

Восстановителями оксидов железа являются твердый углерод, оксид углерода и водород.

Восстановление твердым углеродом (коксом) называется *прямым восстановлением*, протекает в нижней части печи (зона распара), где более высокие температуры, по реакции



Восстановление газами (CO и H_2) называется *косвенным восстановлением*, протекает в верхней части печи при сравнительно низких температурах, по следующим реакциям:



За счет CO и H_2 восстанавливаются все высшие оксиды железа до низшего и 40–60% металлического железа.

При температуре 1000–1100°C восстановленное из руды твердое железо, взаимодействуя с оксидом углерода, коксом и сажистым углеродом, интенсивно растворяет углерод. При насыщении углеродом температура плавления понижается и на уровне распара и заплечиков железо расплавляется (при температуре около 1300°C).

Капли железоуглеродистого сплава, протекая по кускам кокса, дополнительно насыщаются углеродом (до 4%), марганцем, кремнием, фосфором, которые при температуре 1200°C восстанавливаются из руды, и серой, содержащейся в коксе.

В нижней части доменной печи образуется шлак в результате сплавления окислов пустой породы руды, флюсов и золы топлива. Шлаки содержат Al_2O_3 , CaO , MgO , SiO_2 , MnO , FeO , CaS . Шлак образуется постепенно, его состав меняется по мере стекания в горн, где он скапливается на поверхности жидкого чугуна, благодаря меньшей плотности. Состав шлака зависит от состава применяемых шихтовых материалов и выплавляемого чугуна.

Чугун выпускают из печи каждые 3–4 часа через чугунную летку (16), а шлак – каждые 1–1,5 часа через шлаковую летку (17). Летка – отверстие в кладке, расположенное выше лещади (см. рис. 20).

Летку открывают бурильной машиной, затем закрывают огнеупорной массой. Сливают чугун и шлак в чугуновозные ковши и шлаковозные чаши.

Чугун поступает в кислородно-конвертерные или мартеновские цехи, или разливается в изложницы разливочной машиной, где он затвердевает в виде чушек-слитков массой 45 кг.

Основным продуктом доменной плавки является чугун.

Передельный чугун предназначается для дальнейшего передела в сталь. На его долю приходится 90% общего производства чугуна. Обычно такой чугун содержит 3,8–4,4% углерода, 0,3–1,2% кремния, 0,2–1% марганца, 0,15–0,20% фосфора, 0,03–0,07% серы.

Литейный чугун применяется после переплава на машиностроительных заводах для получения фасонных отливок.

Кроме чугуна в доменных печах выплавляют ферросплавы – сплавы железа с кремнием, марганцем и другими элементами. Их применяют для раскисления и легирования стали.

Побочными продуктами доменной плавки являются *шлак* и *доменный газ*.

Из шлака изготавливают шлаковату, цемент, удобрения (стараясь получить гранулированный шлак, для этого его выливают на струю воды).

Доменный газ после очистки используется как топливо для нагрева воздуха, вдуваемого в печь.

Важнейшие технико-экономические показатели работы доменных печей следующие:

1. *Коэффициент использования полезного объема доменной печи (КИПО)* – это отношение полезного объема печи V (m^3) к ее среднесуточной производительности P (m^3/t) выплавленного чугуна:

$$КИПО = \frac{V}{P}.$$

Чем ниже КИПО, тем выше производительность печи. Для большинства доменных печей КИПО равен 0,5–0,7 (для передовых – 0,45)

2. Удельный расход кокса (K) – это отношение расхода кокса за сутки A (т) к количеству чугуна, выплавленного за это же время, V (т):

$$K = \frac{A}{V}.$$

Удельный расход кокса в доменных печах составляет 0,5–0,7 (для передовых – 0,36–0,4)

Удельный расход кокса – важный показатель, так как стоимость кокса составляет более 50% стоимости чугуна.

Инновационные процессы – процессы прямого получения железа из руд.

Под процессами прямого получения железа понимают такие химические, электрохимические или химико-термические процессы, которые дают возможность получать непосредственно из руды, минуя доменную печь, металлическое железо в виде губки, крицы или жидкого металла.

Такие процессы ведутся, не расходуя металлургический кокс, флюсы, электроэнергию (на подготовку сжатого воздуха), а также позволяют получить очень чистый металл.

Опробовано более 70 различных способов, но лишь немногие осуществлены и притом в небольшом промышленном масштабе.

В последние годы интерес к этой проблеме вырос, что связано, помимо замены кокса другим топливом, с развитием способов глубокого обогащения руд, обеспечивающих не только высокое содержание железа в концентратах (70–72%), но и почти полное освобождение его от серы и фосфора.

Схема процесса губчатого железа в шахтных печах представлена на рис. 20.

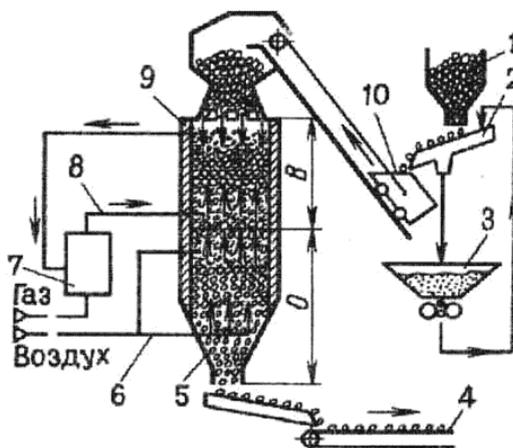


Рис. 20. Схема установки для прямого восстановления железа из руд и получения металлизированных окатышей

При получении губчатого железа добытую руду обогащают и получают окатыши.

Окатыши из бункера (1) по грохоту (2) поступают в короб (10) шихтозавалочной машины и оттуда в шахтную печь (9), работающую по принципу противотока.

Просыпь от окатышей попадает в бункер (3) с брикетировочным прессом и в виде окатышей вновь поступает на грохот (2).

Для восстановления железа из окатышей в печь по трубопроводу (8) подают смесь природного и доменного газов, подвергнутую в установке (7) конверсии, в результате которой смесь разлагается на водород H_2 и оксид углерода CO . В восстановительной зоне печи (B) создается температура 1000–1100°C, при которой H_2 и CO восстанавливают железную руду в окатышах до твердого губчатого железа.

Содержание железа в окатышах достигает 90–95%.

Для охлаждения железных окатышей по трубопроводу (6) в зону охлаждения (O) печи подают воздух.

Охлажденные окатыши 5 выдаются на конвейер (4) и поступают на выплавку стали в электропечах.

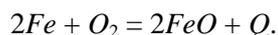
4.4. Выплавка стали

Стали – железоуглеродистые сплавы, содержащие практически до 1,5% углерода, при большем его содержании значительно увеличиваются твердость и хрупкость сталей и они не находят широкого применения.

Основными исходными материалами для производства стали являются передельный чугун и стальной лом (скрап).

Содержание углерода и примесей в стали значительно ниже, чем в чугуна. Поэтому сущность любого металлургического передела чугуна в сталь – снижение содержания углерода и примесей путем их избирательного окисления и перевода в шлак и газы в процессе плавки.

Железо окисляется в первую очередь при взаимодействии чугуна с кислородом в сталеплавильных печах:



Одновременно с железом окисляются кремний, фосфор, марганец и углерод. Образующийся оксид железа при высоких температурах отдает свой кислород более активным примесям в чугуна, окисляя их.

Процессы выплавки стали осуществляют в три этапа.

На *первом этапе* происходит расплавление шихты и нагрев ванны жидкого металла. Температура металла сравнительно невысокая, интенсивно происходит окисление железа, образование оксида железа и окисление примесей: кремния, марганца и фосфора.

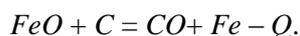
Наиболее важная задача этапа – удаление фосфора. Для этого желательно проведение плавки в основной печи, где шлак содержит CaO . Фосфорный ангидрид (P_2O_5) образует с оксидом железа нестойкое соединение $(FeO)_3 \cdot P_2O_5$. Оксид кальция (CaO) – более сильное основание, чем оксид железа, поэтому при невысоких температурах связывает P_2O_5 и переводит его в шлак:



Для удаления фосфора необходимы невысокие температура ванны металла и шлака, достаточное содержание в шлаке FeO . Для повышения содержания FeO в шлаке и ускорения окисления примесей в печь добавляют железную руду и окалину, наводя железистый шлак. По мере удаления фосфора из металла в шлак содержание фосфора в шлаке увеличивается. Поэтому необходимо убрать этот шлак с зеркала металла и заменить его новым со свежими добавками CaO .

Второй этап (кипение металлической ванны) начинается по мере прогрева до более высоких температур.

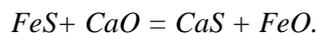
При повышении температуры более интенсивно протекает реакция окисления углерода, происходящая с поглощением теплоты:



Для окисления углерода в металл вводят незначительное количество руды, окалины или вдувают кислород.

При реакции оксида железа с углеродом пузырьки оксида углерода (CO) выделяются из жидкого металла, вызывая «кипение ванны». При «кипении» уменьшается содержание углерода в металле до требуемого, выравнивается температура по объему ванны, частично удаляются неметаллические включения, прилипающие к всплывающим пузырькам CO , а также газы, проникающие в пузырьки CO . Все это способствует повышению качества металла. Следовательно, этот этап – основной в процессе выплавки стали.

Также создаются условия для удаления серы. Сера в стали находится в виде сульфида железа (FeS), который растворяется также в основном шлаке. Чем выше температура, тем большее количество растворяется в шлаке и взаимодействует с оксидом кальция (CaO):



Образующееся соединение CaS растворяется в шлаке, но не растворяется в железе, поэтому сера удаляется в шлак.

Третий этап (раскисление стали) заключается в восстановлении оксида железа, растворенного в жидком металле.

При плавке повышение содержания кислорода в металле необходимо для окисления примесей, но в готовой стали кислород – вредная примесь, так как понижает механические свойства стали, особенно при высоких температурах.

Сталь раскисляют двумя способами: осаждающим и диффузионным.

Осаждающее раскисление осуществляется введением в жидкую сталь растворимых раскислителей (ферромарганца, ферросилиция, алюминия), содержащих элементы, которые обладают большим сродством к кислороду, чем железо.

В результате раскисления восстанавливается железо и образуются оксиды MnO , SiO_2 , Al_2O_3 , которые имеют меньшую плотность, чем сталь, и удаляются в шлак.

Диффузионное раскисление осуществляется раскислением шлака. Ферромарганец, ферросилиций и алюминий в измельченном виде загружают на поверхность шлака. Раскислители, восстанавливая оксид железа, уменьшают его содержание в шлаке. Следовательно, оксид железа, растворенный в стали переходит в шлак. Образующиеся при этом процессе оксиды остаются в шлаке, а восстановленное железо пере-

ходит в сталь, при этом в стали снижается содержание неметаллических включений и повышается ее качество.

В зависимости от степени раскисления выплавляют следующие стали:

- спокойные;
- кипящие;
- полуспокойные.

Спокойная сталь получается при полном раскислении в печи и ковше.

Кипящая сталь раскислена в печи неполностью. Ее раскисление продолжается в изложнице при затвердевании слитка, благодаря взаимодействию оксида железа и углерода:



Образующийся оксид углерода (CO) выделяется из стали, способствуя удалению из стали азота и водорода, газы выделяются в виде пузырьков, вызывая ее кипение. Кипящая сталь не содержит неметаллических включений, поэтому обладает хорошей пластичностью.

Полуспокойная сталь имеет промежуточную раскисленность между спокойной и кипящей. Частично она раскисляется в печи и в ковше, а частично – в изложнице, благодаря взаимодействию оксида железа и углерода, содержащихся в стали.

Легирующие стали осуществляется введением ферросплавов или чистых металлов в необходимом количестве в расплав. Легирующие элементы, у которых сродство к кислороду меньше, чем у железа (Ni, Co, Mo, Cu), при плавке и разливке не окисляются, поэтому их вводят в любое время плавки. Легирующие элементы, у которых сродство к кислороду больше, чем у железа (Si, Mn, Al, Cr, V, Ti), вводят в металл после раскисления или одновременно с ним в конце плавки, а иногда в ковш.

Чугун переделывается в сталь в различных по принципу действия металлургических агрегатах: мартеновских печах, кислородных конвертерах, электрических печах.

Производство стали в мартеновских печах

Мартеновский процесс (1864–1865 гг., Франция) в период до семидесятых годов являлся основным способом производства стали. Способ характеризуется сравнительно небольшой производительностью, возможностью использования вторичного металла – стального скрапа. Вместимость печи составляет 200–900 т. Способ позволяет получать качественную сталь.

Мартеновская печь (рис. 21) по устройству и принципу работы является пламенной отражательной регенеративной печью. В плавильном пространстве сжигается газообразное топливо или мазут. Высокая температура для получения стали, в расплавленном состоянии, обеспечивается регенерацией тепла печных газов.

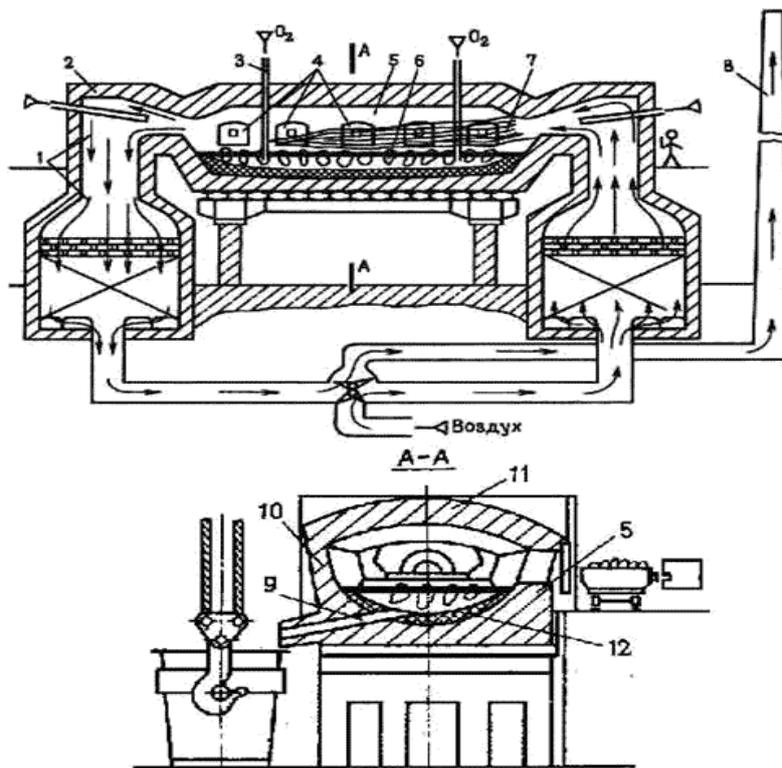


Рис. 21. Схема мартеновской печи

Современная мартеновская печь (см. рис. 21) представляет собой вытянутую в горизонтальном направлении камеру, сложенную из огнеупорного кирпича. Рабочее плавильное пространство ограничено снизу подиной (12), сверху сводом (11), а с боков – передней (5) и задней (10) стенками. Подина имеет форму ванны с откосами по направлению к стенкам печи. В передней стенке имеются загрузочные окна (4) для подачи шихты и флюса, а в задней – отверстие (9) для выпуска готовой стали.

Характеристикой рабочего пространства является площадь пода печи, которую подсчитывают на уровне порогов загрузочных окон. С обоих торцов плавильного пространства расположены головки печи (2), которые служат для смешивания топлива с воздухом и подачи этой смеси в плавильное пространство. В качестве топлива используют природный газ, мазут.

Для подогрева воздуха и газа при работе на низкокалорийном газе печь имеет два регенератора (1).

Регенератор – камера, в которой размещена насадка – огнеупорный кирпич, выложенный в клетку и предназначенный для нагрева воздуха и газов.

Отходящие от печи газы имеют температуру 1500–1600°C. Попадая в регенератор, газы нагревают насадку до температуры 1250°C. Через один из регенераторов подают воздух, который, проходя через насадку, нагревается до 1200°C и поступает в головку печи, где смешивается с топливом, на выходе из головки образуется факел (7), направленный на шихту (6).

Отходящие газы проходят через противоположную головку (левую), очистные устройства (шлаковики), служащие для отделения от газа частиц шлака и пыли и направляются во второй регенератор.

Охлажденные газы покидают печь через дымовую трубу (8).

После охлаждения насадки правого регенератора переключают клапаны, и поток газов в печи изменяет направление.

Температура факела пламени достигает 1800°C. Факел нагревает рабочее пространство печи и шихту. Факел способствует окислению примесей шихты при плавке.

Продолжительность плавки составляет 3–6 часов, для крупных печей – до 12 часов. Готовую плавку выпускают через отверстие, расположенное в задней стенке на нижнем уровне пода. Отверстие плотно забивают малоспекающимися огнеупорными материалами, которые при выпуске плавки выбивают. Печи работают непрерывно, до остановки на капитальный ремонт – 400–600 плавок.

В зависимости от состава шихты, используемой при плавке, различают разновидности мартеновского процесса:

- скрап-процесс, при котором шихта состоит из стального лома (скрапа) и 25–45% чушкового переделного чугуна, процесс применяют на заводах, где нет доменных печей, но много металлолома;
- скрап-рудный процесс, при котором шихта состоит из жидкого чугуна (55–75%), скрапа и железной руды, процесс применяют на металлургических заводах, имеющих доменные печи.

Футеровка печи может быть основной и кислой. Если в процессе плавки стали, в шлаке преобладают основные оксиды, то процесс называют *основным* мартеновским процессом, а если кислые – *кислым*.

Наибольшее количество стали производят скрап-рудным процессом в мартеновских печах с основной футеровкой.

В печь загружают железную руду и известняк, а после подогрева подают скрап. После разогрева скрапа в печь заливают жидкий чугун. В период плавления за счет оксидов руды и скрапа интенсивно окисляются примеси чугуна: кремний, фосфор, марганец и, частично, углерод. Оксиды образуют шлак с высоким содержанием оксидов железа и марганца (железистый шлак). После этого проводят период «кипения» ванны: в печь загружают железную руду и продувают ванну подаваемым по трубам (3) кислородом. В это время отключают подачу в печь топлива и воздуха и удаляют шлак.

Для удаления серы наводят новый шлак, подавая на зеркало металла известь с добавлением боксита для уменьшения вязкости шлака. Содержание *Ca* в шлаке возрастает, а *Fe* уменьшается.

В период «кипения» углерод интенсивно окисляется, поэтому шихта должна содержать избыток углерода. На данном этапе металл доводится до заданного химического состава, из него удаляются газы и неметаллические включения.

Затем проводят раскисление металла в два этапа. Сначала раскисление идет путем окисления углерода металла, при одновременной подаче в ванну раскислителей – ферромарганца, ферросилиция, алюминия. Окончательное раскисление алюминием и ферросилицием осуществляется в ковше, при выпуске стали из печи. После отбора контрольных проб сталь выпускают в ковш.

В основных мартеновских печах выплавляют стали углеродистые конструкционные, низко- и средне-легированные (марганцовистые, хромистые), кроме высоколегированных сталей и сплавов, которые получают в плавильных электропечах.

В кислых мартеновских печах выплавляют качественные стали. Применяют шихту с низким содержанием серы и фосфора.

Стали содержат меньше водорода и кислорода, неметаллических включений. Следовательно, кислая сталь имеет более высокие механические свойства, особенно ударную вязкость и пластичность, ее используют для особо ответственных деталей: коленчатых валов крупных двигателей, роторов мощных турбин, шарикоподшипников.

Основными технико-экономическими показателями производства стали в мартеновских печах являются:

- производительность печи (в среднем составляет 10 т/м^2 с 1 м^2 площади пода в сутки);
 - расход топлива (на 1 т выплавляемой стали в среднем составляет 80 кг/т).
- С укрупнением печей увеличивается их экономическая эффективность.

Производство стали в кислородных конвертерах

Кислородно-конвертерный процесс – выплавка стали из жидкого чугуна в конвертере с основной футеровкой и продувкой кислородом через водоохлаждаемую фурму.

Первые опыты проводили в 1933–1934 гг.

В промышленных масштабах кислородно-конвертерный процесс проводился в 1952–1953 гг. на заводах в Линце и Донавице (Австрия) и получил название ЛД-процесс. В настоящее время способ является основным в массовом производстве стали.

Кислородный конвертер – сосуд грушевидной формы из стального листа, футерованный основным кирпичом.

Вместимость конвертера составляет 130–350 т жидкого чугуна. В процессе работы конвертер может поворачиваться на 360° для загрузки скрапа, заливки чугуна, слива стали и шлака.

Шихтовыми материалами кислородно-конвертерного процесса являются жидкий передельный чугун, стальной лом (не более 30%), известь для наведения шлака, железная руда, а также боксит (Al_2O_3) и плавленый шпат (CaF_2) для разжижения шлака.

Последовательность технологических операций при выплавке стали в кислородных конвертерах представлена на рис. 22.

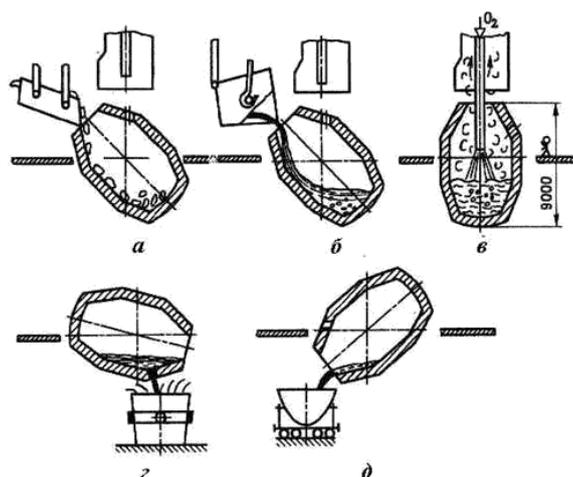


Рис. 22. Последовательность технологических операций при выплавке стали в кислородных конвертерах

После очередной плавки стали выпускное отверстие заделывают огнеупорной массой и осматривают футеровку, ремонтируют.

Перед плавкой конвертер наклоняют, с помощью завалочных машин загружают скрап (рис. 22а), заливают чугун при температуре $1250\text{--}1400^\circ\text{C}$ (рис. 22б).

После этого конвертер поворачивают в рабочее положение (рис. 22в), внутрь вводят охлаждаемую фурму и через нее подают кислород под давлением $0,9\text{--}1,4 \text{ МПа}$. Одновременно с началом продувки загружают известь, боксит, железную руду. Кислород проникает в металл, вызывает его циркуляцию в конвертере и перемешивание со шлаком. Под фурмой развивается температура 2400°C . В зоне контакта кислородной струи с металлом окисляется железо. Оксид железа растворяется в шлаке и металле, обогащая металл кислородом. Растворенный кислород окисляет кремний, марганец, углерод в металле, их содержание падает. Происходит разогрев металла теплотой, выделяющейся при окислении.

Фосфор удаляется в начале продувки ванны кислородом, когда ее температура невысока (содержание фосфора в чугуне не должно превышать $0,15\%$). При повышенном содержании фосфора для его удаления необходимо сливать шлак и наводить новый, что снижает производительность конвертера.

Сера удаляется в течение всей плавки (содержание серы в чугуне должно быть до $0,07\%$).

Подачу кислорода заканчивают, когда содержание углерода в металле соответствует заданному. После этого конвертер поворачивают и выпускают сталь в ковш (рис. 22г), где раскисляют осаждающим методом ферромарганцем, ферросилицием и алюминием, затем сливают шлак (рис. 423д).

В кислородных конвертерах выплавляют стали с различным содержанием углерода, кипящие и спокойные, а также низколегированные стали. Легирующие элементы в расплавленном виде вводят в ковш перед выпуском в него стали.

Плавка в конвертерах вместимостью 130–300 т заканчивается через 25–30 минут.

Производство стали в электропечах

Плавильные электропечи имеют следующие преимущества по сравнению с другими плавильными агрегатами:

- легко регулировать тепловой процесс, изменяя параметры тока;
- можно получать высокую температуру металла,
- возможность создавать окислительную, восстановительную, нейтральную атмосферу и вакуум, что позволяет раскислять металл с образованием минимального количества неметаллических включений.

Электропечи используют для выплавки конструкционных, высоколегированных, инструментальных, специальных сплавов и сталей.

Различают дуговые и индукционные электропечи.

Схема дуговой печи представлена на рис. 23.

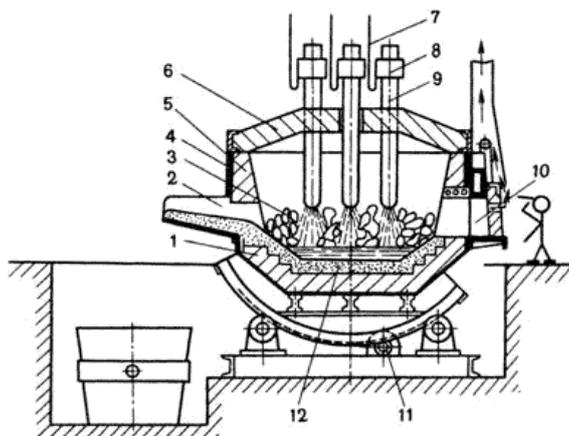


Рис. 23. Схема дуговой плавильной печи

Дуговая печь питается трехфазным переменным током. Имеет три цилиндрических электрода (9) из графитизированной массы, закрепленных в электрододержателях (8), к которым подводится электрический ток по кабелям (7). Между электродом и металлической шихтой (3) возникает электрическая дуга. Корпус печи имеет форму цилиндра. Снаружи он заключен в прочный стальной кожух (4), внутри футерован основным или кислым кирпичом (1). Плавильное пространство ограничено стенками (5), подиной (12) и сводом (6). Съёмный свод (6) имеет отверстия для электродов. В стенке корпуса имеется рабочее окно (10), предназначенное для слива шлака, загрузки ферросплавов, взятия проб, закрытое при плавке заслонкой. Готовую сталь выпускают через сливное отверстие со сливным желобом (2). Печь опирается на секторы и имеет привод (11) для наклона в сторону рабочего окна или желоба. Печь загружают при снятом своде.

Вместимость печей составляет 0,5–400 т. В металлургических цехах используют электропечи с основной футеровкой, а в литейных – с кислой.

В основной дуговой печи осуществляется плавка двух видов:

- на шихте из легированных отходов (методом переплава),
- на углеродистой шихте (с окислением примесей).

Плавку на шихте из легированных отходов ведут без окисления примесей. После расплавления шихты из металла удаляют серу, наводя основной шлак, при необходимости науглероживают и доводят металл до заданного химического состава. Проводят диффузионное раскисление, подавая на шлак измельченные ферросилиций, алюминий, молотый кокс. Так выплавляют легированные стали из отходов машиностроительных заводов.

Плавку на углеродистой шихте применяют для производства конструкционных сталей. В печь загружают шихту: стальной лом, чушковый передельный чугун, электродный бой или кокс, для науглероживания металлов и известь, опускают электроды, включают ток. Шихта под действием электродов плавится, металл накапливается в подине печи. Во время плавления шихты кислородом воздуха, оксидами шихты и окалины окисляются железо, кремний, фосфор, марганец, частично, углерод. Оксид кальция из извести и оксид железа образуют основной железистый шлак, способствующий удалению фосфора из металла. После нагрева до 1500–1540°C загружают руду и известь, проводят период «кипения» металла, происходит

дальнейшее окисление углерода. После прекращения кипения удаляют шлак. Затем приступают к удалению серы и раскислению металла заданного химического состава. Раскисление производят осаждением и диффузионным методом. Для определения химического состава металла берут пробы и при необходимости вводят в печь ферросплавы для получения заданного химического состава. Затем выполняют конечное раскисление алюминием и силикокальцием, выпускают сталь в ковш.

При выплавке легированных сталей в дуговых печах в сталь вводят легирующие элементы в виде ферросплавов.

В дуговых печах выплавляют высококачественные углеродистые стали – конструкционные, инструментальные, жаростойкие и жаропрочные.

Производство стали в индукционных тигельных плавильных печах

В индукционных тигельных плавильных печах выплавляют наиболее качественные коррозионно-стойкие, жаропрочные и другие стали и сплавы. Вместимость печи составляет от десятков килограммов до 30 т.

Схема индукционной тигельной печи представлена на рис 24.

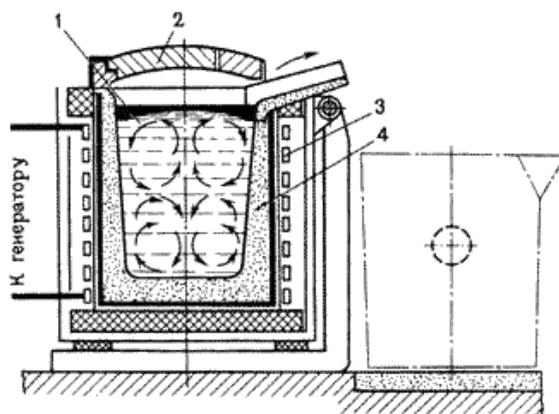


Рис. 24. Схема индукционной тигельной печи

Печь состоит из водоохлаждаемого индуктора (3), внутри которого находится тигель (4) (основные или кислые огнеупорные материалы) с металлической шихтой, через индуктор от генератора высокой частоты проходит однофазный переменный ток повышенной частоты (500–2000 Гц).

При пропускании тока через индуктор в металле (1), находящемся в тигле, индуцируются мощные вихревые токи, что обеспечивает нагрев и плавление металла. Для уменьшения потерь тепла печь имеет съемный свод (2).

Тигель изготавливают из кислых (кварцит) или основных (магнезитовый порошок) огнеупоров. Для выпуска плавки печь наклоняют в сторону сливного желоба.

Под действием электромагнитного поля индуктора при плавке происходит интенсивная циркуляция жидкого металла, что способствует ускорению химических реакций, получению однородного по химическому составу металла, быстрому всплыванию неметаллических включений, выравниванию температуры.

В индукционных печах выплавляют сталь и сплавы из легированных отходов *методом переплава* или из чистого шихтового железа и скрапа с добавкой ферросплавов *методом сплавления*.

После расплавления шихты на поверхность металла загружают шлаковую смесь для уменьшения тепловых потерь металла и уменьшения угара легирующих элементов, защиты его от насыщения газами.

При плавке в кислых печах, после расплавления и удаления плавильного шлака, наводят шлак из боя стекла (SiO_2). Для окончательного раскисления перед выпуском металла в ковш вводят ферросилиций, ферромарганец и алюминий.

В основных печах раскисление проводят смесью из порошкообразной извести, кокса, ферросилиция, ферромарганца и алюминия.

В основных печах выплавляют высококачественные легированные стали с высоким содержанием марганца, титана, никеля, алюминия, а в печах с кислой футеровкой – конструкционные, легированные другими элементами стали.

В печах можно получать стали с незначительным содержанием углерода и безуглеродистые сплавы, так как нет науглероживающей среды.

При вакуумной индукционной плавке индуктор, тигель, дозатор шихты и изложницы помещают в вакуумные камеры. Получают сплавы высокого качества с малым содержанием газов, неметаллических включений и сплавы, легированные любыми элементами.

4.5. Классификация и краткая характеристика способов производства изделий из металлов

Правильно выбрать способ получения заготовки – означает определить рациональный технологический процесс ее получения с учетом материала детали, требований к точности ее изготовления, технических условий, эксплуатационных характеристик и серийности выпуска.

Машиностроение располагает большим количеством способов получения деталей. Это многообразие, с одной стороны, позволяет существенно повысить эксплуатационные характеристики машин за счет использования свойств исходного материала, с другой – создает трудности при выборе рационального, экономичного способа получения детали.

Особенно важно правильно выбрать вид заготовки, назначить наиболее рациональный технологический процесс ее изготовления в условиях автоматизированного производства, когда размеры детали при механической обработке получаются «автоматически» на предварительно настроенных агрегатных станках или станках с числовым программным управлением (ЧПУ). В этом случае недостаточные припуски так же вредны, как и излишние, а неравномерная твердость материала или большие уклоны на заготовке могут вызвать значительные колебания в допусках размеров готовой детали.

Поэтому очень важен экономически и технологически обоснованный выбор вида заготовки для данного производства.

Максимальное приближение геометрических форм и размеров заготовки к размерам и форме готовой детали – главная задача заготовительного производства.

Заданные конструктором геометрия, размеры и марка материала детали во многом определяют технологию изготовления. Таким образом, выбор вида заготовки происходит в процессе конструирования, так как при расчете деталей на прочность, износостойкость или при учете других показателей эксплуатационных характеристик конструктор исходит из физико-механических свойств применяемого материала с учетом влияния способа получения заготовки.

Факторы, влияющие на себестоимость производства в машиностроении, делятся на три группы:

- 1-я группа – конструктивные факторы, т. е. конструктивное решение самой детали, обеспечивающее приемлемость ее для изготовления обработкой давлением, литьем, сваркой; выбор марки материала и технологических условий;

- 2-я группа – производственные факторы, т. е. характер и культура производства, технологическая оснащенность, организационные и технологические уровни производства;

- 3-я группа – технологические факторы, характеризующие способ формообразования заготовок, выбор самой заготовки, оборудования и технологического процесса получения детали.

То, насколько полно в заготовке учтено влияние факторов первой и второй групп, позволяет судить о технологичности заготовки.

Под *технологичностью заготовки* принято понимать, насколько данная заготовка соответствует требованиям производства и обеспечивает долговечность и надежность работы детали при эксплуатации.

Выпуск технологичной заготовки в заданных масштабах производства обеспечивает минимальные производственные затраты, себестоимость, трудоемкость и материалоемкость.

Третья группа факторов важна, когда детали могут быть получены одним или несколькими способами литья или обработки давлением, например, фланцы, тройники, шестерни. Однако при литье структура металла, а следовательно, и механические свойства, ниже, чем при обработке металлов давлением. Также, особенно при литье в кокиль или под давлением, выше вероятность возникновения литейных напряжений и наличия пористости.

При штамповке, создавая направленную структуру, можно увеличить эксплуатационные свойства детали. В то же время заданный параметр шероховатости поверхности и точность размеров могут быть обеспечены в обоих случаях.

Таким образом, при выборе способов получения заготовки в первую очередь следует учитывать основные факторы (себестоимость и требования к качеству), ориентироваться на то, что в конкретном случае является определяющим.

Наиболее широко для получения заготовок в машиностроении применяют следующие методы: литье, обработка металла давлением и сварка, а также комбинация этих методов.

Каждый из методов содержит большое число способов получения заготовок.

Метод – это группа технологических процессов, в основе которых лежит единый принцип формообразования.

Литье – получение заготовок путем заливки расплавленного металла заданного химического состава в литейную форму, полость которой имеет конфигурацию заготовки.

Обработка давлением – технологические процессы, которые основаны на пластическом формоизменении металла.

Сварка – технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов и сплавов в результате образования атомно-молекулярных связей между частицами соединяемых заготовок.

При выборе метода необходимо ориентироваться в первую очередь на материал и требования к нему с точки зрения обеспечения служебных свойств изделия (литье – чугун, стали с обозначением Л).

Особо ответственные детали, к которым предъявляются высокие требования по размеру зерна, направлению волокон, а также по уровню механических свойств, всегда следует изготавливать из заготовок, полученной обработкой давлением.

Выбор способа получения заготовки – сложная задача.

Способ получения заготовки должен быть экономичным, обеспечивающим высокое качество детали, производительным, нетрудоемким.

Изделия из металлов вырабатываются различными способами: литьем, обработкой металлов давлением, резанием.

Наиболее распространена *обработка материалов давлением*, основными разновидностями которой являются: прокатка, волочение, штамповка, прессование, ковка.

Схема основных видов прокатки представлена на рис. 25.

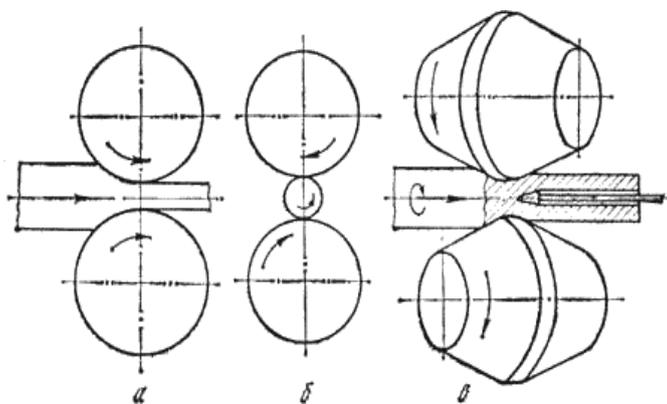


Рис. 25. Схема основных видов прокатки: а – продольная; б – поперечная; в – поперечно-винтовая

Обработкой давлением называются процессы получения заготовок или деталей машин силовым воздействием инструмента на исходную заготовку из исходного материала. Пластическое деформирование при обработке давлением, состоящее в преобразовании заготовки простой формы в деталь более сложной формы того же объема, относится к малоотходной технологии. Обработкой давлением получают не только заданную форму и размеры, но и обеспечивают требуемое качество металла, надежность работы изделия. Высокая производительность обработки давлением, низкая себестоимость и высокое качество продукции привели к широкому применению этих процессов.

Схема волочения представлена на рис. 26.

Сущность процесса волочения заключается в протягивании заготовок (2) через сужающееся отверстие (фильеру) в инструменте (1), называемом волокой.

Конфигурация отверстия определяет форму получаемого профиля (Р).

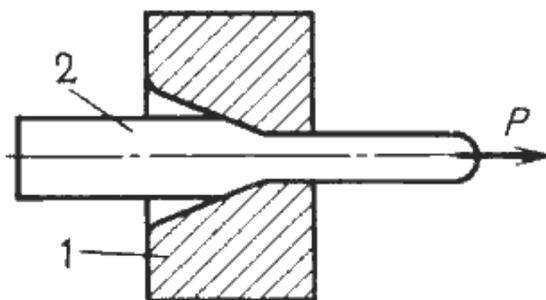


Рис. 26. Схема волочения

Волочением получают проволоку диаметром от 0,002 до 4 мм, прутки и профили фасонного сечения, тонкостенные трубы, в том числе и капиллярные. Волочение применяют также для калибровки сечения и повышения качества поверхности обрабатываемых изделий. Волочение чаще выполняют при комнатной

температуре, когда пластическую деформацию сопровождает наклеп, это используют для повышения механических характеристик металла, например, предел прочности возрастает в 1,5–2 раза.

Исходным материалом может быть горячекатаный прут, сортовой прокат, проволока, трубы. Волочением обрабатывают стали различного химического состава, цветные металлы и сплавы, в том числе и драгоценные.

Основной инструмент при волочении – волокни различной конструкции.

Объемной штамповкой называют процесс получения поковок, при котором формообразующую полость штампа, называемую ручьем, принудительно заполняют металлом исходной заготовки и перераспределяют его в соответствии с заданной чертежом конфигурацией.

Применение объемной штамповки оправдано при серийном и массовом производстве. При использовании этого способа значительно повышается производительность труда, снижаются отходы металла, обеспечиваются высокие точность формы изделия и качество поверхности. Штамповкой можно получать очень сложные по форме изделия, которые невозможно получить приемами свободнойковки.

Объемную штамповку осуществляют при разных температурах исходной заготовки и, в соответствии с температурой, делят на холодную и горячую. Наиболее широкое распространение получила горячая объемная штамповка (ГОШ), которую ведут в интервале температур, обеспечивающих снятие упрочнения.

Исходным материалом для горячей объемной штамповки являются сортовой прокат, пресованные прутки, литая заготовка, в крупносерийном производстве – периодический прокат, что обеспечивает сокращение подготовительных операций. Схема технологического процесса получения заготовки ГОШ представлена рис. 27.

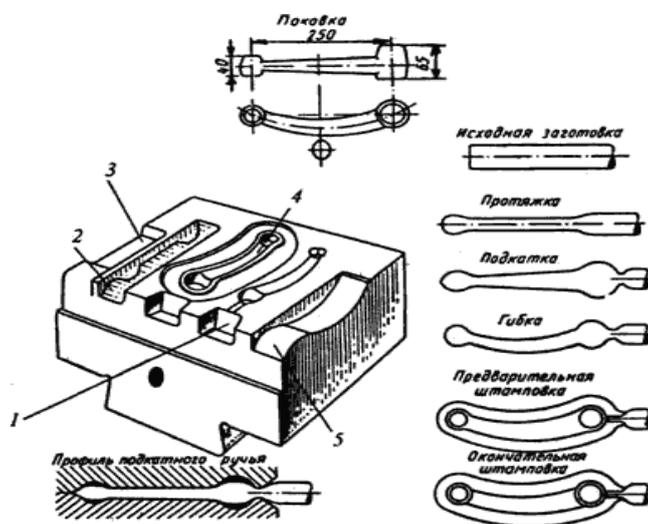


Рис. 27. Получение деталей ГОШ: 1 – черновой ручей; 2 – подкатной ручей; 3 – протяжной ручей; 4 – чистовой ручей, 5 – гибочный ручей

Фасонирование – перераспределение металла заготовки с целью придания ей формы, обеспечивающей последующую штамповку с малым отходом металла.

Листовая штамповка – один из видов холодной обработки давлением, при котором листовой материал деформируется в холодном или подогретом состоянии.

Листовой штамповкой изготавливаются разнообразные плоские и пространственные детали – от мелких, массой от долей грамма и размерами в доли миллиметра (секундная стрелка часов), до средних (металлическая посуда, крышки, кронштейны) и крупных (облицовочные детали автомобилей).

Толщина заготовки при листовой штамповке обычно не более 10 мм, но иногда может превышать 20 мм, в этом случае штамповка осуществляется с предварительным подогревом до ковочных температур.

При листовой штамповке используют низкоуглеродистые стали, пластичные легированные стали, цветные металлы и сплавы на их основе, драгоценные металлы, а также неметаллические материалы: органическое стекло, фетр, целлулоид, текстолит, войлок и др.

Листовую штамповку широко применяют в различных отраслях промышленности, особенно, автомобилестроении, ракетостроении, самолетостроении, приборостроении, электротехнической промышленности.

Следует отметить, что холодной вырубной штамповкой вырабатывают плоские изделия с одинаковой толщиной стенок; холодной вытяжной штамповкой – полые изделия различной формы; горячей объемной штамповкой – изделия сложной формы с разной толщиной стенок (вилки, ложки и др.); прокаткой получают листовые изделия; волочением, как правило, вырабатывают проволоку и другие виды изделий, имеющих полнотелую форму с небольшим сечением; пресованием или порошковой металлургией получают небольшие изделия и детали с большой точностью размеров и формы (замки, инструменты); ковкой – плоские или объемные изделия.

Также металлоизделия вырабатываются литьем.

Литьем в песчано-глинистые формы получают крупногабаритные изделия и отливки; литьем по выплавляемым моделям получают детали сложной формы и высокого класса точности (5–7) в машиностроении и приборостроении; литьем в кокиль получают отливки из медных, алюминиевых и магниевых сплавов; литьем под давлением получают изделия из чугуна, силумина и легированной стали, где заметны швы от разъема формы на боковой поверхности; более толстые стенки, чем у изделий, изготовленных методом давления. Номенклатура выпускаемой продукции ограничена: посуда, инструменты, машинки для стрижки волос. Центробежным литьем получают трубы, гайки, кольца, стволы орудий и другие изделия из белого, черного чугуна, углеродистой и нержавеющей стали, бронзы. Литьем в оболочковые формы получают мелкие предметы точной формы.

Технологические операции формовки при литье в оболочковые формы представлены на рис. 28.

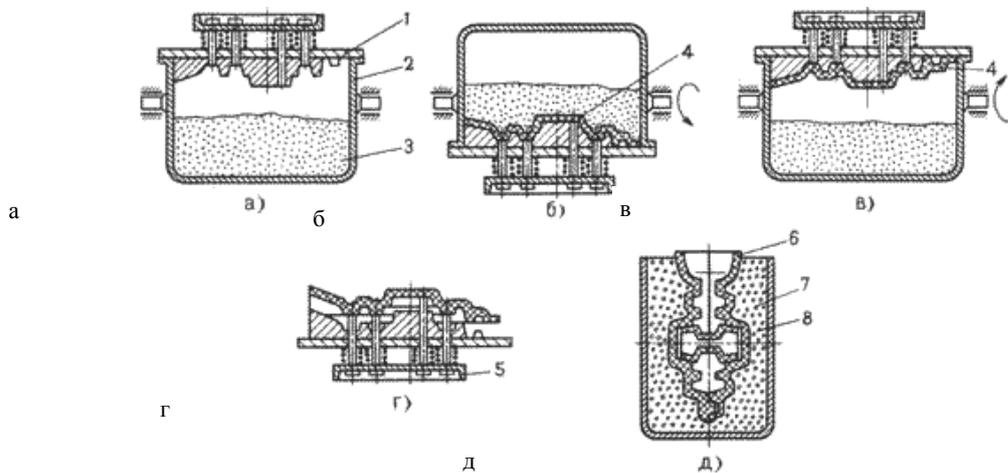


Рис. 28. Технологические операции формовки при литье в оболочковые формы

Металлическую модельную плиту (1) с моделью нагревают в печи до 200...250°C.

Затем плиту (1) закрепляют на опрокидывающемся бункере (2) с формовочной смесью (3) (рис. 28а) и поворачивают на 180°С (рис. 28б). Формовочную смесь выдерживают на плите 10–30 с. Под действием теплоты, исходящей от модельной плиты, термореактивная смола в приграничном слое расплавляется, склеивает песчинки и отвердевает с образованием песчано-смоляной оболочки (4), толщиной 5–15 мм. Бункер возвращается в исходное положение (рис. 28в), излишки формовочной смеси осыпаются с оболочки. Модельная плита с полутвердой оболочкой (4) снимается с бункера и прокаливается в печи при температуре 300–350°C, при этом смола переходит в твердое необратимое состояние. Твердая оболочка снимается с модели с помощью выталкивателей (5) (рис. 29г). Аналогичным образом получают вторую полуформу.

Для получения формы полуформы склеивают или соединяют другими способами (при помощи скоб).

Собранные формы небольших размеров с горизонтальной плоскостью разъема укладывают на слой песка. Формы с вертикальной плоскостью разъема (6) и крупные формы для предохранения от коробления и преждевременного разрушения устанавливают в контейнеры (7) и засыпают чугунной дробью (8) (рис. 29д).

Литье в оболочковые формы обеспечивает высокую геометрическую точность отливок, малую шероховатость поверхностей, снижает расход формовочных материалов (высокая прочность оболочек позволяет изготавливать формы тонкостенными) и объем механической обработки, является высокопроизводительным процессом.

В оболочковых формах изготавливают отливки массой 0,2–100 кг с толщиной стенки 3–15 мм из всех литейных сплавов для приборов, автомобилей, металлорежущих станков.

Все виды механической обработки металлов и материалов *резанием* подразделяются на лезвийную и абразивную обработку.

К лезвийной обработке относятся все виды обработки резанием, которые осуществляются лезвийным инструментом.

Абразивная обработка производится абразивными инструментами.

Главным движением при *точении* является вращательное движение детали. Движение подачи придает ся режущему инструменту. Точение осуществляется на токарных станках. Характерным признаком его является непрерывность резания.

Методом точения можно выполнять следующие виды работ: обтачивание наружных и растачивание внутренних поверхностей, подрезание торцевой поверхности, фасонное точение фасонным резцом и копировальное точение по копии.

В качестве режущего инструмента при точении используются резцы, конструкция, размеры и форма которых соответствуют выполняемой операции.

Сверление – обработка отверстий сверлами, зенкерами и развертками, т. е. сверление, зенкерование и развертывание. Эти виды обработки отверстий применяются в зависимости от требуемой точности размера отверстия и качества обработанной поверхности.

Во всех случаях главным движением является вращательное движение инструмента, а движением подачи – поступательное перемещение его вдоль оси вращения.

Сверлами обычно обрабатываются отверстия в сплошном материале, когда требуется получить отверстия невысокой точности. Более точные отверстия после сверления обрабатываются зенкерами и развертками.

Для получения отверстий более высокой точности и чистоты поверхности после сверления на том же станке выполняются зенкерование и развертывание.

Зенкерование – обработка предварительно полученных отверстий для придания им более правильной геометрической формы, повышения точности и снижения шероховатости многолезвийным режущим инструментом – зенкером, который имеет более жесткую рабочую часть, отсутствует число зубьев не менее трех.

Развертывание – окончательная обработка цилиндрического или конического отверстия разверткой в целях получения высокой точности и низкой шероховатости. Развертки – многолезвийный инструмент, срезающий очень тонкие слои с обрабатываемой поверхности.

Схемы сверления, зенкерования и развертывания представлены на рис. 29.

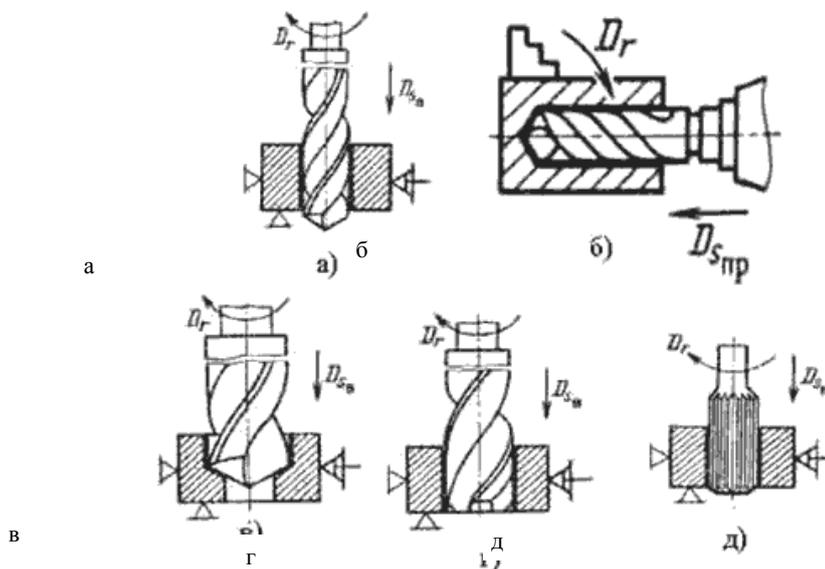


Рис. 29. Схемы обработки металлов резанием: а – в – сверление, г – зенкерование, д – развертывание

Фрезерование является распространенным видом механической обработки. Фрезерованием в большинстве случаев обрабатываются плоские или фасонные линейчатые поверхности.

Фрезерование ведется многолезвийными инструментами – фрезами. Фреза представляет собой тело вращения, у которого режущие зубья расположены на цилиндрической или на торцевой поверхности.

Главное движение придается фрезе, движение подачи обычно придается обрабатываемой детали, но может придаваться и инструменту – фрезе. Чаще всего оно является поступательным, но может быть вращательным или сложным.

Процесс фрезерования отличается от других процессов резания тем, что каждый зуб фрезы за один ее оборот находится в работе относительно малый промежуток времени. Большую часть оборота зуб фрезы проходит, не производя резания. Это благоприятно сказывается на стойкости фрез. Другой отличительной особенностью процесса фрезерования является то, что каждый зуб фрезы срезает стружку переменной толщины.

Встречное фрезерование является основным. Попутное фрезерование целесообразно вести лишь при обработке заготовок без корки и при обработке материалов, склонных к сильному обрабаточному упрочнению, так как при фрезеровании против подачи зуб фрезы, врезаясь в материал, довольно значительный путь проходит по сильно наклепанному слою. Износ фрез в этом случае протекает излишне интенсивно.

При работе торцовыми или концевыми фрезами различают симметричное и несимметричное резание. При симметричном резании ось фрезы совпадает с плоскостью симметрии обрабатываемой поверхности, а при несимметричном – не совпадает. Виды фрезерования представлены на рис. 30.

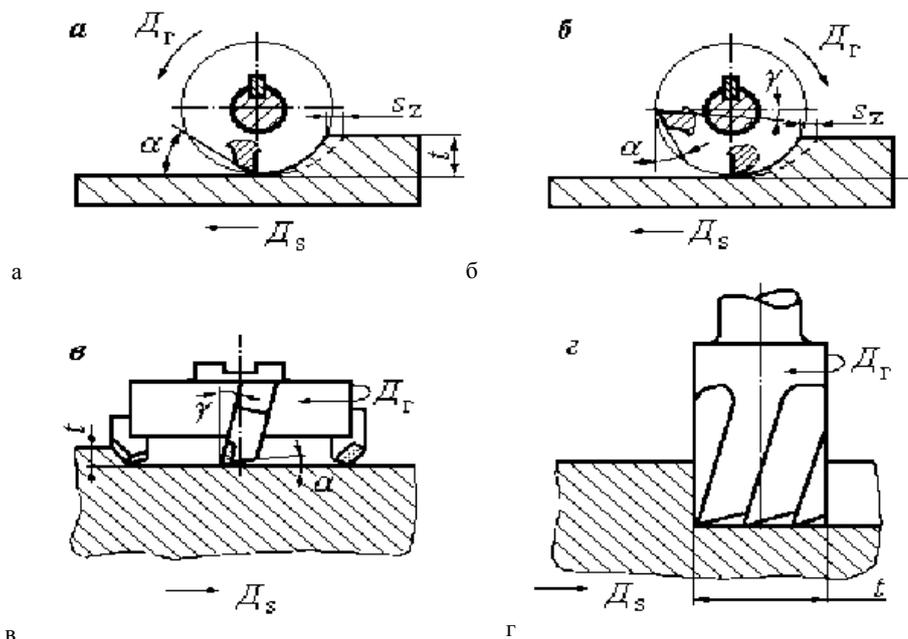


Рис. 30. Виды фрезерования: а – против подачи, б – по подаче, в – торцевой фрезой, г – концевой фрезой.

Протягивание применяется как окончательный вид обработки деталей, обеспечивающий высокую точность размеров и качество обработанных поверхностей.

Метод высоко производительный, поскольку полная обработка изделия производится за один проход инструмента. Инструментами служат протяжки и прошивки. Протяжки протягиваются через обрабатываемое изделие, а прошивки продавливаются (прошиваются) через него.

Глубиной резания при протягивании является ширина обрабатываемой поверхности или периметр обрабатываемого отверстия.

Нарезание резьбы может производиться резьбовыми резцами методом точения, вихревым методом, метчиками или плашками. Резьбовыми резцами нарезаются как крепежные, так и ходовые резьбы. Вихревым методом с помощью специальных вихревых головок нарезаются в большинстве случаев ходовые резьбы на деталях типа ходовых винтов металлорежущих станков. Метчиками и плашками нарезаются, как правило, крепежные резьбы.

Шлифование – процесс обработки заготовок резанием с помощью инструментов (кругов), состоящих из абразивного материала.

Абразивные зерна расположены беспорядочно. При вращательном движении в зоне контакта с заготовкой часть зерен срезает материал в виде очень большого числа тонких стружек (до 100000000 в мин).

Процесс резания каждым зерном осуществляется мгновенно. Обработанная поверхность представляет собой совокупность микро-следов абразивных зерен и имеет малую шероховатость.

Шлифование применяют для чистовой и отделочной обработки деталей с высокой точностью.

Главным движением при шлифовании является вращение шлифовального круга, а перемещение круга относительно детали является движением подачи.

Различают следующие основные схемы шлифования: плоское, круглое, внутреннее (рис. 31).

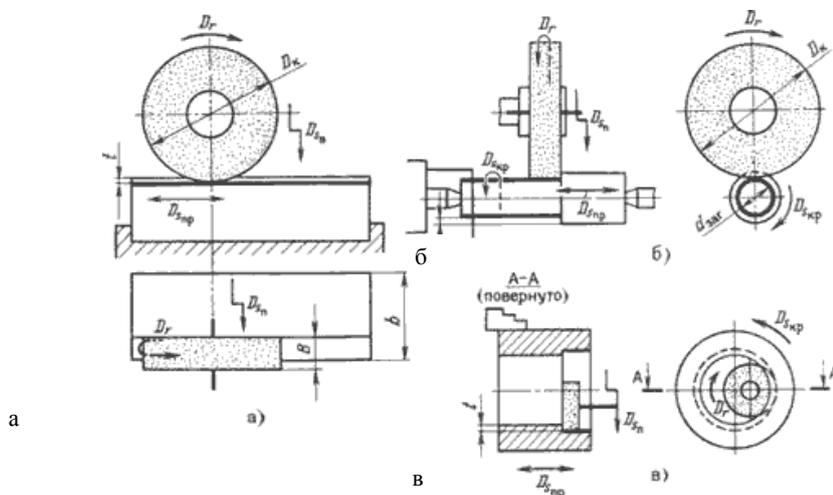


Рис. 31. Основные схемы шлифования: а – плоское, б – круглое, в – внутреннее шлифование

При плоском шлифовании (рис. 31а) возвратно-поступательное движение заготовок необходимо для обеспечения продольной подачи ($S_{\text{пр}}$). Для обработки поверхности на всю ширину b заготовка или круг должны иметь поперечную подачу ($D_{\text{сп}}$), которая осуществляется прерывисто при крайних положениях заготовки в конце продольного хода. Периодически осуществляется движение вертикальной подачи ($D_{\text{св}}$), в крайних положениях заготовки в конце поперечного хода.

Плоское шлифование может осуществляться периферией или торцом шлифовального круга.

При круглом шлифовании (рис. 31б) движение продольной подачи осуществляется возвратно-поступательным перемещением заготовки. Подача ($S_{\text{пр}}$) соответствует осевому перемещению заготовки за один ее оборот. Вращение заготовки является движением круговой подачи. Подача ($S_{\text{г}}$) на глубину резания происходит при крайних положениях заготовки.

Движения, осуществляемые при внутреннем шлифовании, показаны на рис. 31в.

Для выполнения процесса шлифования наружных поверхностей деталей используются кругло-шлифовальные, плоско-шлифовальные и бесцентрово-шлифовальные станки. Для обработки сложных фасонных поверхностей используются специальные ленто-шлифовальные станки.

В ленто-шлифовальных станках применяется инструмент в виде бесконечной абразивной ленты. Лента в процессе шлифования поверхности сложной формы (например, лопатки турбин) огибает сложную поверхность и перемещается в осевом и продольном направлениях.

Абразивный слой наносят на бумажную или тканевую основу ленты.

Шлифованием обрабатываются только жесткие детали, не формирующиеся в процессе обработки. Данный способ не допускает обработки малых отверстий.

Полирование уменьшают шероховатость поверхности. Этим способом получают зеркальный блеск на ответственных частях деталей (дорожки качения подшипников) либо на декоративных элементах (облицовочные части автомобилей). Используют полировальные пасты или абразивные зерна, смешанные со смазочным материалом. Эти материалы наносят на быстровращающиеся эластичные круги (фетровые) или на колеблющиеся щетки. Хорошие результаты дает полирование быстродвижущимися абразивными лентами (шкурками).

При этом одновременно протекают следующие процессы:

- тонкое резание;
- пластическое деформирование поверхностного слоя;
- химические реакции (воздействие на металл химически активных веществ).

Схема полирования представлена на рис. 32.

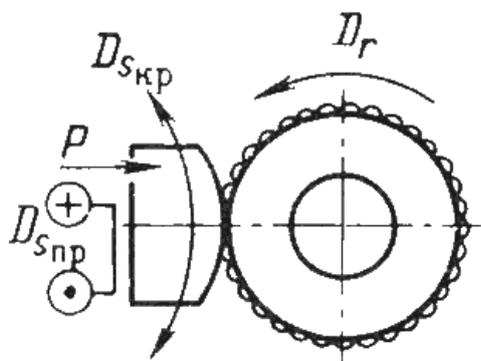


Рис. 32. Схема полирования

5. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

5.1. Высокоскоростные методы штамповки

Особенностью таких методов является высокая скорость деформирования в соответствии с высокими скоростями преобразования энергии. Кратковременное приложение больших усилий разгоняет заготовку до скоростей 150 м/с. Последующее ее деформирование происходит за счет накопленной в период разгона кинетической энергии.

Основными разновидностями высокоскоростной листовой штамповки являются следующие: штамповка взрывом, электрогидравлическая и электромагнитная штамповка.

Штамповка взрывом осуществляется в бассейнах, наполненных водой. Взрыв образует волну высокого давления, которая, достигая заготовки, вызывает ее разгон. Процесс штамповки длится тысячные доли секунды, а скорости перемещения заготовки соизмеримы со скоростями распространения пластических деформаций в металле. При штамповке взрывом не требуется дорогостоящего прессового оборудования, конструкция штампа крайне проста.

Электрогидравлическую штамповку также осуществляют в бассейне с водой. Ударная волна, разгоняющая заготовку, возникает при кратковременном электрическом разряде в жидкости. Мощный искровой разряд подобен взрыву. В результате разряда в жидкости возникает ударная волна, которая, дойдя до заготовки, оказывает на нее сильное воздействие и деформирует ее по матрице.

5.2. Порошковая металлургия

Порошковая металлургия – область техники, охватывающая процессы получения порошков металлов и металлоподобных соединений и процессы изготовления изделий из них без расплавления.

Характерной особенностью порошковой металлургии является применение исходного материала в виде порошков, из которых прессованием формуются изделия заданной формы и размеров. Полученные заготовки подвергаются спеканию при температуре ниже температуры плавления основного компонента.

Основные достоинства технологии производства изделий методом порошковой металлургии следующие:

- возможность изготовления деталей из тугоплавких металлов и соединений, когда другие методы использовать невозможно;
- значительная экономия металла за счет получения изделий высокой точности, в минимальной степени нуждающихся в последующей механической обработке (отходы составляют не более 1–3%);
- возможность получения материалов максимальной чистоты;
- простота технологии порошковой металлургии.

Методом порошковой металлургии изготавливают твердые сплавы, пористые материалы: антифрикционные и фрикционные материалы, фильтры, электропроводники, конструкционные детали, в том числе работающие при высоких температурах и в агрессивных средах.

Пористые порошковые материалы

Отличительной особенностью является наличие равномерной объемной пористости, которая позволяет получать требуемые эксплуатационные свойства.

Антифрикционные материалы (пористость 15–30%) широко применяющиеся для изготовления подшипников скольжения, представляют собой пористую основу, пропитанную маслом. Масло поступает из пор на поверхность, и подшипник становится самосмазывающимся, не требуется подводить смазку извне. Это важно для чистых производств (пищевая, фармацевтическая отрасли). Такие подшипники почти не изнашивают поверхность вала, шум от них в 3–4 раза меньше, чем от шариковых подшипников.

Подшипники работают при скоростях трения до 6 м/с при нагрузках до 600 МПа. При меньших нагрузках скорости скольжения могут достигать 20–30 м/с. Коэффициент трения подшипников составляет 0,04–0,06.

Для изготовления используются бронзовые или железные порошки с добавлением графита (1–3%).

Разработаны подшипниковые спеченные материалы на основе тугоплавких соединений (боридов, карбидов и др.), содержащие в качестве твердой смазки сульфиды, селениды и гексагональный нитрид бора. Подшипники могут работать в условиях вакуума и при температурах до 500°C.

Применяют металлопластмассовые антифрикционные материалы: спеченные бронзографиты, титан, нержавеющие стали, пропитанные фторопластом. Получаются коррозионностойкие и износостойкие изделия. Срок службы металлопластмассовых материалов вдвое больше, чем материалов других типов.

Фрикционные материалы (пористость 10–13%) предназначены для работы в муфтах сцепления и тормозах. Условия работы могут быть очень тяжелыми: трущиеся поверхности мгновенно нагреваются до 1200°C, а материал в объеме – до 500–600°C. Применяют спеченные многокомпонентные материалы, которые могут работать при скоростях трения до 50 м/с на нагрузках 350–400 МПа. Коэффициент трения при работе в масле составляет 0,08–0,15, при сухом трении – до 0,7.

По назначению компоненты фрикционных материалов разделяют на следующие группы:

- основа: медь и ее сплавы – для рабочих температур 500–600°C; железо, никель и сплавы на их основе – для работы при сухом трении и температурах 1000–1200°C;
- твердые смазки, предотвращающие микросхватывание при их торможении и предохраняющие фрикционный материал от износа; в состав входят свинец, олово, висмут, графит, сульфиты бария и железа, нитрид бора;

• материалы, обеспечивающие высокий коэффициент трения – асбест, кварцевый песок, карбиды бора, кремния, хрома, титана, оксиды алюминия и хрома и др.

Примерный состав сплава следующий: медь – 60–70%, олово – 7, свинец – 5, цинк – 5–10, железо – 5–10, кремнезем или карбид кремния – 2–3, графит – 1–2%.

Из фрикционных материалов изготавливают тормозные накладки и диски. Так как прочность этих материалов мала, то их прикрепляют к стальной основе в процессе изготовления (припекают к основе) или после (приклепывают, приклеивают и т. д.).

Фильтры (пористость 25–50%) из спеченных металлических порошков по своим эксплуатационным характеристикам превосходят другие фильтрующие материалы, особенно когда требуется тонкая фильтрация.

Они могут работать при температурах $-273^{\circ}\text{C} \dots +900^{\circ}\text{C}$, быть коррозионностойкими и жаропрочными (можно очищать горячие газы). Спекание позволяет получать фильтрующие материалы с относительно прямыми тонкими порами одинакового размера.

Изготавливают фильтры из порошков коррозионностойких материалов: бронзы, нержавеющей стали, никеля, серебра, латуни и др. Для удовлетворения запросов металлургической промышленности разработаны материалы на основе никелевых сплавов, титана, вольфрама, молибдена и тугоплавких соединений. Такие фильтры работают тысячи часов и поддаются регенерации в процессе работы. Их можно продуть, протравить, прожечь.

Фильтрующие материалы выпускают в виде чашечек, цилиндров, втулок, дисков, плит. Размеры колеблются от дисков диаметром 1,5 мм до плит размерами 450 × 1000 мм. Наиболее эффективно применение фильтров из нескольких слоев с различной пористостью и диаметром пор.

«Потеющие сплавы» – материалы, через стенки которых к рабочей наружной поверхности детали поступает жидкость или газ. Благодаря испарению жидкости температура поверхности понижается (лопатки газовых турбин).

Сплавы выпускаются на основе порошка нихрома с порами диаметром до 10–12 мкм при пористости 30%. Сплавы этого типа используются и для решения обратной задачи: крылья самолетов покрывают пористым медно-никелевым слоем и подают через него на поверхность антифриз, препятствующий обледенению.

Пеноматериалы – материалы с очень высокой пористостью (95–98%). Например, плотность вольфрама составляет $19,3 \text{ г/см}^3$, а пеновольфрама – всего 3 г/см^3 . Такие материалы используют в качестве легких заполнителей и теплоизоляции в авиационной технике.

Заготовки из порошковых материалов получают прессованием (холодным, горячим), изостатическим формованием, прокаткой и другими способами.

При *холодном прессовании* в пресс-форму засыпают определенное количество подготовленного порошка и прессуют пуансоном.

В процессе прессования увеличивается контакт между частицами, уменьшается пористость, деформируются или разрушаются отдельные частицы. Прочность получаемой заготовки достигается благодаря силам механического сцепления частиц порошка электростатическими силами притяжения и трения.

С увеличением давления прессования прочность заготовки возрастает. Давление распределяется неравномерно по высоте прессуемой заготовки из-за влияния сил трения порошка о стенки пресс-формы, вследствие чего заготовки получаются с различной прочностью и пористостью по высоте. В зависимости от размеров и сложности прессуемых заготовок применяют одно- и двустороннее прессование.

Односторонним прессованием получают заготовки простой формы с отношением высоты к диаметру, меньшим единицы, и заготовки втулок с отношением наружного диаметра к толщине стенки, меньшим трех.

Двустороннее прессование применяют для формообразования заготовок сложной формы.

При *горячем прессовании* технологически совмещаются прессование и спекание заготовки. Температура горячего прессования обычно выше температуры плавления порошка. Благодаря нагреву уплотнение протекает гораздо интенсивнее, чем при холодном прессовании. Это позволяет значительно уменьшить необходимое давление.

Горячим прессованием получают материалы, характеризующиеся высокой прочностью и однородностью структуры. Этот способ применяют для таких плохо прессуемых композиций, как тугоплавкие металлоподобные соединения (карбиды, бориды, силициды).

Изостатическое (всестороннее) формование применяют для получения крупногабаритных заготовок массой до 500 кг и более. Отсутствие потерь на внешнее трение и равномерность давления со всех сторон дают возможность получать необходимую плотность заготовок при давлениях, значительно меньших, чем при прессовании в закрытых пресс-формах.

Прокатка – наиболее производительный и перспективный способ переработки порошковых материалов. Характерной особенностью является высокая степень автоматизации и непрерывность прокатки.

Прокатка может быть совмещена со спеканием и окончательной обработкой получаемых заготовок. В этом случае лента проходит через печь для спекания, а затем снова подвергается прокатке для получения листов заданных размеров. Применяя бункеры с перегородкой, изготавливают ленты из разных материалов (двухслойные). Применение валков определенной формы позволяет получать валки различного профиля, в том числе и проволоку.

Конструкционные порошковые материалы

Спеченные стали. Типовыми порошковыми деталями являются кулачки, корпуса подшипников, ролики, звездочки распределительных валов, детали пишущих и вычислительных машин и др. В основном, это слабонагруженные детали, которые изготавливают из порошка железа и графита. Средненагруженные детали изготавливают или двукратным прессованием (спеканием) или пропиткой спеченной детали медью или латунью. Детали сложной конфигурации (например, две шестерни на трубчатой оси) получают из отдельных заготовок, которые насаживают одну на другую с натягом и производят спекание. Для изготовления этой группы деталей используют следующие смеси: железо – медь – графит; железо – чугун; железо – графит – легирующие элементы.

Особое место занимают шестерни и поршневые кольца. Шестерни в зависимости от условий работы изготавливают из железа и графита или из железа и графита с медью или легирующими элементами. Снижение стоимости шестерни при переходе с нарезки зубьев на спекание порошка составляет 30–80%. Пропитка маслом позволяет обеспечить самосмазываемость шестерни, уменьшить износ и снизить шум при работе.

Спеченные поршневые кольца изготавливают из смеси железного порошка с графитом, медью и сульфидом цинка (твердая смазка). Для повышения износостойкости делают двухслойные кольца: во внешний слой вводят хром и увеличивают содержание графита. Применение таких колец увеличивает пробег автомобильного двигателя, уменьшает его износ и сокращает расход масла.

Высоколегированные порошковые стали, содержащие 20% хрома и 15% никеля, используют для изготовления изделий, работающих в агрессивных средах.

Спеченные цветные металлы. Спеченный титан и его сплавы используют в виде полуфабрикатов (лист, трубы, прутки). Титановый каркас пропитывают магнием. Такие материалы хорошо обрабатываются давлением.

Широко используются материалы на основе меди, например, изготавливают бронзо-графитные шестерни. Свойства спеченных латуней выше, чем литых, из-за большей однородности химического состава и отсутствия посторонних включений.

Спеченные алюминиевые сплавы используют для изготовления поршней тяжело нагруженных двигателей внутреннего сгорания и других изделий, длительное время работающих при повышенных температурах, благодаря их повышенной жаропрочности и коррозионной стойкости.

Керамикометаллические материалы (керметы) содержат более 50% керамической фазы. В качестве керамической фазы используют тугоплавкие бориды, карбиды, оксиды и нитриды, в качестве металлической фазы – кобальт, никель, тугоплавкие металлы, стали.

Керметы отличаются высокими жаростойкостью, износостойкостью, твердостью, прочностью. Они используются для изготовления деталей конструкций, работающих в агрессивных средах при высоких температурах (например, лопаток турбин, чехлов термопар). Частным случаем керметов являются твердые сплавы.

Электротехнические порошковые материалы

Электроконтактные порошковые материалы делятся на материалы для разрывных контактов и материалы для скользящих контактов.

Материалы для разрывных контактов должны быть тепло- и электропроводными, эрозионностойкими при воздействии электрической дуги, не свариваться в процессе работы. Контактное сопротивление должно быть возможно меньшим, а критические сила тока и напряжение при образовании дуги – возможно большими. Чистых металлов, удовлетворяющих всем этим требованиям, нет. Изготавливают контактные материалы прессованием с последующим спеканием или пропиткой пористого тугоплавкого каркаса более легкоплавким металлом (например, вольфрам пропитывают медью или серебром).

Тяжелонагруженные разрывные контакты для высоковольтных аппаратов делают из следующих смесей: вольфрам – серебро – никель; железо – медь. В низковольтной и слаботочной аппаратуре широко используют материалы на основе серебра с никелем, оксидом кадмия и другими добавками, а также медно-графитовые материалы.

Скользящие контакты широко используют в приборах, коллекторных электрических машинах и электрическом транспорте (токосъемники). Для обеспечения антифрикционности, в состав смесей для сколь-

зующих контактов вводят твердые смазки – графит, дисульфид молибдена, гексагональный нитрид бора. Большинство контактов электрических машин изготавливают из меди с графитом. Для коллекторных пластин пантографов используют бронзографитовые контакты. Контакты приборов изготавливают из серебра с графитом, серебра с палладием, никелем, дисульфидом молибдена, вольфрама с палладием.

Магнитные порошковые материалы

Различают магнитомягкие и магнитотвердые материалы.

Магнитомягкие материалы – это материалы с большой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой, быстро намагничивающиеся и быстро теряющие магнитные свойства при снятии магнитного поля. Основным магнитомягким материалом является чистое железо и его сплавы с никелем и кобальтом. Для повышения электросопротивления легируют кремнием, алюминием. Для улучшения прессуемости сплавов вводится до 1% пластмассы, которая полностью испаряется при спекании. Пористость материалов должна быть минимальной.

Отдельно выделяется группа магнитодиэлектриков. Магнитодиэлектрики – это частицы магнитомягкого материала, разделенные тонким слоем диэлектрика – жидкого стекла или синтетической смолы. Таким материалам присущи высокое электросопротивление и минимальные потери на вихревые токи и на перемагничивание. Изготавливаются в результате смешивания, прессования и спекания. Особенностью их является то, что при нагреве частицы магнитного материала остаются изолированными и не меняют формы. За основу используются чистое железо и альсиферы.

Магнитотвердые материалы (постоянные магниты) – материалы с малой магнитной проницаемостью и большой коэрцитивной силой.

Магниты массой до 100 г изготавливаются из порошковых смесей такого же состава, как литые магниты: железо – алюминий – никель (альни); железо – алюминий – никель – кобальт (альнико). После спекания этих сплавов обязательна термическая обработка с наложением магнитного поля.

Высокие магнитные свойства имеют магниты из сплавов редкоземельных металлов (церий, самарий, празеодим) с кобальтом.

5.3. Электронно-лучевая, лазерная и плазменная обработка

Электронно-лучевая обработка основана на превращении кинетической энергии направленного пучка электронов в тепловую энергию. Высокая плотность энергии сфокусированного электронного луча позволяет обрабатывать заготовку за счет нагрева, расплавления и испарения материала с локального участка.

Электронно-лучевой метод эффективен при обработке отверстий диаметром 1–0,010 мм, при прорезании пазов, резке заготовок, изготовлении тонких пленок и сеток из фольги, изготовлении заготовок из труднообрабатываемых металлов и сплавов, керамики, кварца, полупроводникового материала, сварке.

Электронно-лучевая сварка. Сущность данного процесса состоит в том, что свариваемые детали, собранные без зазора, помещают в вакуумную камеру и подают на них электродный луч – пучок электронов, движущихся с большой скоростью. При соударении с изделием электроны тормозятся, их кинетическая энергия переходит в тепловую энергию и расплавляет металл. Температура в месте соударения достигает 5000–6000°C. Перемещая электронный луч вдоль стыка, получается сварной шов.

Процессу электронно-лучевой сварки присущи две характерные особенности:

- Сварка протекает в вакууме, обеспечивается получение зеркально чистой поверхности и дегазация расплавленного металла.

- Интенсивность нагрева очень велика, что обеспечивает быстрое плавление и затвердевание металла. Шов получается мелкозернистый с высокими механическими свойствами, с минимальной шириной, что позволяет сваривать сплавы, чувствительные к нагреву.

Электронно-лучевой сваркой изготавливаются детали из тугоплавких, химически активных металлов и их сплавов (вольфрамовых, танталовых, молибденовых, ниобиевых, циркониевых), а также алюминиевых и титановых сплавов и высоколегированных сталей. Металлы и сплавы можно сваривать в однородных и разнородных сочетаниях, со значительной разностью толщин, температур плавления. Минимальная толщина свариваемых заготовок составляет 0,02 мм, максимальная – до 100 мм.

Лазерная обработка основана на тепловом воздействии светового луча высокой энергии на поверхность заготовки. Источником светового излучения служит лазер – оптический квантовый генератор.

Энергия светового луча не велика – 20–100 Дж, но она выделяется в миллионные доли секунды и сосредотачивается в луче диаметром 0,01 мм. Поэтому температура в зоне контакта составляет 6000–8000°C.

Слой металла мгновенно расплавляется и испаряется. С помощью этого метода осуществляется прошивание отверстий, разрезание заготовки, прорезание пазов в заготовках из любых материалов (фольга из

тантала, вольфрама, молибдена). Также с помощью этого метода можно осуществить контурную обработку по сложному периметру, сварку.

Лазерная сварка – способ сварки плавлением, при котором металл нагревают излучением лазера.

Лазерный луч представляет собой вынужденное монохроматическое излучение, длина волны которого зависит от природы рабочего тела лазера-излучателя. Оно возникает в результате вынужденных скачкообразных переходов возбужденных атомов рабочих тел на более низкие энергетические уровни.

Основными параметрами режимов лазерной обработки являются мощность излучения, диаметр пятна фокусировки, скорость перемещения обрабатываемого материала относительно луча.

Преимуществом лазерной сварки является быстрый точечный нагрев металла до плавления. Интенсивный сосредоточенный нагрев обуславливает и чрезвычайно большую скорость охлаждения после прекращения воздействия луча. Это позволяет свести к минимуму ширину околошовной зоны, сварочные напряжения и деформации.

Механизм процессов при лазерной сварке схож с электронно-лучевой сваркой, но изделие не обязательно вакуумировать.

Лазером свариваются преимущественно толщины до 1 мм, так как коэффициент полезного действия преобразования энергии в лазерное излучение довольно низкий.

Плазменная обработка. Сущность данной обработки заключается в том, что плазму направляют на обрабатываемую поверхность.

Плазменная струя представляет собой направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000–20000°C. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов используют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

С помощью этого метода прошиваются отверстия, вырезаются заготовки из листового материала, производится точение в заготовках из любых материалов.

При прошивании отверстий и разрезке головка устанавливается перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении – под углом 40–60 градусов.

Одним из направлений применения плазменной обработки материалов и изделий является *плазменная сварка*. Плазменная струя, применяемая для сварки, представляет собой направленный поток частиц или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000–20000°C. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов применяют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси.

Применяются два основных плазменных источника нагрева – *плазменная струя*, выделенная из столба косвенной дуги; *плазменная дуга*, в которых дуга прямого действия совмещена с плазменной струей.

Плазменная струя представляет собой независимый источник теплоты, позволяющий в широких пределах изменять степень нагрева и глубину проплавления поверхности заготовок. Тепловая мощность плазменной струи ограничена, и ее применяют для сварки и резки тонких металлических листов и неэлектропроводящих материалов, для напыления тугоплавких материалов.

Плазменная дуга обладает большой тепловой мощностью, имеет более широкое применение: для сварки высоколегированной стали, сплавов титана, никеля, молибдена, вольфрама. Плазменная дуга применяется для резки материалов (меди, алюминия), наплавки тугоплавких материалов на поверхность.

Плазменной дугой можно сваривать металл толщиной до 10 мм без разделки кромок и применения присадочного материала. Так как плазменная дуга обладает высокой стабильностью, то обеспечивается повышенное качество сварных швов. Это позволяет выполнять микроплазменную сварку металла толщиной 0,025–0,8 мм.

Недостаток плазменной сварки – недолговечность горелок.

Плазменное напыление также является одним из видов плазменной обработки, осуществляют его с целью получения заданных размеров.

В камеру плазматрона подается порошкообразный конструкционный материал и инертный газ под давлением. Под действием дугового разряда конструкционный материал плавится и переходит в состояние плазмы; струя плазмы сжимается в плазматроне газом. Выходя из сопла, струя направляется на обрабатываемую заготовку.

5.4. Сварка взрывом

Большинство технологических схем сварки взрывом основано на использовании направленного взрыва.

Соединяемые поверхности заготовок, одна из которых неподвижна и служит основанием, располагаются под углом друг к другу на определенном расстоянии. На вторую заготовку укладывают взрывчатое вещество и устанавливают детонатор. Сварка осуществляется на жесткой опоре. При соударении двух де-

талей под действием ударной волны, движущихся с большой скоростью, между ними образуется кумулятивная струя, которая разрушает и уносит оксидные поверхностные пленки и другие загрязнения. Поверхности сближаются до расстояния действия межатомных сил, и происходит схватывание по всей площади соединения. Продолжительность сварки несколько микросекунд.

Прочность соединений, выполненных сваркой взрывом, выше прочности соединяемых материалов.

Сварка взрывом используется при изготовлении заготовок для проката биметалла, плакировке поверхностей конструкционных сталей металлами и сплавами со специальными свойствами, при сварке заготовок из разнородных материалов. Целесообразно сочетание сварки взрывом со штамповкой и ковкой.

Основными преимуществами сварных соединений являются следующие:

- экономия металла;
- снижение трудоемкости изготовления корпусных деталей;
- возможность изготовления конструкций сложной формы из отдельных деталей, полученных ковкой, прокаткой, штамповкой.

Сварным конструкциям присущи и некоторые недостатки:

- появление остаточных напряжений;
- коробление в процессе сварки;
- плохое восприятие знакопеременных напряжений, особенно вибраций;
- сложность и трудоемкость контроля.

Тип сварного соединения определяется взаимным расположением свариваемых элементов и формой подготовки (разделки) их кромок под сварку. В зависимости от расположения соединяемых деталей различаются четыре основных типа сварных соединений: стыковые, нахлесточные, угловые и тавровые.

6. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА

6.1. Система автоматизированного проектирования как один из видов программного управления технологическим процессом

Точного и окончательного определения понятия «проектирование» не существует. Разные теоретики проектирования пытаются дать свои определения. Приведем некоторые из этих определений.

Проектирование – приведение изделия в соответствие с обстановкой при максимальном учете всех требований.

Проектирование – творческая деятельность, которая вызывает к жизни нечто новое и полезное, чего ранее не существовало.

Проектирование – процесс, который кладет начало изменениям в искусственной среде. Под искусственной средой здесь понимаются транспорт, здания, средства связи, изделия и т. д.

Проектирование – процесс составления описания, необходимого для создания в заданных условиях еще не существующего объекта, на основе первичного описания данного объекта и (или) алгоритма его функционирования.

Проектирование является сложным творческим процессом целенаправленной деятельности человека, основанным на глубоких научных знаниях, использовании практического опыта и навыков в определенной сфере.

Автоматизированное проектирование – проектирование, при котором отдельные преобразования описаний объекта и (или) алгоритма его функционирования осуществляются взаимодействием человека и ЭВМ.

Функции между человеком и ЭВМ должны быть рационально распределены. Человек должен решать задачи творческого характера, а ЭВМ – задачи, допускающие формализованное описание в виде алгоритма рутинного характера.

Преимуществом автоматизированного проектирования является возможность проводить на ЭВМ эксперименты на математических моделях. Это значительно сокращает дорогостоящее физическое моделирование. Математические модели при этом должны удовлетворять требованиям универсальности, точности, адекватности и экономичности.

Система автоматизированного проектирования (САПР) – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователей системы), выполняющий автоматизированное проектирование.

Объектами проектирования в САПР могут быть здания, сооружения, металлорежущие станки, технологические процессы и т. д.

Проектирование по содержанию – это процесс переработки определенного объема различной информации. Входами такого процесса являются:

- замысел (цель) проектирования, выраженный в виде определенной совокупности условий и требований, которым должен удовлетворять искомый объект;
- средства, т. е. факторы, которыми можно варьировать при проектировании.

Выход процесса – такое описание искомого объекта, которое необходимо и достаточно для материально-вещественного воплощения идеи проектирования в конкретный физический объект, т. е. его информационная модель в виде схем, чертежей, спецификаций, технологических карт и другой документации.

В процессе проектирования с помощью САПР в качестве промежуточных и окончательных решений используют математические модели:

- формы и геометрических параметров;
- структуры;
- временных и пространственно-временных отношений;
- функционирования;
- состояний и значений свойств объекта;
- имитационные.

Модели формы и геометрических параметров – это плоские и объемные изображения объектов проектирования, выполненные в соответствии с правилами ЕСКД, ЕСТД, ЕСТПП (чертежи, схемы, карты эскизов и т. д.).

Модели структуры – это кинематические, гидравлические, электронные и другие схемы. Для технологического процесса – это его структура, представленная, например, в виде маршрутной, операционной карты, а в процессе проектирования – в виде графа.

Модели временных и пространственно-временных отношений – это циклограммы, сетевые графики и т. д.

Модели функционирования – это, например, динамические и кинематические схемы, выполненные в режиме анимации.

Модели состояний и значений свойств объекта – это формальное (упрощенное) описание объекта (процесса) в виде отдельных формул, систем уравнений и т. д. Они предназначены для расчетов параметров объекта, проведения численных экспериментов. Для технологического проектирования – это математические модели для расчета припусков и межпереходных размеров, режимов резания и т. д.

Имитационные (статистические) модели позволяют, учитывая большую совокупность случайных факторов, проигрывать (имитировать) на ЭВМ многочисленные и разнообразные реальные ситуации, в которых может оказаться будущий объект проектирования.

При создании и приобретении САПР и их составных частей необходимо руководствоваться следующими принципами:

- системного единства;
- совместимости;
- типизации;
- развития.

Принцип системного единства обеспечивает целостность системы и иерархичность проектирования отдельных частей и объекта в целом.

Принцип совместимости обеспечивает совместное функционирование составных частей САПР и сохраняет открытой систему в целом.

Принцип типизации предусматривает разработку и использование типовых и унифицированных элементов САПР. Типизируют элементы, имеющие перспективу многократного использования.

Принцип развития дает возможность пополнения, совершенствования и обновления составных частей САПР.

Современные САПР, в том числе и САПР ТП базируются на новых информационных технологиях. Вследствие этого для них характерен ряд признаков:

- Объектно ориентированное взаимодействие человека и ЭВМ. Пользователь работает в режиме манипулирования изображениями заготовок, деталей, сборочных единиц, со схемами, текстом и т. д. в реальном масштабе времени. В основу манипулирования заложено программирование соответствующих процедур, выполняемых ЭВМ. Человек видит информационные объекты, получаемые за счет средств вывода информации, и воздействует на них за счет средств ввода информации.

- Сквозная информационная поддержка на всех этапах обработки информации на основе интегрированной базы данных. База данных предусматривает единую унифицированную форму представления, хранения, поиска, отображения, восстановления и защиты информации.

- Безбумажный процесс обработки информации. Все промежуточные варианты и необходимые численные данные записываются на машинных носителях и доводятся до пользователя через экран монитора. На бумаге фиксируется только окончательный вариант документа: технологическая карта, карта эскизов и т. д.

- Интерактивный режим решения задач, выполняемый в режиме диалога пользователя и ЭВМ. Новые информационные технологии требуют высокого интеллектуального уровня, профессиональной и психологической подготовки пользователя. Пользователь должен досконально знать принципы и все нюансы работы САПР, ее возможности, уметь свободно пользоваться средствами общения с компьютером, квалифицированно ставить задачи и осмысливать результаты их решения.

Составными частями САПР являются подсистемы. В каждой подсистеме решается функционально законченная последовательность задач.

Любая САПР состоит из проектирующих подсистем и обслуживающих подсистем.

Проектирующие подсистемы выполняют процедуры и операции получения новых данных. Они имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап проектирования или группу взаимосвязанных проектных задач, например, подсистемы проектирования технологических процессов сборки, механической обработки, расчета режимов резания и т. д.

Обслуживающие подсистемы имеют общесистемное применение и служат для обеспечения функционирования проектирующих подсистем, а также для оформления, передачи и вывода результатов проектирования, например, система управления базой данных, подсистемы ввода-вывода данных, документирования и т. д.

Теория автоматического управления (ТАУ) является теоретической основой, на базе которой разрабатывается большинство автоматических устройств. Предметом изучения ТАУ являются принципы построения, методы анализа и синтеза широко распространенных систем автоматического регулирования и управления.

Основоположителем ТАУ, зародившейся немногим более века назад, является профессор Петербургского технологического института И. А. Вышнеградский (1831–1895 гг.). Основы ТАУ были изложены в его работе «О регуляторах прямого действия» (1876 г.). И. А. Вышнеградский впервые показал, что процессы в устройстве управления и связанном с ним объектом неразрывно связаны между собой и требуют совместного исследования.

В устройствах управления важное место занимает проблема обеспечения устойчивости движения. Основоположителем строгой теории устойчивости является профессор Харьковского университета А. М. Ляпунов (1857–1918 гг.).

В теории автоматического регулирования основными являются проблемы устойчивости, качества переходных процессов, статической и динамической точности, автоколебаний, оптимизации, синтеза и отождествления (идентификации).

6.2. Гибкие автоматизированные производства

Одним из важнейших условий успешного выполнения программы интенсификации производства является его комплексная автоматизация.

Под гибкой производственной системой (ГПС) понимается совокупность (или отдельная единица) технологического оборудования и системы обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

В свою очередь, ГПС подразделяется по организационной структуре на следующие уровни:

- *Гибкий производственный модуль (ГПМ)* – гибкая производственная система, состоящая из единицы технологического оборудования, оснащенная автоматизированным устройством программного управления и средствами автоматизации технологического процесса, автономно функционирующая, осуществляющая многократные циклы и имеющая возможность встраивания в систему более высокого уровня.

- *Гибкая автоматизированная линия (ГАЛ), гибкий автоматизированный участок (ГАУ)* – это ГПС, состоящая из нескольких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления.

В ГАЛ технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций, а ГАУ функционирует по технологическому маршруту, в котором предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования.

- *Гибкий автоматизированный цех (ГЦ)* представляет собой гибкую производственную систему, которая представляет собой совокупность ГАЛ и (или) ГАУ, предназначенную для изготовления изделий заданной номенклатуры.

- *Гибкий автоматизированный завод (ГАЗ)* – гибкая производ-ственная система, которая представляет собой совокупность ГАЦ, предназначенную для изготовления изделий заданной номенклатуры.

По ступеням автоматизации ГПС подразделяются на гибкие производственные комплексы (ГПК) и гибкие автоматизированные производства (ГАП).

Гибкий производственный комплекс определяется как ГПС, состоящая из нескольких гибких производственных модулей, объединенных автоматизированной системой управления и автоматизированной транспортно-складской системой (АТСС), автономно функционирующая в течение заданного интервала времени и имеющая возможность встраивания в систему более высокой ступени автоматизации.

Гибкое автоматизированное производство представляет собой ГПС, состоящую из одного или нескольких ГПК, объединенных автоматизированной системой управления производством и транспортно-складской автоматизированной системой, и осуществляющей автоматизированный переход на изготовление новых изделий с помощью автоматизированной системы научных исследований (АСНИ), систем автоматизированного проектирования и автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП).

В общем случае в систему обеспечения функционирования технологического оборудования ГПС входят АСНИ, САПР, АСТПП, автоматизированная система управления предприятием (АСУП), АТСС, автоматизированная система инструментального обеспечения (АСИО), система автоматизированного контроля (САК), автоматизированная система удаления отходов (АСУО) и т. д.

Особую роль в ГПС играет АТСС – система взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для укладки, хранения, временного накопления, разгрузки и доставки предметов труда, технологической оснастки и удаления отходов. АСИО, состоящая из взаимосвязанных элементов и включающая накопители, устройства смены и контроля качества инструмента, предназначена для хранения, автоматической установки и замены инструмента.

Принципиальное отличие ГПК от ГАП состоит в наличии в составе последнего таких систем, как АСНИ, САПР и АСТПП.

Создание ГАП целесообразно в основном на предприятиях среднесерийного, мелкосерийного и единичного типов производства и требует предварительного экономического обоснования.

При широком внедрении ГАП требуется освоение методов системного проектирования, взаимоувязанной отработки технологических объектов, интегрированных систем автоматизированного управления и подсистем внешнего обеспечения ГАП, создания индустриальной базы централизованного обеспечения и эксплуатационного сервиса.

При создании ГАП необходимо обращать особое внимание на проблемы информационной, аппаратной и размерно-параметрической совместимости всех разработок; ограничения многовариантности всех систем, модулей, агрегатов, узлов и элементов, используемых в ГАП, развития типизации и стандартизации всех звеньев; комплексности и сбалансированности развития всех включенных в структурную схему ГАП функциональных и обеспечивающих подсистем; необходимости создания на каждом предприятии обособленной централизованной службы внедрения программно-управляемого оборудования.

7. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Композиционные материалы – искусственно созданные материалы, которые состоят из двух или более компонентов, различающихся по составу и разделенных выраженной границей, и которые имеют новые свойства, запроектированные заранее.

Компоненты композиционного материала различны по геометрическому признаку.

Компонент, непрерывный во всем объеме композиционного материала, называется *матрицей*.

Компонент прерывистый, разделенный в объеме композиционного материала, называется *арматурой*.

Матрица придает требуемую форму изделию, влияет на создание свойств композиционного материала, защищает арматуру от механических повреждений и других воздействий среды.

В качестве матриц в композиционных материалах могут быть использованы металлы и их сплавы, полимеры органические и неорганические, керамические, углеродные и другие материалы.

Свойства матрицы определяют технологические параметры процесса получения композиции и ее эксплуатационные свойства: плотность, удельную прочность, рабочую температуру, сопротивление усталостному разрушению и воздействию агрессивных сред.

Армирующие или упрочняющие компоненты равномерно распределены в матрице. Они, как правило, обладают высокой прочностью, твердостью и модулем упругости и по этим показателям значительно превосходят матрицу. Вместо термина «армирующий компонент» можно использовать термин «наполнитель».

Композиционные материалы классифицируют по геометрии наполнителя, расположению его в матрице, природе компонентов.

По геометрии наполнителя композиционные материалы подразделяются на три группы:

- с нуль-мерными наполнителями, размеры которых в трех измерениях имеют один и тот же порядок;
- с одномерными наполнителями, один из размеров которых значительно превышает два других;
- с двумерными наполнителями, два размера которых значительно превышают третий.

По схеме расположения наполнителей выделяются три группы композиционных материалов:

• с одноосным (линейным) расположением наполнителя в виде волокон, нитей, нитевидных кристаллов в матрице параллельно друг другу;

• с двухосным (плоскостным) расположением армирующего наполнителя, матов из нитевидных кристаллов, фольги в матрице в параллельных плоскостях;

• с трехосным (объемным) расположением армирующего наполнителя и отсутствием преимущественного направления в его расположении.

По природе компонентов композиционные материалы разделяются на четыре группы:

• композиционные материалы, содержащие компонент из металлов или сплавов;

• композиционные материалы, содержащие компонент из неорганических соединений оксидов, карбидов, нитридов и др.;

• композиционные материалы, содержащие компонент из неметаллических элементов, углерода, бора и др.;

• композиционные материалы, содержащие компонент из органических соединений эпоксидных, полиэфирных, фенольных и др.

Свойства композиционных материалов зависят не только от физико-химических свойств компонентов, но и от прочности связи между ними. Максимальная прочность достигается, если между матрицей и арматурой происходит образование твердых растворов или химических соединений.

В композиционных материалах с нуль-мерным наполнителем наибольшее распространение получила металлическая матрица. Композиции на металлической основе упрочняются равномерно распределенными дисперсными частицами различной дисперсности. Такие материалы отличаются изотропностью свойств.

В таких материалах матрица воспринимает всю нагрузку, а дисперсные частицы наполнителя препятствуют развитию пластической деформации. Эффективное упрочнение достигается при содержании 5–10% частиц наполнителя.

Армирующими наполнителями служат частицы тугоплавких оксидов, нитридов, боридов, карбидов.

Промышленное применение нашли композиционные материалы на основе алюминия, упрочненные частицами оксида алюминия (Al_2O_3). Их получают прессованием алюминиевой пудры с последующим спеканием (САП). Из САП выпускают полуфабрикаты в виде листов, профилей, труб, фольги. Из них изготавливают лопатки компрессоров, вентиляторов и турбин, поршневые штоки.

В композиционных материалах с одномерными наполнителями упрочнителями являются одномерные элементы в форме нитевидных кристаллов, волокон, проволоки, которые скрепляются матрицей в единый монолит. Важно, чтобы прочные волокна были равномерно распределены в пластичной матрице. Для армирования композиционных материалов используют непрерывные дискретные волокна с размерами в поперечном сечении от долей до сотен микрометров.

Материалы, армированные нитевидными монокристаллами, были созданы в начале 70-х гг. XX в. для авиационных и космических конструкций. Основным способом выращивания нитевидных кристаллов является выращивание их из перенасыщенного пара (ПК-процесс). Для производства особо высокопрочных нитевидных кристаллов оксидов и других соединений осуществляется рост по механизму П-Ж-К: направленный рост кристаллов происходит из парообразного состояния через промежуточную жидкую фазу.

Осуществляется создание нитевидных кристаллов вытягиванием жидкости через фильеры. Прочность кристаллов зависит от сечения и гладкости поверхности.

Композиционные материалы этого типа перспективны как высокожаропрочные материалы. Для увеличения коэффициента полезного действия тепловых машин лопатки газовых турбин изготавливают из никелевых сплавов, армированных нитями сапфира (Al_2O_3), что позволяет значительно повысить температуру на входе в турбину (предел прочности сапфировых кристаллов при температуре 1680°C выше 700 МПа).

Армирование сопел ракет из порошков вольфрама и молибдена производят кристаллами сапфира как в виде войлока, так и отдельных волокон, в результате этого удалось удвоить прочность материала при температуре 1650°C.

Армирование пропиточного полимера стеклотекстолитов нитевидными волокнами увеличивает их прочность.

Армирование литого металла снижает его хрупкость в конструкциях. Перспективно упрочнение стекла неориентированными нитевидными кристаллами.

Для армирования композиционных материалов применяют металлическую проволоку из разных металлов: стали разного состава, вольфрама, ниобия, титана, магния – в зависимости от условий работы. Стальная проволока перерабатывается в тканые сетки, которые используются для получения композиционных материалов с ориентацией арматуры в двух направлениях.

Для армирования легких металлов применяются волокна бора, карбида кремния. Особенно ценными свойствами обладают углеродистые волокна, их применяют для армирования металлических, керамических и полимерных композиционных материалов.

Формирование *полимерных композиционных материалов* осуществляется прессованием, литьем под давлением, экструзией, напылением.

Их особенностью является то, что матрицу образуют различные полимеры, служащие связующими для арматуры, которая может быть в виде волокон, ткани, пленок, стеклотекстолита.

Широкое применение находят смешанные полимерные композиционные материалы, куда входят металлические и полимерные составляющие, которые дополняют друг друга по свойствам. Например, подшипники, работающие в условиях сухого трения, изготавливают из комбинации фторопласта и бронзы, что обеспечивает самосмазываемость и отсутствие ползучести.

Созданы материалы на основе полиэтилена, полистирола с наполнителями в виде асбеста и других волокон, обладающие высокими прочностью и жесткостью.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Актуальные** проблемы развития потребительской кооперации в условиях рынка. – Гомель: ГКИ, 1996. – 386 с.
2. **Власова, В. М.** Основы предпринимательской деятельности / В. М. Власова, С. Н. Кулаков. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 496 с.
3. **Глазунов В. Н.** Поиск принципов действия технологических систем / В. Н. Глазунов. – М. : Речной транспорт, 1990. – 109 с.
4. **Глазьев С. Ю.** Экономическая теория технологического развития / С. Ю. Глазьев. – М. : Наука, 1990. – 232 с.
5. **Горчаков, Л. М.** Введение в теорию технологических процессов / Л. М. Горчаков. – Ростов н/Д. : Изд-во Ростовского у-та, 1988. – 160 с.
6. **Исследование** непродовольственных товаров / И. М. Лифиц, Е. Д. Леженин, А. И. Меркулова [и др.]. – М. : Экономика, 1988. – 495 с.
7. **Кохно, Н. П.** Развитие производства – основа развития экономики / Н. П. Кохно / Вестн. БГЭУ, 1994. – № 1. – С. 37–40.
8. **Кохно, Н. П.** Экономическая оценка производства / Н. П. Кохно // Финансы, учет, аудит, 1994. – № 6. – С. 22–24.
9. **Руденко, А. И.** Экономика промышленного предприятия / А. И. Руденко. – Минск : Выш. шк., 1996. – 168 с.
10. **Хрипач, Н. Я.** Экономика предприятия / Н. Я. Хрипач. – Минск : Выш. шк., 1997. – 365 с.
11. **Ченцов, И. В.** Основы технологии важнейших отраслей промышленности: в 2 т. / И. В. Ченцов, И. А. Мочальник. – Минск : Выш. шк., 1989.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Введение в технологию	6
1.1. Общество и потребности, взаимосвязь с производственной деятельностью	6
1.2. Технологическая структура общественного производства	12
1.3. Технология: сущность, классификация и характеристика, роль в производственном процессе.....	16
1.4. Производственный процесс как объект, изучаемый технологией и экономикой.....	21
2. Основы формирования, функционирования и развития технологических процессов и систем	24
2.1. Понятие и основные параметры технологического процесса.....	24
2.2. Классификация и характеристика типовых технологических процессов.....	35
2.3. Закономерности формирования, законы функционирования и основные приоритетные направления (законы) развития технологических процессов	42
2.4. Материальные и энергетические балансы	57
2.5. Технологические системы.....	61
3. Основы технико-экономической оценки технологических процессов и производственных систем	75
3.1. Методы и модели оценки	75
3.2. Показатели оценки технологического развития производства.....	80
4. Основы технологии машиностроительного производства	89
4.1. Макро- и микроанализ металлов и сплавов для производства продукции машиностроения и потребительских товаров	89
4.2. Сырье для производства металлов и сплавов	109
4.3. Выплавка чугуна	110
4.4. Выплавка стали	118
4.5. Классификация и краткая характеристика способов производства изделий из металлов	130
5. Прогрессивные технологии в машиностроении	143
5.1. Высокоскоростные методы штамповки	143
5.2. Порошковая металлургия.....	144
5.3. Электронно-лучевая, лазерная и плазменная обработка	151
5.4. Сварка взрывом.....	154
6. Прогрессивные технологии автоматизации производства	155
6.1. Система автоматизированного проектирования как один из видов программного управления технологическим процессом.....	155
6.2. Гибкие автоматизированные производства	159
7. Прогрессивные технологии создания композиционных материалов	162
Список рекомендуемой литературы.....	166

Учебное издание

Целикова Лариса Владимировна

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Курс лекций
для студентов специальностей
1-25 01 07 «Экономика и управление на предприятии»,
1-25 01 10 «Коммерческая деятельность»,
1-26 02 03 «Маркетинг»**

Редактор О. М. Пузан
Технический редактор Н. Н. Короедова
Компьютерная верстка Е. А. Шведова

Подписано в печать 25.09.08. Бумага типографская № 1.
Формат 60 × 84 ¹/₁₆. Гарнитура Таймс. Ризография.
Усл. печ. л. 9,76. Уч.-изд. л. 10,05. Тираж 200 экз.
Заказ №

Учреждение образования «Белорусский торгово-экономический
университет потребительской кооперации».
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.
ЛИ № 02330/0056814 от 02.03.2004 г.

Отпечатано в учреждении образования «Белорусский торгово-
экономический университет потребительской кооперации».
246029, г. Гомель, просп. Октября, 50.